

Division de la Science  
des Sols

A C S A D

Corrélations entre les "régimes hydriques" des sols  
estimés en Tunisie et les bioclimats selon Emberger  
et selon Bagnouls et Gaussen

P. Billaux  
Pédologue de l'ORSTOM

Damas - Mai 1981

20.727ex1

B

29 MAI 1987

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 20.727ex1

Cote B M

Le 27 Aout 1981

P. BILLAUX

Mission ORSTOM

Centre Arabe pour l'étude des Zones  
Arides et des Terres Sèches (ACSAD)

B.P. 2440 - DAMAS. Syrie.

à Monsieur le Chef du Service de Documentation  
de l'ORSTOM.

Services Scientifiques Centraux

70-74. route d'Aulnay. 93140 - BONDY.

Objet: Envoi de travaux.

Suite à la Circulaire N° I4 du 18 Avril 1981  
concernant la création d'une unité de microfichage au  
Service de Documentation, j'ai l'honneur de vous envoyer  
ci-joint deux exemplaires du document:

Corrélation entre les "régimes hydriques" des sols  
estimés en Tunisie et les bioclimats selon Emberger  
et selon Bagnouls et Gaussen. Damas. Mai 1981.



Paul BILLAUX

P.d. : 2.

## Abstract

Correlation between estimated "Soil moisture regime" in Tunisia and the bioclimates according to Emberger and Bagnouls & Gaussen classifications.

In Tunisia, calculation of the estimated "Soil moisture regime"<sup>(1)</sup> by means of climatic data is possible only for a somewhat limited number of meteorological stations. As a consequence it is not easy to draw boundary lines between regions with different SMR.

To extrapolate the estimated SMR of the stations it is proposed to use the detailed bioclimatic and phytoecologic maps available in Tunisia.

In such maps the definition and boundaries of the bioclimatic mapping units are based both on the values of climatic indices (calculated from climatic data of the meteorological stations) and on the types of vegetation (assessed by extensive studies and surveys). The types of vegetation being evidently dependant on the actual soil moisture characteristics, the estimated SMR should normally be related to the bioclimatic units.

Comparaison is made in this paper between the estimated SMR and the two bioclimatic classification systems used in Tunisia, namely:  
- the Pluviothermic index and the Mediterranean bioclimatic stages according to Emberger,  
- the Xerothermic index and the bioclimates of Bagnouls & Gaussen.

Correlations between estimated SMR and these bioclimatic classifications are found accurate enough, particularly with Emberger's system (figures 3 and 4; "tableau synthétique, page 6). It seems therefore possible to use the bioclimatic and phytoecologic maps of Tunisia as an aid towards estimation and mapping of the SMR.

---

(1) "Soil moisture regime" (SMR) in this paper refers to the moisture regime as defined in Soil Taxonomy.

Corrélations entre les "régimes hydriques" des sols estimés en Tunisie et les bioclimats selon Emberger et selon Bagnouls et Gaussen.

L'application de la Taxonomie américaine des sols (1975) suppose que le "régime hydrique" des sols (1) soit connu ou au moins estimé à partir des données climatiques.

Selon les renseignements dont nous disposons (A.O.A.D. 1976) il y a en Tunisie 41 stations climatologiques dont les données moyennes mensuelles permettent d'estimer par calcul le "régime hydrique". C'est là un nombre important mais qui est insuffisant pour délimiter avec quelque précision les régions correspondant à un "régime hydrique" donné.

Il nous a semblé intéressant de rechercher si les cartes bioclimatiques et phytocéologiques, qui sont particulièrement nombreuses et détaillées en Tunisie, ne procureraient pas un moyen complémentaire permettant d'extrapoler les "régimes hydriques" estimés pour les stations et de leur attribuer des limites géographiques naturelles. En effet les unités cartographiques que présentent ces cartes sont basées à la fois sur des données de stations climatologiques et, ce qui est essentiel, sur des prospections et études détaillées du couvert végétal, lequel est évidemment en relation avec le régime hydrique réel du sol.

Une liste des études bioclimatiques dont nous avons connaissance pour la Tunisie est donnée in fine avec les références bibliographiques.

### I. Méthode.

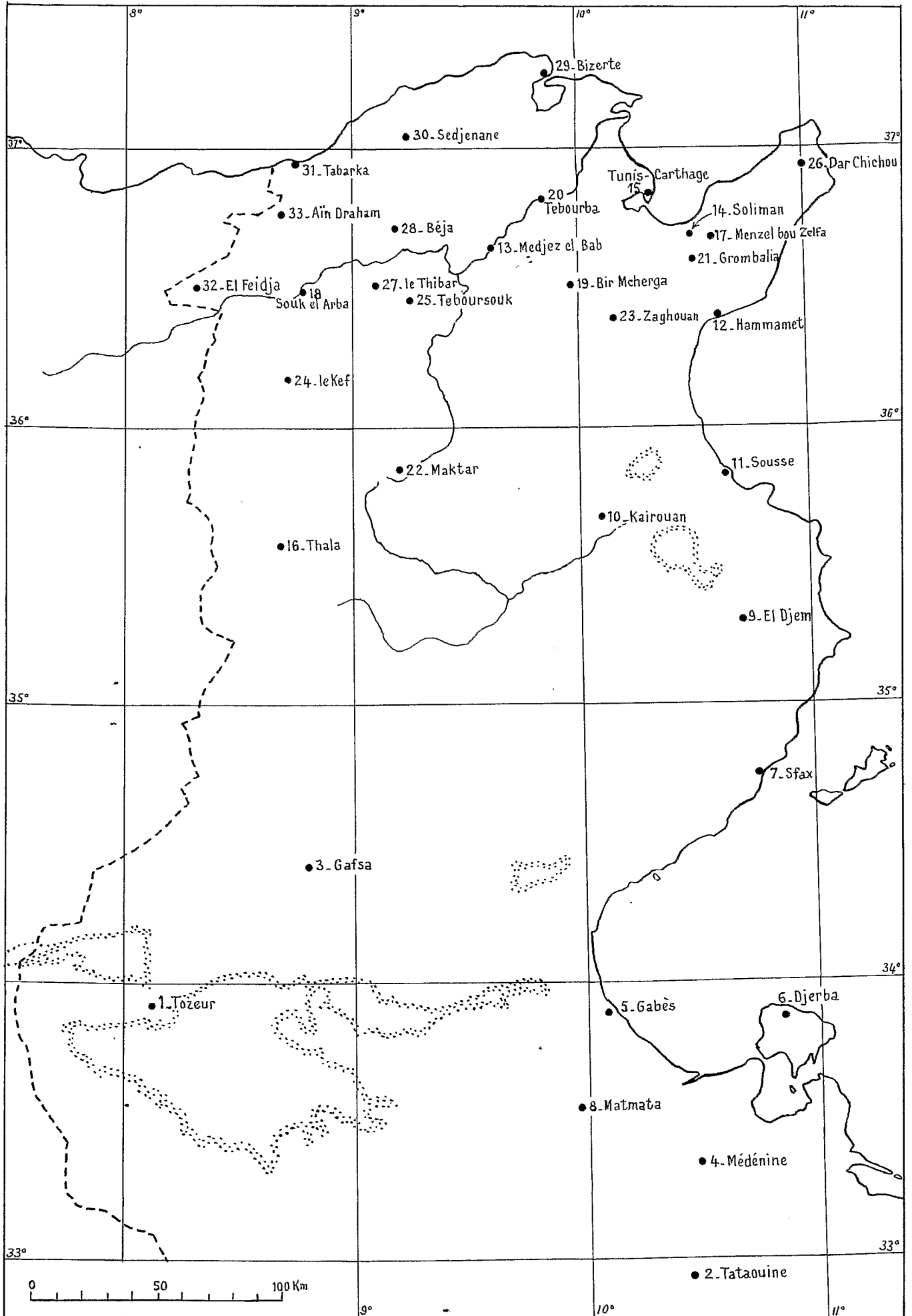
Pour un certain nombre de stations climatologiques on a estimé le "régime hydrique" des sols au moyen des données climatiques. Ce "régime hydrique" estimé a été ensuite comparé, pour chaque station, d'une part au quotient pluviothermique et à l'étage bioclimatique méditerranéen du système d'Emberger, d'autre part à l'indice xérothermique et au bioclimat selon le système de Bagnouls et Gaussen, ces deux systèmes de classification bioclimatique ayant été utilisés en Tunisie.

Stations climatologiques. 33 stations ont été utilisées pour cette étude (les autres stations utilisables, faisant double emploi, ont été laissées de côté). Les stations retenues sont situées en majorité dans la partie nord, non aride, du pays où elles se répartissent relativement bien entre les régions côtières, intérieures et montagnardes. Le sud aride est moins bien représenté, quoique d'une façon suffisante (figure 1).

---

(1) Dans ce texte l'expression "régime hydrique" désigne uniquement le régime hydrique des sols tel qu'il est défini par les critères particuliers propres à la Taxonomie américaine des sols.

Fig.1 - Stations climatologiques de TUNISIE utilisées pour cette étude



L'ensemble de ces stations couvre la gamme des pluviosités indiquées par la Carte des précipitations de Tunisie (1948), soit moins de 100 mm à 1600 mm. Il manque toutefois des stations entre 325 et 410 mm (figure 2) ce qui est gênant car cet intervalle coïncide avec un changement du "régime hydrique" estimé.

Estimation du "régime hydrique". Les données de base sont les moyennes mensuelles de la pluviométrie, P, et de l'évapotranspiration potentielle ETP; cette dernière est évaluée par la méthode de Thornthwaite pour toutes les stations étudiées et par la méthode de Penman pour 9 stations disposant des données nécessaires.

A partir de P et ETP le "régime hydrique" a été estimé par la méthode graphique (Billaux, P. 1978). On a pris ici la même hypothèse de répartition des pluies dans le mois que celle utilisée dans la méthode de Newhall (Tavernier, R. et Van Wambeke, A. 1976), c'est à dire P/2 en une averse le 15 du mois et P/2 réparti uniformément au cours des autres jours du mois. On a supposé aussi, comme dans la méthode de Newhall, que les sols ont une capacité en eau utilisable de 200 mm (sols épais).

Les résultats de l'estimation sont donnés dans les annexes T.1 à T.6. Des cartouches y représentent les périodes d'humidité et de sécheresse de la "section de contrôle" (S.C.).

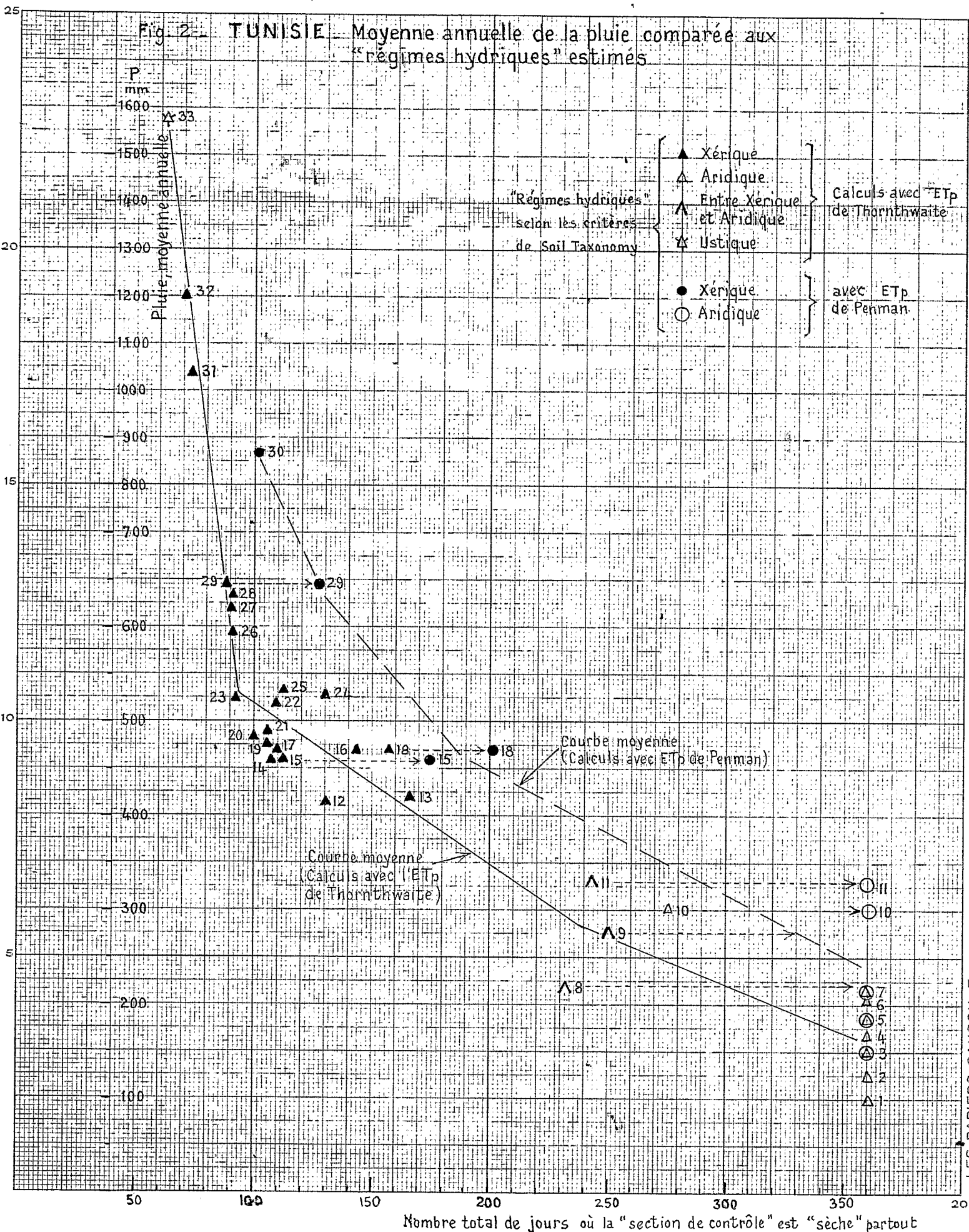
Résultat des estimations avec l'ETP de Thornthwaite et l'ETP de Penman. Suivant les valeurs croissantes de la pluviométrie les "régimes hydriques" estimés en utilisant l'ETP de Thornthwaite sont: aridiques, xériques puis ustiques. Cependant, dans la gamme pluviométrique de 220 à 325 mm et dans les conditions climatiques de la côte orientale de Tunisie (air humide) le résultat de l'estimation ne correspond ni à aridique ni à xérique mais à un régime intermédiaire caractérisé par une section de contrôle partiellement humide pendant plus de 3 mois (110 à 128 jours: cf. les stations 8,9,11 dans l'annexe T.2 et la figure 2).

Lorsqu'on utilise l'ETP de Penman pour l'estimation du "régime hydrique" (2) la période "humide" de la "section de contrôle" est plus courte et la période "sèche" est plus longue. Les courbes moyennes portées sur la figure 2 permettent de comparer la longueur de la période "sèche" selon l'ETP utilisé (comparaison un peu approximative à cause du peu de résultats disponibles pour l'ETP selon Penman). Cependant, en ce qui concerne les types eux-mêmes de "régime hydrique" estimé, on constate (figure 2) qu'il n'y a changement que dans le cas particulier où l'estimation avec l'ETP de Thornthwaite donnait un intermédiaire entre xérique et aridique: l'utilisation de l'ETP de Penman donne alors un régime aridique; cette seconde estimation est vraisemblablement plus proche de la réalité.

---

(2) On sait que l'ETP de Penman est plus forte que celle de Thornthwaite et plus proche de l'ETP mesurée, en particulier pendant les mois pluvieux et frais d'hiver, c'est à dire pendant la saison où l'ETP a le plus de chance d'être proche de l'évapotranspiration réelle. L'ETP de Penman devrait donc permettre d'estimer avec une meilleure vraisemblance la durée des périodes "sèches" et "humides" de la section de contrôle.

Fig. 2. TUNISIE Moyenne annuelle de la pluie comparée aux "régimes hydriques" estimés



Dans le cas où l'estimation avec l'ETp de Thornthwaite donne un régime xérique ( $P > 400$  mm dans les conditions de la Tunisie) il n'y a pas de changement avec l'ETp de Penman. Quand au régime estimé aridique avec l'ETp de Thornthwaite, il l'est aussi (a fortiori) avec l'ETp de Penman.

## II. Comparaison entre les "régimes hydriques" estimés et les étages bioclimatiques méditerranéens selon Emberger.

Pour obtenir l'étage bioclimatique correspondant à chaque station climatologique, on a utilisé en première approximation la Carte bioclimatique de la Tunisie au 1/1.000.000 (IRES - DERCF, 1976) et le Diagramme des bioclimats méditerranéens établi pour la Tunisie.

Les quotients pluviothermiques  $Q_2$  des stations sont ceux donnés par la publication de l'A.O.A.D. (1976). La formule de calcul de  $Q_2$  est indiquée dans l'annexe T.7.

La figure 3 situe sur le diagramme des bioclimats méditerranéens les "régimes hydriques" estimés pour chaque station (en utilisant l'ETp de Thornthwaite). On y voit apparaître des correspondances assez nettes:

- Dans l'étage humide supérieur le "régime hydrique" est estimé ustique lorsque  $Q_2 > 200$ .
- A partir de l'étage semi-aride moyen ( $Q_2 \geq 47$ ) et jusqu'à l'étage humide supérieur le "régime hydrique" est estimé xérique.
- Dans les étages semi-aride inférieur et aride supérieur ( $Q_2 \leq 46$ ) le "régime hydrique" estimé est soit aridique, soit entre xérique et aridique. Dans ce dernier cas (stations 8, 9 et 11 situées dans la région côtière orientale) si l'on tient compte de ce qui a été dit plus haut au sujet de l'ETp de Penman, il est vraisemblable que le régime est plutôt aridique.
- Dans les étages aride inférieur et saharien le "régime hydrique" est aridique.

## III. Comparaison entre les "régimes hydriques" estimés et les bioclimats méditerranéens du système de Bagnouls et Gaussen.

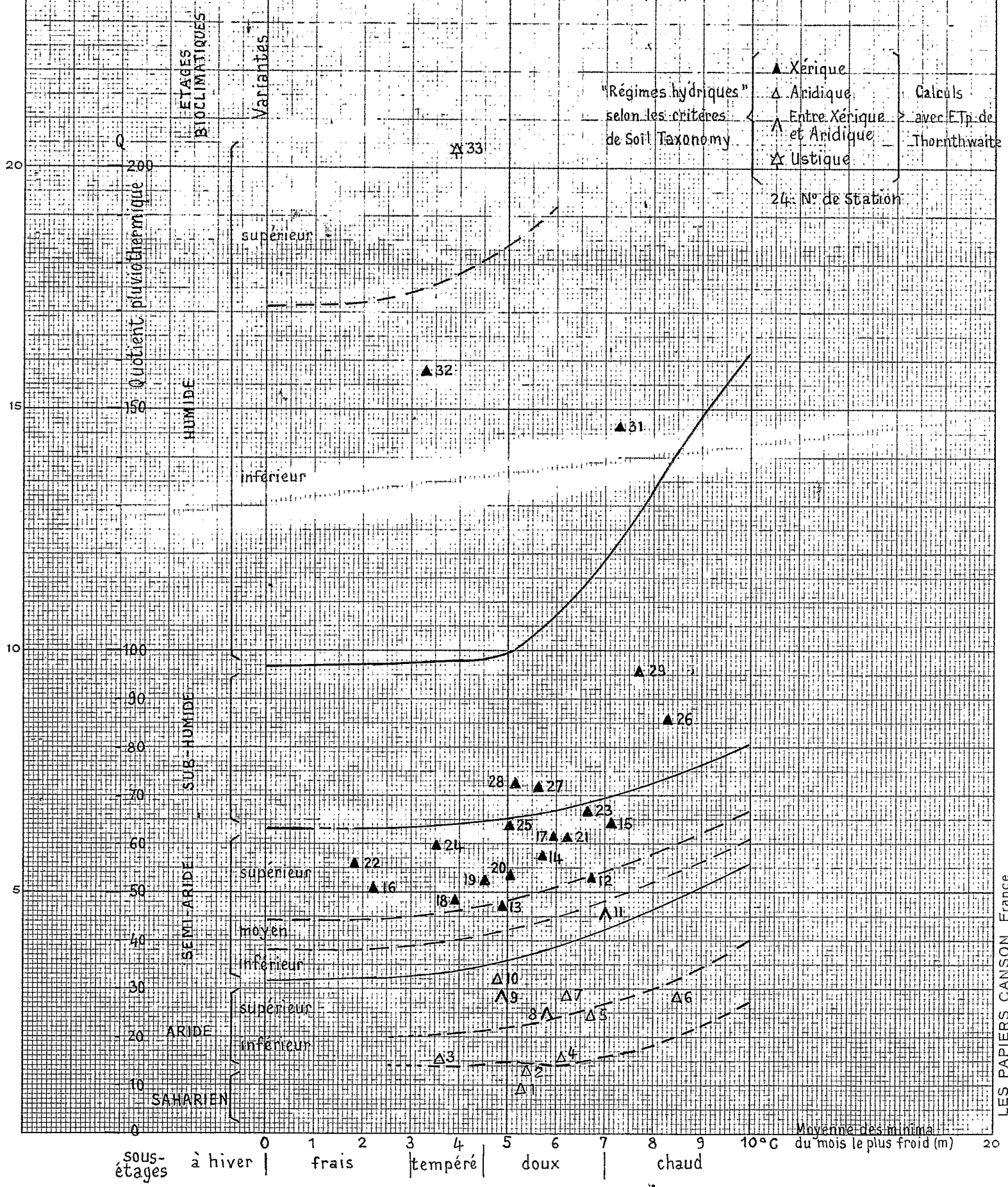
Pour déterminer le bioclimat des stations on a évalué:

- le nombre des mois "secs", c'est à dire les mois où  $P \leq 2T$ ;
- l'indice xéothermique X, c'est à dire le nombre de jours biologiquement secs pendant la période correspondant aux mois "secs"; la formule utilisée pour ce calcul est donnée dans l'annexe T.7.

Malheureusement les données disponibles ne permettent un calcul complet de X que pour 9 stations, par manque de résultats sur l'hygrométrie de l'air; on a cependant donné une valeur approximative (basée sur une extrapolation des données hygrométriques) pour 13 autres stations. Les résultats sont inscrits dans les annexes T.1 à T.6; on y a figuré aussi, dans des cartouches, les mois "secs" et "humides" comparés aux périodes d'humidité et de sécheresse de la section de contrôle.



Fig. 3 TUNISIE - Diagramme des bioclimats méditerranéens selon Emberger et "régimes hydriques" estimés



Les bioclimats sont délimités par des valeurs de X (Bagnouls, F. et Gaussen, H., 1953; Ionesco, T., 1965).

La comparaison entre les "régimes hydriques" estimés et les bioclimats de Bagnouls et Gaussen est donnée dans la figure 4. On y voit que certaines valeurs de X correspondent à des seuils entre deux "régimes hydriques":

- Pour  $X > 175$  le "régime hydrique" estimé est aridique.
- Pour X compris entre 175 et 125, il est entre aridique et xérique si on utilise l'ETp de Thornthwaite mais aridique avec l'ETp de Penman.
- Pour  $X < 125$  et jusqu'à  $X = 65$  le "régime hydrique" est estimé xérique, mais l'estimation ustique apparaît à partir de  $X = 65$ .

Les correspondances sont ici moins nettes qu'avec les étages bioclimatiques d'Emberger, en particulier pour le seuil xérique - aridique car pour  $X = 125$  on trouve à la fois des stations nettement xériques (12 et 18) et une station (11) vraisemblablement aridique.

Si l'on considère le nombre de mois "secs", le seuil ustique - xérique est à 3 mois et le seuil xérique - aridique est entre 6 et 8 mois (selon l'ETp utilisée pour les calculs).

#### Remarques.

a) En comparant la période des mois "humides" de Bagnouls et Gaussen ( $P > 2T$ ) et celle où la section de contrôle (selon les critères de la Taxonomie américaine) est "humide" partout ou en partie, on constate qu'il y a toujours un décalage dans le temps: la première commence et finit plus tôt que la seconde (annexes T.2 à T.6). Le décalage peut être supérieur à deux mois.

Cela résulte de la différence des critères entre les deux méthodes. La période "humide" de la section de contrôle ne tient pas compte, à l'automne, de l'humidification de la couche superficielle du sol mais tient compte au printemps de la réserve en eau des couches profondes. Au contraire la période des mois "humides" de Bagnouls et Gaussen prend en compte l'humidification automnale de la couche superficielle mais non la réserve en eau des couches profondes au printemps.

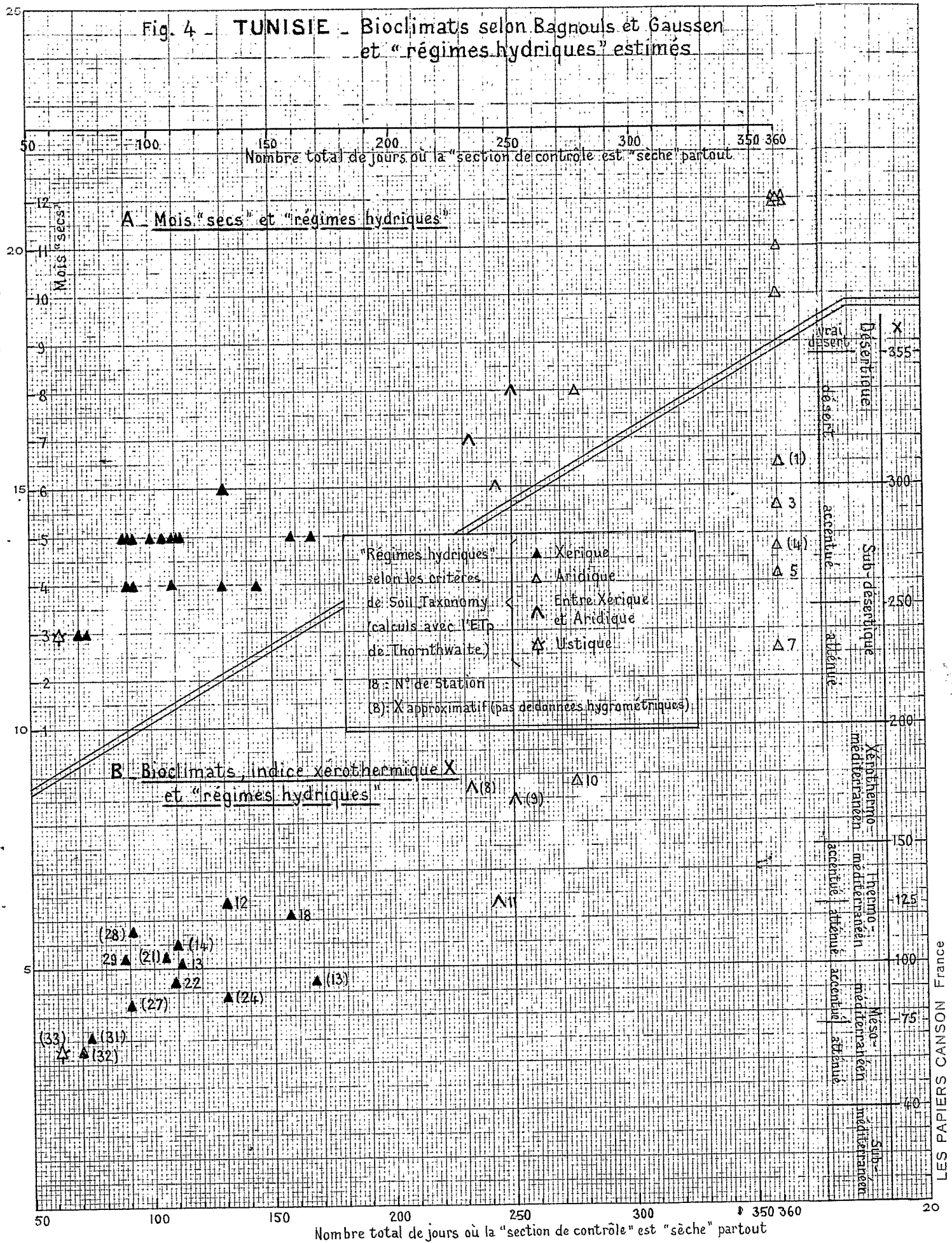
C'est là probablement une cause de l'imprécision des corrélations entre les "régimes hydriques" estimés et les bioclimats de Bagnouls et Gaussen.

b) En comparant les figures 3 et 4 on voit que les "régimes hydriques" estimés xériques se répartissent sur une gamme de bioclimats plus large dans le système d'Emberger, plus étroite dans celui de Bagnouls et Gaussen. Pour les "régimes hydriques" aridiques c'est l'inverse. On peut avoir là un moyen pour apprécier des subdivisions à l'intérieur de ces deux régimes hydriques.

#### IV. Conclusion.

Malgré certaines lacunes et imprécisions il y a des corrélations indéniables entre d'une part les bioclimats selon les systèmes d'Emberger et de Bagnouls et Gaussen et d'autre part les "régimes hydriques" estimés. Cela n'a d'ailleurs rien d'étonnant étant donné qu'ils ont une base climatologique commune. Curieusement, la corrélation est meilleure avec le système d'Emberger qui est pourtant basé sur des données moins détaillées que l'autre.

Fig. 4 - TUNISIE - Bioclimats selon Bagnouls et Gausсен et "régimes hydriques" estimés



Le fait que les cartes bioclimatiques et phytoécologiques associent la végétation naturelle aux formules climatiques doit donc permettre d'utiliser ces cartes pour extrapoler à une région naturelle l'estimation ponctuelle d'un "régime hydrique".

Le tableau synthétique ci-joint résume les résultats exposés précédemment ainsi que les points qui seraient à préciser. On y a ajouté la pluviosité annuelle, car il y a aussi une relation nette entre l'échelle de la pluviométrie et les types de "régimes hydriques" estimés.

Ce tableau de corrélation n'est évidemment applicable qu'à la Tunisie, mais la méthode elle-même pourrait être utilisée dans d'autres pays.

En terminant il importe de rappeler que le "régime hydrique" estimé au moyen des données climatiques n'a qu'une valeur indicative générale. Il ne tient pas compte en effet des conditions locales de sol (perméabilité, drainage, épaisseur), de topographie (perte ou apport d'eau par ruissellement) et de végétation qui demandent des observations et des mesures in situ.

Tableau synthétique des corrélations pour la TUNISIE

Etages bioclimatiques méditerranéens selon Emberger, et variantes	Q <sub>2</sub> des stations étudiées	Pluies annuelles des stations étudiées mm	" Régimes hydriques " du sol, estimé	Bioclimats selon Bagnouls et Gausson		
				Mois "secs" des stations	X étudiées	
Humide supérieur	> 200	> 1550	<u>Ustique</u>	3	≤ 65 <sup>(3)</sup>	Mésoméditerranéen atténué p.p.
Humide inférieur	160 à 140	1200 à 870	<u>Xérique</u>	3	65 à 70 <sup>(3)</sup>	Mésoméditerranéen atténué p.p.
Sub-humide	90 à 70	650 à 575		4	80 <sup>(3)</sup>	Mésoméditerranéen accentué Thermoméditerranéen atténué
Semi-aride supérieur	70 à 47	550 à 400		à 6	à 125	
" " moyen " " inférieur (non côtier <sup>(1)</sup> )						
Semi-aride inférieur (côtier)	46 à 25	325 <sup>(2)</sup> à 220	(Entre Xérique et Aridique avec ETp de Thornthwaite) <u>Aridique</u> (avec ETp de Penman)	6 à 8	125 à 175 <sup>(3)</sup>	Thermoméditerranéen accentué
Aride supérieur (côtier p.p.)						Xérothermoméditerranéen p.p.
Aride supérieur	32 à 15	300 à 125	<u>Aridique</u>	8 à 12	175 à 300	Xérothermoméditerranéen p.p.
Aride inférieur						Sub-désertique
Saharien	< 15	< 125			12	> 300

[1] Pas de station climatologique utilisable, mais P = 400 à 500 mm

[2] Peut-être jusqu'à 400 mm

[3] Imprécis

Références

- Soil Taxonomy, 1975 - Soil Conservation Service. USDA Agriculture Handbook N° 436.
- A.O.A.D., 1976 - Agroclimatological studies in the Arab countries. Tunisia: I vol., 245 p. - League of Arab States. Arab Organization for Agricultural Development. Khartoum.
- GAUSSEN (H) et VERNET (A), 1948 - Carte des précipitations. 2 feuilles à 1/500.000. Ministère de l'Agriculture. Tunis.
- BILLAUX (P), 1978 - Estimation du "régime hydrique" des sols au moyen des données climatiques. La méthode graphique: son utilisation dans le cadre de la Taxonomie américaine des sols. Cah. ORSTOM, série Pédologie, XVI, 3, pp. 317 - 338.
- TAVERNIER (R) et VAN WAMBEKE (A), 1976 - Détermination du régime hydrique des sols du Maghreb d'après Newhall. Pédologie, XXVI, 2, pp. 168-178. Gand.
- BAGNOULS (F) et GAUSSEN (H), 1953 - Saison sèche et indice xéothermique. Toulouse, Fac. Sci., Doc. pour la Carte des productions végétales. T.3, vol. I, art. 8, 47 p.
- IONESCO (T), 1965 - Considérations bioclimatiques et phyto-écologiques sur les zones arides du Maroc. Les Cahiers de la Recherche Agronomique, N° 19. INRA, Rabat. pp. 1 - 71.

Liste d'études et cartes bioclimatiques et phytosociologiques réalisées en Tunisie.

- GAUSSEN (A), VERNET (A) et collab., 1958 - Carte internationale du tapis végétal. 1/1.000.000. Coupure spéciale publiée par le Gouvernement Tunisien.
- UNESCO - FAO, 1962 - Carte bioclimatique de la région méditerranéenne. 1/500.000. Préparée par MM. EMBERGER, GAUSSEN, KASSA, DE PHILIPPIS. Etablie par F.BAGNOULS.
- Carte phytoécologique de la Tunisie septentrionale au 1/200.000. Etablie sous la direction scientifique de M.GOUNOT et A.SCHOENENBERGER. Direction technique: C.FLORET. Gouvernement Tunisien. Secrétariat d'Etat au plan et à l'économie nationale - CNRS, Paris - CEPE, Montpellier.
- Feuille I: Cap Bon, La goulette, Sousse (p.p.), par M.GOUNOT, J.L.GUILLERM, A.SCHOENENBERGER. Notice 213 p. - Ann. INRA Tunisie, vol.39, fasc.5, 1966.
  - Feuille II: Bizerte, Tunis-et Feuille III: Tabarka, Souk el Arba; par A.BIGOT, C.FLORET, J.L. GUILLERM, J.C.JACQUINET et A.SOLER. Notice 340 p. Ann. INRA Tunisie, vol.40, fasc. I, 1967.
  - Feuille IV: Maktar (p.p.), Kairouan (p.p.), par C.FLORET, J.L.GUILLERM, E.LE FLOCH, A.SOLER - et Feuille V: Le Kef, Thala, Fériana (p.p.), par J.C.JACQUINET et A.SOLER. Notice 426 p. Ann. INRA Tunisie, vol. 40, fasc.2, 1967.

FLORET (C), GOUNOT (M), ROSETTI (C), SCHWAAR (D), 1968 - Conception générale des travaux de cartographie phytoécologique réalisés par le CNRS en Tunisie septentrionale. Ann. INRA Tunisie, vol.41, fasc.I, 142 p.

BORTOLI (L), GOUNOT (M), JACQUINET (J.C.), 1969 - Climatologie et bioclimatologie de la Tunisie septentrionale. Ann. INRA Tunisie, vol. 42, fasc.I, 235 p. - INRAT, Tunis - Ariana.

in Annexes: - GOUNOT (M) et LE HOUEROU (H.N.), 1967 - Carte bioclimatique de la Tunisie septentrionale, étages et variantes; 1/500.000.

- Diagramme des bioclimats méditerranéens.

LE HOUEROU (H.N.), 1969 - La végétation de la Tunisie steppique (avec référence au Maroc, à l'Algérie et à la Lybie). Ann. INRA Tunisie, vol. 42, fasc. 5, 622 p. - INRAT, Tunis - Ariana.

- Annexe 4: LE HOUEROU (H.N.) - Carte phytoécologique de la Tunisie centrale et méridionale; deux feuilles au 1/500.000.

Carte bioclimatique de la Tunisie selon la classification d'Emberger, étages et variantes. 1/1.000.000. - DRES - DERCF, 1976.

Direction des Ressources en Eau et en Sol - Institut National des Recherches Forestières. Tunis.

Stations	P mm	T <sub>air</sub> °C	Emberger Bagnouls et Gausson		J F M A M J J A S O N D		Régimes
			Q/m°C	mois "secs" X	t° sol à 5cm	> 8°C	
1 Tozeur 33° 55' N 8° 10' E 45 m	99,2	21,3	9,6/ 5,3	12	(310)	* t° sol à 5cm > 8°C S.C. (Thorn.) 360 Bagnouls et G. X = (310)	Aridique - Hypertherm.
2 Tataouine 32° 23' N 10° 57' E 196 m	124	20,1	13,1/ 5,4	12		t° sol à 5cm > 8°C S.C. (Thorn.) 360 Bagnouls et G.	Aridique - Hypertherm.
3 Gafsa 34° 25' N 8° 49' E 314 m	150,4	18,9	15,2/ 3,6	12	292	t° sol à 5cm > 8°C S.C. (Thorn.) 360 Bagnouls et G. X = 292 S.C. (Penman) 360	Aridique - Thermique
4 Médémine 33° 21' N 10° 59' E 110 m	168,2	20,3	15,8/ 6,7	12	(275)	t° sol à 5cm > 8°C S.C. (Thorn.) 360 Bagnouls et G. X = (275)	Aridique - Hypertherm.
5 Gabès 33° 53' N 10° 06' E 2 m	185,7	19,9	24,9/ 6,7	12	265	t° sol à 5cm > 8°C S.C. (Thorn.) 360 Bagnouls et G. X = 265 S.C. (Penman) 360	Aridique - Thermique Aridique - "

N.B. Voir la légende, annexe T.7.

\*(310) : Valeur approximative de X



		P mm	T <sub>air</sub> °C	Emberger Q/m°C	Bagnouls et Gausson mois secs	X	J F M A M J J A S O N D	Régimes
6	Djerba 33° 52' N 10° 59' E 5 m	209	20,3	28,8 / 8,5	10		t° sol à 50 cm > 8°C S.C. (Thorn) 360 Bagnouls et G.	Aridique - Hypertherm.
7	Sfax 34° 43' N 10° 41' E 21 m	212,9	18,7	28,6 / 6,2	11	234	t° sol à 50 cm > 8°C S.C. (Thorn) 360 Bagnouls et G. S.C. (Penman) 360	Aridique - Thermique
8	Matmata 33° 32' N 9° 57' E 441 m	221	19,3	25,3 / 5,8	7	(175)	t° sol à 50 cm > 8°C S.C. (Thorn) 15 23 232 Bagnouls et G.	Entre Aridique et Xérique - Thermique
9	El Djem 35° 18' N 10° 43' E 112 m	276	19,2	29,6 / 4,9	8		t° sol à 50 cm > 8°C S.C. (Thorn) 15 5 250 Bagnouls et G.	Entre Aridique et Xérique - Thermique
10	Kairouan 35° 40' N 10° 06' E 60 m	303,1	19,2	31,9 / 4,8	8	178	t° sol à 50 cm > 8°C S.C. (Thorn) 15 9 276 Bagnouls et G. S.C. (Penman) 360	Aridique - Thermique
11	Sousse 35° 49' N 10° 38' E 6 m	327,2	18,6	45,9 / 7	6	128	t° sol à 50 cm > 8°C S.C. (Thorn) 15 12 243 Bagnouls et G. S.C. (Penman) 360	Entre Aridique et Xérique - Therm. Aridique -

Stations	P mm	T <sub>air</sub> °C	Emberger Q/m	Bagnouls et Gausse		J F M A M J J A S O N D												Régimes			
				mois	sec	X															
12 Hammamet 36°24 N 10°37 E 5 m	413,8	18,6	53,1 /6,7	6	128	t <sub>sol</sub> à 5cm > 8°C	15	5	15											Xérique - Thermique	
						S.C. (Thorn.)	130														
						Bagnouls et G.	X = 128														
13 Medjez el Bab 36°39 N 9°36 E 54 m	420	18,0	47,5 /4,9	5	(95)	t <sub>sol</sub> à 5cm > 8°C	12	20	6											Xérique - Thermique	
						S.C. (Thorn.)	166														
						Bagnouls et G.	X: (95)														
14 Soliman 36°42 N 10°29 E 12 m	460	17,8	57,4 /5,7	5	(110)	t <sub>sol</sub> à 5cm > 8°C	3	28	15											Xérique - Thermique	
						S.C. (Thorn.)	107														
						Bagnouls et G.	X: (110)														
15 Tunis - Carthage 36°50 N 10°14 E	461,7	18,3	64,2 /7,1	5	103	t <sub>sol</sub> à 5cm > 8°C	15	23	15											Xérique - Thermique	
						S.C. (Thorn.)	112														
						Bagnouls et G.	X = 103														
						S.C. (Perrman)	15	20	15	15											Xérique - "
							175														
16 Thala 35°35 N 8°39 E 1020 m	470	15,5	50,9 /2,2	4		t <sub>sol</sub> à 5cm > 8°C	5-8	15	10	3											Xérique - Thermique
						S.C. (Thorn.)	143														
						Bagnouls et G.															
17 Menzel bou Zelfa 36°41 N 10°36 E 60 m	471,1	17,4	62,1 /5,9	5		t <sub>sol</sub> à 5cm > 8°C		25	15	9											Xérique - Thermique
						S.C. (Thorn.)	110														
						Bagnouls et G.															

Stations	P mm	T <sub>air</sub> °C	Emberger Q/m°C	Bagnouls et Gausseu		J F M A M J J A S O N D												Régimes
				mois	secs	X												
18 Souq el Arba 36° 29' N 8° 48' E 134 m	473	17,8	48,5/3,9	5	122	t° sol à 50 cm > 8°C												Xérique - Thermique
						S.C. (Thorn)	6 5 12 157											
						Bagnouls et G. X=122												
						S.C. (Penman) 202												Xérique - "
19 Bir Mcherga 36° 31' N 9° 57' E 155 m	473,7	17,8	52,3/4,5	5		t° sol à 50 cm > 8°C												Xérique - Thermique
						S.C. (Thorn)	15 105											
						Bagnouls et G.												
20 Tebourba 36° 50' N 9° 50' E 29 m	484	18,1	53,4/5,0	5		t° sol à 50 cm > 8°C												Xérique - Thermique
						S.C. (Thorn)	5 15 18 100											
						Bagnouls et G.												
21 Groumbalia 36° 36' N 10° 30' E 50 m	490	18,1	61,3/6,2	5	(105)	t° sol à 50 cm > 8°C												Xérique - Thermique
						S.C. (Thorn)	6 15 105											
						Bagnouls et G. X: (105)												
22 Maktar 35° 52' N 9° 13' E 937 m	518	14,6	56,2/1,8	4	(95)	t° sol à 50 cm 5-8, > 8°C												Xérique - Thermique
						S.C. (Thorn)	15 26 15 109											
						Bagnouls et G. X= (95)												
23 Zaghuan 36° 24' N 10° 18' E 195 m	525	18,0	66,9/6,6	5		t° sol à 50 cm > 8°C												Xérique - Thermique
						S.C. (Thorn)	13 15 18 92											
						Bagnouls et G.												

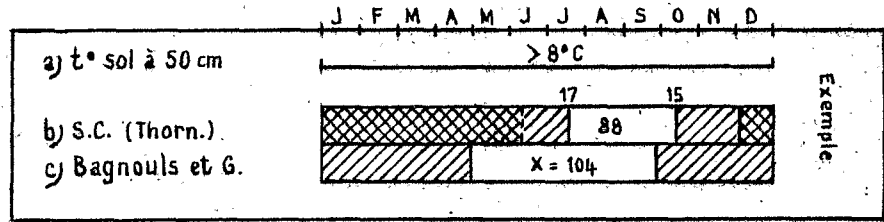
	Stations	P mm	T <sub>air</sub> °C	Emberger Q/m°C	Bagnouls et Gausson mois <sup>2</sup> secs	X	J F M A M J J A S O N D												Régimes
							t° sol à 50 cm > 8°C												
24	Le Kef 36° 11 N 8° 43 E 665 m	526,3	16,3	59,8/ 3,5	4	(88)													Xérique - Thermique
25	Téboursouk 36° 27 N 9° 16 E 410 m	533	16,9	64,0/ 5,0	5														Xérique - Thermique
26	Dar Chichou 36° 57 N 11° 00 E m	595	18,4	85,5/ 8,3	4														Xérique - Thermique
27	Le Thibar 36° 32 N 9° 06 E 365 m	622	17,7	71,6/ 5,6	4	(85)													Xérique - Thermique
28	Beja 36° 44 N 9° 11 E 234 m	637	17,5	72,4/ 5,1	5	(115)													Xérique - Thermique
29	Bizerte 37° 15 N 9° 50 E 5 m	648,5	18,1	95,5/ 7,7	5	104													Xérique - Thermique
																			Xérique - "

Stations	P mm	T <sub>air</sub> °C	Emberger Q/m	Bagnouls et Gausson		J F M A M J J A S O N D	Régimes
				mois "secs"	X		
30 Sedjenane 37°03 N 9°15 E < 200 m	870	(17)				t° sol à 50cm ? 3 15 15 S.C. (Penman)*	Xérique - Thermique
31 Tabarka 36°56 N 8°45 E 12 m	1039	17,8	147,5 / 7,3	3	(70)	t° sol à 50cm > 8°C 23 15 24 15 15 S.C. (Thorn) Bagnouls et G.	Xérique - Thermique
32 El Feidja 36°30 N 8°19 E 700 m	1203	14,3	158 / 3,3	3	(65)	t° sol à 50cm 5-8? > 8°C 5 15 15 S.C. (Thorn) Bagnouls et G.	Xérique - Thermique
33 Ain Draham 36°47 N 8°43 E 739 m	1582	14,9	204 / 3,9	3	(65)	t° sol à 50cm 5-8? > 8°C 8 15 21 15 S.C. (Thorn) Bagnouls et G.	Ustique - Thermique

\* ETp Penman estime!

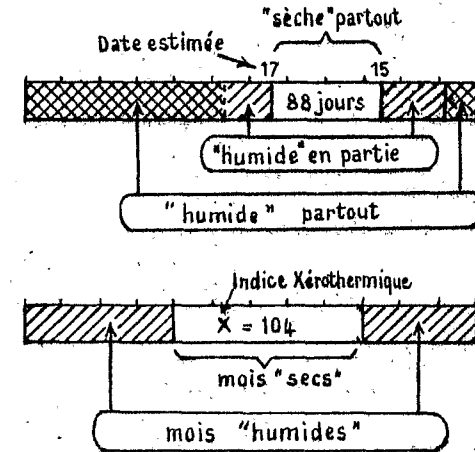
LÉGENDE EXPLICATIVE DES ANNEXES

a) Température du sol à 50 cm de profondeur :  
estimée d'après la température moyenne mensuelle de l'air



b) Représentation des périodes d'humidité et de sécheresse de la section de contrôle (S.C.)

S.C. (Thorn.): calculs avec l'ETp de Thornthwaite  
S.C. (Penman): calculs avec l'ETp de Penman



c) Représentation des périodes "sèches" et "humides" selon Bagnouls et Gausson

mois "sec" si  $P \leq 2T$       P : pluviométrie moyenne annuelle, mm  
T : température moyenne annuelle, °C

Indice Xérothermique de Bagnouls et Gausson : X

$$X = \sum x_{\text{mensuels}} \quad , \text{ dans lequel } x_{\text{mensuel}} = \left[ N - \left( n + \frac{b}{2} \right) \right] h$$

avec

- N : jours totaux
  - n : jours de pluie
  - b : jours de brouillard ou de rosée
- } d'un mois "sec"
- h = 0,9 pour  $40 < H < 60$
  - = 0,8 pour  $60 < H < 80$
  - = 0,7 pour  $80 < H < 90$
  - = 0,6 pour  $90 < H < 100$
- } H : état hygrométrique moyen du mois "sec"

Quotient pluviothermique d'Emberger :  $Q_2$

$$Q_2 = \frac{1000P}{\frac{M+m}{2} \times (M-m)}$$

- P : Pluviométrie moyenne annuelle, mm
- M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud (en degrés K)
- m : moyenne des minima du mois le plus froid (en degrés K)