

## Aridité climatique, aridité édaphique

par Christian FLORET \* et Roger PONTANIER\*\*

\* *Écologue au C.E.P.E. - L. Emberger, C.N.R.S., Montpellier, France*

\*\* *Pédologue à l'O.R.S.T.O.M., Paris, France*

**Résumé.**— L'aridité d'origine climatique peut être accentuée ou atténuée selon les types de sols et leur utilisation par l'homme. Cette aridité climatique est en général appréciée sur la base d'indices utilisables surtout à petite échelle, et qui font intervenir la pluviosité moyenne, annuelle ou mensuelle, de la région. A l'échelle de la parcelle, il vaut mieux considérer la pluie «efficace», celle qui après ressuyage du sol, contribue réellement à l'accroissement des réserves hydriques. On montre par exemple qu'à l'échelle d'une petite région de la zone aride tunisienne, le quotient pluviothermique d'Emberger calculé à partir de la pluie totale mesurée, est supérieur de 20% au même indice calculé sur la base de la pluie efficace. Par ailleurs, pour une même pluie efficace, la période de végétation est plus ou moins longue selon les caractéristiques physico-hydriques du sol. Par exemple, pour des durées de sécheresses climatiques à peu près identiques, les milieux limoneux montrent des durées de sécheresse édaphique pour le végétal 60% plus longues que celle des milieux sableux. Pour une étude régionale à une échelle telle que la température et l'évapotranspiration potentielle puissent être considérées comme spatialement peu variables, afin de caractériser l'aridité, on doit prendre en compte les quantités d'eau mises à la disposition des êtres vivants après redistribution de cette eau par la topographie et dans les sols.

**Summary.**— Climatic aridity can be increased or decreased if considering soil conditions and their utilization by man. This climatic aridity is generally approached, on a small scale, on the basis of indices taking into account the mean annual or monthly rainfall of the region. At the scale of a site, it is better to consider the «efficient» rainfall, which is only the water which acts to increase the soil moisture availability for plants (after runoff or deep percolation). As an example, in a small region of arid zone in Tunisia, the pluviothermic Emberger's index, calculated as from the total measured annual rainfall, is 20% higher than when calculated considering the efficient rainfall. Furthermore, for the same efficient rainfall, the length of the growing period for plants is different according to the soil physical properties. For instance, for the same period of climatic drought, the real drought for plants in loamy soils is 60% longer than in sandy soils. For a regional study, where temperature and potential evapotranspiration do not vary too much in space, for characterizing the aridity, one must take into account the quantities of water which really are usable for plants, after redistribution of the rain by the topography and into the soils.

\*  
\*\*

### 1 - INTRODUCTION

L'objet de cet article est d'examiner comment et jusqu'à quel point, les effets d'origine climatique de l'aridité peuvent être accentués ou atténués par les types de milieu et leur utilisation par l'homme.

La plupart des indices et critères climatiques utilisés, au cours des trente dernières années, pour préciser la notion d'aridité, font référence aux hauteurs de pluies précipitées, aux températures extrêmes et aussi très souvent à la demande évaporative de l'atmosphère. Ces indices sont en général calculés annuellement (parfois mensuellement) et sont surtout utilisables à petite échelle. Parmi les plus utilisés citons :

- Aubréville (1949) pour qui un mois est sec lorsqu'il pleut moins de 30 mm ;
- la classification des homoclimats de Meigs (1952), basée d'une part, sur un indice de drainage ( $PE\ index = 10 \Sigma_1^{12} P / ETP$ ) traduisant le déficit des précipitations (P) par rapport à l'évapotranspiration potentielle (ETP THORNTHWAITTE) et, d'autre part, sur les températures moyennes du mois le plus chaud et du mois le plus froid ;
- l'indice de sécheresse de Budyko (1958) utilisé par Henning et Flohn (1977).  $D = R/LP$ , qui fait appel au rayonnement (R), à la moyenne annuelle des précipitations (P) et à la chaleur latente de vaporisation de l'eau (L) ;
- le système de l'U.N.E.S.C.O. (1977) pour caractériser les zones arides, utilisant le rapport P/ETP (Penman), la longueur et la position dans l'année de la saison sèche au sens d'Aubréville et les températures moyennes du mois le plus chaud et du mois le plus froid ;
- le système d'Emberger (1971) qui propose un quotient pluviométrique  $Q_2 = \frac{2000 P}{M^2 - m^2}$  pour l'analyse des formes climatiques méditerranéennes, partant du

principe que les précipitations annuelle (P) sont le moyen le plus simple pour caractériser la sécheresse, et que la vie végétale se déroule entre deux pôles thermiques, la moyenne des maximums du mois le plus chaud (M) et la moyenne des minimums du mois le plus froid (m).

Il faut reconnaître que, sans être contradictoires, dans leur ensemble, ces indices ne sont pas toujours très concordants, comme l'a montré Schmidt (1979) à l'occasion d'une étude critique sur les propositions d'élimination du désert de Chihuahuan, et nous pouvons leur reprocher à l'exception du système d'Emberger qui s'appuie aussi sur la végétation pour la délimitation des bioclimats, de revêtir souvent un caractère trop physique et pas assez bioclimatique.

Depuis longtemps déjà on accuse l'homme d'être à l'origine d'une aridité croissante dans de nombreuses régions du globe. En 1965, Ionesco, à l'occasion d'une synthèse sur les zones arides du Maroc, indique : « les effets du climat peuvent être masqués ou aggravés par les modes d'activité humaine ; le déboisement, l'incendie, le pâturage intensif, l'érosion provoquée contribuent à augmenter l'aridité climatique » ; la dégradation anthropique du tapis végétal entraîne une augmentation des maximums des températures et celle du sol a pour effet de diminuer les capacités de stockage de l'eau ; ces deux types de dégradation concluent Stewart (1968), Daget (1977 b), Pouget (1980), Floret et Pontanier (1982), conjuguent leurs effets pour renforcer l'aridité d'origine climatique.

Pour tenir compte de ce déterminisme de l'aridité lié en grande partie à la nature des terres et à l'action de l'homme, il est évidemment nécessaire de se placer à des échelles plus grandes que celles pour lesquelles les indices climatiques ci-dessus proposés ont été mis au point.

Nous essaierons, en nous appuyant sur des données recueillies en Tunisie présaharienne, de donner dans une première partie un aperçu des quantités de pluie réellement efficaces pour les plantes (donc infiltrées) au niveau des principaux systèmes écologiques

présents ; ceci nous permettra de calculer le quotient pluviométrique d'Emberger, au niveau d'une petite région, en tenant compte de la pluie efficace. Dans une seconde partie nous soulignerons, en prenant l'exemple de deux de ces systèmes écologiques, que cette eau infiltrée est mise à la disposition des plantes de façon très différente selon le type de sol, ce qui permettra de préciser davantage la notion d'aridité édaphique.

## 2 - EFFICACITÉ DE LA PLUIE

Utilisant en Tunisie steppique et présaharienne le quotient pluviométrique d'Emberger à moyenne et grande échelle, Le Houérou (1969), Floret et Pontanier (1982), montrent que ce quotient varie essentiellement en fonction du terme P, ceci étant dû principalement à la relative homogénéité thermique (à l'échelle régionale) et à la faible variation de l'évapotranspiration potentielle annuelle des steppes tunisiennes, ce qui n'est pas vérifiable sur l'ensemble de l'aire isoclimatique méditerranéenne (Daget, 1977 a).

La hauteur d'eau totale précipitée annuellement en moyenne est donc évidemment le premier facteur à prendre en compte pour déterminer les conditions d'aridité d'une région, comparativement à une autre. La variabilité interannuelle de ces précipitations est aussi importante et il est bien connu que plus celle-ci est élevée, plus les conditions d'aridité pour les êtres vivants sont sévères. Par ailleurs, les caractéristiques des averses (intensité, durée) influent fortement sur le ruissellement et la recharge en eau du sol.

La notion de pluie efficace, déjà abordée par Le Houérou (1969), est intéressante à considérer pour des interprétations bioclimatiques à moyennes et grandes échelles. La pluie efficace est la quantité d'eau qui, après ressuyage, contribue à l'accroissement des réserves en eau du sol. En l'absence de drainage vertical ou oblique et de remontées profondes pratiquement inexistantes en zone aride, la pluie efficace s'exprime par :

$Pe$  (pluie efficace) <sup>(1)</sup> = P (précipitations totales) ± R (précipitations ruisselées)

Par exemple Floret et Pontanier (1982), par la mesure des bilans hydriques entre 1972 - 1977, sur un glacis limoneux non cultivé de pente égale à 1%, montrent que le coefficient d'efficacité de la pluie dans la recharge des réserves hydriques du sol

$Ke = \frac{Pe}{P}$ , peut être représenté par la relation suivante :

$$Ke = 1000 - (0,903 I_{15} - 1,59 DDC - 0,11 IR + 65,0) \quad (r = 0,90)$$

ou  $Ke \text{ ‰}$

$I_{15}$  = intensité maximum en 15' (0,1 mm/h)

DDC = déficit par rapport à la capacité au champ des 20 premiers cm du sol (0,1 mm)

IR = indice de recouvrement de la végétation ‰

(1) A l'échelle de l'année  $Pe$  représente l'évapotranspiration réelle annuelle, puisque en Tunisie présaharienne, il n'y a en général jamais report d'eau d'une année sur l'autre.

Tableau 1. — Caractéristiques bioclimatiques d'une même station pour deux années à pluviosités différentes, en Tunisie présaharienne.

	P totale (mm)	Pe efficace (infiltrée) (mm)	M °C	m °C	Q <sub>2</sub> calculé avec la pluie totale	Q <sub>2</sub> calculé avec la pluie infiltrée	Hauteurs des pluies précipi- tées à une in- tensité supérieu- re à 12mm/h (mm)
1973 - 74	371	145	33,5	5,3	44,9	17,6	242
1975 - 76	356	304	33,7	4,8	42,1	36,0	31

Le tableau 1 montre aussi que si l'on tient compte de la pluie infiltrée, l'aridité croît avec l'intensité des pluies, en raison du ruissellement, l'eau pouvant s'écouler hors de la région ou du secteur. Ceci est très important, car il est notoire qu'à pluviosités égales certaines régions subissent en général des averses intenses, alors que pour d'autres, la pluie est mieux répartie dans le temps. La prise en compte de ce dernier facteur pour les synthèses bioclimatiques à moyenne échelle, nécessiterait évidemment un réseau pluviographique important, ainsi que des mesures de bilan d'eau à l'échelle des bassins versants. Enfin, il est évident qu'une averse n'aura pas la même efficacité dans la recharge des réserves hydriques, suivant le type de sol, ses caractéristiques physico-hydriques, l'état de sa surface, sa position orotopographique, son utilisation, son état hydrique au moment de la pluie, l'état de son couvert végétal. La figure 1, ainsi que le tableau 2, illustrent bien la variabilité spatiale de l'efficacité de la pluie en fonction du type de milieu.

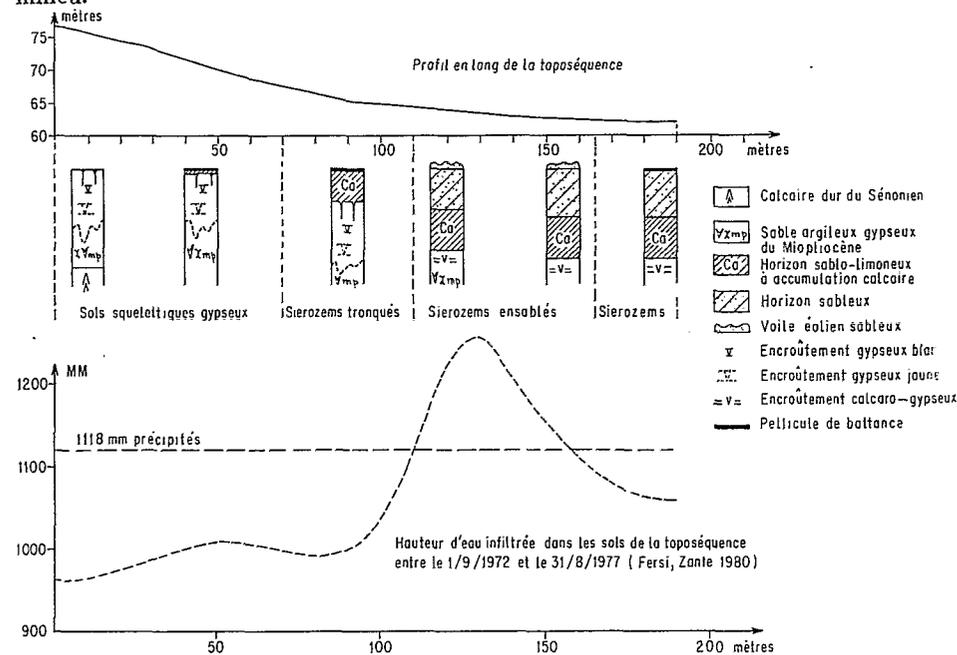


Fig. 1. — Efficacité des précipitations pour la recharge des réserves en eau du sol d'une toposéquence type de la Tunisie présaharienne.

Tableau 2. — Valeurs moyenne du coefficient d'efficacité de la pluie annuelle ( $Ke \% = \frac{Pe}{Pt}$ ) de quelques milieux de la Tunisie présaharienne pour la période 1969 - 1977.

TYPE DE MILIEU	ETAT DE DEGRADATION DES SOLS ET DE LA VEGETATION	UTILISATION DU SOL	RECOUVREMENT DE LA VEGETATION NATURELLE EN %	COEFFICIENT D'EFFICACITE DES PRECIPITATIONS EN %
STEPES DES ZONES SABLEUSES	en bon état	parcours	40	100
	moyen, surface battante	parcours	20	85
	très dégradé - sol érodé et battant	parcours	10	75
	défriché, sol légèrement tronqué	culture céréale	5	100
STEPES DES ZONES LIMONEUSES	en état moyen surface battante	parcours	20	90
	très dégradée - sol érodé et battant	parcours	5	78
	défriché, sol érodé	culture céréale	5	92
BAS FONDS ALLUVIAUX	en bon état, surface légèrement battante	parcours	40	120
	en bon état	culture céréales	10	160
STEPES SUR SOLS SQUELETTIQUES GYPSEUX	en bon état, léger recouvrement battant	parcours	15	60
	très dégradé - Croûte affleurante	parcours	5	55
STEPES SUR SOLS SQUELETTIQUES CALCAIRES	en bon état, léger recouvrement	parcours	20	88
	très dégradé - Croûte affleurante	parcours	10	72

Ce dernier point nous a semblé suffisamment important pour mériter une illustration appropriée. A cet effet, nous avons cherché à montrer comment le quotient pluviothermique d'Emberger pouvait être modulé en fonction des principaux types de milieux régionaux. Pour cela nous avons pris en compte non pas la pluie tombant sur

un milieu donné, mais la quantité qui s'infiltré en cet endroit.

Sur la région représentative de Zougrata (81 000 ha), nous disposons d'une série d'enregistrements météorologiques allant de 1971 à 1979, ainsi que des mesures du bilan d'eau. Il a donc été possible de calculer, pour une vingtaine de milieux différents (systèmes écologiques), des valeurs moyennes du quotient pluviothermique d'Emberger corrigé pour chacun des milieux et pour cette période. Le tableau 3 donne un exemple des résultats de ce calcul pour quatre types de milieux.

Tableau 3.— Variations stationnelles du quotient pluviothermique d'Emberger dans une même région écologique de la Tunisie présaharienne, en tenant compte de la pluie efficace (= infiltrée). Exemple pour quatre types de milieu.

	Station de référence GABES - SM		Types de milieux (période 1971 - 1979)			
	1901 - 77	1971 - 79	Steppe sableuse en bon état (Système RK3)	Jachère de zone limoneuse (Système AA1)	Steppe sur croûte gypseuse (Système AZ1)	Pelouse de bas-fond alluvial (Système ZR)
m (1)	5,9	7,0	4,6	4,8	5,1	5,1
Q <sub>2</sub> utilisant la pluie totale	23,8	37,2	21,4	22,3	21,1	22,6
Q <sub>2</sub> utilisant la pluie efficace (= infiltrée)	—	—	21,4	16,9	13,7	30,4

(1) nos stations de mesure sont situées à l'intérieur du pays alors que Gabès-SM est sublittorale

La valeur moyenne de  $Q_2 = 21,4$  (calculée à partir des valeurs des postes météorologiques) est seulement représentative des zones où il n'y a pas d'apport ou de déficit d'eau par la suite du ruissellement. Les milieux sableux assez profonds seraient les seuls à posséder le caractère de zonalité écologique que l'on attribue aux classifications bioclimatiques générales, en particulier à celle d'Emberger. Ailleurs, on fait les constats suivants :

- Les glacis plus ou moins en pente et recouverts de croûte calcaire ont, en tenant compte que de la pluie infiltrée, un  $Q_2$  compris entre 12 et 14, alors que sur les ensembles à croûte et encroûtement gypseux à végétation très clairsemée,  $Q_2$  est compris entre 13 et 15 ; ils sont proches de l'étage saharien ;
- les milieux limoneux, souvent dépourvus de végétation et présentant une pellicule de battance à la surface du sol, ont, malgré leur faible pente, une mauvaise porosité de surface ;  $Q_2$  sur leurs aires d'extension est compris entre 15 et 16 ;
- les bas-fonds peuvent présenter des  $Q_2$  allant de 28 à 35 et même plus, suivant la situation topographique, en raison des apports d'eau ; ils sont proches de l'étage aride supérieur et même du semi-aride.

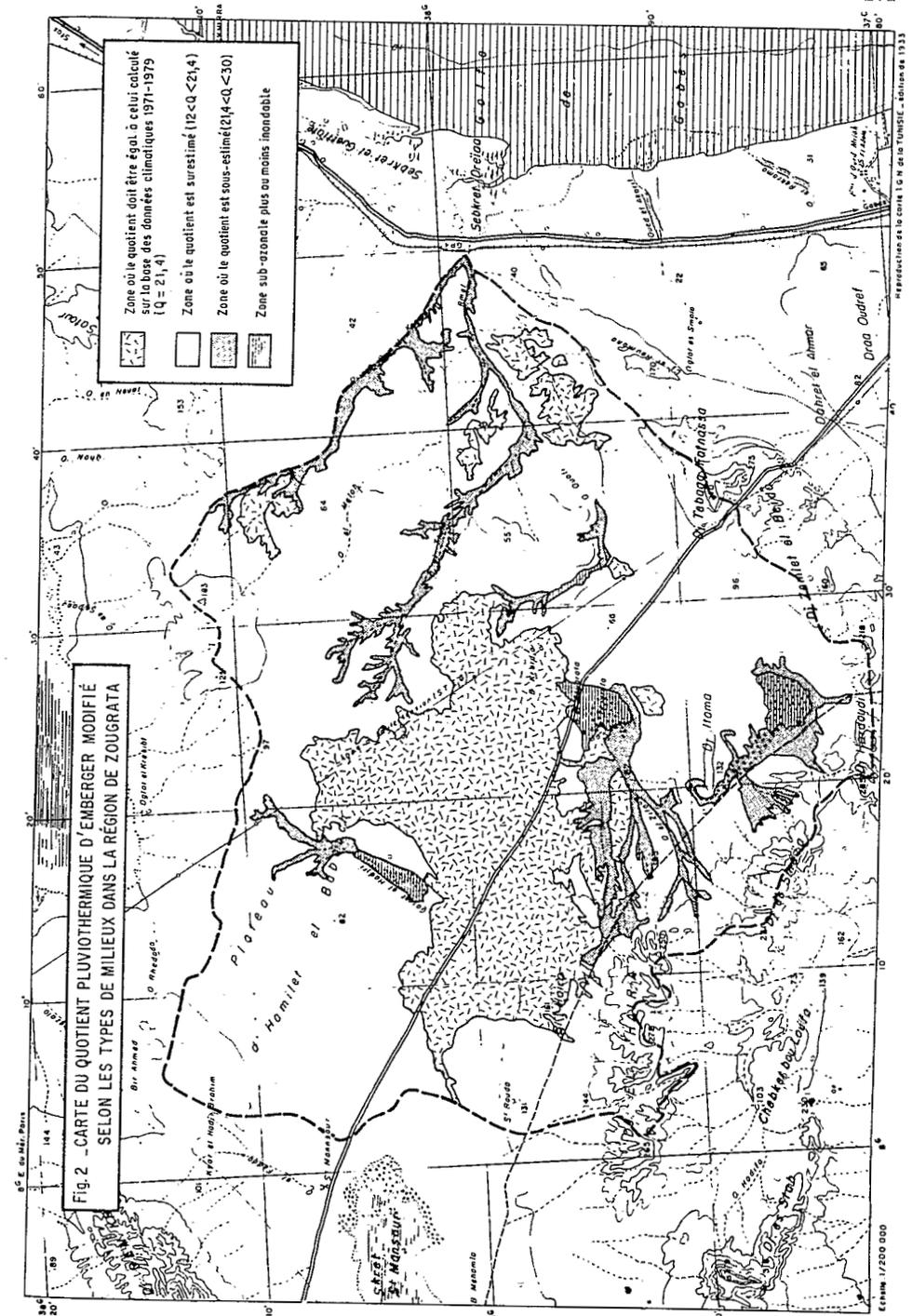


Fig. 2

La carte de la figure 2 est un essai de représentation du quotient d'Emberger modifié selon les types de milieu, pour la zone test de Zougrata. Nous avons calculé un quotient pluviométrique moyen pour la totalité de cette zone, en tenant compte, pour chaque type de milieu, de l'eau qui est effectivement à la disposition de la végétation, ainsi que de sa surface. Un tel quotient est égal à 17,2 pour la période 1971 - 1979, contre 21,4 pour la même période si l'on prend en considération les données météorologiques. Le quotient d'Emberger, appliqué au niveau régional, est donc supérieur de 20% à la moyenne pondérée des quotients stationnels. Il sous-estime actuellement l'aridité de la région en raison des grandes surfaces érodées qui s'y trouvent. Les eaux de ruissellement vont en effet s'accumuler dans des zones endoréiques inondables, sub-azonales, plus ou moins salées (2), ou peuvent être évacuées hors de la région par le réseau hydrographique.

### ARIDITÉ EDAPHIQUE

Si ces modifications apportées au terme P du quotient d'Emberger nous semblent relativement suffisantes pour caractériser à moyenne échelle l'aridité d'origine climatique des zones présahariennes, il semble nécessaire de chercher à préciser quelles sont les réelles conditions d'aridité auxquelles se trouve confronté le végétal à l'interface atmosphère-plante-sol et d'introduire la notion d'aridité édaphique. En effet, pour une répartition identique de la pluviosité au cours de l'année et pour une même hauteur annuelle des précipitations efficaces, les différents types de sols ne présentent pas les mêmes réactions à l'aridité climatique. C'est ainsi que certains sols permettent au végétal d'avoir une période de végétation plus longue et ceci uniquement en fonction des caractéristiques physico-hydriques de leurs horizons. De plus, de nombreuses mesures de bilan hydrique effectuées par les auteurs sur les sols des steppes et de la Tunisie présaharienne font apparaître qu'en dehors des périodes de végétation (3), il existe des transferts d'eau dans le sol, n'intéressant pas l'alimentation des végétaux, tant qu'il n'est pas à un état de dessèchement permanent symbolisé par So.

Pour caractériser l'aridité, nous avons admis :

- que le mois est sec (SP) s'il pleut moins de 10 mm par mois, de juin à octobre inclus, et moins de 5 mm de novembre à mai ;
- qu'il y a sécheresse climatique théorique (SC) si «Précipitations efficaces - ETP Penman < 0» ;
- qu'il y a sécheresse édaphique pour les végétaux (Se) lorsque les végétaux ne peuvent plus transpirer (on a admis que cela se produit lorsqu'il n'y a plus d'eau disponible dans le sol) ;
- et que la sécheresse édaphique absolue (SE) est représentée à l'état hydrique So.

Pour illustrer ceci nous avons choisi deux milieux représentatifs de la Tunisie présaharienne ; une steppe en bon état sur sol sableux en surface recouvrant un horizon limoneux et une steppe dégradée sur terre limoneuse de Segui. On constate sur le

(2) A titre d'exemple nous pouvons citer l'année 1973 - 1974 (P = 330 mm) ou les gazaets de la région sont restées en eau, par suite des inondations, du 12/12/1973 au 30/4/1974 ; ainsi environ 7 millions de m<sup>3</sup> ont été perdus essentiellement par évaporation durant cette période. Ceci représente la consommation en eau durant la même période de 1 800 ha pour laquelle on aurait satisfait l'E.T.P. par l'irrigation !

(3) Il a été admis et vérifié que, dans l'ensemble, les végétaux ne croissent pratiquement plus au delà du point de flétrissement (pF 4,2).

Tableau n° 4 que pour des durées de sécheresse climatique à peu près identiques, les milieux limoneux montrent des durées de sécheresse édaphique pour le végétal 60% plus longues que celles des milieux sableux, ceci étant lié au fait que le sol sableux emmagasine plus facilement les précipitations et présente par la suite une plus faible évaporation. Donc, ce type de sol montre des caractères d'aridité moins marqués que les types à texture plus lourde, ou les types squelettiques. Cette observation explique en partie l'intérêt des populations locales pour la culture des zones sableuses, même si l'érosion éolienne qui en résulte diminue progressivement le stock d'eau disponible pour les cultures.

Tableau 4. — Durée moyenne des sécheresses annuelles climatiques et édaphiques de deux milieux représentatifs de la Tunisie présaharienne (Période 1971 - 1977).

SP : sécheresse liée à la pluviosité ( $\leq 10$  mm en été ;  $P \leq 5$  mm en hiver) ; SC : sécheresse climatique théorique si  $P_{eff} < ETP$  Penman dans le mois ; SE : sécheresse édaphique absolue lorsque l'état des réserves hydriques du sol est à  $S_0$  (état de dessèchement permanent) ; Se : sécheresse édaphique pour les plantes ; l'ensemble du profil est à un état hydrique en-dessous du point de flétrissement (pF 4,2).

N.B. le mois est considéré sec si la sécheresse dure au moins 3 semaines ; l'année climatique va de 1/09 au 31/08.

		Nombre de mois de sécheresse par an	Pluviosité moyenne annuelle (mm)	Durée de l'observation (ans)
Sierozem des steppes sableuses	SP	6,1	213	6
	SC	11,3		
	SE	2,6		
	Se	4,8		
Terre limoneuse de «Segui»	SP	6,4	227	5
	SC	11,0		
	SE	4,6		
	Se	7,8		

### CONCLUSION

Il a été montré, en utilisant la notion «d'efficacité de la pluie» et le régime hydrique du sol que l'aridité d'origine climatique, définie à l'échelon régional, pouvait être compensée par le facteur sol, associé au végétal et aux modalités de leur gestion par l'homme ; ceci permet de définir une aridité d'origine édaphique. C'est la diversité des formes édaphiques qui conduit à une autre répartition spatiale et temporelle de l'aridité à laquelle se trouvent confrontés les êtres vivants, étant admis qu'en zone aride l'eau est le principal facteur limitant la production végétale.

La réserve utile en eau (en capacité de stockage de l'eau disponible à la végétation) va de quelques millimètres pour les sols les plus érodés à plus de 200 mm pour les sols les plus épais. Il faut insister sur le fait qu'une réserve utile élevée est plus importante en zone aride où les pluies sont violentes et irrégulières qu'en zone plus pluvieuse. La notion d'aridité édaphique est donc particulièrement intéressante à considérer en zone aride, à moyenne échelle (quand la température et l'E.T.P. peuvent être tenus pour peu variables), pour compléter celle d'aridité climatique. Le sol agit comme un réservoir de l'eau infiltrée et un régulateur contrôlant la répartition des différents flux (ruisselle-

ment, drainage et évapotranspiration). Ce qui compte, en définitive, pour caractériser l'aridité, c'est bien de considérer les quantités d'eau mises à la disposition des êtres vivants par les précipitations et grâce à la redistribution de cette eau par la topographie et les sols.

On peut se demander si la répartition de l'aridité ainsi définie à moyenne échelle se traduit par des différences dans la composition et la structure de la végétation naturelle. La plupart des indices utilisés pour délimiter les zones arides ont été mis au point pour des études à petites échelles et ne font intervenir que les facteurs climatiques classiques qui sont en général les seuls facilement accessibles. Aux petites échelles, lorsque la végétation est prise en compte pour cette délimitation afin de pallier l'insuffisance des postes météorologiques, comme dans le système d'Emberger, des enclaves de végétation de type plus aride ou (plus humide) apparaissent dans des régions au bioclimat réputé homogène, liées essentiellement à des régimes hydrique édaphiques différents de la normale régionale. On peut en tenir compte dans l'établissement des cartes bioclimatiques ou phyto-écologiques à petite échelle (Floret et coll., 1968).

À plus grande échelle, dans une région où l'on note une augmentation rapide de l'érosion (donc de l'aridité) par taches, on pourrait s'attendre à une modification de la flore allant dans le sens d'une « invasion » d'espèces considérées comme désertiques. Il n'en est rien, car il est vraisemblable que ces phénomènes d'érosion anthropique intense sont trop récents pour que le cortège floristique potentiel soit déjà en place. On ne saurait donc, pour ces études à grande échelle, interpoler les données climatiques et des bilans hydriques sur la base de limites d'aires d'espèces (par exemple, les espèces reconnues et employées à petite échelle pour Le Houérou pour délimiter les étages bioclimatiques d'Emberger). Les modifications de la végétation liées à l'aridification de milieu qui peuvent être remarquées et utilisées pour une telle cartographie, sont plutôt une raréfaction ou un développement corrélatif de certaines espèces de la flore originelle et surtout une diminution de la phytomasse aérienne et souterraine de l'ensemble. On a pu mesurer par exemple (Floret et Pontanier, 1982) que la phytomasse aérienne de quelques steppes en bon état de la Tunisie présaharienne avoisine 1 500 kg de matière sèche par hectare, alors que la moyenne régionale se situe maintenant environ à la moitié de ce chiffre.

#### BIBLIOGRAPHIE

- AUBRÉVILLE A., 1949.— Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, Paris.
- BUDYKO M.L., 1958.— The heat balance of the Earth's Surface, traduction Nina A. Stepanova. U.S. Depart. of Commerce, Washington, 259 p.
- DAGET Ph., 1977 a.— Le bioclimat méditerranéen : caractères généraux, modèles de caractérisation. *Vegetatio*, vol. 34 (1) : 1 - 20.
- DAGET Ph., 1977 b.— Le Bioclimat méditerranéen : analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. *Vegetatio*, vol. 34 (2) : 87 - 103.
- EMBERGER L., 1971.— Travaux de botanique et d'écologie. Masson et Cie, Paris, 520 p.
- FLORET C. et R. PONTANIER, 1982.— L'aridité en Tunisie présaharienne. Climat, sol, végétation et aménagement. Mémoire de thèse. Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M., Paris, 150, 544 p.
- FLORET C., M. GOUNOT, C. ROSSETTI et D. SCHWAAR, 1968.— Conception générale des travaux de cartographie phyto-écologique réalisés par le C.N.R.S. en Tunisie septentrionale. *Ann. Inst. Nat. Rech. Agron. de Tunisie*, Tunis, vol. 41 (1) : 25 - 142, annexes.
- HENNING D. et H. FLOHN, 1977.— Climat aridity index map. United nations conference on desertification. Nairobi 30, August - 9 Sept. 1977. Doc. A/Conf. 74/31 Fao et Unesco, Paris-Rome.

- UNESCO T., 1965.— Considérations bioclimatiques et phyto-écologiques sur les zones arides du Maroc. Les cahiers de la recherche agronomique, Rabat, 19 : 1 - 69.
- LE HOUÉROU H.N., 1959.— Recherches écologiques et floristiques sur la végétation de la Tunisie Méridionale. *Inst. de Rech. Sah., Alger. Mémoire h.s.*, 510 p.
- LE HOUÉROU H.N., 1969.— La végétation de la Tunisie steppique (avec référence aux végétations analogues d'Algérie, de Libye et du Maroc). *Ann. Inst. Nat. Rech. Agron. de Tunisie*, 42 (5), 624 p. et 1 carte couleur au 1/500 000.
- MEIGS P., 1952.— World distribution of arid and semi-arid homo-climates. *Rev. Res. on Arid Zone Hydr. Unesco*, Paris, 203 - 210.
- POUGET M., 1980.— Les relations sol-végétation dans les steppes sud algéroises. Mémoire de thèse. Travaux et document de l'ORSTOM, Paris, 116 : 55 p.
- SCHMIDT R.H., 1979.— A climatic delineation of the «real» Chihuahuan Desert. *Journal of Ar. env.*, 2 : 243 - 250.
- STEWART Ph., 1968.— Quotient pluviothermique et dégradation biosphérique : quelques réflexions. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord*, Alger, 59 (1 - 4) : 23 - 36.
- UNESCO, 1977 (cf. D. HENNING and N. FLOHN, 1977).