

Accite em 20-10-1993

Parametres climatiques discriminants de la  
répartition floristique dans deux pays  
mediterranéens: l'Algerie et la Syrie

par

PHILIPPE DAGET  
C.N.R.S.H./ CIRAD-EMVT, BP 5035, F- 34032 MONTPELLIER Cedex 1

WASSIM AL HAKIM  
Faculté d'Agriculture, Université de Damas, Syrie

et

YAMINA DJELLOULI  
U.R.B.T., BP 812, DZ-16000 ALGER-GARE

*RÉSUMÉ*

Un inventaire détaillé des localisations botaniques signalées dans la littérature pour chacun des deux pays, complété par des inventaires de terrain, a permis d'établir le liste des localités floristiques de référence (3 200 en Algérie et 750 en Syrie) et des espèces qui y vivent (35 000 localisations dans chacun des deux pays).

Parallèlement, des interpolations climatiques, en Algérie par krigeage selon la méthode AURELHY et en utilisant des gradients locaux en Syrie, ont permis d'établir les référentiels climatiques correspondant à l'ensemble de ces sites floristiques. 68 paramètres climatiques ont servi à caractériser les climats stationnels, les 36 données climatiques d'origine complétées par de nombreux indices usuels. Tous ont alors été codés et l'application des méthodes de l'Analyse écologique a permis de séparer ceux des paramètres pris en compte qui ont un rôle discriminant dans la répartition spatiale des espèces dans chacun des deux pays.

Mots clé: Algérie, Syrie, Bioclimatologie, Chorologie

## INTRODUCTION

Depuis HUMBOLDT, la relation entre la distribution géographique des plantes et le climat est l'objet d'investigations nombreuses (TUHKANEN, 1980; GOOD, 1931) avait posé comme second principe biogéographique que l'influence du climat est le principal facteur mésologique de la répartition (en tout premier lieu vient l'histoire des flores, donc l'évolution).

Mais les autres caractères du milieu ont aussi un rôle dont l'importance variable dépend beaucoup de l'échelle de l'étude (SALISBURY, 1926). Le rôle de chacun des paramètres du milieu, et en particulier des éléments du climat, est délicat à mettre en évidence (SALISBURY, *ibid.*) et la sélection, trop subjective, est, le plus souvent fondée sur la comparaison de cartes (THUKANEM, *ibid.*; YEATMAN, 1974).

Les méthodes de l'Analyse écologique (DAGET & GODRON, 1982) permettent une approche neutre de ces problèmes, et la sélection des paramètres les plus importants ; comme toutes les méthodes modernes, elles supposent le recueil préalable d'une base de données importante.

## BASES DE DONNÉES

### Recueil de l'information floristique

L'ensemble des espèces, sous-espèces et variétés citées dans la Flore de la Syrie (MOUTERDE, 1966 ; MOUTERDE *et al.*, 1978-84), complété par les taxons cités dans la littérature est de 3 620 espèces, sous-espèces et variétés et 1009 genres (AL HAKIM, 1986).

Dans le cas de l'Algérie, c'est la flore de QUEZEL & SANTA (1962) qui a servi de base (DJELLOULI, 1990). Il y a 4454 espèces, sous-espèces et variétés (et 909 genres), soit 834 taxons de plus pour 100 genres de moins.

### Recueil de l'information chorologique

Pour chacun des deux pays, les localisations indiquées dans les sources botaniques et phytosociologiques ont fait l'objet d'un pointage sur carte. Les localisations imprécises déjà déplorées par AARHONSON (1909), ont été éliminées. Les sites repérés furent enregistrés avec leurs coordonnées (latitude, longitude et altitude), puis, après élimination des redondances et des synonymes, classés et numérotés comme les taxons.

- En Algérie, nos inventaires personnels (Y.D.), ceux de l'URBT, de DJEBAILI (1978) et de ses élèves ont fourni 1798 sites, 1171 autres proviennent de la littérature (en particulier de COSSON, voir DJELLOULI *op. cit.*) soit un total de 2969 relevés en 1752 sites floristiques, tous situés en Algérie septentrionale, c'est-à-dire au dessus de la latitude 32°.
- La flore de Mouterde a permis de localiser 380 sites ; le reste de la documentation en a fourni 271. Le nombre total a été porté à 751 en ajoutant 100 sites résultant de nos propres enquêtes (W.A.) et de celles de KAWAS (1987) et de SOUFI (1990).

La troisième partie de la base de donnée est constituée par le fichier chorologique qui comporte l'indication des numéros de référence des

taxons, suivis de ceux des sites où ils ont été trouvés.

- Pour l'Algérie septentrionale, seulement 3 134 taxons sont localisés pour un total de 66 393 informations (DJELLOULI, *op.cit.*).
- Les 3 565 taxons de Syrie sont localisés de manière précise et codée (AL HAKIM, *ibid.*), soit un total de 35 000 informations phytogéographiques positives.

#### Recueil de l'information climatique

Une partie des données climatiques est fournie par AHDALI (*et al.*, 1976-81) dont les stations sont bien localisées (longitude, latitude, altitude). Ces données sont complétées par des enquêtes faites sur place et par l'étude de la documentation disponible. On dispose donc de stations complètes (température et précipitation), et de stations uniquement pluviales.

L'analyse de régression multilinéaire est souvent employée dans le but d'obtenir une interpolation des paramètres climatiques manquant; dans les deux cas, les résultats n'ont pas été significatifs.

La régression en fonction de l'altitude seule, à partir des stations les plus proches a parfois donné de très bons résultats (ENGLISH, 1973 ; ESSENWANGER, 1986 ; LITYNSKI, 1991); ici, ils furent très décevants parce que les conditions mésoclimatiques peuvent être suffisamment différentes pour que les régressions perdent toute signification.

En définitive, les interpolations ont été effectuées à partir de stations proches choisies en situations orotopographiques similaires à celle du site étudié de façon à bien l'encadrer. En premier lieu, on a calculé des températures affectables aux stations pluviales; puis, en second lieu, pour la Syrie, de nouvelles régressions du même type ont été faites à partir de cet ensemble pour obtenir les données climatiques allouées aux sites floristiques. Dans le cas de l'Algérie, les données allouées aux sites ont été interpolées par krigeage avec la méthode AURELY de Météo-France (DJELLOULI & BENICHO, 1990 et *in* DAGET,

1993).

Ces valeurs climatiques brutes observées ou calculées sont donc les températures minimales moyennes, les températures maximales moyennes, les températures moyennes mensuelles et les modules pluviométriques mensuels moyens. Ces valeurs sont complétées par l'altitude et 19 paramètres synthétiques (DAGET, 1988; 1993).

#### ANALYSE CLIMATIQUE DE LA REPARTITION DES ESPÈCES

##### Méthode

L'analyse écologique, initiée par GODRON (1968) et développée par DAGET & GODRON (*op. cit.*) a été utilisée pour caractériser le comportement des espèces par rapport au climat. Elle conduit à:

- établir le profil écologique de chaque espèce relativement à chacun des descripteurs, le profil étant une distribution de fréquences pondérées de l'espèce dans chaque classe du descripteur.
- analyser la quantité d'information apportée par ces distributions individuelles, pour chaque descripteur, de façon à reconnaître celles qui sont les plus informatives.
- comparer, pour chaque descripteur, ces quantités d'information avec celle qui est apportée par la distribution d'ensemble des relevés.

Les paramètres de base doivent être "discretisées" par une codification adaptée qui permet de balayer les valeurs depuis les plus faibles minimums jusqu'aux plus forts maximums.

##### Efficacité des descripteurs

Pour reconnaître le rôle des éléments du climat (ici les 68 descripteurs) sur la répartition spatiale des espèces, il faut en caractériser l'efficacité. Cela se fait en confrontant, pour chaque descripteur, le type d'échantillonnage réalisé avec la sensibilité des espèces à cet élément du climat.

La distribution dans les classes du descripteur des valeurs correspondant à chaque site donne le profil écologique d'ensemble caractérisé par son entropie.

On construit ensuite des profils spécifiques en examinant la distribution des sites qui contiennent chacune des espèces. La quantité d'information contenue dans ces profils spécifiques mesure la valeur indicatrice de l'espèce pour ce descripteur. Les espèces sont classées par valeur décroissante et la moyenne des 50 premières est retenue pour mesurer l'intensité de la réaction des espèces.

L'analyse de la réaction des espèces se fait graphiquement en portant la valeur indicatrice moyenne en fonction de l'entropie du descripteur. Lorsque ces derniers ont un échantillonnage informatif, leur image figure sur la partie droite du graphique (entropie élevée). Sur une même verticale, donc à échantillonnage équivalent, plus les espèces sont sensibles aux variations spatiales d'un élément du climat et plus leur image est haute.

## RÉSULTATS

L'examen des graphiques correspondant dans les deux territoires retenus fait apparaître que, dans les deux cas, les précipitations sont plus discriminantes que les températures. Les descripteurs synthétiques sont en position intermédiaire en Syrie et équivalents aux précipitations en Algérie.

En ce qui concerne les températures, il apparaît que:

- en Algérie, à échantillonnage équivalent, on trouve successivement les minimums hivernaux, les plus discriminants, puis les moyennes, les maximums, et enfin les minimums estivaux ; la plus discriminante est le minimum de décembre.
- en Syrie, les températures minimales sont plus discriminantes que les maximales, les moyennes étant en position intermédiaire; les

plus discriminantes sont les minimums de janvier et de décembre, les moins efficaces ceux de juillet et d'août.

Les paramètres thermiques saisonniers efficaces et suffisants pour expliquer la répartition des espèces dans ces pays sont:

Saison	Nature	Syrie	Algérie
Printemps	Maximums	mars	mai
	Minimums	mars	avril
	Moyennes	mai	mai
Eté	Maximums	juin	juin
	Minimums		
	Moyennes	juin	juillet
Automne	Maximums	novembre	septembre
	Minimums	novembre	octobre
	Moyennes	septembr	octobre
Hiver	Maximums	décembre	janvier
	Minimums	décembre	décembre
	Moyennes	décembre	janvier

L'examen des précipitations seules fait apparaître trois groupes de mois, ce qui traduit leur variabilité spatiale:

- décembre, janvier, février, mars - les mois d'hiver dont les images sont en haut et à droite. Les précipitations hivernales sont très variables d'une station à l'autre et la répartition des espèces y est très sensible.
- avril, mai, juin, juillet, août - les mois d'été en bas à gauche; les précipitations estivales sont peu variables dans l'espace et la répartition des espèces y est peu sensible.
- septembre, octobre, novembre - les mois de "demi-saison" en position centrale.

En définitive, en dehors du module annuel, les précipitations discriminantes sont celles de:

- pour l'hiver de janvier en Algérie et de décembre en Syrie,
- pour le printemps de mai en Algérie et de mars en Syrie,
- pour l'automne, d'octobre dans les deux pays,
- pour l'été d'août en Algérie et de juillet en Syrie.

L'expression synthétique des climats d'Emberger est le mieux échantillonné et plus efficace des descripteurs traités, avec le module pluviométrique annuel et, en Algérie, l'altitude. Le nombre de mois très humides ( $p(i) > 100$  mm) et de mois secs ( $p(i) < 30$  mm), la moyenne des minimums du mois le plus froid (m) sont les autres descripteurs synthétiques discriminants. En Algérie, les espèces sont très sensibles à l'amplitude thermique annuelle, malgré sa faible variabilité. Dans les deux régions, les indices climatiques d'Emberger (Q2) et d'Ahdali (AHDALI *et al.*, *op. cit.*) ont un assez fort pouvoir discriminant, supérieur à l'évapotranspiration globale et à l'indice de Budyko.

#### CONCLUSIONS

Deux conclusions se dégagent des travaux présentés:

D'abord, les différents résultats obtenus dans ces deux pays méditerranéens si différents confirment les intuitions d'EMBERGER (1930 in 1971) en soulignant le pouvoir discriminant des critères qu'il retenait.

Les méthodes de l'analyse écologique appliquées à la phytogéographie permettent de reconnaître les éléments du climat liés à la répartition des espèces et donc d'expliquer leur aires.

Les paramètres climatiques varient simultanément d'une station à l'autre et certains d'entre eux peuvent présenter des corrélations importantes, être redondants. Avant de conclure à un ensemble de relations causales, il convient d'analyser ces redondances; l'étude des profils complexes (GODRON et MANDIN, 1993) est une des approches possibles, il y en a d'autres (DAGET *et al.*, 1982).

#### BIBLIOGRAPHIE

AARONSHON, A. (1909). Contribution à l'histoire des céréales: le blé, l'orge et le seigle à l'état sauvage. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 56: 196-203.

- AHDALI, L. *et al.*, (1976). *Etude agroclimatologique des pays arabes*, O.A.D.A., Khartoum, 22 vol. (en arabe)
- AL HAKIM, W. (1986). Ennumeratio plantae Syriae, *Nat. Monsp.*, 51:1-77.
- AL HAKIM, W. (1988). *Contribution à l'étude des espèces médicinales et aromatiques de Syrie (Répartition, relations avec le climat)*. Thèse, Univ. Sci. Tech. Lang., Montpellier, 233 p.
- DAGET, Ph. (1993). Caractérisation des climats méditerranéens, *Repères*, 6: 1-60.
- DAGET, Ph., DAVID, P., DJELLOULI, Y. & LANCHEROS, C. (1982). Analyse de la redondance dans l'analyse fréquentielle des espèces dans les communautés, *Biocénoses*, 2: 63-82.
- DAGET, Ph. & GODRON, M. (1982). *Analyse fréquentielle de l'écologie des espèces dans les communautés*, Masson, Paris, 163 p.
- DJELLOULI, Y. (1990). *Déterminismes climatiques de la répartition des plantes en Algérie du nord*, Thèse Univ. Sci. Tech. H. Boumédienne, Alger, 2 vol.
- DJELLOULI, Y. & BENICHOU, P. (1990). Interpolation des données climatiques et sa cartographie automatique en Algérie du Nord, *Pub. Ass. Int. Clim.*, 3: 391-400.
- ENGLISH, E. (1973). An objective method of calculating areal rainfall, *Met. Mag.*, 102: 292-298.
- ESSENWANGER, L. (1986). *General climatology - Elements of statistical analysis*, Elsevier, Amsterdam, 424 p.
- EMBERGER, L. (1971). *Travaux de botanique et d'écologie*, Masson, Paris, 520 p.
- GODRON, M., 1968 - Quelques applications de la notion de fréquence en écologie végétale, *Oecol. Plant.*, 3: 185-212.

(Ardèche): mise en évidence de compensations, d'adhérences et d'additions de facteurs à l'aide de profils écologiques combinés, *Bull. Mens. Soc. Linn. Lyon*, 62, 5: 153-168.

- GOOD, G. (1931). *Geography of flowering plants*, Longmans, Londres, 524 p.
- LITYNSKI, J. (1991). Gradients verticaux climatologiques de la température et des précipitations au Québec, *Pub. Ass. Int. Clim.*, 4: 291-297.
- MOUTERDE, P. (1966). *Nouvelle flore de Syrie et du Liban*. Imprimerie catholique, Beyrouth, 4 vol.
- MOUTERDE, P., CHARPIN, A. & GREUTER, W., (1978-84). *Nouvelle flore de Syrie et du Liban* (suite). Imprimerie catholique, Beyrouth, 1 vol. en 4 fsc.
- QUEZEL, P. & SANTA, S. (1962). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*, C.N.R.S., Paris, 1170 p.
- SALISBURY, E. (1926). The geographical distribution of plants in relation to climatic factors, *Geogr. J.*, 67: 312-335.
- SOUFI, Z. (1990), Thèse, Sci. Tech. Lang., Montpellier.
- TUHKANEN, S. (1980). Climatic parameters and indices in plant-geography, *Acta Phytogeogr. Suecica*, 67: 1-105.
- YEATMAN, L. (1974). Les rapports entre les caractères climatiques et botaniques et la distribution des oiseaux, *L'oiseau et RFO*, 44: 324-339.