

# Biomes isoclimatiques méditerranéens : bioclimatologie, diversité et phytogéographie

Résumé élargi de l'ouvrage de l'auteur

par Henri-Noël LE HOUEROU

*Alors que nous allons bientôt attaquer la préparation de nos travaux sur les effets actuels et prochains du "changement climatique mondial" sur notre région, voici un ouvrage qui vient, à point nommé, nous préciser de façon très détaillée, ce que représentent, en fait, le climat méditerranéen et les régions du monde qu'il concerne. Il va nous être présenté par son auteur de façon assez large, pour que ceux qui sont peu coutumiers de la langue de Shakespeare, puissent en connaître les spécificités essentielles. Ils y découvriront, s'il en est encore besoin, que loin de ne concerner que le pourtour de notre "Grande Bleue", le climat méditerranéen intéresse beaucoup d'autres régions du monde (60 pays) et que leur surface totale atteint la coquette somme de 15 millions de km<sup>2</sup> (soit 30 fois notre territoire national ou 12% des terres émergées). Cette approche érige la zone phytogéographique méditerranéenne, considérée jusqu'à présent comme une simple "Région" du climat tempéré (voire un avatar du climat sub-tropical sec !), au rang supérieur de "Royaume".*

L'ouvrage dont il est fait ici un résumé élargi, fait partie d'une trilogie dont les deux autres termes sont publiés par ailleurs (Cf. références page suivante) :

- *Atlas des diagrammes climatiques des stations de la zone isoclimatique méditerranéenne,*
- *Atlas de la répartition de 250 espèces-clé dans le Bassin méditerranéen.*

## Analyse de l'ouvrage principal

Les biomes se définissent comme les grandes zones continentales de milieux naturels : la toundra, la taïga, la forêt tempérée, la prairie, la steppe, la forêt tropicale, la savane, la forêt pluviale équatoriale et les déserts. Ces biomes se caractérisent par un climat défini, une flore, une végétation, une faune, des sols, une géomorphologie, des cultures, un mode d'habitat et d'exploitation des terres, etc. Ce sont, en quelque sorte, des « super-écosystèmes » à l'échelle continentale. La zone isoclimatique méditerranéenne se définit comme l'ensemble des régions recevant des précipitations hivernales et subissant une sécheresse plus ou moins prononcée d'été. Elles possèdent une végétation sclérophylle dans les zones semi-arides à hyper-humides, steppique dans les zones arides et contractée dans les zones hyper-arides ou désertiques. Les difficultés surgissent lorsqu'il faut décider de l'abondance relative des pré-

## Références des ouvrages

The Isoclimatic Mediterranean Biomes : Bioclimatology, Diversity and Phytogeography, H.N. Le Houérou, juin 2005

Cet ouvrage compte 765 p. en deux volumes de format A4. Le premier volume (365 p.) contient le texte, une liste de références de 1 600 titres et les remerciements. Le second volume (400 p.) contient les annexes, dont 103 tableaux hors-texte, 118 figures, un glossaire de 1 900 termes et un index de 650 entrées.

ISBN : 2-9523965-1-5

L'ouvrage est disponible chez l'auteur : 327 rue A.L. de Jussieu 34090 Montpellier France, au prix de 65 euros + frais d'envoi en courrier postal prioritaire.

Mél : hn.le-houerou@club-internet.fr

Atlas des diagrammes climatiques des stations de la zone iso-climatique méditerranéenne, H.N. Le Houérou (Cf. encadré p. 72)

220 p., 1 560 graphiques de 60 pays. Egalement disponible chez l'auteur depuis mars 2005, au prix 35,5 euros TTC + frais d'envoi.

Atlas de la répartition de 250 espèces-clés dans le Bassin méditerranéen, H.N. Le Houérou

150 p., 300 cartes et schémas. Disponible depuis fin 2005 au CIHEAM / IAMZ. Saragosse.

cipitations hivernales et de l'absence partielle (ou totale) des précipitations estivales pour qu'une zone déterminée puisse être qualifiée de méditerranéenne. Pour ce faire, l'auteur définit deux indices objectifs de « méditerranéité » IM1 et IM2 :

– IM1 est le rapport entre les précipitations du trimestre hivernal et celles du trimestre estival (IM1 = PTH/PTE) ;

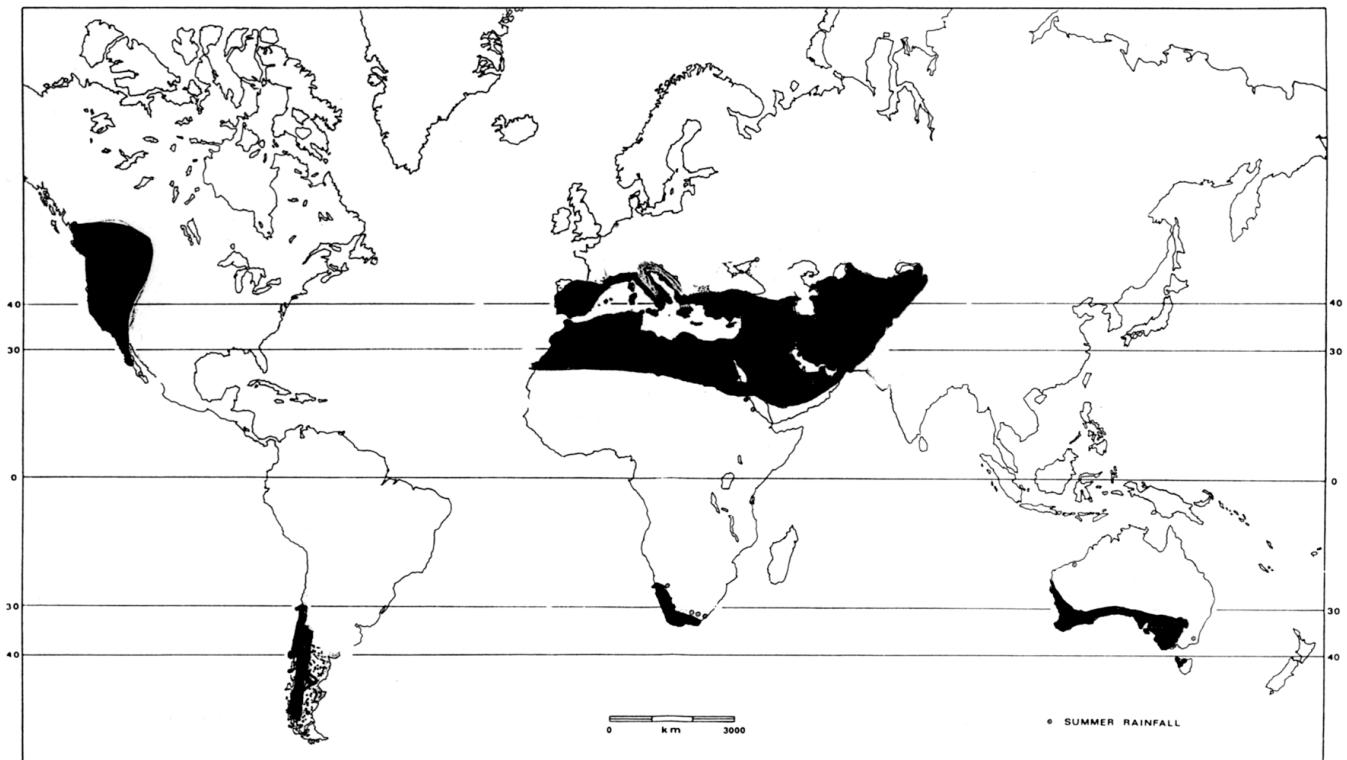
– IM2 est le quotient des précipitations du semestre hivernal (à jours courts) à celles du semestre estival (à jours longs) (IM2 = PSH/PSE).

On peut aussi invoquer, ce qui revient au même, le pourcentage des précipitations du trimestre hivernal dans le total annuel : par définition, les pluies du trimestre hivernal sont supérieures à 25 % du total annuel et les pluies semestrielles d'hiver à plus de 50 % des chutes annuelles. Par approximations successives et en se fondant sur la nature et la répartition de la flore, de la végétation, de la faune, des systèmes d'élevage et des cultures, l'auteur est arrivé à la conclusion suivante : pour qu'une zone puisse être qualifiée de méditerranéenne, il faut que  $IM1 > 2,0$  (il peut atteindre l'infini lorsque le total des pluies du trimestre estival est nul, comme c'est souvent le cas de basses terres de la Méditerranée orientale et du Proche-Orient, ainsi qualifiées

« d'hyper-méditerranéennes »). L'IM2 doit dépasser 1,5. Le critère de température hivernale, utilisé par certains auteurs, n'entre pas en ligne de compte à ce niveau, mais plus en avant dans les critères de classification. Les cas litigieux sont résolus par l'examen détaillé de la végétation naturelle et des cultures, mais il reste, bien entendu, des zones de transition appelées sub-méditerranéennes (exemples : les Causses, les Alpes-Maritimes, les Apennins, la partie orientale de la chaîne des Pyrénées). Les spécialistes peuvent ainsi constater que l'auteur s'est largement inspiré à la fois des concepts de ses maîtres Emberger et Gaussen, en les adaptant aux connaissances modernes, sur l'ETP, par exemple. Ainsi définies, les régions méditerranéennes couvrent près de 15 millions de km<sup>2</sup> (trente fois la France) et représentent près de 12 % des terres émergées dans soixante pays ou Etats, partiellement ou totalement méditerranéens (16 % de la superficie nationale en France).

Exemples : les vingt pays adjacents à la Méditerranée et le Portugal (avec les îles Insulo-Atlantiques orientales ou Macaronésiennes<sup>1</sup>), l'Asie Moyenne (un tiers Sud du Kazakhstan, Kirghizistan, Ouzbekistan, Tadjikistan, Turkménistan), le Proche-Orient (Turquie, Syrie, Israël, Palestine, Jordanie), Moyen Orient (Irak, Iran, Afghanistan, Pakistan à l'ouest de l'Indus), les deux tiers Nord-Est de la Péninsule Arabique, toute l'Afrique du Nord, la partie Sud-Ouest de l'Afrique du Sud, le long de l'Atlantique, les îles Canaries, Madère et les Açores, la Californie, une grande partie de l'Orégon, de l'Etat de Washington, de l'Idaho, du Nevada, la moitié ouest de l'Utah (tout l'Ouest du Great Basin), l'extrême Sud-Ouest de l'Arizona, la Basse Californie du Nord (Mexique), le coin Sud-Ouest de la Colombie Britannique (Vancouver), le Chili Central entre les 25° et 35° de latitude S., une grande partie de la Patagonie argentine et les piedmonts orientaux des Andes entre les 30° et 45° parallèles S. Presque toute l'Australie du Sud, un quart Sud-Ouest des Nouvelles Galles du Sud et la moitié occidentale de Victoria et un tiers Sud-Ouest de l'Australie de l'Ouest. On a ainsi montré la grande similitude bioclimatique entre la partie Ouest du Great Basin, la région Aralo-Caspienne et la Patagonie, confirmée, si besoin était, par des introductions de plantes réussies et réciproques et par l'invasion d'espèces Irano-Touraniennes dans le Great Basin. Divers aspects des cli-

1 - Açores, Madère, Cap Vert.



mats méditerranéens sont étudiés en détail : montant et saisonnalité des précipitations annuelles, évolution à long terme des précipitations annuelles, variabilité annuelle (inversement proportionnelle à la hauteur, mais variable dans une large proportion d'une région à l'autre).

Les climats méditerranéens présentent deux critères essentiels pour la vie et la répartition des plantes et des animaux : le bilan entre l'offre et la demande d'eau (indice d'aridité) et le stress thermique représenté par le froid hivernal (ou son absence). Le premier se mesure par le rapport entre les précipitations et l'évapotranspiration potentielle (évaluée par lysimètre ou calculée au moyen de l'équation de Penman ( $P/ETP_p$ ) et le second par la moyenne des températures minimales journalières du mois le plus froid (janvier dans l'hémisphère Nord et juillet dans l'hémisphère Sud). Les précipitations n'offrent aucune tendance évolutive à long terme au cours des 170 ans pour lesquels des mesures existent. Mais il existe des tendances positives et négatives à moyen terme (25-50 ans). La température planétaire à long terme a augmenté d'environ  $0,5^{\circ}\text{C}$  en 100 ans ; elle est probablement de moins de la moitié de ce chiffre pour les latitudes méditerranéennes ( $25\text{-}45^{\circ}$  N. et S.), ce qui correspond à l'augmentation de température attribuée à l'urbanisation, mais elle est beaucoup plus élevée au delà des latitudes

de  $45^{\circ}$  (de  $1$  à  $1,5^{\circ}\text{C}$  entre  $50^{\circ}$  et  $60^{\circ}$  de latitude N. et S.). De fait, aucune évolution à long terme de la température n'a encore pu être mise en évidence sous les latitudes méditerranéennes quel que soit le continent considéré, ce qui n'implique pas qu'elle ne le soit dans un avenir prévisible.

L'indice d'aridité ( $P/ETP_p$ ) permet de distinguer sept zones méditerranéennes principales en fonction de l'aridité, selon la terminologie d'Emberger, reprise dans la carte mondiale des zones arides de l'Unesco :

- hyperhumide ( $P > ETP_p$ ),
- humide ( $ETP_p > P > 0,70 ETP_p$ ),
- sub-humide ( $0,70 ETP_p > P > 0,45 ETP_p$ ),
- semi-aride ( $0,45 ETP_p > P > 0,28 ETP_p$ ),
- aride ( $0,28 ETP_p > P > 0,07 ETP_p$ ),
- hyper-aride ( $0,07 ETP_p > P > 0,03 ETP_p$ )
- érémitique ( $0,03 ETP_p > P$ ).

Les limites entre ces zones sont déterminées empiriquement par la répartition de la végétation naturelle, des cultures et des systèmes de production agricole et d'élevage et la géomorphologie, comme le préconisait Emberger.

Les déserts méditerranéens se caractérisent par le fait que les rares pluies qui y tombent surviennent toujours en hiver, contrairement aux déserts tropicaux (à pluies d'été) et tempérés (à régime pluviométrique saisonnier équilibré).

**Fig. 1 :**  
Distribution mondiale  
des biomes et bioclimats  
méditerranéens  
(Le Houérou 2004 a, b)

**Photo 1 :**  
Le Fynbos (au premier plan) est l'équivalent des garrigues en Afrique du Sud. A l'arrière, peuplement de pin radiata.

Photo Department  
of Environment Affairs -  
Regional Direction  
Western Cape Forest  
Region



L'indice de stress thermique hivernal est étroitement corrélé avec le nombre annuel de jours de gel, donnée plus difficile à rencontrer et souvent indisponible. Il permet de distinguer huit tranches de  $2^{\circ}\text{C}$  depuis l'extrêmement chaud ( $m > + 9^{\circ}\text{C}$ ) jusqu'à l'extrêmement froid ( $m < - 5^{\circ}\text{C}$ ).

Les raisons du choix de ces critères sont données en détail ; on ne peut s'y étendre ici. Disons cependant que  $m = - 5^{\circ}\text{C}$  correspond à la limite supérieure des arbres dans les hautes montagnes méditerranéennes et que  $m > + 9^{\circ}\text{C}$  correspond à l'absence de gel sous abri et à la dominance concomitante d'espèces végétales et de cultures d'affinité tropicale lorsque l'eau est disponible.

Dans le premier cas, la température moyenne mensuelle du mois le plus froid est d'environ  $0^{\circ}\text{C}$  et  $15^{\circ}\text{C}$  dans le second, mais cette relation est peu fiable.

Ces tranches thermiques sont empiriquement justifiées par la présence ou l'absence de certaines espèces spontanées, de cultures et d'animaux. Nous avons ainsi une matrice orthogonale de (7 X 8) cinquante-six bioclimats méditerranéens principaux. Des variantes et nuances peuvent être ajoutées en faisant intervenir la saisonnalité des précipitations, leur variabilité, les précipitations occultes, la moyenne des températures maximales journalières du mois le plus froid, le nombre de jours de gel, les dates moyennes du premier et dernier gel annuel, etc. Il s'agit donc d'un système de classification « ouvert » qui peut s'adapter aux nécessités locales, car on ne peut tout prévoir !

2 – Ombrothermique :  
 $P/2t^{\circ}$  ;  
ombrodiapnéique :  
 $P/0,35 \text{ ETP}$  ;  
ce dernier tient compte de l'évapotranspiration potentielle et donc du vent.

Ces différentes catégories peuvent s'identifier visuellement et de manière quasi instantanée par l'examen des graphiques ombro-thermiques ou ombro-diapnéiques<sup>2</sup> montrant la marche mensuelle des précipitations et des températures et des évapotranspirations potentielles (cette relation, inventée il y a 170 ans par l'agronome A. De Gasparin est utilisée partout depuis les années 1950, suite à la ré-invention du concept par les botanistes et phytogéographes toulousains Gausson et Bagnouls). Dans ces graphiques les précipitations moyennes mensuelles et l'ETPp sont représentées sur une échelle double des températures moyennes ( $P = 2t$ ), ou encore ( $P = 0,35 \text{ ETP}$ ). Ce dernier critère a été établi par Le Houérou et Popov dans une étude sur la bioclimatologie de l'Afrique, publié par la FAO en 1981. Les deux critères coïncident dans 98 % des cas en zone isoclimatique méditerranéenne. A partir de ces critères on déduit que statistiquement ETPp ( $\text{mm} \sim 0,19^{\circ}\text{C}$  à l'échelle journalière pour les zones où le vent est faible ( $< 5 \text{ m/s}$  en moyenne) soit  $\text{ETPp} \sim 70 \text{ T}$  à l'échelle annuelle. Une température moyenne annuelle de  $20^{\circ}\text{C}$  correspond donc, pour ces zones peu ventées, à une ETPp annuelle de 1 400 mm/an.

Dans les zones très ventées comme le Sahara ou la Patagonie, ce rapport peut être beaucoup plus élevé (20 à 60 % supérieur), en raison de l'importance locale du terme aérodynamique de l'équation de Penman dans l'évapotranspiration globale de référence, (ETo). Ainsi définies, les zones méditerranéennes possèdent une flore d'environ 75 000

espèces vasculaires (plantes à fleurs et fougères) dont 54 % sont endémiques, c'est-à-dire limitées aux territoires méditerranéens. Ce nombre d'espèces représente 25 % de la flore terrestre sur 12 % du territoire de la planète. Pour fixer les idées disons que la France possède environ 4 500 espèces dont 3 500 sont présentes dans la zone méditerranéenne (2 800 en Corse), l'Espagne l'Italie et la Grèce possèdent quelque 5 500 espèces chacune, l'Afrique du Nord 7 200, la Turquie 11 000, Flora Palaestina 3 000, etc. Par ailleurs, on estime que les 5 % plus érudits botanistes peuvent instantanément reconnaître et nommer de mémoire environ 5 000 espèces.

Certaines régions méditerranéennes offrent une richesse considérable : la région du Cap (Afrique du Sud) 12 000 espèces, l'Australie de l'Ouest 10 000. Ces deux territoires présentent un taux d'endémicité de 80 %. Le Bassin méditerranéen au sens large en comprend 25 000 dont 60 % d'endémiques et la région Irano-Touranienne 17 000 espèces dont 30 % d'endémiques. En richesse aréale<sup>3</sup> spécifique, le Cap arrive très largement en tête avec 600 espèces par 10 000 km<sup>2</sup> et le Fynbos (équivalent des garrigues en Afrique du Sud) avec 1 000 espèces par 10 000 km<sup>2</sup> (France : 90). Il faut noter que les très riches flores du Cap et de l'Australie de l'Ouest correspondent à des terres oligotrophes très pauvres sur le plan de la nutrition minérale, avec des pH tombant parfois à 3,0. Ce fait entraîne des adaptations très originales des systèmes d'assimilation minérale. Des espèces endémiques y sont parfois cantonnées à des zones de quelques km<sup>2</sup>. En Australie de l'Ouest, par exemple, se rencontrent 90 espèces de *Drosera* (plantes carnivores), soit 80 % de la population mondiale dans ce genre. La carnivorie semble ainsi une des réponses adaptatives des plantes à l'extrême oligotrophie [il en existe d'autres exemples à la fois en milieu tempéré (tourbières) et tropical]. La même remarque s'applique, en partie, au parasitisme. Il est à noter que les zones méditerranéennes s'étendent beaucoup plus à l'est du Bassin méditerranéen que généralement admis : en fait jusqu'à la frontière occidentale de la Chine au Xinjiang, les piedmonts occidentaux de l'Himalaya et de l'HindouKouch et le long de la vallée moyenne de l'Indus au Pakistan.

L'ouvrage étudie ainsi de façon détaillée, outre les climats, les flores, les végétations, les cultures (y compris ornementales) et la présence d'espèces exotiques naturalisées et leur importance dans les flores locales (envi-



ron 10 % du nombre d'espèces régionales, en moyenne). Les succès et les échecs de transfert transcontinentaux d'espèces d'une zone méditerranéenne à l'autre sont examinés.

Ces échanges ont donné lieu à des succès spectaculaires en partie dus à l'émigration de populations humaines méditerranéennes au Nouveau Monde et en Australie (*Acacia australiens*, *Agropyron* spp, Amandier, Artichaut, Asperge, *Atriplex*, *Eucalyptus*, Luzerne, Olivier, Vigne, etc.). On note aussi l'invasion d'espèces comme le brome des toits ou *cheat grass* (*Bromus tectorum*), devenue au siècle dernier une peste dans les parcours du Nord-Ouest des USA ainsi que d'autres espèces Irano-Touraniennes. On note aussi des échecs cuisants (*Tamarugo*, *Jojoba*, *Maireana*, *Mulga*). Ces échecs résultent en général d'un manque de prise en compte suffisante des spécificités bioclimatiques ou édaphiques des espèces concernées.

La classification phytogéographique proposée prend en considération les critères climatiques, floristiques, végétationnels et agronomiques. Elle élève la zone phytogéographique méditerranéenne, jusqu'ici considérée comme une simple région du climat tempéré, au rang supérieur de Royaume. Nous avons ainsi : un empire holarctique, lequel inclut les royaumes euro-sibérien et méditerranéen, entre autres. Ce dernier comprend sept régions : Bassin méditerranéen, Saharo-Arabique, Asie Moyenne (Aralo-Caspienne ou Irano-Touranienne), Région du Cap, Californie et Great Basin, Chili-Argentine, Sud-Est et Sud-Ouest Australiens. Cette classification est différente dans sa conception de celle de Takhtajan, mais reste compatible avec elle dans son résultat.

## H.-N.L.H.

### Photo 2 :

En Ouzbékistan (Nord), la forteresse d'Ayaz-Kala (desert méditerranéen)  
Photo G. Benoit de Coignac

2 – Nombre d'espèces/10 000 km<sup>2</sup>

# Atlas des diagrammes climatiques des stations de la zone isoclimatique méditerranéenne

## Atlas of Climatic Diagrams for the Isoclimatic Mediterranean Zones

### par H.N. Le Houérou

#### Analyse de l'ouvrage :

*Atlas of Climatic Diagrams for the Isoclimatic Mediterranean Zones* by H.N. Le Houérou,  
220 pp., ISBN : 2-9523965-0-7, prix : 35,5 euros TTC.

Disponible chez l'éditeur : 327 rue A.L. De Jussieu, F-34090, Montpellier  
Mél : hn.le-houerou@club-internet.fr

Cet atlas comprend 1560 diagrammes de 1320 stations climatiques de 60 pays ayant totalement ou partiellement des climats méditerranéens, c'est-à-dire à pluies d'hiver et sécheresse estivale, tel le Bassin méditerranéen. Ces types de climats sont répartis sur tous les continents, sauf l'Antarctique, entre les latitudes de 25 et 46° N et S. Ils représentent une superficie de quelque 15 millions de km<sup>2</sup>, c'est-à-dire un peu plus de 11 % des masses continentales de la planète.

L'atlas comprend 220 pages A4, dont 170 sont des planches de graphiques ombrothermiques et ombrodiapnétiques<sup>2</sup>. Les graphiques sont groupés par ordre alphabétique de pays et de station, ce qui facilite la consultation. L'atlas comprend aussi une classification bioclimatique fondée sur deux critères principaux : un indice d'aridité (P/ETo) : le quotient de la pluviosité moyenne annuelle par l'évapotranspiration potentielle de référence. Le second critère (m) est la moyenne des températures minimales journalières du mois le plus froid. Cette classification est donnée à la fois dans un graphique orthogonal et un tableau ; elle comprend 155 stations en provenance de 50 pays.

Des explications sur la construction des diagrammes, leur interprétation, la liste et les superficies des zones à climats méditerranéens occupent 19 pages, la bibliographie comprend 136 titres et un index de 28 pages complète le volume.

Les diagrammes ombrothermiques montrent la marche mensuelle des précipitations, de la température et de l'évapotranspiration potentielle, ils permettent ainsi d'évaluer la longueur et l'intensité des saisons sèche et pluvieuse, la durée et la sévérité des périodes de repos hivernal des plantes dus aux basses températures. Il y a plusieurs types de diagrammes. Le modèle le plus simple est celui proposé par Bagnous et Gaussen en 1953, popularisé par le Klimadiagramm Weltatlas de Walter et Lieth, publié en 1960, mais épousé depuis des décennies. Ce modèle a été utilisé par des milliers de chercheurs et techniciens de diverses disciplines dans diverses parties du monde depuis 50 ans, pour la classification des climats. D'autres modèles utilisent en outre l'évapotranspiration potentielle de référence, ce qui permet d'établir des bilans hydriques climatiques. Ces derniers types de diagrammes sont au nombre de 350 ; ils sont originaux ou résultent des publications antérieures de l'auteur. Beaucoup ont été construits à partir de la base de données CLINO publiée par l'OMM en 1996.

Des comparaisons zonales et continentales sont proposées pour des zones ayant des diagrammes particulièrement semblables tels que ceux de la Californie et du Chili, de la Californie et du Bassin méditerranéen ou du Great Basin, de la région Irano-Touranienne, de l'Asie Moyenne et de la Patagonie argentine. Des comparaisons sont aussi offertes avec d'autres types de classifications, telles celles basées sur l'altitude, en honneur dans certains pays du Bassin méditerranéen. Des zones marginalement méditerranéennes, tels le Sud de la Crimée et certaines zones des Balkans sont incluses dans l'atlas. De même certaines vallées à climat méditerranéen de l'Hindoukouch et du Sud-Ouest de l'Himalaya, ainsi que la limite entre les climats méditerranéens et tropicaux dans le sous-continent indien.

Une des originalités de cet atlas est la place faite à la région Irano-Touranienne qui s'étend de la rive orientale de la Méditerranée jusqu'à la frontière occidentale de la Chine sur le méridien 76° E., où le régime à précipitations hivernales de l'Asie Moyenne cède brusquement la place à un régime à pluies d'été (régime de mousson) qui caractérise le Xinjiang et la Mongolie. Cet atlas peut être considéré comme un outil de référence utile pour les géographes, les biogéographes, les écologues, les forestiers, les pastoralistes et les agronomes, c'est-à-dire tous ceux pour qui la caractérisation bioclimatique est une nécessité.