

# Les climats subtropicaux dits « méditerranéens » et les climats de la Méditerranée

## (2<sup>e</sup> partie)

Marcel Leroux

Laboratoire de Climatologie, Risques Naturels, Environnement  
Université Jean-Moulin-Lyon 3 – CNRS UMR 5600

À la limite entre zone tempérée et zone tropicale, dans les latitudes subtropicales (entre environ 40 et 30 °N et S) s'étendent des climats dits « méditerranéens », par référence au lieu de leur définition initiale, caractérisés par deux saisons bien tranchées : une saison fraîche (voire froide) et pluvieuse centrée sur l'hiver, et une saison chaude (voire très chaude) et non-pluvieuse (ou vraiment sèche) centrée sur l'été. Ce type de climat doit ses caractéristiques à la dynamique des AMP (Anticyclones Mobiles Polaires), responsables des pluies hivernales, et à leur agglutination en cellules anticycloniques (AA) qui à l'inverse amènent la stabilité et la non-pluviosité estivale. Ce climat de transition se rencontre aux latitudes subtropicales, de manière simple, en Californie, au Chili central, dans la région du Cap en Afrique du Sud, en Australie méridionale, et sur le versant atlantique de l'Ibérie et du Maroc. Les AMP trouvent en Méditerranée des conditions dynamiques particulières, les quatre entrées principales de l'air polaire étant déterminées par le relief. Après passage accéléré dans les défilés, les AMP se reforment sur la Méditerranée et dévient devant eux vers le nord des flux de sud chauds et chargés d'un riche potentiel précipitable, les mêmes reliefs organisant alors la distribution des pluies, souvent violentes. La rencontre et l'affrontement des AMP de trajectoires différentes provoquent les vents forts, coups de vent et tempêtes, et les paroxysmes thermiques et pluviométriques qui caractérisent le climat méditerranéen.

**Mots-clés :** Méditerranée, climats méditerranéens, climat de transition, latitudes subtropicales, AMP (Anticyclones Mobiles Polaires), AA (Agglutinations Anticycloniques), non-pluviosité estivale, Californie, Chili central, région du Cap (Afrique du Sud), Australie méridionale, Ibérie et Maroc atlantiques.

At the boundary between temperate and tropical zones, in the subtropical latitudes (at about 40-30 ° N and S), spread the so-called «Mediterranean» climates, with reference to the area of their former definition. These climates are characterized by two well marked seasons: a cool (even cold) rainy season centered on winter, and a warm (even hot) and rainless (even really dry) season centered on summer. This type of climate owes its features to the dynamics of MPHs (Mobile Polar Highs), responsible for the wintry rains, and to their agglutination in anticyclonic cells (AA), inversely responsible for stability and lack of rain during summertime. This transitional climate is found, in the subtropical latitudes, and in a simple manner, over California, central Chile, Capetown region of South Africa, Southern Australia, and the Atlantic side of Iberia and Morocco. The Mediterranean offers to MPHs particular dynamic conditions, the four main entrances of polar air being determined by relief. After an accelerated passage through defiles, MPHs form again over the Mediterranean and deviate northwards on their leading edge warm southerly flows, laden with a rich precipitable potential, the same reliefs then organizing the distribution of rains, often violent. Junction and facing of the different MPHs paths provoke the high winds, gusts and storms, and thermal and pluviometric paroxysms, specific features of the mediterranean climate.

**Key-words :** The Mediterranean, Mediterranean climates, transitional climate, subtropical latitudes, MPHs (Mobile Polar Highs), AAs (Anticyclonic Agglutinations), rainless summer, California, central Chile, Cape region (South Africa), Southern Australia, Atlantic side of Iberia and Morocco.

Le bassin méditerranéen est, certainement, le plus beau laboratoire pour l'observation des interférences entre la dynamique des AMP et le facteur orographique.

## VENTS DU NORD ET VENTS DU SUD EN MÉDITERRANÉE

Les AMP qui parviennent sur la Méditerranée ont suivi plusieurs trajectoires: la trajectoire atlantique et la trajectoire scandinave déjà évoquées, auxquelles s'ajoute la trajectoire russe qui rejoint l'Europe centrale. L'air véhiculé par les AMP arrive «sous pression», en raison du blocage préalable par les reliefs qui déterminent les couloirs de pénétration dans les basses couches. La pression est ainsi généralement élevée sur la Méditerranée et les hautes pressions qu'on y rencontre, en raison des trajectoires des AMP qui les alimentent en permanence, forment une entité spécifique, et non une quelconque et hypothétique «dorsale» issue «des Açores» (dont certains évoquent même l'extension jusqu'à la Méditerranée orientale!). La translation de l'air polaire *en masse* par les AMP est alors relayée dans les étranglements par une circulation linéaire, flux ou vents «locaux» accélérés par effet Venturi, qui sont ensuite soumis à la diffluence-divergence à leur sortie, des AMP de taille réduite se reconstituant après les défilés (fig. 1). Les AMP reformés, occidentaux et orientaux, se rencontrent généralement sur le bassin oriental, fusionnent et débordent vers l'Afrique septentrionale (qui constitue la sortie principale), de la Tunisie à l'Égypte, alimentant la circulation d'alizé continental qui deviendra plus au sud l'*harmattan*. Ils poursuivent éventuellement leur route vers l'est, entre les reliefs du sud de la Turquie et de l'ouest de l'Iran (dorsale Taurus-Kurdistan-Zagros) et les hauteurs qui à partir du Hedjaz bordent la Mer Rouge, vers la péninsule arabe où ils alimentent le *shamal* (qui veut dire *nord*), à l'origine de l'alizé de nord-est sur la partie nord de l'Océan Indien, appelé *kaskasi*, en swa-

hili, sur les côtes de l'Afrique orientale (Leroux, 1996a, 2000).

Le moteur de la circulation vient toujours du nord, dans les basses couches, et l'initiative appartient constamment à l'air froid (en valeur absolue ou relative). C'est lui qui établit le champ de pression et de vent, et il n'attend certainement pas d'être «attiré» par de mythiques dépressions méditerranéennes d'origine indéterminée, comme les prétendues «dépressions thermiques» dites: *des Baléares, du golfe du Lion, du golfe de Gênes et de Chypre!* Comment en effet un milieu maritime (sur lequel l'échauffement est toujours modéré) pourrait-il entraîner la formation d'une dépression *thermique*? Et par quel autre miracle physique une dépression pourrait-elle «attirer» vers elle de l'air froid, sans être immédiatement comblée? Les vents du nord, qui manifestent l'intrusion des AMP, fréquemment forts, et parmi eux «*les plus terribles enfants que le nord eût porté jusque-là dans ses flancs*» (comme l'a si bien écrit La Fontaine), sont responsables de vagues de froid et de gels sévères (- 20 °C à Aix-en-Provence en 1956, - 18 °C à Montpellier en 1963), de coups de vent subits et violents, de chutes de neige inattendues en plaine (voire sur les plages et sur les palmiers, comme à Tunis en 1956, ou à Nice en 1985, ou à Valencia en 2001), de tempêtes brutales et de perturbations parfois catastrophiques. Le terme de *bourrasque* (de *borasca*) résume bien cette origine puisqu'il contient le radical *bora*, c'est-à-dire *nord*.

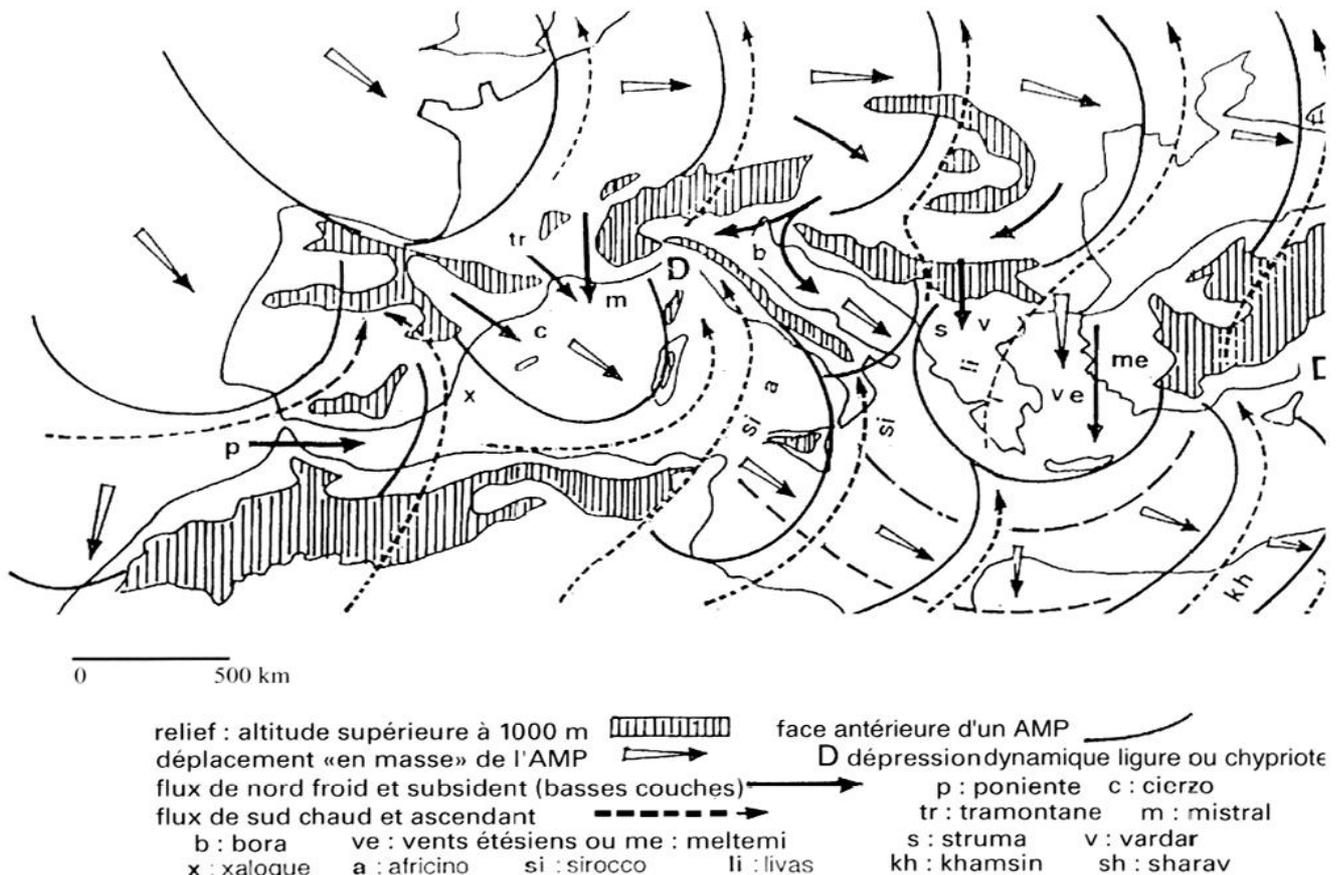
La pénétration de l'air polaire sur la Méditerranée est permanente, plus vigoureuse en hiver avec des vents accélérés, mais atténuée et ralentie en été où domine encore le caractère anticyclonique, avec une inversion d'alizé bien établie vers 800 m d'altitude au-dessus de l'air polaire de basses couches, notamment à partir de la latitude 40 °N. Ce sont les vents du nord qui provoquent la formation des vents du sud, tout aussi divers, et souvent aussi intenses. Les

vents du nord ont un rôle essentiellement mécanique, ils sont froids (ou frais), denses, anticycloniques, et divergents (c'est-à-dire avec une forte composante verticale dirigée vers le bas associée à leur étalement). Le potentiel précipitable, et l'énergie fournie aux ascendances qui explique l'extrême violence atteinte par nombre de perturbations méditerranéennes, provient par contre essentiellement des vents du sud, de caractère cyclonique, chauds et turbulents (avec une composante verticale ascendante), déclenchés par la face avant des masses denses venues du nord, l'intensité du flux de sud étant proportionnelle à la puissance de l'AMP. Les vents de sud naissent à toutes les latitudes, selon celle atteinte par la face avant des AMP reformés, générateurs de ces vents cycloniques. La température élevée des vents du

sud (surtout lorsqu'ils viennent d'Afrique) leur permet de se charger très rapidement en vapeur d'eau au-dessus de la mer (ce que font aussi d'ailleurs, cela va de soi, mais plus lentement, ceux venus du nord).

Il faut à ce propos souligner que la Méditerranée est une mer chaude, de 3 à 6 °C au-dessus de la valeur théorique selon Demangeot (1996), pouvant atteindre en été 26 à 28 °C dans la partie sud de son bassin oriental. L'évaporation y est très forte, un très abondant potentiel précipitable étant exporté, en toutes saisons, vers le nord en direction de l'Europe sur la face avant des AMP, notamment en hiver, vers le sud par l'alizé sous le niveau d'inversion en direction de l'Afrique, particulièrement en été (Leroux, 1983). Sans apports, par les pluies, les fleuves, et surtout par

**Fig. 1 : Interférence entre les AMP et le relief: transport en masse d'air polaire, vents de nord et vents de sud en Méditerranée (vue d'ensemble)**



l'Atlantique à travers le goulet de Gibraltar, le niveau de la mer baisserait. La Mer d'Alboran est ainsi fréquemment surmontée par des brouillards de rayonnement au-dessus des eaux fraîches arrivées de l'Atlantique. C'est à la fin de l'été, en raison de l'inertie thermique marine, que le potentiel précipitable et énergétique est le plus riche, situation sans danger tant que subsiste le couvercle de l'inversion. Cette stabilité peut «sauter» devant l'invasion d'un AMP vigoureux, notamment en automne, moment de tous les dangers...

Le temps, et notamment les pluies, du pourtour de la Méditerranée sont étroitement conditionnés par la dynamique de ces flux de nord et de sud, en étroite association avec l'orographie et en particulier avec l'exposition des versants. Les mécanismes du temps, et du climat résultant, peuvent être ramenés à quelques types simplifiés, en fonction des modalités de pénétration des vents du nord sur la Méditerranée.

### LES MÉCANISMES DU TEMPS ET DU CLIMAT EN MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE

Les AMP pénètrent par trois entrées principales sur le bassin occidental de la Méditerranée: une porte au nord entre les Pyrénées et les Alpes, une porte au nord-est entre les Alpes et les Alpes Dinariques, et une porte au sud-ouest moins directe entre la Sierra Nevada et le Rif (fig. 2).

#### L'entrée par la porte nord, entre Pyrénées et Alpes

L'approche de la Méditerranée par l'AMP entraîne d'abord l'attraction vers le nord, par le couloir dépressionnaire antérieur, de l'air maritime sous la forme du *marin* au-dessus du Languedoc qui sera le *vent d'autan* plus à l'intérieur, et du *vent du Midi* qui remonte dans le couloir rhodanien, des pluies se produisant sur la face avant de l'AMP. La canalisation de l'air polaire, sous pression, dans

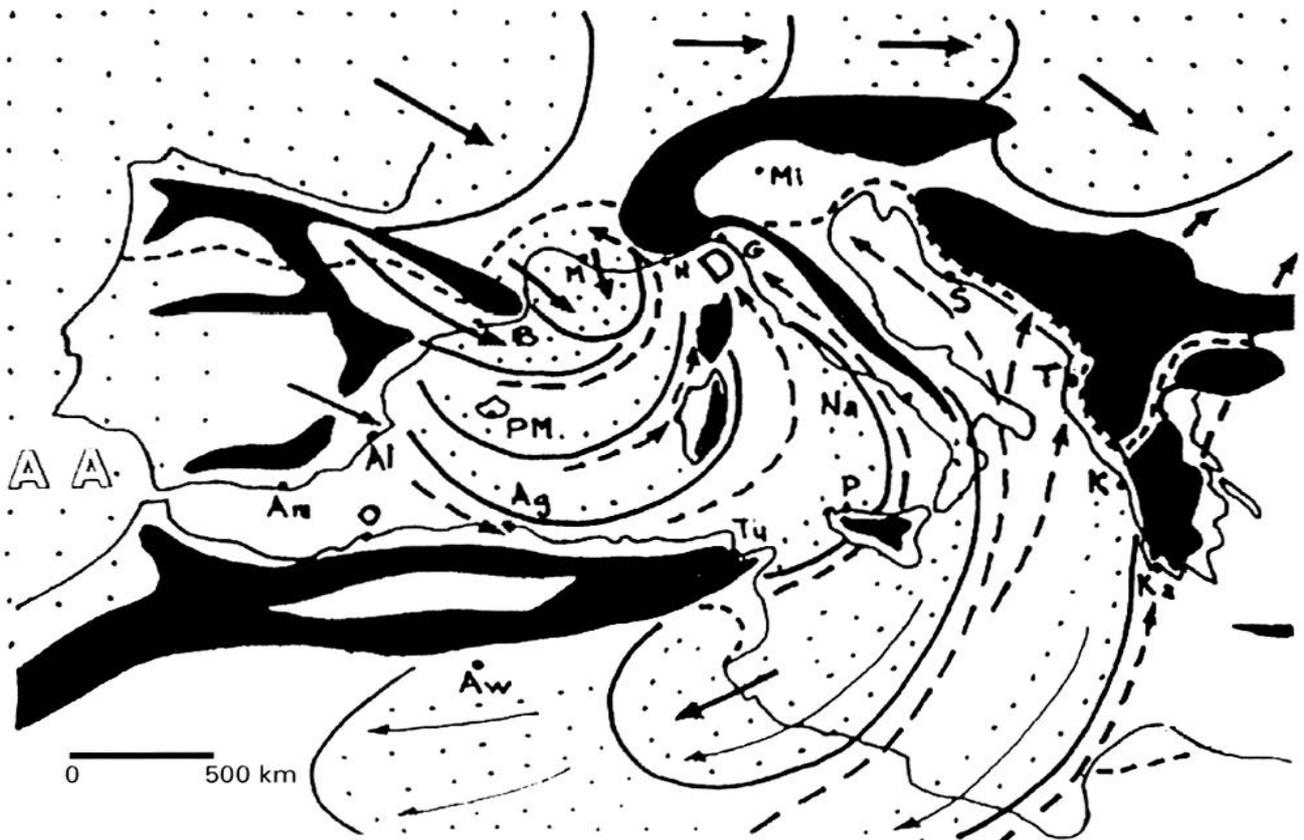
l'entonnoir entre Pyrénées et Alpes réunit la *tramontane* (ou le *cers* languedocien) venu à travers le seuil du Lauragais entre Pyrénées et Massif Central, et le *mistral* descendu entre le rebord oriental du Massif Central et les Alpes (fig. 2). S'y ajoute éventuellement le *cierzo*, passé par l'ensellement du pays basque entre Cantabriques et Pyrénées (passage toutefois situé vers 1000 m d'altitude et qui exige donc en amont une épaisseur suffisante d'air polaire, plus fréquemment atteinte en hiver), dans la vallée de l'Ebre en direction des Baléares. La fermeture du couloir dépressionnaire antérieur, au moment où l'AMP rencontre le relief des Alpes et bouche ainsi l'exutoire vers le nord constitué par le couloir rhodanien, peut entraîner dans ce cul-de-sac des ascendances violentes et des pluies intenses. Un AMP se reforme sur le golfe, et soulève devant lui l'air maritime, l'ascendance créant une dépression dite *du golfe du Lion*, ou *des Baléares*; ces dépressions dynamiques ne sont évidemment que momentanément situées au-dessus de ces régions «éponymes». L'AMP s'étale et se dirige principalement vers le sud-est, il épargne, d'une part à l'ouest le Levante espagnol qui ne bénéficie alors que de maigres apports (cf. Alicante, tabl. 1), et d'autre part à l'est la Côte-d'Azur. Mais la Riviera (française et italienne), heureusement délaissée par l'air froid (rareté du gel en hiver; cf. tabl. 1: la température est plus élevée à Nice qu'à Marseille), voit arriver en avant de l'AMP le flux cyclonique de sud qui remonte en premier lieu vers les côtes varoises. Les littoraux du golfe de Gênes sont en outre atteints par des vagues puissantes (appelées «*raz-de-marée*» par la presse locale) provoquées par le violent flux de sud, tempétueux et de forte vitesse, quand l'AMP responsable est vigoureux (à Nice la Promenade des Anglais est alors envahie par les galets de la plage). Le flux, chaud et humide, d'abord de sud-ouest (comme le *libeccio* à l'ouest de la Corse), tourne au sud-est puis à l'est et passe au-dessus de la surface frontale inclinée. C'est le *retour d'est* (au-dessus de l'AMP), ou

*levante*, qui se traduit par des pluies, ou de la neige comme en février-mars et en décembre 2001 sur la forêt provençale (et sur la Corse), en fonction de la température du flux inférieur originaire du nord.

Le déplacement de l'AMP décale progressivement vers l'est le flux dévié de sud dont l'intensité est augmentée dans l'entonnoir (ouvert au sud et se refermant vers le nord) formé, à l'ouest par la face avant de l'AMP qui colmate les reliefs corses et sardes, et à l'est par la chaîne de l'Apennin. Un abondant potentiel précipitable est canalisé vers le golfe de Gênes, apportant des pluies

abondantes au versant occidental de l'Apennin (plus de 3 m par an sur la Riviera di Levante à l'est de Gênes). Le flux cyclonique du sud voit son débouché barré par le relief, d'abord par l'Apennin ligure aisément franchi, puis plus vigoureusement par les Alpes, ce flux chaud et humide ne peut alors que s'élever, souvent violemment, déversant des pluies copieuses. L'ascendance creuse alors la *dépression ligure*, dite aussi *du golfe de Gênes*, (qui n'est qu'une conséquence, mais absolument pas la «cause» du mistral) dont l'origine est évidemment -uniquement- dynamique.

Fig. 2 : La dynamique du temps dans le bassin occidental de la Méditerranée: entrée des AMP par le nord, entre Pyrénées et Alpes



- |       |                            |      |                                   |     |                                    |   |         |    |         |    |        |
|-------|----------------------------|------|-----------------------------------|-----|------------------------------------|---|---------|----|---------|----|--------|
| ..... | contour de l'AMP           | D    | couloir dépressionnaire           | AA  | Agglutination Anticyclonique       |   |         |    |         |    |        |
| →     | déplacement de l'AMP       | :::: | hautes pressions                  | --- | flux cyclonique dévié vers le nord |   |         |    |         |    |        |
| ←     | flux anticyclonique, alizé | ---- | limites du climat «méditerranéen» | Mi  | Milan                              | G | Gênes   |    |         |    |        |
| N     | Nice                       | M    | Marseille                         | B   | Barcelona                          | S | Split   | T  | Tirana  | Na | Naples |
| PM    | Palma do Majorque          | Al   | Alicante                          | Am  | Almería                            | O | Oran    | Ag | Alger   |    |        |
| Tu    | Tunis                      | Aw   | Al Aghwat                         | P   | Palerme                            | K | Kerkyra | Ka | Kalamai |    |        |

Cette dépression induite sera comblée lorsque l'AMP aura fermé le couloir d'advection de l'air chaud, s'étant alors plaqué sur l'Apennin (au sud de la Riviera di Levante), amenant en Mer Tyrrhénienne le *maestrale*, ou le *vent grec (greco)*, c'est-à-dire venant de Marseille (colonie phocéenne), qui a donné *gregale*. Dans sa translation vers le sud la face avant de l'AMP amène également des pluies sur le Maghreb (en négligeant toutefois sa partie ouest), l'Atlas étant infranchissable par l'air froid. Le resserrement du couloir dépressionnaire antérieur, entre l'AMP et le relief (effet Venturi) provoque éventuellement des pluies de forte intensité et de caractère orageux. Lorsque le front antérieur a doublé la Tunisie l'air polaire contourne le bout de la chaîne et peut alors descendre vers le sud et vers l'ouest, au sud de l'Atlas sur le Sahara. L'air de sud qui précède l'AMP parvient maintenant aisément de l'Afrique: il provoque un «*coup de sirocco*» (cf. fig. 1 et ci-dessous) sur la Sicile, la Calabre et les Pouilles, et éventuellement plus au nord. L'épine dorsale italienne entraîne un accroissement de la pluie (sur le versant ouest, le versant oriental étant en revanche pénalisé), mais ne constitue pas longtemps une entrave (notamment dans sa partie sud) à la progression des AMP vigoureux. Le flux de sud, fortement humidifié dès les golfes de Gabès et de Syrte, atteint l'Adriatique puis la côte dalmate et albanaise escarpée, où les précipitations sont intenses (cf. Split et Tirana, tabl. 1; sur le littoral du Montenegro tombent 4,40 m/an aux bouches de Kotor, et 5,27 m/an non loin de là à Crkvice à 1097 m d'altitude, record européen), puis la Grèce du Nord (cf. Kerkyra, tabl. 2). Les AMP les plus puissants continuent leur route vers le bassin oriental de la Méditerranée, précédés par le *ghibli-livas* qui vient d'Afrique.

### **L'entrée par la porte nord-est, entre Alpes et Alpes Dinariques**

Les AMP viennent de l'Atlantique en passant au nord des Alpes, ou descendent

directement sur l'Europe centrale par la trajectoire scandinave qui apporte l'air le plus froid. Ils contournent les Alpes et à partir de la plaine hongroise pénètrent avec force par la Slovénie et la Croatie vers l'Adriatique. Entre les Alpes et les Alpes Dinariques la *bora*, ou *karstbora* qui dévale du plateau ou à travers les vallées, déferle sur l'Istrie, l'Italie du Nord, la Dalmatie et sur l'Adriatique (fig. 3). La plaine du Pô est aisément envahie: à Venise (45,5 °N) l'hiver est froid, les gelées ne sont pas rares, et il pleut toute l'année (il n'y a pas de récession estivale, l'été connaissant même un léger avantage pluviométrique). A Milan (cf. tabl. 1) où le climat a un caractère continental, l'hiver est rigoureux, les coups de froid sont vifs, la neige n'est pas rare, le brouillard est souvent tenace, et les pluies d'été sont abondantes.

C'est encore la façade orientale de l'AMP reconstitué sur l'Adriatique qui voit les remontées de sud les plus intenses en direction des reliefs dalmates, qui amènent d'abondantes chutes de pluie et de neige en hiver, et des orages très violents en été, dont l'intensité est accrue par la vigueur de l'escarpement (cf. Split et Tirana, tabl. 1). L'AMP se déplace vers le sud, la dorsale italienne, notamment l'Apennin toscan et les Abruzzes, contient partiellement et momentanément l'invasion souvent brutale de la *bora* dans l'Adriatique, l'AMP déborde alors vers la mer Tyrrhénienne et s'étale vers l'ouest, et au sud sur la mer Ionienne, interfère avec les AMP venus de l'ouest, mais aussi avec ceux venus par la Mer Égée.

### **L'entrée par la porte ouest, entre Sierra Nevada et Rif**

L'arrivée d'un AMP sur l'Atlantique provoque le franchissement (débordement) par le *terral* (en hiver lorsque les AMP sont plus épais) de la dorsale qui réunit les cordillères Ibérique et Bétique, avec un fort effet fœhn vers le golfe de Valence. Au voisinage du détroit de

Gibraltar, le *levante* est aspiré vers l'ouest par le couloir dépressionnaire antérieur à l'AMP, et il est immédiatement remplacé par le *poniente* soufflant en direction de l'est entre la Sierra Nevada (sud de la Cordillère Bétique) et le Rif marocain (ce passage constitue un site éolien déjà intensivement exploité du côté espagnol). Le fragment d'AMP après avoir passé le défilé s'étale et se dirige vers l'est en longeant l'Atlas Télien (fig. 3). C'est le moment où le versant sud de la Cordillère Bétique, fortement déficitaire de Motril au cap de la Nao («*désert*» de Tabernas aux pluies de l'ordre de 200 mm/an; cf. Alméria, tabl. 1), peut recevoir quelques pluies, faibles en raison du peu de temps dont dispose l'air de sud pour s'humidifier sur la mer d'Alboran, l'air saharien arrivant en outre plus facilement par l'enselement de la vallée de la Moulouya qui affaiblit localement l'alignement atlantique. L'AMP se déplace vers l'est et en raison du soulèvement sur sa face avant procure des pluies, généralement mesurées, au Maghreb (cf. Oran, Alger et Tunis, tabl. 1), repoussant devant lui vers le nord-ouest en direction de l'Espagne un flux (partiellement issu du continent africain) qui s'humidifie rapidement. L'alignement zonal de l'Atlas interdit tout écoulement direct de l'air polaire vers le Sahara, et les AMP reconstitués, contenus au nord de l'Atlas, doivent attendre de contourner les monts de Kroumirie en Tunisie avant de bifurquer vers le sud, circulation dont témoigne la direction du transport éolien au pied méridional de l'Atlas dans les grands ergs algériens, oriental et occidental. Le déplacement (et l'étalement) de l'AMP fait remonter vers le nord le couloir dépressionnaire et le flux de sud-est le long du littoral du Levante espagnol, son soulèvement par le versant oriental des cordillères creusant une dépression mobile (qui sera donc éventuellement et momentanément, selon l'expression consacrée, «*des Baléares*») et qui remonte vers les Pyrénées.

L'AMP atlantique se dédouble fréquemment au sud de l'Atlas (fig. 7 in 1<sup>re</sup> partie) et une partie pénètre sur l'Afrique occidentale (Leroux, 1983, 2001). Il soulève le flux continental, qui en franchissant le relief creuse une dépression mobile sur le piémont sud de l'Atlas saharien, véhicule des lithométéores denses et apporte parfois quelques pluies faibles (cf. El Aghwat, tabl. 1). Le *vent du désert* est dévié au-dessus de l'Atlas qu'il franchit, vers l'Atlantique, c'est le *chergui* au Maroc (ou *sharqi*, c'est-à-dire *est*), qui peut atteindre les Canaries (le *levanto* créant alors une situation de *calina*), ou Madère selon une direction sud-est et alors désigné *leste*. En Algérie il est appelé *chichili*, ou *chhili*, comme en Tunisie, le nom d'origine italienne: *sirocco*, étant souvent préféré. Après franchissement de l'Atlas, sa descente rapide vers la plaine littorale accroît sa chaleur et sa sécheresse par effet fœhn, c'est le *coup de sirocco* (pouvant dépasser 40 °C, même la nuit) particulièrement éprouvant pour les hommes et pour leurs cultures. Parvenus sur la Méditerranée et transportant de la poussière (d'origine saharienne: blanche et jaunâtre, voire sahélienne: rougeâtre), et parfois des criquets si redoutés (venant des mares temporaires sahariennes), ces flux de sud sont repris par le couloir dépressionnaire mobile à l'avant de la fraction d'AMP qui défile au nord de l'Atlas. Leur déficit de saturation est tel qu'ils s'humidifient très rapidement, et ils parviennent sur les rivages européens chauds et plus ou moins humides en fonction de la longueur du trajet maritime, sur le Portugal et l'Espagne où ils apportent éventuellement des «pluies rouges» (Quereda Sala *et al.*, 1994), sous le nom de *xaroco*, *xaloque*, *solano*, ou *leveche* voire *eissero* sur le sud de la France, sur la Sicile et l'Italie sous le nom de *sirocco* ou *africino* (l'*africus ventus* des Romains). Les poussières sahariennes, reprises par les circulations cycloniques, se retrouvent ensuite dans les glaciers de montagne ou du Groenland.

**Tab. 1 : Tm: températures moyennes (°C) et R: pluies moyennes (mm)  
de stations du bassin occidental de la Méditerranée**

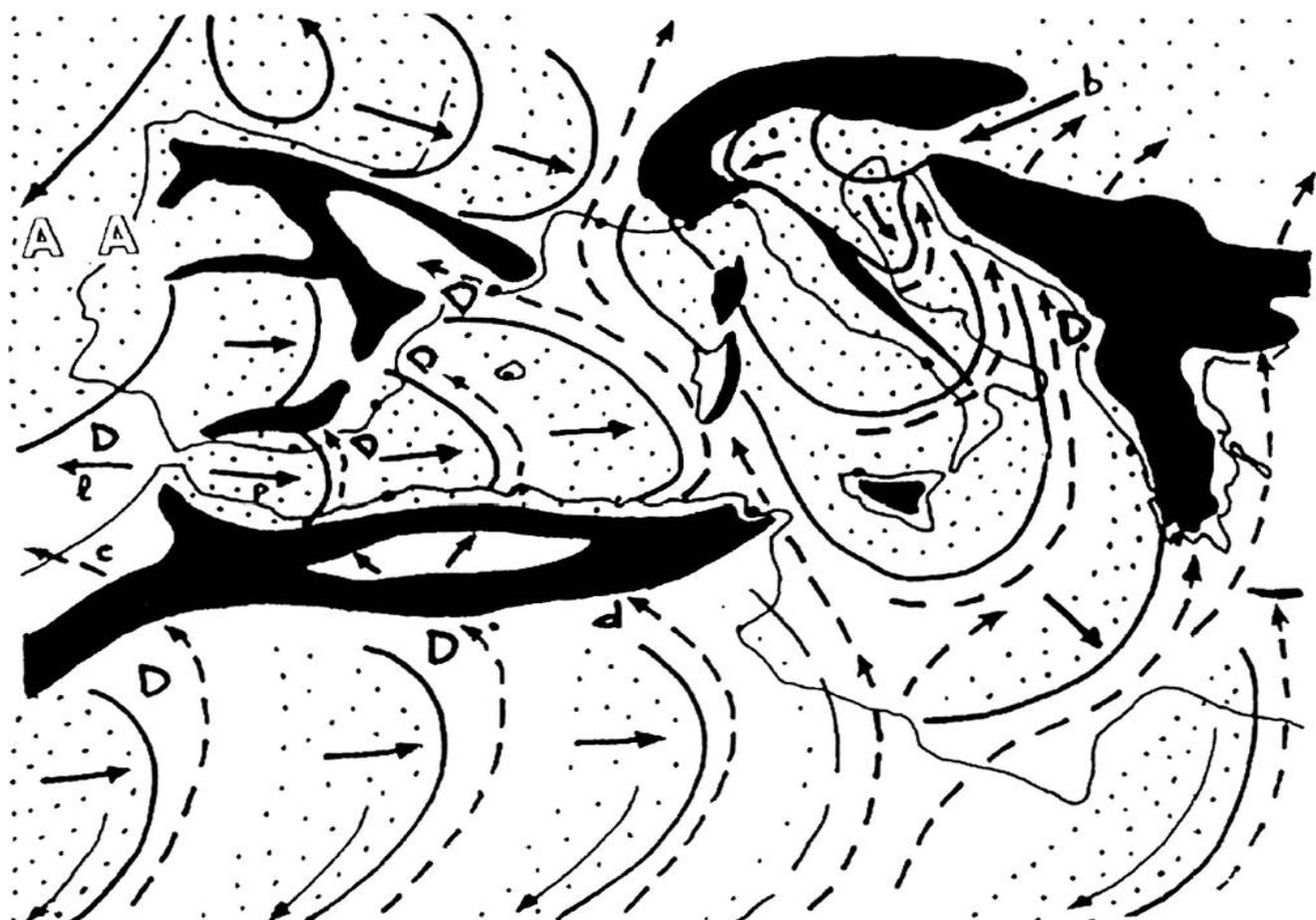
Milan, Italie (45,5 °N, Δ°C = 23,3), Nice, France (44 °N, Δ°C = 15,2), Marseille, France (43,5 °N, Δ°C = 17,8), Split, Croatie (43,5 °N, Δ°C = 17,8), Ajaccio, France (42 °N, Δ°C = 14,5), Barcelone, Espagne (41 °N, Δ°C = 15,0), Tirana, Albanie (41 °N, Δ°C = 17,7), Naples, Italie (41 °N, Δ°C = 15,5), Palma de Majorque, Baléares, Espagne (40°N, Δ°C = 14,4), Alicante, Espagne (38,5 °N, Δ°C = 14,8), Palerme, Sicile, Italie (38 °N, Δ°C = 13,5), Almeria, Espagne (37 °N, Δ°C = 13,9), Oran, Algérie (36 °N, Δ°C = 14,9), Alger (Algérie) (36,5 °N, Δ°C = 14,8), Tunis, Tunisie (36,5 °N, Δ°C = 15,6), Al Aghwat (Laghout), Algérie (34 °N, 750 m, Δ°C = 22,6)

Méditerranée Occidentale		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
Milan (Italie)	Tm°C	0,5	3,4	7,8	12,9	17,0	21,1	<b>23,8</b>	22,8	18,9	13,1	6,7	2,0	12,5
	R mm	54	50	83	99	95	88	57	77	97	114	111	72	<b>997</b>
Nice (France)	Tm°C	7,5	8,5	10,8	13,3	16,7	20,1	<b>22,7</b>	22,5	20,3	16,0	11,5	8,2	14,8
	R mm	68	61	73	73	68	35	20	27	77	124	129	107	<b>862</b>
Marseille (F)	Tm°C	5,5	6,6	10,1	13,0	16,8	20,8	<b>23,3</b>	22,8	19,9	15,0	10,2	6,9	14,2
	R mm	43	32	43	42	46	24	11	34	60	76	69	66	<b>546</b>
Split (Cro)	Tm°C	7,8	8,1	10,3	14,0	18,6	22,9	<b>25,6</b>	25,4	21,6	16,8	12,3	10,1	16,1
	R mm	76	74	53	62	60	53	40	32	55	71	110	130	<b>816</b>
Ajaccio (F)	Tm°C	7,7	8,7	10,5	12,6	15,9	19,8	22,0	<b>22,2</b>	20,3	16,3	11,8	8,7	14,7
	R mm	76	65	53	48	50	21	10	16	50	88	97	98	<b>672</b>
Barcelone(E)	Tm°C	9,4	9,9	12,3	14,6	17,7	21,6	<b>24,4</b>	24,2	21,7	17,5	13,5	10,2	16,4
	R mm	30	40	53	45	54	40	30	47	79	77	54	49	<b>598</b>
Tirana (Alb)	Tm°C	7,3	8,3	10,6	14,4	18,4	22,4	<b>25,0</b>	24,9	21,8	17,4	12,9	9,2	16,0
	R mm	132	120	100	87	99	60	28	39	73	157	152	142	<b>1189</b>
Naples (Ital)	Tm°C	8,0	9,0	10,5	13,5	17,0	21,0	<b>23,5</b>	<b>23,5</b>	21,5	17,0	14,0	11,0	15,7
	R mm	115	85	75	60	45	30	19	30	65	105	145	135	<b>909</b>
Palma (Esp)	Tm°C	10,1	10,5	12,2	14,5	17,4	21,4	24,1	<b>24,5</b>	22,6	18,4	14,3	11,6	16,8
	R mm	39	33	36	28	14	19	5	6	61	74	60	52	<b>427</b>
Alicante (Esp)	Tm°C	11,0	11,7	13,8	15,7	18,7	22,5	25,2	<b>25,8</b>	23,5	19,1	15,0	11,5	17,8
	R mm	28	21	20	38	28	14	5	12	45	48	35	30	<b>324</b>
Palerme (Ital)	Tm°C	12,0	12,0	13,0	15,5	19,0	22,5	25,0	<b>25,5</b>	23,5	20,5	16,5	14,0	18,2
	R mm	70	45	58	50	19	9	2	18	40	75	70	60	<b>526</b>
Almeria (Esp)	Tm°C	11,4	11,9	14,2	16,1	18,5	22,1	24,6	<b>25,3</b>	23,4	19,4	15,6	12,8	17,9
	R mm	28	19	21	28	15	5	0	5	16	26	28	35	<b>226</b>
Oran (Alg)	Tm°C	10,2	11,0	13,3	15,4	18,3	21,8	24,5	<b>25,1</b>	22,9	18,4	14,2	11,1	17,2
	R mm	70	54	35	33	19	7	1	3	16	43	46	67	<b>394</b>
Alger (Alg)	Tm°C	10,3	10,8	13,0	15,2	18,0	21,8	24,4	<b>25,1</b>	23,1	18,9	14,9	11,7	17,3
	R mm	116	76	57	65	36	14	2	4	27	84	93	117	<b>691</b>
Tunis (Tun)	Tm°C	11,0	11,7	13,4	15,7	19,1	23,4	25,9	<b>26,6</b>	24,6	20,4	15,9	12,4	18,3
	Rmm	70	47	43	42	23	11	1	11	37	56	57	70	<b>466</b>
Al Aghwat (Al)	Tm°C	7,5	9,3	12,7	16,3	20,8	26,5	<b>30,1</b>	29,2	24,4	18,0	12,1	8,1	17,9
	R mm	12	11	15	16	14	11	5	8	24	22	12	19	<b>169</b>

Une coupure dans un AMP se produit aussi fréquemment au nord de l'Espagne (fig. 1), les Cantabriques et les Pyrénées canalisant une partie d'un AMP vers le bassin aquitain. Une dorsale anticyclonique s'étend alors vers l'est, et finalement atteindra les Alpes. Elle coupera éventuellement l'exutoire vers le nord du flux de sud dans le couloir dépressionnaire qui remonte sur le Levante, provoqué par l'AMP qui est entré entre Sierra Nevada et Rif. Les rôles sont ainsi distribués: le

fragment méridional d'AMP fait remonter vers le nord (souvent à grande vitesse) le potentiel précipitable et énergétique méditerranéen, le fragment septentrional se contente de réduire puis de fermer le couloir rhodanien, obligeant alors le flux de sud à s'élever brutalement et à déverser des précipitations intenses. L'AMP passé sur la France au nord des Cantabriques-Pyrénées pénétrera ensuite sur la Méditerranée (cf. fig. 3).

**Fig. 3 : La dynamique du temps dans le bassin occidental de la Méditerranée: entrées des AMP par le nord-est, entre Alpes et Alpes Dinariques, et par l'ouest entre Sierra Nevada et Rif, et interférences**



- - - - - contour de l'AMP      D couloir dépressionnaire      AA Agglutination Anticyclonique  
 ———> déplacement de l'AMP      ····· hautes pressions      - - - - - flux cyclonique dévié vers le nord  
 ← - - - flux anticyclonique, alizé      b bora      l levante      p poniente      c chergui  
 limites du climat «méditerranéen» et stations : voir figure 2

0 500 km

**Tab. 2 : Tm: températures moyennes (°C) et R: pluies moyennes (mm)  
de stations du bassin oriental de la Méditerranée**

Thessalonique, Grèce (40,5 °N, Δ°C = 21,8) Kerkyra (Corfou), Grèce (40 °N, Δ°C = 17,0), Ankara, Turquie (40 °N, 902 m, Δ°C = 23,4), Izmir (Smyrne), Turquie (38,5 °N, Δ°C = 19,1), Athènes, Grèce (38 °N, Δ°C = 18,1), Kalamai, Grèce (37 °N, Δ°C = 16,1), Antalya, Turquie (37 °N, Δ°C = 18,2), Alep, Syrie (36 °N, 395 m, Δ°C = 22,4), Héraklion (Crête), Grèce (35,5 °N, Δ°C = 14,3), Limassol, Chypre (35 °N, Δ°C = 14,5), Tripoli, Liban (34,5 °N, Δ°C = 14,0), Gabès, Tunisie (34 °N, Δ°C = 16,1), Tel Aviv-Lod, Israël (32 °N, Δ°C = 13,9), Amman, Jordanie (32 °N, 766 m, Δ°C = 17,4), Misratah, Libye (32 °N, Δ°C = 14,8), Mersa Matruh, Égypte (31 °N, Δ°C = 12,8), Port-Saïd, Égypte (31 °N, Δ°C = 13,2)

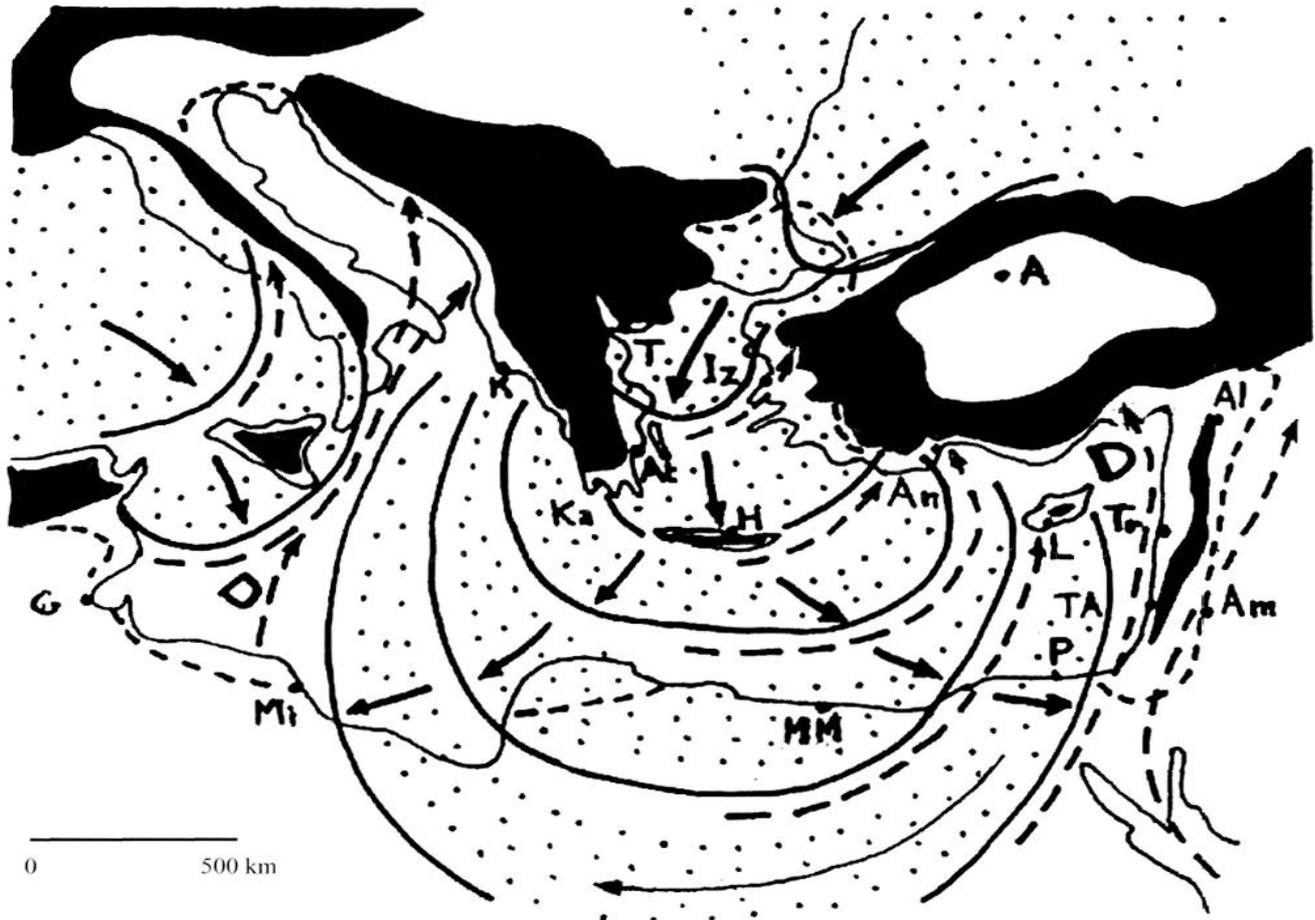
Médit. Orient.		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
Thessal. (Gr)	Tm°C	5,5	7,1	9,6	14,5	19,6	24,7	<b>27,3</b>	26,8	22,5	17,1	12,0	7,5	16,1
	R mm	44	34	35	36	40	33	20	14	28	55	56	54	<b>449</b>
Kerkyra (Gr)	Tm°C	9,8	10,3	11,9	15,0	19,4	24,3	<b>26,8</b>	<b>26,8</b>	22,8	18,2	14,4	11,5	17,6
	R mm	221	140	102	59	48	11	8	12	109	177	228	204	<b>1319</b>
Ankara (Tur)	Tm°C	-0,1	0,9	5,0	11,1	16,0	20,0	<b>23,2</b>	<b>23,3</b>	18,4	12,9	7,7	2,5	10,9
	R mm	35	38	36	34	50	31	13	8	19	22	28	45	<b>358</b>
Izmir (Tur)	Tm°C	8,5	9,0	11,1	15,4	20,2	24,9	<b>27,6</b>	27,3	23,1	18,5	14,3	10,5	17,5
	R mm	136	107	72	45	38	9	3	2	16	49	85	142	<b>704</b>
Athènes (Gr)	Tm°C	9,3	9,9	11,3	15,3	20,0	24,6	<b>27,6</b>	27,4	23,5	19,0	14,7	11,0	17,8
	R mm	62	36	38	23	23	14	6	7	15	51	56	71	<b>402</b>
Kalamai (Gr)	Tm°C	11,3	11,7	12,8	16,0	20,0	24,5	26,9	<b>27,4</b>	24,0	19,5	15,8	12,7	18,6
	R mm	76	65	53	48	50	21	10	16	50	88	97	98	<b>672</b>
Antalya (Tur)	Tm°C	10,0	10,6	12,7	16,3	20,4	25,0	<b>28,2</b>	<b>28,1</b>	24,9	20,3	15,5	11,8	18,6
	R mm	246	160	89	43	32	11	2	3	13	51	104	277	<b>1030</b>
Alep (Syrie)	Tm°C	6,3	7,0	10,5	15,7	21,1	25,4	28,1	<b>28,7</b>	24,5	19,2	12,5	7,5	17,2
	R mm	63	46	36	35	14	4	0	2	0	18	27	74	<b>319</b>
Heraklion (Gr)	Tm°C	12,2	12,8	13,5	16,6	20,4	24,4	26,2	<b>26,5</b>	23,6	20,2	16,9	13,8	18,9
	R mm	92	33	45	25	11	3	1	1	17	56	56	86	<b>426</b>
Limass. (Chy)	Tm°C	12,1	12,2	13,3	16,5	20,3	23,9	26,1	<b>26,6</b>	24,6	21,7	17,8	14,1	19,1
	R mm	111	80	41	20	10	3	0	0	2	27	48	115	<b>457</b>
Tripoli (Liban)	Tm°C	12,0	12,9	14,1	17,2	20,3	24,0	23,4	<b>26,0</b>	25,5	22,3	17,8	13,6	19,1
	R mm	115	85	75	60	45	30	19	30	65	105	145	135	<b>909</b>
Gabès (Tun)	Tm°C	11,2	12,7	15,1	17,4	20,6	24,4	26,5	<b>27,3</b>	25,6	21,8	16,7	12,5	19,3
	R mm	17	17	17	17	9	2	0	1	14	41	30	19	<b>183</b>
Tel Aviv (Isr)	Tm°C	12,3	12,7	14,3	17,4	21,1	23,9	25,1	<b>26,2</b>	24,6	22,0	18,0	14,3	19,3
	R mm	131	93	58	15	4	0	0	0	2	18	79	129	<b>529</b>
Amman (Jor)	Tm°C	8,2	9,3	11,7	16,2	20,9	23,6	25,2	<b>25,6</b>	23,4	20,7	15,3	10,1	17,5
	R mm	68	59	44	13	5	0	0	0	1	4	31	48	<b>273</b>
Misratah (Lib)	Tm°C	12,5	14,1	15,9	18,2	21,1	25,3	26,0	<b>27,3</b>	26,5	22,7	18,3	14,3	20,2
	R mm	61	22	17	15	5	0	0	0	5	27	21	76	<b>250</b>
Mersa M (Eg)	Tm°C	12,8	13,7	15,0	17,5	20,1	23,3	25,2	<b>25,6</b>	24,5	22,0	18,4	14,4	19,4
	R mm	20	16	8	1	2	0	0	0	1	17	21	40	<b>126</b>
Pt Saïd (Eg)	Tm°C	14,2	14,8	16,4	18,8	22,2	24,9	26,7	<b>27,4</b>	26,2	24,2	21,9	16,4	21,2
	R mm	11	12	9	2	4	0	0	0	0	2	9	18	<b>66</b>

## LES MÉCANISMES DU TEMPS ET DU CLIMAT EN MÉDITERRANÉE ORIENTALE

L'air polaire dispose de deux entrées pour envahir le bassin oriental de la

Méditerranée: une porte au nord entre les Balkans et les reliefs turcs, et une deuxième porte, beaucoup plus large par où parviennent les AMP qui ont transité sur la Méditerranée occidentale (fig. 4).

Fig. 4 : La dynamique du temps dans le bassin oriental de la Méditerranée: entrées des AMP par l'ouest en provenance du bassin occidental, et par le nord entre Balkans-Rhodopes et Chaîne Pontique-Anatolie, et interférences



.....	contour de l'AMP	D	dépression	→	déplacement de l'AMP	.....	hautes pressions
→	flux cyclonique dévié vers le nord	←	flux anticyclonique, alizé			A	Ankara
---	limites du climat "méditerranéen"	T	Thessalonique	At	Athènes	Iz	Izmir
Ka	Kalamia	H	Héraklion	An	Antalya	AI	Alep
Tr	Tripoli (Liban)	L	Limassol	TA	Tel-Aviv	Am	Amman
G	Gabès	Mi	Misratah	MM	Mersa Matruh	P	Port-Saïd

### L'entrée par la porte nord, entre Balkans et Anatolie

Sur le bassin oriental de la Méditerranée, à partir de l'Europe centrale et de la Mer Noire, se réalisent les descentes directes vers la Mer Égée, la Grèce et la Turquie occidentale entre les Balkans-Monts Rhodopes à l'ouest, et les chaînes Pontiques et le plateau anatolien à l'est.

Ces AMP sont particulièrement puissants en hiver lorsqu'ils transitent par l'Agglutination Anticyclonique continentale étendue et renforcée par le débordement des hautes pressions touraniennes (qui recouvre la cuvette de la Mer Caspienne et de la Mer d'Aral).

Le littoral de la Mer Noire bénéficie de pluies copieuses, Samsun (41 °N)

reçoit 719 mm/an et Trébizonde (41 °N) 831 mm/an, les mois d'été ne connaissant qu'une faible rémission, associée à l'affaiblissement saisonnier des AMP. Au sud du bourrelet littoral, sur le plateau de l'Anatolie (1000 à 2000 m), les pluies sont déficientes, notamment en été (cf. Ankara, tabl. 2), l'infiltration des AMP par l'ouest, entre Chaîne Pontique et Taurus, étant alors plus malaisée; l'altitude ajoute encore au plateau un caractère nettement continental (amplitude de 23,4 °C à Ankara, tabl. 2). L'intrusion des AMP sur la Mer Égée se manifeste par les *vents étésiens* (*étésoi anemoi*, i.e. vents annuels), ou *meltemi*, vents généralement forts. Ces flux sont éventuellement renforcés par le *vardar* (ou *vardarac*) et le *struma* qui ont emprunté les vallées vers la Macédoine. Les AMP reformés provoquent encore les remontées de sud les plus intenses sur leur façade orientale (cf. les pluies d'Athènes et d'Izmir, tabl. 2), les précipitations pouvant se produire sous forme de neige comme en janvier 2002 sur Athènes. Ils s'étalent rapidement vers l'ouest au-dessus de la Grèce vers la Mer Ionienne, et vers le sud, atteignent le nord de l'Afrique. Ils dévient alors vers le nord sur la Libye le *ghibli*, chaud et sec, qui plus au nord en Grèce (où il parvient humidifié) est le *livas* (nom qui selon Maheras (com. pers.) signifie *de Libye*), et ensuite en Égypte le *khamsin*, appelé *sharav* en Israël. Ces flux continentaux sont initialement dépourvus de potentiel précipitable, et bien que les conditions dynamiques soient identiques, les régions côtières de l'Afrique du golfe de Gabès au delta du Nil (à l'exception, limitée, de la région de Benghazi, Cyrénaïque), sont très rapidement marquées par l'aridité, les AMP ne soulevant que ces flux secs (déclenchant essentiellement des lithométéores).

Les AMP contournent vers l'est les reliefs turcs, se propageant sur le Bassin du Levant. Les remontées de sud dans le couloir dépressionnaire antérieur, humidifiées, apportent au littoral méridional de la Turquie des pluies abondantes (cf.

Antalya, tabl. 2). A l'est du Bassin du Levant, canalisées et soulevées par les reliefs méridiens (Djebel Liban et Anti-Liban, Djebel Ansarieh; cf. Tripoli et Tel-Aviv, tabl. 2) et par la bordure sud escarpée des Monts Taurus, les advections de sud creusent la dépression dite *chypriote*, qui – conséquence dynamique – n'est en aucun cas d'origine thermique. Comme en Méditerranée occidentale pour la dépression dite *ligure*, la dépression de *Chypre*, momentanée, disparaît dès que l'alimentation de sud est coupée, c'est-à-dire lorsque la face avant de l'AMP se plaque temporairement sur les reliefs, mettant alors fin aux pluies.

Les hauteurs littorales de la Méditerranée qui s'étirent du Sinaï jusqu'au Taurus retiennent les précipitations, la neige n'étant pas rare, pouvant même se produire à faible altitude comme en janvier 2002 sur Damas et Jérusalem, mais dès leur franchissement la pluie devient vite déficiente (cf. Alep et Amman, tabl. 2) et même si les rythmes thermique et pluviométrique sont inchangés, le caractère désertique s'impose (234 mm/an à Damas, et 101 mm/an à Palmyre, en Syrie). On ne peut plus alors, comme au sud de l'Atlas (cf. Al Aghwat, tabl. 1), et au sud du rivage, du Sud-Tunisien à l'Égypte (cf. Misratah, Mersa Matruh et Port-Saïd, tabl. 2), parler de climat méditerranéen, même si quelques caractères sont conservés, notamment ici le rythme des probabilités de pluie.

L'AMP, s'infiltrant dans les ensellements d'un relief méridien peu élevé, continue ensuite sa route dans les parties basses vers l'est sur le continent. Devant lui souffle vers le nord le *simoun* chaud, sec et poussiéreux, ou le *sharki* plus humide en provenance du golfe Persique (qui alimente des pluies plus soutenues sur les reliefs turcs et iraniens), ou le *kaus* au Koweït. Ces flux de sud sont remplacés par le *shamal* (qui signifie nord), dès qu'arrive l'AMP plus frais qui souffle à l'inverse vers le sud et brasse poussière et sable, vent appelé *belat* sur la côte sud de l'Arabie où il transporte

vers l'océan les lithométéores de l'intérieur (cf. Leroux, 2000).

### **L'entrée par l'ouest, continuation du bassin occidental**

Entre Albanie et Tunisie arrivent vers le bassin oriental les trois trajectoires venues de l'ouest et du nord. Les AMP peuvent arriver séparément, ou avoir déjà fusionné auparavant, de manière pacifique ou « conflictuelle ». Les AMP continuent leur route vers l'est, mais l'exutoire maintenant largement ouvert en direction du nord de l'Afrique les affaiblit généralement. Certains poursuivent toutefois sur la Méditerranée orientale en pénétrant en même temps sur l'Afrique septentrionale. Ils s'intègrent, après éventuelle confrontation, dans les AMP descendus par la Mer Égée, plus puissants parce que plus récents.

Cette porte est à double sens : un puissant AMP oriental souvent renforcé par une descente de *bora* qui reçoit alors son alimentation de la même source, peut aussi s'étaler rapidement vers l'ouest et déborder, au-delà de l'Italie, sur le bassin occidental. Il arrête alors (éventuellement) le déplacement des autres AMP, accélérant avec eux dans le couloir intermédiaire le transfert d'air chaud et humide vers le nord.

Ainsi, en raison de la multiplicité des portes d'entrée de l'air polaire, de nombreuses interférences se produisent entre les AMP de diverses trajectoires.

### **INTERFÉRENCES ENTRE AMP : LES TEMPS PAROXYSMIQUES**

Le bassin méditerranéen est le lieu de rencontre et d'affrontement d'AMP de puissances et de trajectoires différentes. On comprend ainsi aisément le caractère changeant de ses vents et de son temps, le caractère subit et la violence de ses tempêtes, et la fréquence des événements dramatiques associés aux éventuelles pluies diluviennes. Il est rare

qu'un AMP, qui rencontre déjà des conditions topographiques contraignantes, puisse se déplacer sans croiser la route d'un autre, ou de plusieurs AMP, et nombre de perturbations résultent des actions combinées de plusieurs AMP.

L'explication du temps, et notamment celle des situations paroxysmiques qui endeuillent épisodiquement la Méditerranée, est encore encombrée par le « dogme » (hérité des années 1940 et imposé par la routine) selon lequel « *c'est l'altitude qui commande les phénomènes de basses couches* ». Ainsi Rivrain (1997, p. 8), qui résume le *credo* de Météo-France, considère que des « *descentes d'air froid d'altitude d'origine arctique atteignent les latitudes méditerranéennes... cet air froid d'altitude vient en surplomb des flux atmosphériques de basses couches...* » Cette formulation contient une double absurdité physique : comment de l'air froid arctique (qui est initialement pelliculaire, de l'ordre de 1 500 m, puisqu'il est associé au déficit thermique de surface), peut-il se trouver ensuite à une altitude supérieure, au moins au niveau 500 hPa, c'est-à-dire au moins au-dessus de 6 000 mètres ? L'air froid et dense serait-il capable de s'élever ? Et ensuite cet air froid pourrait-il, ne serait-ce qu'un instant, se maintenir en surplomb ?

L'air froid dû au déficit thermique polaire de basses couches et qui reste dans les niveaux inférieurs, et l'air froid lié à la décroissance normale de la température avec l'altitude, ne peuvent pourtant pas être confondus de manière aussi simpliste ! Ainsi, selon météo-ologues et géoclimatologues (les seconds se contentant généralement de copier servilement les premiers : cf. Carrega (1992) qui reprend sans hésitation le terme « *d'advection froide surplombante* »), une *goutte froide* en altitude (détachée du courant d'ouest, *cut off low* selon l'hypothèse des *Rossby waves*, 1939), est censée créer au-dessous d'elle un « *cyclone de basses couches qui lui est étroitement inféodé* », comme le rappelle

Vigneau (2000, p. 133), qui ajoute que dans le «*climat méditerranéen elle détermine des pluies considérables*». La «*goutte froide*» d'altitude, véritable *Deus ex machina*, est ainsi le centre de la «*perturbation méditerranéenne*»... La notion même d'une perturbation qui serait spécifique à la Méditerranée est un non-sens, surtout pour ceux qui privilégient l'altitude, car qu'y-a-t-il de si particulier au-dessus de la Méditerranée au-delà de 6000 mètres? La spécificité méditerranéenne est géographique et située dans les basses couches, comme le montrent les cartes synoptiques et les clichés de satellite, et comme le déterminent la disposition du relief et le déplacement des masses froides dans les niveaux inférieurs (fig. 1, 2, 3 et 4). Les conditions spécifiques de la Méditerranée réaménagent en effet des mécanismes valables ailleurs dans la zone tempérée et à sa limite. La Méditerranée n'est pas originale «*météorologiquement*», mais elle l'est géographiquement, et à ce titre le point de vue du géographe s'avère précieux, à condition toutefois de recourir à l'observation directe des phénomènes, plutôt que d'adopter aveuglément des recettes «*météo*» infructueuses, surtout lorsqu'elles sont scientifiquement non-fondées (cf. ci-dessus: Rivrain, 1997).

Le suivi attentif des AMP montre ainsi que la situation dite de Vaison-la-Romaine des 22 et 23 septembre 1992 (Leroux, 1993a) a résulté de la coupure en deux parties par les Cantabriques-Pyrénées d'un AMP puissant rapidement descendu du Groenland. La partie nord s'est déplacée sur le bassin aquitain en direction de l'est; la partie sud entrée sur la Méditerranée au sud de l'Espagne a provoqué une intense remontée de sud (vent très nettement supérieur à 100 km/h). Le couloir rhodanien a été fermé en début d'après-midi du 22 septembre par le fragment nord de l'AMP qui s'est collé sur les préalpes drômoises, le Ventoux et les Baronnies: l'air venu du sud n'a pu alors que s'élever, très violemment: entre 13h30 et 15h30 sont

tombés 300 mm d'eau, avec les conséquences que l'on connaît sur l'écoulement de l'Ouvèze, et sur les habitations (et leurs occupants) situées dans le lit de la rivière. La réunion des deux fragments d'AMP sur la Méditerranée occidentale, et leur progression commune vers l'est ont ensuite provoqué des pluies très intenses sur le sud de la Provence et sur l'Italie ligure, puis alpine, avec des conséquences souvent dramatiques. La même configuration s'est reproduite la semaine suivante, les 26 et 27 septembre 1992 (Leroux, 1993a).

Les 12 et 13 novembre 1999 les plaines de l'Aude et des Pyrénées-Orientales ont connu des pluies torrentielles qui ont atteint 621 mm (Leroux, 2000b). L'*aiguat* d'octobre 1940 représente encore en France le record d'intensité de ce type d'événement: vraisemblablement plus de 1000 mm en 24 heures. Le paroxysme pluviométrique de 1999 a été organisé par deux AMP de forte puissance (ayant dépassé 1040 hPa), l'un descendant sur l'Atlantique à l'est du Groenland, l'autre sur l'Europe centrale vers la Méditerranée orientale. Le premier, l'AMP atlantique, a encore été coupé par les reliefs du nord de l'Espagne; la partie sud de cet AMP, entrée sur la Méditerranée par Gibraltar s'est déplacée vers l'est au nord du Maghreb atteignant la Tunisie le 13. Le second AMP issu d'Europe centrale s'est étalé sur le bassin oriental et a atteint la Sardaigne, la Sicile et la Cyrénaïque le 13. Entre les deux AMP un couloir dépressionnaire étiré du Golfe de Gabès au Golfe du Lion a fait remonter à très grande vitesse (supérieure à 100 km/h) un riche potentiel énergétique, qui s'est heurté sur le Languedoc-Roussillon à la face avant du fragment nord du premier AMP atlantique retenu au nord des Pyrénées. Ce barrage aérologique a provoqué une ascendance violente au-dessus de la plaine, des pluies d'une très grande intensité, et des inondations dramatiques. Ainsi deux AMP ont contribué à créer un couloir dépressionnaire et à provoquer une intense remontée vers le nord d'énergie, initialement africaine puis méditer-

ranéenne, vers le sud de la France, un troisième a servi de barrage: on comprend l'intensité de la perturbation et l'ampleur des dégâts.

Les 22, 23 et 24 octobre 2000 le Levante espagnol, du cap de la Nao à la Catalogne, a connu des pluies torrentielles et des inondations catastrophiques, les totaux pluviométriques dépassant fréquemment 400 mm, souvent 500 mm, et atteignant 607 mm dans le nord de la Province de Castellon (Fabre, 2001). La situation météorologique a fait encore intervenir plusieurs AMP. L'un, atlantique, a été coupé par l'Atlas: les fragments nord (sur la Méditerranée) et sud (sur le Sahara) se sont relayés pour faire remonter le flux de sud, d'abord sec sur l'Afrique au sud de l'Atlas, puis au nord sur la mer fortement humidifié. La dépression dynamique est progressivement remontée vers le nord sur le littoral du Levante. Un autre AMP, très puissant, a envahi la Méditerranée par l'Adriatique et par la Mer Égée, il s'est étalé vers l'est sur le bassin occidental, a atteint le sud de la France et les Pyrénées. Il a ainsi fermé vers le nord l'exutoire de l'advection rapide de sud. Au fond de cet entonnoir aérologique (triangle formé par le littoral du Maghreb pour base, le Levante et la façade ouest de l'AMP oriental pour côtés) les ascendances ont été violentes, les pluies intenses, les inondations brutales et destructrices. Mais arrêtés au niveau de la Catalogne, les phénomènes n'ont pas atteint le Sud de la France, «protégé» alors par le barrage anticyclonique.

Les 21 et 22 janvier 1990 de fortes pluies se sont déversées sur le centre et le sud de la Tunisie, avec un total de l'ordre de 300 mm dans la région comprise entre Sousse et Sfax. Les conséquences de ce déluge ont été dramatiques et on a déploré (comme dans les cas précédents) de nombreuses victimes et des dégâts considérables (Leroux, 1991, 2001). Cette situation a résulté de la rencontre sur la Tunisie de deux AMP d'origines et de trajectoires différentes. L'un, est venu de l'Atlantique et sa masse principale se déplaçant vers l'est

est passée, au nord de l'Atlas sur la Méditerranée, et au sud de l'Atlas sur le Sahara (en cette saison la trajectoire étant plus méridionale). Un autre AMP, également puissant, descendu par l'Europe centrale, s'est étalé vers l'ouest sur la Méditerranée orientale et sur le nord de l'Afrique. Le couloir dépressionnaire s'est progressivement resserré entre ces deux AMP particulièrement dynamiques s'étalant selon deux directions contraires, et les ascendances intensifiées ont provoqué des pluies abondantes et brutales, et des inondations destructrices. La Tunisie, et notamment le Sud-Tunisien, est ainsi exposée à des précipitations diluviennes (un autre exemple tristement célèbre étant fourni par celles de septembre 1969; Poncet, 1970), en raison de sa position à la limite des deux bassins, à la rencontre conflictuelle des trajectoires des AMP qui envahissent la Méditerranée.

Plus récemment, les 9 et 10 novembre 2001, le littoral de l'Algérie et notamment la région d'Alger a enregistré des précipitations diluviennes aux conséquences particulièrement dramatiques, les inondations du quartier de Bab-el-Oued ayant fait plus de 700 victimes. L'AMP responsable, gigantesque et puissant, de trajectoire méridienne, est descendu sur l'Atlantique et sur la France au cours de la journée du 8. Les Cantabriques-Pyrénées ont coupé cet AMP, une partie s'est engouffrée directement vers la Méditerranée par l'entonnoir orographique, l'autre partie plus importante a dévalé sur l'Atlantique et le 9 a violemment pénétré entre la Sierra Nevada et le Rif, les deux langues anticycloniques ayant pris l'Ibérie en tenaille se rejoignant alors sur le sud de la Méditerranée occidentale. Repoussé vers le sud et accéléré dans le couloir progressivement rétréci, entre la face avant de ce puissant AMP reconstitué et l'alignement tellien, le flux cyclonique méditerranéen dirigé vers l'est a été violemment soulevé, déversant des pluies de forte intensité, de l'ordre de 150 mm en deux heures sur Alger le matin du 10. L'avant de l'AMP s'est ensuite collé sur

la ligne de relief, coupant l'alimentation hydrique et arrêtant les pluies, la dépression associée remontant alors vers le golfe de Gênes, tout en se déplaçant vers l'est, provoquant d'intenses pluies de poussières, de fortes rafales de vent et une vigoureuse houle de sud sur les littoraux azuréens et ligures.

Ces événements paroxysmiques peuvent se produire à n'importe quel moment de l'année, notamment en hiver comme le montre l'exemple tunisien, ou comme celui de Puisserguier dans le Languedoc du 28 janvier 1996 aux mêmes effets pluviométriques. En été cependant leur fréquence est moindre, la force des AMP étant atténuée et leur pénétration brutale en Méditerranée rendue plus difficile en raison de leur plus faible épaisseur, leur agglutination est ainsi plus efficace, et plus stérilisante sous l'inversion d'alizé (cf. fig. 2, 1<sup>re</sup> partie). C'est à la fin de l'été et en automne, comme le montrent les trois premiers exemples ci-dessus et celui d'Algérie, que le risque est maximal. C'est le moment où le potentiel précipitable est le plus riche (en raison de l'inertie thermique marine), et le moment (après le court «été» arctique) où les AMP reprennent de la vigueur. Ils font alors momentanément sauter le verrou de l'inversion et provoquent le transfert rapide vers le nord de l'énorme potentiel méditerranéen. Ce décalage pluviométrique sur l'automne, voire le début de l'hiver, apparaît plus ou moins nettement dans les données de pluies de Nice, Marseille, Ajaccio, Barcelone, Tirana, Naples, Palma, Alicante (tabl. 1), et Kerkyra, Kalamai, Tripoli au Liban (tabl. 2).

Tels sont les mécanismes du temps et des climats de la Méditerranée: il faut sortir de la vision fixiste léguée par l'école climatologique de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, fondée par exemple sur l'*anticyclone des Açores* et sa présumée *extension*, ou sur l'existence mythique d'une *dépression ligurienne* ou d'une *dépression chypriote*. Il est inutile de chercher un anticyclone permanent ou

une dépression installée: tout est mobile, et tout est sans cesse remis en question, notamment les rapports de force entre AMP et flux environnants, et entre AMP eux-mêmes. Il faut également se détacher des recettes toutes prêtes et erronées, comme celle du «*front méditerranéen*», celle de la «*goutte froide*» d'altitude ou de la «*perturbation méditerranéenne*», qui ne reposent sur aucun fondement physique et qui n'ont ainsi jamais expliqué les paroxysmes méditerranéens (cf. Leroux, 1995c, 1996b, 2000b). L'observation directe des phénomènes, démarche géographique par excellence, montre que la circulation de l'air froid, sous la forme d'anticyclones mobiles (AMP) est responsable du temps banal et quotidien, comme de la violence du temps méditerranéen et de ses paroxysmes thermiques et pluviométriques.

## CONCLUSION: LES CLIMATS MÉDITERRANÉENS

Climat de transition, le climat subtropical occidental, dit «méditerranéen» par antériorité historique, doit ses caractères communs à la dynamique des AMP qui apportent froid et pluie en hiver, et à leur agglutination qui entraîne chaleur et non-pluviosité en été.

Ces caractères communs masquent cependant une très grande diversité:

– *Aérologique*: Les vents de nord ou de sud alternent constamment et/ou dominant plus ou moins au-dessus de certaines régions, qui sont davantage soumises les unes aux influences du nord (cf. Marseille) les autres aux influences du sud (cf. Nice). La variété des vents est très grande, notamment autour de la Méditerranée, les vitesses sont variables, les directions changeantes (dites capricieuses mais pourtant parfaitement organisées; cf. fig. 2, 3 et 4), les changements de temps sont subits, les grands coups de vent et les tempêtes étant fréquents.

– *Thermique*: L'irrégularité thermique est élevée. L'hiver est assez irré-

gulier mais déjà relativement rigoureux, parsemé de sévères vagues de froid et de gel, ou de brusques rafraîchissements pouvant aussi intervenir en période estivale, mais aussi de brusques réchauffements, inattendus en hiver, appelés *jours d'Alcyon*, ou *Alcyonides*, en Grèce (Tzanakou, 1993). L'été est chaud voire même très chaud, avec des épisodes de canicule, les amplitudes thermiques étant très variables, plus faibles au bord des océans, plus élevées autour du bassin méditerranéen et avec la pénétration vers l'intérieur (quand le relief le permet).

– *Hygrométrie*: L'humidité de l'air est forte, toute l'année à proximité de la mer ou de l'océan (où les brouillards sont fréquents et tenaces), notamment en été où le potentiel hydrique est maximal. Elle diminue en direction de l'intérieur, qui est souvent véritablement sec, le déficit du bilan hydrique, autre caractère saisonnier de ce climat, étant très variable.

– *Pluviométrie*: La pluviométrie est aussi très variable, des régions très arrosées cotoyant des régions fortement déficitaires. Le nombre de jours de pluie est relativement limité en raison du caractère anticyclonique dominant, et il décroît en direction des déserts, littoraux humides ou continentaux secs. La répartition saisonnière des pluies est très inégale, la non-pluviosité estivale est à peu près générale et caractéristique de ce climat. Les pluies sont hivernales, mais l'automne représente souvent la période du maximum, atteignant éventuellement des totaux considérables, pluies souvent violentes, orageuses et de forte intensité, avec un cortège de «catastrophes» qui endeuillent la fin de l'été, comme les *aiguats* et autres *vidourlades* du Sud de la France.

– *Paysagère*: Il y a un paysage méditerranéen incontestablement reconnaissable, marqué par des espèces (et des senteurs) spécifiques adaptées à l'aridité temporaire, mais en fonction des sols se distinguent déjà le *maquis* sur sols siliceux et la *garrigue* (de *garric*,

ancien nom du chêne-kermès) sur sols calcaires. Mais qu'y-a-t-il par ailleurs de commun entre la campagne florentine ou provençale, et une steppe à *alfa* (ou *sparte*) d'Espagne ou d'Afrique du Nord, ou avec la *mer d'oliviers* d'Andalousie ou du Sahel tunisien? Rappelons en outre que la limite de l'olivier ne fait pas exactement la délimitation nord de ce climat «*car cet arbre peut être exclu par le froid de plateaux ou de pentes typiquement méditerranéens*» (Derruau, 1961), par la répétition de vagues de froid détruisant les olivettes (comme lors du triste mois de février 1956).

– *Interannuelle*: L'irrégularité interannuelle est très forte, avec de grands excès en hiver comme en été. La sécheresse d'été peut se prolonger longuement mais à l'inverse des étés peuvent être pluvieux, et des hivers secs ou longs et copieusement arrosés, avec des inondations de type automnal. Des hivers peuvent être exceptionnellement froids, ou cléments, avec démarrage précoce de la végétation mais éventuellement gelées tardives, en revanche des étés peuvent être «pourris» et frais. Tout est mobile, jour après jour, saison après saison, année après année: une telle variabilité est normale dans ces latitudes de transition où se forment les Agglutinations Anticycloniques, relais de la circulation générale, qui constituent une zone-tampon entre phénomènes tempérés et tropicaux.

La variété de ces climats subtropicaux est si grande qu'on ne peut donc pas dire qu'il y a, à proprement parler, de climat méditerranéen. Il y a par contre un comportement saisonnier «méditerranéen» des climats qui bordent la Méditerranée, et par analogie, des climats qui se situent aux latitudes subtropicales sur les façades occidentales des continents. Climat signifie aussi «*ensemble des circonstances dans lesquelles on vit*» (cf. Larousse 2000) et caractérise alors l'ambiance, le style de vie. Dans cette acception en revanche, il y a bien, sans le moindre doute, un climat méditerranéen.

**Références** N.B.: Sur un tel sujet la bibliographie ne peut qu'être indicative.

## Bibliographie

Beltrando G., Chemery L. (1995), *Dictionnaire du climat*. Références, Larousse, Paris, 344 p.

Benech B., Brunet H., Jacq V., Payen M., Rivrain J.C., Santurette P (1993), «La catastrophe de Vaison-la-Romaine et les violentes précipitations de septembre 1992: aspects météorologiques», *La Météorologie*, 8e série, 1, 72-90.

Bethemont J. (2000), *Géographie de la Méditerranée*. Coll. U, A. Colin, Paris, 313 p.

Carrega P. (1992), «L'advection froide surplombante: une cause d'orages sur le sud-est de la France», *Publ. Ass. Int. de Clim.*, vol. 4, 129-137.

Comby J. (1998), *Les paroxysmes pluviométriques dans le couloir rhodanien et ses marges*. Th. Univ. Lyon 3, Labor. de Climatologie, Risques Naturels, Environnement, 668 p.

Demangeot J. (1996), *Les milieux «naturels» du globe*. Coll. U, 6e éd., A. Colin, Paris, 337 p.

Derruau M. (1961), *L'Europe*. Les cinq parties du Monde, Hachette, Paris, 604 p.

Dorta P., Marzol M.V., Valladares P. (1993), «Localisation et fréquence des cellules de pression dans l'Atlantique nord, l'Europe occidentale et le nord de l'Afrique (1982-1992)», *Publ. AIC*, vol. 6, 453-466.

Douguedroit A. (1994), «Répartition régionale des précipitations saisonnières dans le bassin méditerranéen», *Publ. AIC*, vol. 7, 217-224.

Estienne P., 1991. *Les régions françaises*. Masson, Géographie, 2e éd., Paris.

Fabre C. (2001), «Analyse météorologique des pluies diluviennes du 21 au 25 octobre 2000 sur le Levant espagnol», *Mémoire, Labo. Climatologie, Risques, Environnement*, Univ. Lyon 3, 148 p. + ann.

Flocas A.A. (1988), «Frontal depressions over the Mediterranean sea and central southern Europe», *Méditerranée*, n° 7, 43-52.

Fons C. (1979), «Cyclogenèses du bassin méditerranéen occidental», *Monographie n° 109*, Météor. Nat., Paris.

Gentilli J. (1971), «Dynamics of the Australian troposphere. Climates of Australia and New Zealand», *World Survey of Climatology*, vol. 13, Elsevier Publ., Amsterdam, 53-117.

Giorgetti J.P., Jacq V., Jourdan R., Palauqui J.P., Rivrain J.C., Boeri F., Gauthier A., 1994. «Les pluies diluviennes et les inondations des 31 octobre et 1er novembre 1993 en Corse: étude descriptive», *La Météorologie*, 8e sér. n° 6.

Griffiths J.F. (1972), «The Mediterranean zone. Climates of Africa», *World Survey of Climatology*, vol. 10, Elsevier Publ. Amsterdam, 37-74.

Leroux M. (1983), *Le climat de l'Afrique tropicale*. Ed. Champion / Slatkine, Paris / Genève, t. 1: 636 p., 349 fig.; t. 2: notice et atlas de 250 cartes.

Leroux M. (1990), «Les conditions dynamiques moyennes du climat de la France. in Le climat de la France», M. Leroux éd. *Revue de Géographie de Lyon*, vol. 65 (2), 63-79.

Leroux M. (1991), «Les pluies diluviennes de janvier 1990 en Tunisie: rencontre fortuite d'Anticyclones Mobiles Polaires de trajectoires différentes», *Publ. AIC*, vol. 4, 145-153.

Leroux M. (1992), «Perception «statistique» et réalité dynamique. Transport méridien en masse extratropical, agglutination anticyclonique et circulation linéaire tropicale», *Publ. Ass. Intern. de Clim.*, vol. 5, 157-167.

Leroux M. (1993a), «La dynamique des situations météorologiques des 21-22 et 26-27 septembre 1992 dans le sud du couloir rhodanien», *Rev. de Géogr. de Lyon*, vol. 68 (2-3), 139-152.

Leroux M. (1993b), «L'automne pluviométrique 1993 dans le sud du couloir rhodanien», *Revue de Géographie de Lyon*, M. Leroux éd., vol. 68 (4), 259-263.

- Leroux M. (1995a), «Dynamique du temps et du climat dans l'espace Atlantique nord», *Publ. Assoc. Int. de Clim. (AIC)/Météo-France*, vol. 7, 354-364.
- Leroux M. (1995b), «Circulation méridienne, agglutinations anticycloniques et déserts tropicaux», *Mém. Soc. Géol. de France*, Déserts tropicaux et changements globaux, n° sp., 167, 11-23.
- Leroux M. (1995c), «Commentaire sur "Les pluies diluviennes et les inondations des 31 octobre et 1<sup>er</sup> novembre 1993 en Corse" de J.P. Giorgetti et al.», *La Météorologie*, n° 9, 63-65.
- Leroux M. (1996a, 2000), *La dynamique du temps et du climat*. Masson-Sciences, 2<sup>e</sup> éd. (2000), Dunod, Paris.
- Leroux M. (1996b), «Comment. sur "Débat sur le Front Polaire" de Thillet et Joly», *La Météorologie*, n° 16, 49-52.
- Leroux M. (2000a), «L'évolution récente du temps... et si on se trompait?», *Coll. Catastrophes Naturelles, Soc. Hydrotechnique de France*, SHF, Paris 13 avril 2000 (à paraître).
- Leroux M. (2000b), «Analyse météorologique des pluies torrentielles des 12 et 13 novembre 1999 dans le Languedoc-Roussillon», *Revue de Géographie de Lyon*, vol 75 (3), 179-188.
- Leroux M. (2001), *The Meteorology and Climate of Tropical Africa*. Springer Verlag, Heidelberg, London, N.Y., 548 p. + CD: 300 p.
- Lines Escardo A. (1970), «The climate of the Iberian peninsula», *World Survey of Climatology*, vol. 5, Elsevier, Amsterdam, 195-239.
- Maheras P., Kutiel H., Patrikas J., Flocas H., Anagnostopoulou Ch. (1999), «Analyse de fréquences des dépressions en Méditerranée orientale», *Publ. AIC*, vol. 12, 359-367.
- Miller A. (1976), «The climate of Chile. Climates of Central and South America», *World Survey of Climatology*, vol. 12, Elsevier, Amsterdam, 113-145.
- Olcina Cantos J. (1994), *Tormentas y granizadas en las tierras alicantinas*. Univ. de Alicante, 317 p.
- Pagney P. (1994), *Les climats de la Terre*. Init. aux étud. de Géogr., Masson, Paris.
- Poncet J. (1970), «La catastrophe climatique de l'automne 1969 en Tunisie», *Ann. de Géogr.*, n° 435, 581-595.
- Quereda Sala J., Olcina Cantos J., Monton Chiva E. (1994), «Les pluies de terre rouge sur le littoral méditerranéen: effets sur le milieu et signification climatique», *Publ. AIC*, vol. 7, 179-189.
- Repapis C., Amanatidis G., Paliatsos A., Mantis H. (1993), «Cohérence spatiale des précipitations en Grèce», *Publ. AIC*, vol. 6, 333-340.
- Rivrain J.C. (1997), «Les épisodes orageux à précipitations extrêmes sur les régions méditerranéennes de la France», *Phénomènes Remarquables*, n° 4, Météo-France, Paris, 93 p.
- Rizou C., Karacostas T. (1993), «Etude des précipitations engendrées par les systèmes dépressionnaires d'origine sud-ouest sur le territoire hellénique», *Publ. AIC*, vol. 6, 351-364.
- Sadourny R. (1994), *Le climat de la Terre*. Dominos, Flammarion, Paris, 126 p.
- Sakiss N., Maghrebis S., Sassi M., Ben Dhiffallah M. (1990), Les inondations des 21, 22, 23 et 24 janvier 1990 dans le centre et le sud de la Tunisie. *Inst. Nat. de la Météorologie*, Tunis.
- Tahar M.F., Harb S.A., Nagib M.K., Tantawy A.H. (1981), «The climate of the Near East», *World Survey of Climatology*, vol. 9, Elsevier, Amsterdam, 183-255.
- Tzanakou M. (1993), «Jours d'Aleyon: points de vue et éléments statistiques», *Publ. AIC*, vol. 6, 399-404.
- VIGNEAU J.P., 2000. *Géoclimatologie*. Universités, Géographie, Ellipses, Paris.
- WMO, 1971 and 1996. *Climatological Normals (CLINO)* for climat and climat ship stations for the period 1931-1960 and 1961-1990. World Climate Programme, Geneva.