

## Le Climat de la Méditerranée Occidentale

VON

PIERRE PÉDELABORDE

### *Introduction*

Nous savons que le climat d'une région donnée du globe résulte de deux séries de variables: des facteurs cosmiques d'une part, des facteurs géographiques d'autre part. Les facteurs cosmiques établissent une répartition très simple des climats, par grandes bandes zonales qui seraient parfaitement homogènes si la planète était uniforme dans sa structure et son relief. Mais la géographie complique ce schéma idéal, en créant de multiples nuances à l'intérieur de chaque zone. Par exemple, un contraste très classique est celui qui existe entre les rives occidentales et les rives orientales d'un continent, à la même latitude. Je voudrais aujourd'hui souligner un autre de ces contrastes, moins classique peut-être, mais plus démonstratif encore, parce qu'il met bien en lumière la part exacte des facteurs cosmiques et des facteurs géographiques. Il s'agit de l'originalité remarquable du climat méditerranéen à l'intérieur de la zone planétaire des Hautes pressions subtropicales.

Je limiterai l'analyse à la Méditerranée Occidentale. D'autre part, en raison de la brièveté de cette conférence, il n'est pas question d'étudier tous les régimes thermiques et pluviométriques dans le détail. Je me contenterai de décrire et d'expliquer des mécanismes d'ensemble, c'est-à-dire les phénomènes fondamentaux.

### *Les Faits*

Examinons d'abord les caractères essentiels du temps dans cet espace assez homogène de la Méditerranée Occidentale.

Les premiers traits qui frappent le voyageur sont la faible nébulosité, la sécheresse de l'air, la lumière éclatante, le bleu intense du ciel et de la mer, la tiédeur des hivers, la chaleur brûlante des étés. Cette sérénité du ciel et de l'atmosphère se traduit par une végétation originale, bien adaptée à la lumière et à la sécheresse, et dont la vigne et l'olivier sont les types les plus représentatifs.

Mais tous ces caractères de calme, qui ont séduit les touristes depuis longtemps, ne peuvent faire oublier un autre aspect du climat méditerranéen. Je veux parler de ses rudesses passagères, de ses violences parfois excessives. Rudesses des températures, d'abord. Sur la Provence et le Bas Languedoc, par exemple, dès le coucher du soleil, le froid pénétrant de la nuit succède très vite à la chaleur extrême des après-midis. C'est la conséquence toute naturelle de l'immobilité de l'air, de la

sécheresse et de la faible nébulosité, puisque ces trois facteurs favorisent autant la radiation solaire diurne que la déperdition nocturne de chaleur. A cet égard, beaucoup de malades attirés dès le XVII<sup>e</sup> siècle par la douceur des hivers, et aussi par la réputation de la Faculté de Médecine de Montpellier, ne purent supporter les brusques variations de température. Souvent même, le thermomètre peut baisser pendant les heures ensoleillées, quand le souffle glacé du „mistral“ débouche de la vallée du Rhône, à des vitesses voisines de 200 km à l'heure. Et sur tout le bassin de la Méditerranée occidentale, de Marseille à Alger et à Palerme, les marins savent que des orages terribles éclatent souvent, bien plus dangereux encore que les tempêtes de l'Atlantique. Certes, les pluies sont beaucoup plus rares que sur les régions tempérées parcourues sans cesse par des dépressions cycloniques. Mais en revanche, ces précipitations plus rares prennent ici un caractère brutal et torrentiel qui n'apparaissait pas aux latitudes moyennes.

En somme, des sautes brusques de température, des vents violents, des orages terribles accompagnés d'averses catastrophiques troublent souvent la sérénité habituelle de ce climat. Lorsqu'on arrive de la zone tempérée et qu'on pénètre au sein du monde méditerranéen, il semble que les caractères du climat deviennent tout à coup plus excessifs, tout comme les caractères des hommes. On observe des périodes de tranquillité parfaite qui ne sont jamais aussi bien réalisées ailleurs. Mais on subit également des violences thermiques, anémométriques et pluviométriques qui dépassent largement les caprices des latitudes moyennes.

Ce double caractère s'explique par deux facteurs inverses. D'une part, la Méditerranée occupe une position d'abri. Abri aérologique, aux confins méridionaux des Westerlies, loin des cyclones les plus fréquents de l'Europe. Abri topographique aussi, les reliefs élevés de la rive européenne gênant la progression des vents du Nord. Pourtant, la Méditerranée est une région de contacts aérologiques et géographiques, ce qui détermine des oppositions brutales et par conséquent des cyclogénèses. Placée à la charnière des circulations tempérée et tropicale, elle connaît à la fois les invasions polaires et les transgressions sahariennes. La géographie en fait aussi un lieu de contrastes, en rapprochant la mer la plus chaude et les montagnes les plus élevées de l'Europe. Le voisinage de l'Atlantique plus frais, la présence sur les rives Nord et Sud de deux continents aux régimes thermiques très différents, accentuent la tendance à la frontogénèse. Si le relief constitue un obstacle d'ensemble, il existe cependant des trouées par lesquelles s'engouffrent les invasions froides fortement canalisées. Inversement, les masses d'air chaudes s'élèvent le long des montagnes et deviennent très instables. — En somme, il existe ici une antithèse permanente entre les mécanismes d'abri et les mécanismes de trouble. La Méditerranée occidentale est à la fois le bassin tranquille où dorment des masses d'air stagnantes très chaudes, et le creuset où s'élaborent les fronts et les cyclones. Suivant la saison, c'est-à-dire suivant la position des Westerlies en latitude, les calmes ou les violences cycloniques l'emportent et règnent tyrannique-

ment. Mais ces deux tendances opposées peuvent aussi alterner au cours de la même saison, puisque la vitesse du courant zonal et l'intensité de sa composante Nord-Sud varient d'une semaine à l'autre. Quand la tendance cyclonique domine, la Méditerranée devient exceptionnellement une aire de convergence tout comme l'Europe occidentale ou la dépression d'Islande. Mais à la différence de ce qui se passe sur ces deux contrées, la vigueur des influences géographiques propres à la Méditerranée détermine toujours un dynamisme puissant et très original des masses d'air. Nous examinerons maintenant en détail les 3 facteurs qui créent cette originalité: le régime thermique de la mer, la position aérologique, le relief.

### I. Le régime thermique de la mer

Ce régime s'explique par les données géographiques *in situ*. C'est une mer continentale, entourée de terres chaudes, et communiquant avec l'Atlantique par un passage étroit profond seulement de 200 mètres. Ces prédispositions à la chaleur s'aggravent par l'enchaînement de facteurs suivant. Les pluies sont faibles en raison de la position en latitude (Zone des hautes pressions subtropicales). L'évaporation est forte pour les mêmes raisons (ciel clair, air sec, eau plus chaude que l'air). Enfin la proximité des montagnes sur tout le pourtour restreint l'extension des fleuves tributaires, d'où l'alimentation en eau douce. L'évaporation est donc beaucoup plus importante que l'alimentation en eau. D'où la forte concentration en sels: 39 pour mille au lieu de 36 pour mille dans l'Atlantique. Les eaux atlantiques, moins salées et par conséquent plus légères, se superposent donc à celles de la Méditerranée. De ce fait, seules les eaux superficielles, c'est-à-dire les plus chaudes de l'Atlantique, pénètrent en Méditerranée, tandis que les eaux lourdes méditerranéennes s'écoulent vers l'Atlantique en profondeur. Ainsi s'expliquent les températures élevées de la mer. Toute la masse, jusqu'à 4000 mètres de profondeur, ne descend jamais au-dessous de 13 degrés pendant l'hiver, et cet énorme volume régulateur maintient aussi la surface à 12 ou 13 degrés malgré le refroidissement au contact de l'air. En été, l'échauffement superficiel rend l'eau très légère et l'empêche donc de s'enfoncer. Le réchauffement, réparti sur une couche très mince, permet alors d'atteindre des températures très élevées: 27 degrés au large des Baléares et du Constantinien, et au Nord de la Sicile. En somme, la Méditerranée est toujours beaucoup plus chaude que l'Atlantique aux mêmes latitudes. Comme les masses d'air qui pénètrent en Méditerranée sont presque toutes d'origine polaire, c'est-à-dire atlantique, elles seront donc toujours plus fraîches que l'eau sous-jacente. En fait, des mesures effectuées, à Oran, pendant 4 années, prouvent que l'air est toujours plus froid que l'eau superficielle, sauf au mois de mai où afflue l'air saharien<sup>1</sup>. Cette supériorité thermique de l'eau

---

1) J. P. BOUNHIOL, Essai sur le régime thermique des eaux littorales superficielles dans la Méditerranée algérienne, in *Annales Inst. Oceanogr.*, t. I, fasc. 9, Monaco, 1910.

entraîne 2 conséquences: 1. l'instabilité de l'air chauffé à sa base, 2. une très forte évaporation et par conséquent la saturation de l'air des basses couches.

Or on sait que l'instabilité verticale de l'air favorise les mouvements d'ascendance et par conséquent la formation des cyclones. Et cette instabilité est ici d'autant plus grande que l'humidité décroît naturellement avec l'altitude, puisque cette humidité provient du niveau de la mer. La décroissance de l'humidité en altitude engendre ce que Rossby appelle l'instabilité potentielle. Et l'on sait que l'instabilité potentielle est responsable de la naissance des tornades sur les plaines du Mississipi. Quand elle s'exerce sur la masse d'air indigène calme, l'instabilité engendre seulement une turbulence qui disperse les particules liquides et solides, assurant cette pureté du ciel, ce bleu intense qui charment le voyageur. Mais l'instabilité de cet air chaud et humide prédispose aussi la Méditerranée à de violents cyclones dès que l'air polaire plus frais et moins humide pénétrera au-dessus de la région, créant un fort gradient vertical de température et d'humidité.

Par contre, si le régime thermique de la mer prédispose à la cyclogénèse, il n'exerce pratiquement aucune action sur le régime des pressions, comme on l'a dit quelquefois. En effet, les dépressions les plus fréquentes se situent sur le Golfe de Gênes ou sur le massif Corse et Sardaigne, c'est-à-dire sur les régions qui ne sont pas les plus chaudes. D'autre part, c'est en avril que la dépression de Gênes est la plus profonde, bien que le gradient thermique soit alors le plus bas entre la mer et le continent. La raison de cette forte activité cyclonique d'avril est l'accroissement de la circulation méridienne Nord-Sud pendant tout le printemps, c'est-à-dire l'arrivée des invasions froides fréquentes.

En conclusion, la Méditerranée favorise seulement les cyclones par sa chaleur et son humidité. Exactement, elle renforce les cyclones nés préalablement de conditions dynamiques. Mais l'origine des cyclones est toujours dynamique et résulte du jeu des masses d'air périphériques. Nous allons maintenant examiner ce problème.

## II. La position aérologique de la Méditerranée

Commençons par détruire une légende.

On a dit que la Méditerranée devait ses caractères habituels de calme à la protection de l'anticyclone des Açores. Cet argument ne se justifie pas lorsqu'on examine les cartes synoptiques quotidiennes au lieu de se contenter des cartes moyennes. Presque toujours, même en été, la pression dépasse à peine la normale. L'anticyclone des Açores ne s'étend pas au delà de l'Espagne. S'il abrite en partie la Méditerranée, c'est seulement de l'extérieur, en dirigeant l'air froid vers le littoral atlantique du Maroc. Mais l'anticyclone se tient rarement sur la Méditerranée même (Fig. 1). En réalité, le calme aérologique de la Méditerranée est dû tout simplement à sa position en latitude et en longitude, loin de tous les grands courants de perturbations.

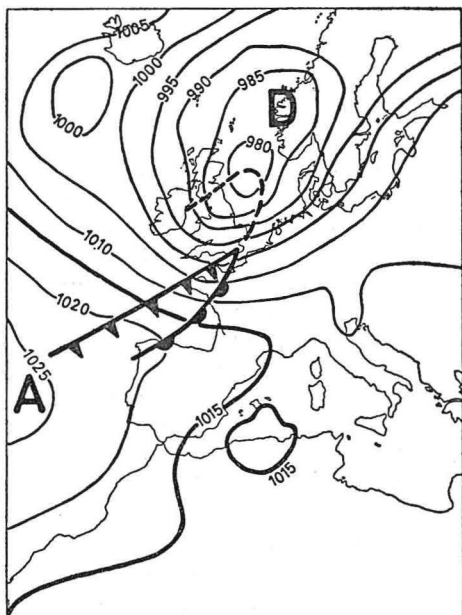


Fig.1. Situation du temps le 29/6/38 à 1h.

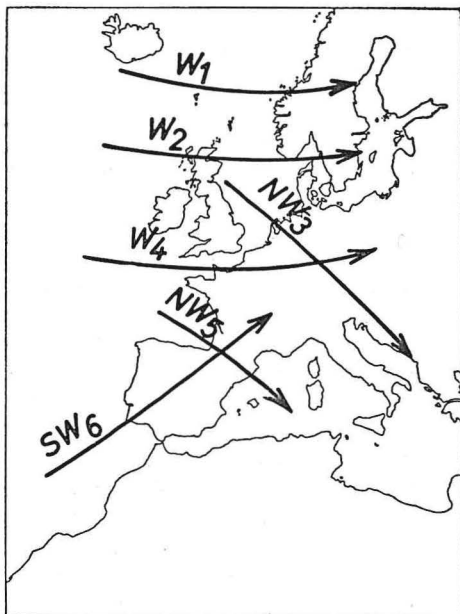


Fig.2. Trajectoires habituelles d'après van Beber.



Fig.3. Système nuageux du 15/1/38 à 13h.

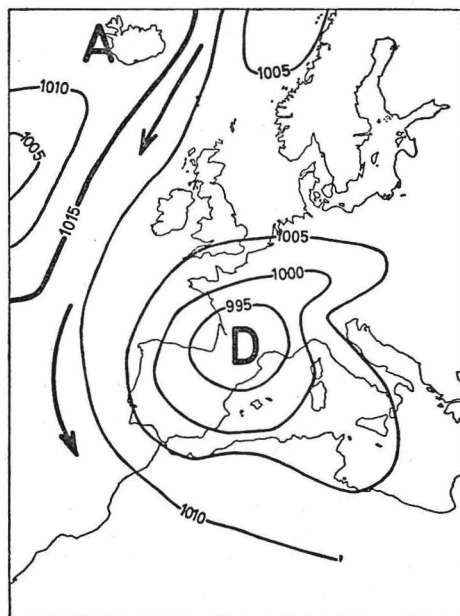


Fig.4. Situation du temps le 28/2/46 à 18h.

La Méditerranée occupe en effet une position excentrique par rapport aux voies d'ouest No 1, No 2 et No 4 et même par rapport aux voies de Nord-ouest orientales (Fig. 2). Presque toujours, la Provence appartient déjà à la région la plus ouverte des secteurs chauds c'est-à-dire à une masse d'air non perturbée (Fig. 3). Seules peuvent atteindre Gibraltar ou les Baléares, les invasions froides particulièrement vigoureuses à l'arrière des cyclones d'Ouest ou les invasions froides franchement méridiennes. Beaucoup de ces invasions froides circulent d'ailleurs à l'ouest du Portugal (Fig. 4), et la cyclogénèse qu'elles déclenchent sur l'Atlantique envoie souvent les cyclones sur l'Aquitaine sans atteindre la Méditerranée (Fig. 5).

La configuration de l'Europe et de l'Afrique limite aussi la fréquence des invasions froides arctiques. Le continent américain présente une forme massive aux latitudes élevées, alors qu'il s'amincit aux latitudes tropicales. L'inverse caractérise l'Europe et la Méditerranée: elles touchent largement au laboratoire d'air chaud africain, alors que la façade ouest de l'Europe s'incline vers l'est dès qu'on approche du cercle polaire. Pendant l'hiver, la proximité du Sahara permet une bonne alimentation chaude des cyclones au Sud du 45<sup>e</sup> parallèle, ce qui assure une large ouverture des secteurs chauds et empêche l'arrivée de l'air froid postérieur vers le Sud. Ajoutons le rôle de la position en longitude. Les invasions froides sont en effet beaucoup plus fréquentes sur l'Atlantique, en direction des Açores, que sur l'Europe même, en raison de la présence du Groenland sur le fuseau méridien des Açores. L'action du Groenland s'explique, comme celle des Montagnes Rocheuses, par un effet hydrodynamique d'obstacle, c'est-à-dire la courbure, vers le Sud, du flux d'ouest qui heurte un massif montagneux méridien. Une statistique des invasions froides, établie par Fontaine, en 1951 (Voir la revue *La Météorologie*, 1951, pages 98 à 112), montre que 51 pour cent atteignent le secteur Açores-Portugal, 33 pour 100 la Méditerranée, et 16 pour 100 le continent européen<sup>2</sup>.

En somme, sur la Méditerranée, la configuration géographique ajoute ses effets à l'éloignement en latitude de la source froide arctique. On peut dire que la Méditerranée jouit d'une position particulière d'abri aérologique, à l'écart des invasions froides qui engendrent les cyclones. Dans un air régional habituellement calme, le soleil déjà haut sur l'horizon, les jours nettement plus longs qu'aux latitudes moyennes, les pluies et les tempêtes plus rares permettent des températures très douces pendant l'hiver, très élevées pendant l'été. Mais cette sérénité habituelle entraîne *ipso facto* de graves inconvénients. Si abritée que soit la Méditerranée, elle reçoit épisodiquement quelques invasions froides. Aux latitudes tempérées, sur la France du Nord par exemple, l'air continuellement brassé par les mouvements cycloniques reste relativement frais pendant toutes les saisons. Si le temps y est régulièrement troublé,

---

2) P. FONTAINE, in *La Météorologie*, Paris 1951, p. 98—112. Sur les „Kaltluft-einbrüche“, cf. aussi J. BLÜTHGEN, „*Geographie der winterlichen Kaltluft-einbrüche in Europa*“, in *Archiv der Deutschen Seewarte*, 60. Band, Nr. 6/7, Hamburg 1940.



les cyclones gardent donc une activité modérée, puisque les invasions froides affrontent ici des masses à peine plus chaudes qu'elles. Au contraire, sur la Méditerranée, l'arrivée exceptionnelle d'une invasion froide au sein de l'air surchauffé et très humide provoque des fronts très actifs et des cyclones catastrophiques. Les violences passagères constituent donc la rançon des longues périodes calmes. Nous allons montrer maintenant que le relief accentue encore ces caractères anti-thétiques de calme et de violence.

### III. L'influence des reliefs périphériques

L'effet protecteur paraît évident. Si l'on se place en un point quelconque du littoral méditerranéen, le paysage vers le continent est toujours limité, strictement défini, par une masse montagneuse. Aussi l'air froid originaire de l'ouest ou du nord est-il arrêté le plus souvent par cette puissante barrière: près de 2000 mètres d'altitude dans le Massif Central, plus de 3000 m dans les Pyrénées, plus de 4000 m dans les Alpes. L'arrêt s'exerce d'autant mieux qu'à cette latitude l'air froid d'origine polaire arrive en fin de course, très ralenti par le frottement continental. De toute façon, l'air cyclonique qui réussit à franchir les reliefs est animé d'un mouvement descendant lorsqu'il parvient sur la Méditerranée. Il se stabilise donc et se dessèche par effet de föhn. Pendant l'été, surtout, les perturbations d'ouest et de nord-ouest s'atténuent progressivement lorsqu'on avance vers le sud. Elles meurent complètement après les Cévennes, c'est-à-dire la bordure sud-est du Massif Central. Par exemple, du 6 au 31 juillet et du 1<sup>er</sup> au 14 août 1954, les „systèmes nuageux“ de la France du Nord n'ont pas dépassé les reliefs entourant la Méditerranée. (Fig. 6)

Ajoutons que la masse continentale ibérique protège assez souvent la Méditerranée des courants de Sud-ouest qui troublent le Portugal et l'Aquitaine. Abrisé par le Nord et par l'ouest, l'air indigène méditerranéen stagne donc et se réchauffe dans une cuvette presque fermée.

En revanche, ces mêmes reliefs de la rive Nord provoquent l'ascendance orographique lorsqu'un courant chaud saharien progresse vers la France. Dans ce cas, l'air chaud humidifié par son trajet méditerranéen (rappelons que l'évaporation est toujours active) se refroidit adiabatiquement en escaladant les 3000 mètres des Pyrénées ou des Alpes. Il déverse alors des précipitations énormes sur la rive provençale ou catalane, et le long du talus oriental du Massif Central.

Mais les phénomènes de canalisation paraissent encore plus graves. Certes, les reliefs de la rive nord renforcent l'abri aérologique, comme nous l'avons montré. Mais il suffit de quelques ouvertures pour que l'air d'une invasion froide plus puissante que les autres pénètre dans cette région calme. Trois brèches jouent un rôle capital: la vallée du Rhône, le seuil du Languedoc, le détroit de Gibraltar. Les sondages prouvent que l'air polaire maritime froid affecte une épaisseur de 8 à 9 kilomètres quand il arrive sur l'Europe occidentale et l'Allemagne du

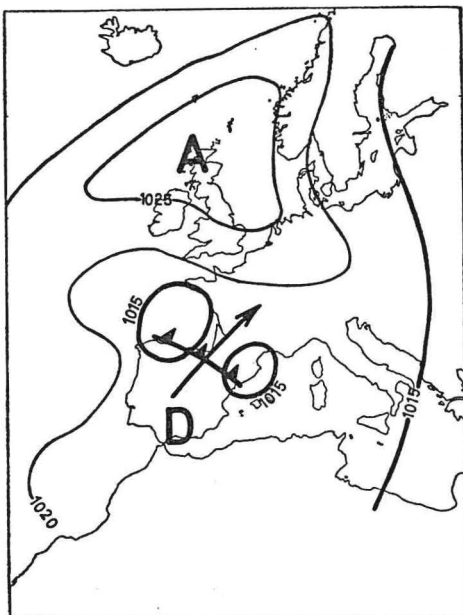


Fig.5.Situation du temps le 8/7/34.

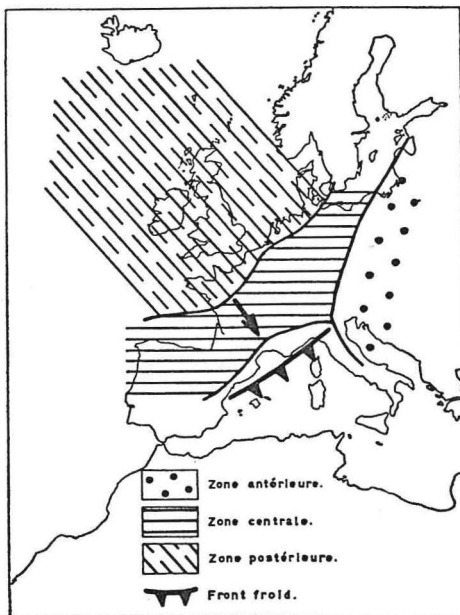


Fig.6.Système nuageux du 28/7/54.

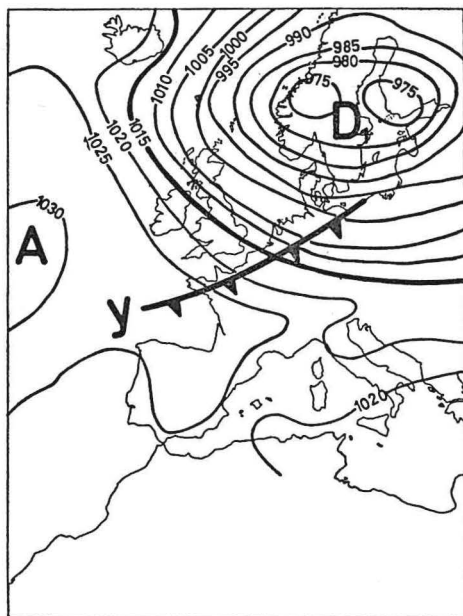


Fig.7.Situation du temps le 27/2/49 à 6h.

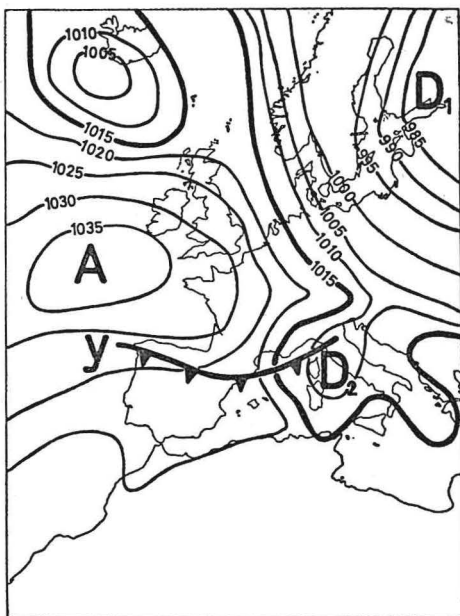


Fig.8.Situation du temps le 28/2/49 à 6h.



Nord. L'air arctique maritime, même, atteint 3 à 5 km, d'après les travaux de SCHINZE, ce qui lui permettrait assez souvent de franchir les Alpes. Mais les invasions froides s'affaissent de 2 km par jour environ, d'après ERIK PALMÉN. Cette subsidence résulte de 3 effets. 1. La divergence des méridiens vers les basses latitudes. 2. La divergence entre l'anticyclone océanique et la dépression continentale qui dirigent le flux de Nord. 3. L'affaissement dû au frottement du sol qui ralentit la vitesse des couches inférieures. L'affaissement et l'étalement de l'air froid sont prouvés par la forme arquée de tous les fronts froids. Les invasions froides deviennent donc très minces en avançant vers le Sud. FESSLER a montré par exemple qu'en 1908 les invasions arctiques n'avaient jamais atteint l'altitude des sommets des Alpes. Dans ces conditions, les brèches citées plus haut prennent une importance considérable. Les masses froides s'y engouffrent et l'effet de canalisation accroît leur vitesse au moment où l'éloignement de la source les avait rendues inoffensives. La preuve de ces processus est l'existence du mistral sur une aire bien limitée. Dès qu'on s'écarte des couloirs du Languedoc et du Rhône, l'effet d'abri s'exerce à nouveau: la Riviera française et la Riviera italienne ont des températures aussi douces que le Sud de l'Italie.

La pénétration de l'air froid par le couloir du Rhône provoque des cyclogénèses intenses. En effet, une invasion froide Nord-Sud acquiert déjà, d'après les lois du tourbillon, une forte rotation cyclonique en raison même de son déplacement N.-S. Je rappelle qu'on désigne par le terme „tourbillon“ la rotation autour de la verticale. Le temps manque ici pour développer ces mécanismes, et je vous renvoie à mon article des Annales de Géographie, 1957, pages 481—498. Mais la vitesse de rotation cyclonique est encore accrue du fait que les colonnes froides sont fortement resserrées par la canalisation entre le Massif Central et les Alpes. En effet, la Mécanique nous apprend que la vitesse de rotation d'une colonne augmente si l'on diminue son rayon de rotation. L'air froid canalisé pénètre alors sur la Méditerranée avec une vitesse tourbillonnaire très grande. Ajoutons que cet air froid soulève violemment l'air chaud méditerranéen (mécanisme de front froid). Toutes les conditions de la cyclogenèse sont donc réunies: rotation cyclonique rapide, présence de fronts, forte instabilité verticale de l'air chaud saturé d'humidité violemment soulevé.

Les anciens auteurs pensaient que la dépression du Golfe de Gênes aspirait l'air froid et déclenchait ainsi le vent du Nord appelé mistral. Les cartes synoptiques que je vais montrer prouvent qu'il n'en est rien. La dépression n'existe pas avant l'arrivée du mistral. L'invasion froide, c'est-à-dire le mistral, est mise en marche par un anticyclone atlantique dont les isobares sont dirigées N.-S. On appelle ce type de circulation: circulation méridienne de N. Et c'est le mistral, c'est-à-dire l'invasion froide, qui creuse la dépression (Fig. 7, 8).

En conclusion, les phénomènes climatiques de la Méditerranée occidentale présentent les caractères suivants:

1. Les conditions aérologiques et géographiques se conjuguent pour déterminer un effet d'abri pendant des périodes assez longues. Mais ces mêmes conditions provoquent aussi des spasmes violents, précisément en raison de la durée de l'effet d'abri et du contraste qui oppose les masses d'air stagnantes chaudes aux invasions froides très actives.
2. La Méditerranée joue essentiellement le rôle d'un catalyseur en préparant des conditions favorables à la cyclogénèse. Mais elle n'est pas active. Ses dépressions propres ne sont pas dangereuses. L'instabilité locale aboutit seulement à la formation de nuages orageux. La dépression ligurienne ne déclenche pas les invasions froides mais résulte au contraire de ces invasions.
3. Le climat méditerranéen résulte de mécanismes essentiellement polaires. Quand une masse d'air tropicale maritime ou saharienne se met en marche vers le Nord, c'est presque toujours une invasion froide qui l'a déclenchée en creusant la dépression baléare ou ligurienne.
4. L'action déterminante des invasions polaires froides explique enfin la faible propagation des influences méditerranéennes vers les régions tempérées. Puisque les invasions froides sont à l'origine des courants sahariens de sud-est, il est évident que ces mêmes invasions froides, en s'étalant sur toute la zone située au Nord de la Méditerranée, constituent un obstacle à l'avancement de l'air chaud vers le Nord. Les courants méditerranéens dirigés vers le Nord ne sont vigoureux que sur la France méditerranéenne même et sur les Alpes du Sud. Paris ou Berlin ne sont touchés qu'en altitude, et le dynamisme des perturbations s'est alors considérablement affaibli.