

Déficit pluviométrique hivernal sur la France : autopsie des agglutinations anticycloniques des hivers de 1988 à 1992

Les sécheresses ne frappent pas seulement les régions tropicales. Depuis 1988, la France souffre de sécheresse hivernale chronique. Les perturbations cycloniques porteuses de pluie qui viennent de l'Atlantique ont été depuis quatre ans moins nombreuses qu'en temps normal sur l'ouest de l'Europe. Il y règne une stabilité, liée à la présence de hautes pressions atmosphériques, qui les en écarte. Les auteurs suggèrent, dans cet article, que ces hautes pressions viennent de l'Arctique et se fixent sur la France.

On pensait encore récemment que la « sécheresse », c'est-à-dire en réalité un déficit marqué de la pluviométrie, était réservée aux lointains Tropiques, à l'Inde ou au Nord-est brésilien, et surtout au Sahel africain où une dramatique péjoration pluviométrique sévit depuis deux décennies. Sans doute en raison de ce caractère tropical associait-on communément la sécheresse à la chaleur, c'est-à-dire à un excès d'évaporation, et on la mettait par conséquent en relation, dans la zone tempérée, soit avec le facteur continental, comme dans les grandes plaines américaines où le souvenir du « *dust bowl* » des années 1930 est encore vivace, soit avec la période estivale, comme au cours de l'été 1976 [1] qui représente pour l'Europe occidentale la référence actuelle « absolue » de la sécheresse. Voici pourtant que la déficience pluvio-nivale appa-

raît aussi dans les préoccupations européennes ; mais cette fois la diminution des pluies affecte la façade atlantique, de tonalité climatique « océanique », et elle intervient en outre au cours de la période hivernale, généralement pluvieuse, cette position géographique et cette saison étant, *a priori*, les moins prédisposées à subir une telle déficience des précipitations.

L'évolution récente des pluies en France a suscité de nombreuses études, dans lesquelles l'accent est généralement mis sur les effets climatiques, aisés à constater. Mais les causes éventuelles n'apparaissent pas de manière aussi immédiate et aussi évidente. Le but de cet article est donc précisément de combler cette lacune, en restituant la dynamique aérologique des hivers de 1988 à 1992 au cours desquels l'emprise anticyclonique a été particulièrement remarquable.

MARCEL LEROUX
STÉPHANE AUBERT
JACQUES COMBY
VÉRONIQUE MOLICA
PATRICIA PASSERAT
DE LA CHAPELLE
JÉRÔME REYNAUD

Laboratoire de Géographie Physique
CNRS/URA 260
Université Jean-Moulin, BP 0638
69239 Lyon Cedex 02, France.

Les causes éventuelles du déficit pluviométrique

A défaut de certitudes, les tentatives d'explication des anomalies pluviométriques tempérées ne manquent pas. Elles diffèrent selon les références aux écoles de pensée, voire même selon les « modes scientifiques », et selon les méthodes utilisées pour tenter de mettre en évidence d'éventuelles relations entre les paramètres météorologiques.

Ainsi, l'association fréquemment observée entre des pluies déficitaires et des températures supérieures à la normale a immanquablement conduit à l'hypothèse d'une relation avec « l'effet de serre » [2] ; mais comme le soulignent K.E. Kunkel et J.R. Angel [3], notamment à propos de la pénurie pluviométrique aux États-Unis, « la communauté scientifique n'a pas de réponse à la question de savoir si la sécheresse est une preuve de l'effet de serre ». Les pluies du Sahel ayant été mises en relation avec l'évolution des températures océaniques, la tentation a également été forte de proposer le même schéma, comme pour la sécheresse américaine associée aux

« anomalies des températures marines de surface... dans le Pacifique tropical » [4] ; mais dans les deux cas la démonstration est loin d'être convaincante. En considérant que le « Niño » est le responsable des « dérangements » du climat [5-a], on a encore pu supposer une relation avec le « Niño/Oscillation Australe » (ou ENSO dans sa formulation anglaise) [5-b], sans toutefois envisager que le Niño puisse être, non une cause, mais une conséquence particulière d'une évolution d'ensemble [6]. La cause du déficit a aussi été associée à des « anomalies de circulation à grande échelle », voire à « un train d'ondes d'anomalies de hautes et basses pressions » ; mais l'origine de ces « anomalies » n'est cependant pas formellement précisée.

Ces causes présumées, très succinctement évoquées, parfois uniquement fondées sur des relations de caractère « statistique » (de type covariation, plutôt que corrélation réellement observée), sans que soit préalablement démontré le lien physique réel, ne restent en fait que des hypothèses, qui sacrifient parfois simplement à la « mode scientifique » du moment. N'atteint-on pas, par exemple, dans un raccourci aussi hasardeux que saisissant, récemment associé la présence d'un « anticy-

Références

1. Dorize L. Économie et climat en France de 1976 à 1989. *Sécheresse* 1990 ; 1 : 17-29.

2. Schneider SH. The greenhouse effect and the US summer of 1988 : cause and effect or a media event ? *Climate change* 1988 ; 13 : 113-5.

3. Kunkel KE, Angel JR. Perspective on the 1988 midwestern drought, *Eos*, July 12, 1988.

4-a. Trenberth KE, Branstator GW, Arkin PA. Origins of the north American drought. *Science* 1988 ; 242 : 1640-4.

4-b. Palmer TN, Brankovic C. The 1988 US drought linked to anomalous sea surface temperature. *Nature* 1989 ; 338 : 54-7.

5-a. Cadet D, Garnier R. L'Oscillation Australe et ses relations avec les anomalies climatiques globales. *La Météorologie* 7^e sér., 1988 ; 21 : 4-18.

5-b. Ropelewski CF, Halpert MS. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Mon Wea Rev* 1987 ; 115 : 1606-26.

6. Leroux M. The Mobile Polar High : a new concept which explains the present mechanisms of meridional air-mass and energy exchanges, and the global prolongation of paleoclimatic changes. *Global and Planetary Change*, Elsevier Publ Cy, 1992 (in press).

7. Leroux M. Les inondations des 21, 22 et 23 janvier 1990 en Tunisie : rencontre fortuite d'Anticyclones Mobiles Polaires de trajectoires différentes. *Publ Assoc Int Clim, AIC* 1991 ; 4.

8. Leroux M. Les conditions dynamiques moyennes du climat de la France. *Revue Géogr Lyon* 1990 ; 65 (2) : 63-79.

9. Leroux M. L'Anticyclone Mobile Polaire : facteur premier de la climatologie tempérée. *Bull Ass Géogr Fr* 1986 ; 4 : 311-28.

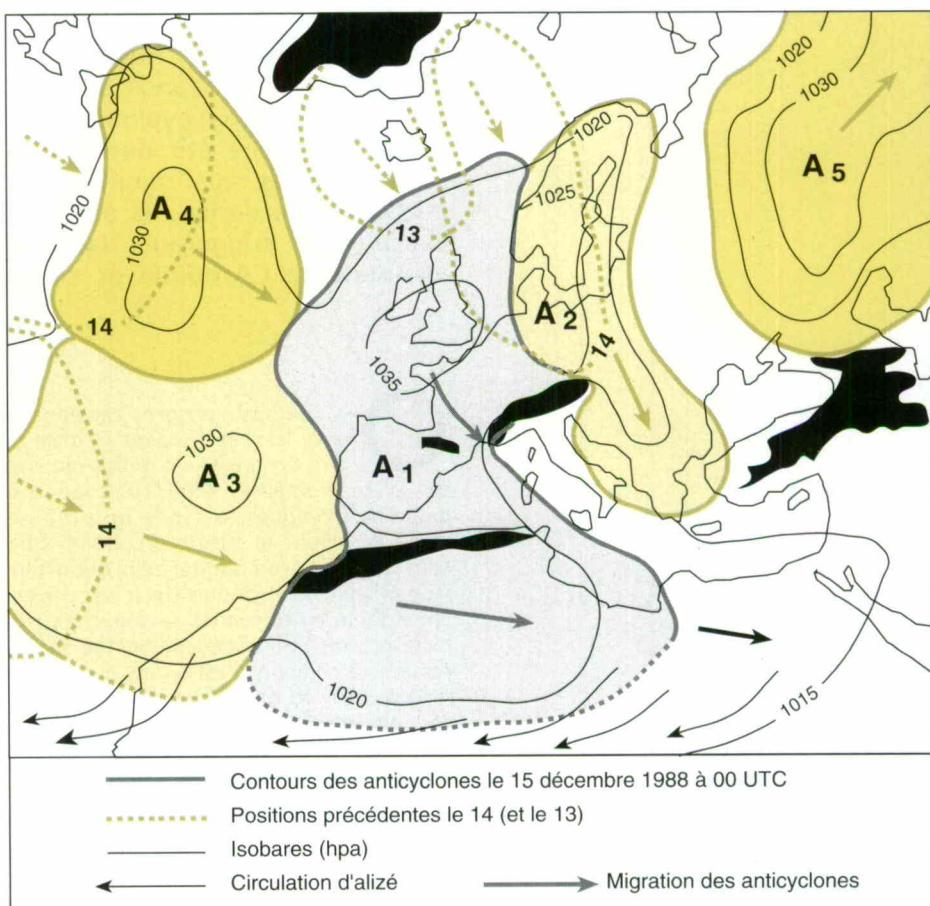


Figure 1. Agglutination anticyclonique le 15 décembre 1988.

clone sur l'Europe » au trou d'ozone repéré au-dessus de l'Europe ! Ces hypothèses n'apportent pas encore de réponse pertinente, et elles empêchent (ou évitent) en fait d'aborder le sujet de front, car la cause « immédiate » de la déficience pluviométrique hivernale est évidente.

La cause « immédiate » de la non-pluviosité, c'est-à-dire des conditions anticycloniques, n'est pas difficile à observer : l'Europe est lors des séquences non-pluvieuses totalement ou partiellement couverte par un immense et puissant « couvercle » anticyclonique situé dans les basses couches, masse compacte, mais hétérogène, qui rejette la pluviogenèse sur ses marges [7]. C'est d'ailleurs de la même façon un « renforcement des hautes pressions sur les États-Unis » qui apparaît être responsable de la déficience des pluies de 1988 [3]. Dans ces circonstances, les reliefs dont l'altitude est supérieure à 1 000/1 500 mètres (en moyenne) émergent de cette masse pelliculaire de fortes pressions qui noie les

parties basses. Une telle situation est illustrée, par exemple, par celle du 15 décembre 1988 (figure 1), l'Atlantique nord et l'Europe étant couverts par un vaste « anticyclone » relativement bien cerné par l'isobare 1 020 hPa ; un examen attentif [8] révèle que ces hautes pressions sont formées par 4 cellules anticycloniques, mobiles, jointives mais bien individualisées, la cellule A¹ plus étendue résultant déjà d'une agglutination réalisée au cours des jours précédents, les cellules A³ et A⁴ venant en renforcer la façade ouest, la cellule A² qui s'écoule partiellement vers la Méditerranée orientale étant séparée par un couloir dépressionnaire de la cellule A⁵ (en cours d'intégration dans un amas anticyclonique continental).

La situation anticyclonique étant observée, le problème essentiel est d'en déterminer l'origine, car si « l'anticyclone » est constamment évoqué, il n'est en revanche jamais défini... Dans la zone tempérée, la pluie étant associée au caractère

dépressionnaire, l'analyse du champ perturbé est habituellement centrée sur les dépressions, à qui l'on attribue « le contrôle » du mauvais temps. L'analyse apparaît en revanche plus délicate lorsqu'il s'agit de hautes pressions et de non-pluviosité. Certes, comme le veut le dogme, on désigne l'inévitable « anticyclone des Açores » (dont la définition est pourtant « statistique », c'est-à-dire fondée sur des moyennes de pression, et donc inadaptée à l'échelle synoptique), qui se « gonfle », en étendant alors une dorsale, ou au contraire se « dégonfle » et « se retire sur ses Açores natales » ! Cet « animisme météorologique » qui lui prête vie, mais qui ignore délibérément de quoi (par quels phénomènes réels) a été faite la moyenne initiale, ne constitue naturellement pas une explication satisfaisante à sa « dilatation » ou à sa « rétraction ». On retient habituellement deux origines possibles des centres d'action météorologiques : une origine thermique ou une origine dynamique. La référence thermique peut s'appliquer à un anticyclone hivernal continental représenté par « l'Anticyclone sibérien » (qui est néanmoins lui aussi constamment formé, traversé et réalimenté par des anticyclones mobiles (figure 1) [9]), mais l'Europe de l'Ouest cesse, bien sûr, d'être « continentale ». L'hypothèse dynamique, en dépit des grandes différences de densité de l'air entre les niveaux, accorde le rôle prééminent aux phénomènes d'altitude, et met en jeu les ondes d'ouest et les mouvements verticaux associés. Il en résulte un « blocage dans les couches supérieures », par une « cellule d'air chaud » en altitude, un indice de « blocage » pouvant alors être déterminé au niveau 500 hPa, alors qu'on observe précisément de l'air « froid » et des conditions anticycloniques dans les basses couches. Mais, lors des longues périodes anticycloniques, au cours desquelles l'ondulation d'altitude est donc censée s'arrêter, les causes présumées de « l'ondulation planétaire », c'est-à-dire l'insolation différentielle, le relief terrestre, la rotation de la Terre... cesserait-elles alors d'exister ?

En fait, constater que la situation est anticyclonique ne constitue pas encore une réponse véritable, puisque n'est pas précisée la cause, proche ou lointaine, de l'établissement et du maintien inhabituel d'un tel champ de pression. La vraie question demeure donc de savoir pourquoi s'installe sur l'Atlantique et l'Europe une aire anticyclonique aussi puissante, étendue et durable, et de quoi est réellement fait cet « anticyclone atlantico-européen ».

Il convient alors de recourir à l'observation directe des phénomènes réels, c'est-à-dire d'observer le déplacement et l'agglutination des Anticyclones Mobiles Polaires.

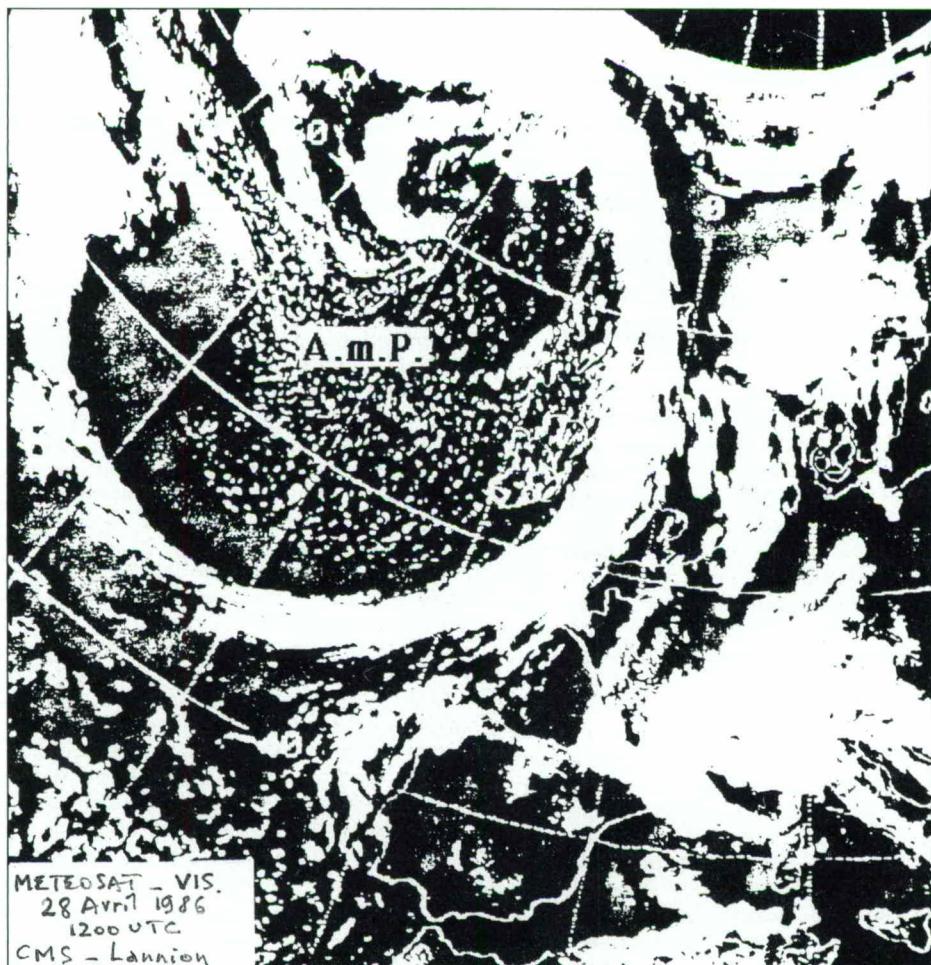


Figure 2. Organisation des formations nuageuses par un AMP (MÉTEOSAT-VIS — 28 avril 1986, 1200 UTC — CMS/Lannion).

Références

10. Leroux M. Interférence entre Anticyclone Mobile Polaire et relief : l'exemple des Alpes. *Publ. Assoc. Int. Clim.*, AIC 1990 ; 3 : 249-61.
11. Leroux M. Déficit pluviométrique hivernal sur la France : autopsie de la situation anticyclonique du 19 décembre 1989 au 25 janvier 1990. *Rev. Géogr. Lyon* 1991 ; 66 (3-4) : 197-206.
12. Leroux M. La dynamique des épisodes neigeux du 8 au 13 décembre 1990 dans la région Rhône-Alpes. *Rev. Géogr. Lyon* 1991 ; 66 (3-4) : 161-7.
13. Marnezy A, Mietton M. Vents maximums en Savoie et impact des tempêtes durant l'hiver 1989-1990. *Rev. Géogr. Lyon* 1991 ; 66 (3-4) : 207-21.
- 14-a. Aubert S. Bilan cartographique de la sécheresse dans la moyenne vallée du Rhône d'octobre 1988 à septembre 1990. *Rev. Géogr. Lyon* 1991 ; 66 (3-4) : 191-6.
- 14-b. Aubert S. Bilan pluviométrique en Limagne, Forez et moyenne vallée du Rhône, d'octobre 1988 à mars 1992. *Comm. Coll. Ass. Int. Clim.*, AIC 1992 ; 5.
15. Reynaud J. La dynamique du transport méridien en masse par les AMPs dans l'hémisphère nord au cours de l'année 1989. *Mém. Lab. Géogr. Phys.*, Univ. J. Moulin, Lyon, 1992.
16. Mollica V. La dynamique du transport méridien en masse par les AMPs dans l'hémisphère nord au cours de l'année 1990. *Mém. Lab. Géogr. Phys.*, Univ. J. Moulin, Lyon, 1992.
17. Passerat de la Chapelle P. La dynamique du transport méridien en masse par les AMPs dans l'hémisphère nord au cours de l'année 1991. *Mém. Lab. Géogr. Phys.*, Univ. J. Moulin, Lyon, 1992.

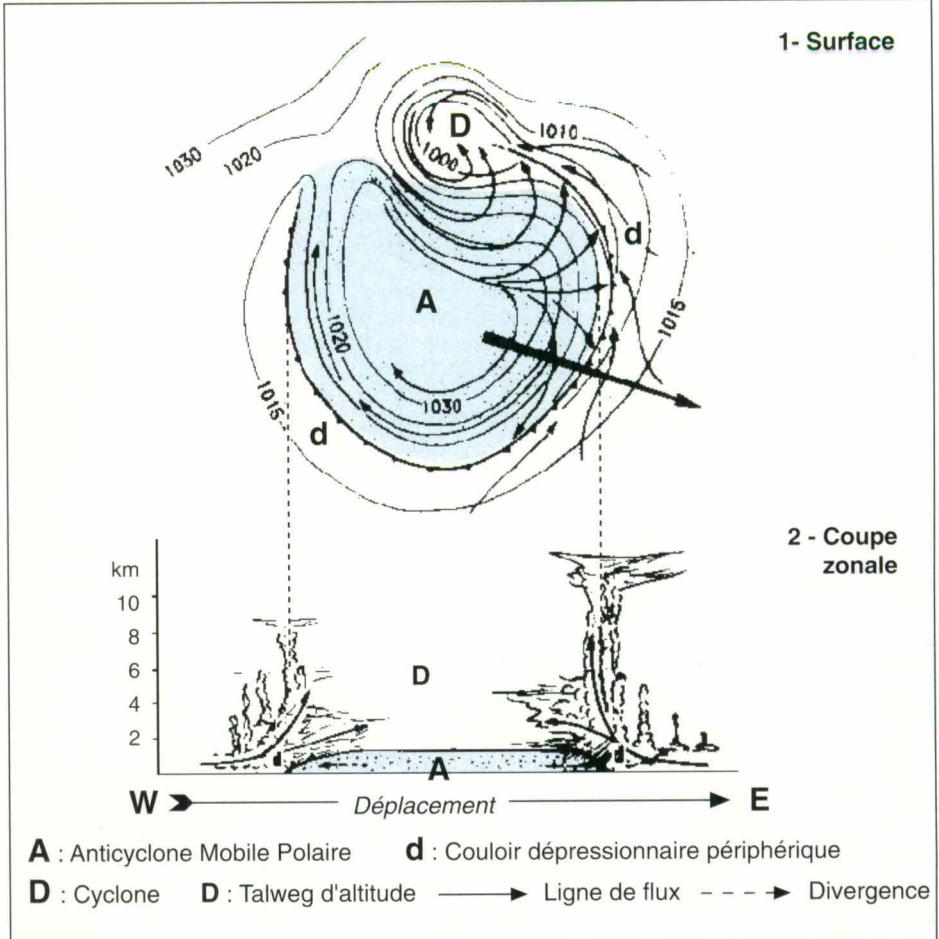


Figure 3. Anticyclone Mobile Polaire, surface et structure verticale.

Les Anticyclones Mobiles Polaires (AMPs)

Les Anticyclones Mobiles Polaires ou AMPs [8, 9], réalisent dans les basses couches le transfert — en masse — du froid polaire, à travers les zones tempérées, vers la zone tropicale. Ils résultent du tassement de l'air au-dessus des régions polaires, en raison du déficit énergétique permanent en surface, déficit plus important en hiver. Des masses relativement homogènes, de vaste dimension (2 000 à 3 000 km en moyenne), mais de faible épaisseur (de l'ordre de 1 000 à 1 500 mètres), sont ainsi constamment éjectées des hautes latitudes. Ces immenses lentilles froides et denses organisent autour d'elles le champ de pression, le champ de vent, et la distribution des formations nuageuses (dont la figure 2 présente une image presque idéale) ; la masse plus dense, en écartant, soulevant et en déviant vers le pôle l'air de moindre densité, forme avec les flux déviés un « vortex dipôle », qui comporte une branche anticyclonique, l'AMP

properment dit, et une branche cyclonique, le « cyclone » (figure 3). Les AMPs commandent ainsi, directement pour l'air « froid » (dans les basses couches) et indirectement pour l'air « chaud » (soulevé), le transport de matière et d'énergie au sein de l'atmosphère. Leurs effets perturbateurs sont proportionnels à leur propre puissance qui conditionne notamment, l'aptitude à dévier les flux environnants, l'importance des contrastes thermiques, le creusement du couloir dépressionnaire périphérique voire des dépressions fermées situées dans ce couloir, et l'intensité des ascendances et des précipitations résultantes. Le défilé ininterrompu des AMPs et des basses pressions qui l'entourent, en faisant alterner les périodes de mauvais temps dépressionnaire (« chaud avec vent de sud ») et de beau temps anticyclonique (« froid avec calme ou vent de nord »), est ainsi responsable de la variabilité du temps dans les hautes et moyennes latitudes.

Le déplacement des AMPs, généralement d'ouest en est avec une composante méridienne plus ou moins marquée, est fortement contrôlé par le relief [8-10]. L'air froid (dense) ne pouvant s'élever, le

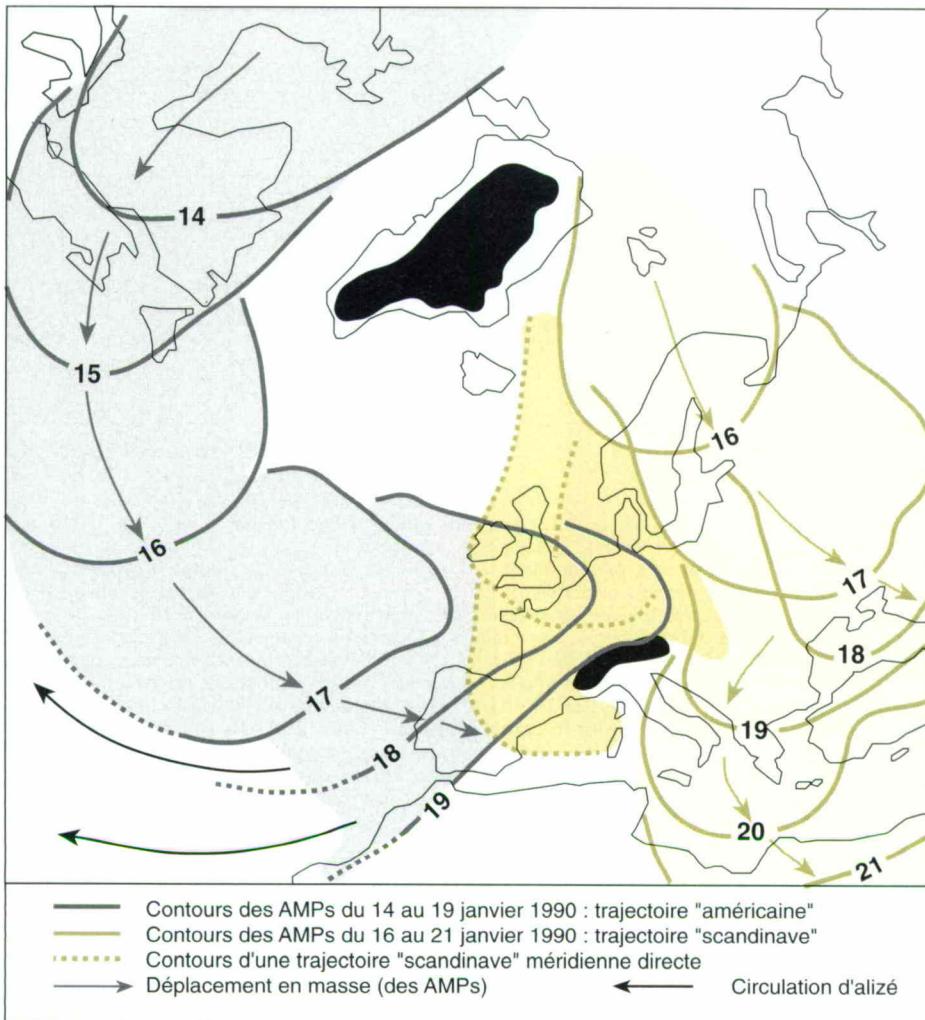


Figure 4. Trajectoires des AMPs qui parviennent sur la France.

relief intervient dès la sortie du Bassin Arctique, la présence du Groenland (dont l'altitude est supérieure à l'épaisseur des AMPs) entraînant un départ préférentiel vers l'Amérique du nord, puis vers l'Atlantique. L'écoulement se produisant également à l'est du Groenland, les AMPs qui parviennent sur la France suivent deux voies (figure 4) [11] :

— la trajectoire « américaine », puis atlantique (comme par exemple celle du 14 au 19 janvier 1990), est la plus fréquente amenant des AMPs déjà thermiquement évolués, et affaiblis par la divergence (étalement),

— la trajectoire « scandinave », moins fréquente, intéresse principalement l'Europe de l'est, et éventuellement (par étalement ou en cas de « blocage » de la translation vers l'est) le bassin oriental de la Méditerranée (exemple du 16 au 21 janvier 1990) ; la descente méridienne directe et rapide à l'est du Groenland est responsable des coups de froid les plus sévères, et des chutes de neige à basse altitude sur la France [12].

La pluie se produisant sur le pourtour des AMPs (figures 2 et 3), mais la non-pluviiosité étant associée à la présence des AMPs proprement dits, l'accent est mis ici sur la reconnaissance des unités de circulation mobiles et sur le transport en masse. Les données stationnelles de vent, en raison de la stabilité anticyclonique, ne traduisent essentiellement que des calmes ou des vents faibles, sauf sur le pourtour de la masse anticyclonique, tandis que les données stationnelles de pression ne mettent en évidence que les variations marginales, le centre de « l'anticyclone » constamment réellement conservant en permanence des pressions élevées. Les données chiffrées de pression et de vent, peu représentatives, sont ainsi inaptes à révéler la dynamique réelle du transport en masse par une analyse de type « statistique ». L'observation directe et suivie des cartes météorologiques du BME (Bulletin Météorologique Européen) permet par contre d'appréhender les phénomènes de manière synoptique à l'échelle de

l'hémisphère nord. L'individualisation des AMPs est fondée sur plusieurs paramètres : principalement sur la configuration du champ de pression, sur la variation de pression qui traduit la migration des cellules isobariques, et surtout sur le suivi d'une carte à l'autre. Les anticyclones (mobiles, agglutinés, voire continentalisés) étant pelliculaires, ce sont les cartes de basses couches, et notamment de surface, qui expriment le mieux la dynamique aérologique réelle [8, 9, 11].

Autopsie des agglutinations anticycloniques des hivers 1988 à 1992

L'analyse des cartes synoptiques des quatre derniers hivers, au cours desquels la « sécheresse » est devenue préoccupante, montre une succession de séquences d'agglutinations anticycloniques de longue durée, entrecoupées de périodes relativement brèves au cours desquelles se sont produites des précipitations souvent brèves mais violentes [13].

Sont retenues les situations anticycloniques dont la durée est au moins supérieure à 5 jours, au cours des mois de décembre à février (habituellement considérés comme mois d'hiver), et éventuellement les prolongements au cours du mois de mars. Le caractère du champ de pression est déterminé par rapport à la France, car dans la quasi-totalité des cas une agglutination anticyclonique subsiste, soit sur l'Atlantique, soit décalée vers le sud sur la Méditerranée et l'Afrique du nord, et il est également rare qu'elle soit entièrement désagrégée. Des pluies peuvent néanmoins se produire sur la France, mais sur les marges de l'agglutination, le plus fréquemment dans le nord du pays, plus rarement dans le sud comme lors des fortes chutes de neige sur l'est des Pyrénées (le 24 février 1992), sans qu'il y ait rupture généralisée du couvercle anticyclonique.

Les Tableaux I à IV précisent : les périodes d'agglutination anticyclonique, leur durée, le nombre total d'AMPs venus s'intégrer dans l'agglutination, le nombre d'AMPs au départ de chaque trajectoire suivie (am = « américaine », sc = « scandinave »), les pressions maximales observées au centre de l'agglutination et la moyenne de pression de la période ; les phénomènes marquants de chaque période sont éventuellement soulignés. Les figures 5 à 8 précisent au départ de chaque trajectoire le nombre d'AMPs, la fréquence (1 par n jours), et le nombre total d'AMPs dans l'agglutination (nombre encadré).

La dynamique de la « sécheresse » hivernale

Le déficit pluviométrique des hivers de 1988 à 1992 observé en France, et sur la majeure partie de l'Europe (à l'exception de sa frange nord), est associé à des situations anticycloniques de durée inhabituelle. La variabilité saisonnière du caractère anticyclonique est importante ; elle apparaît dans la comparaison entre le nombre de jours d'agglutination et la longueur de la période d'observation mentionnée dans les Tableaux I à IV :

- hiver 1988-1989 : 77 jours sur 78 jours, soit presque 100 %,
- hiver 1989-1990 : 86 jours sur 120 jours, soit 71 %,
- hiver 1990-1991 : 52 jours sur 90 jours, soit 57 %,
- hiver 1991-1992 : 111 jours sur 123 jours, soit 90 % de la période observée.

Les fréquences de départs des AMPs sont également variables d'une période à l'autre (figures 5 à 8), oscillant autour des valeurs moyennes suivantes :

- pour la trajectoire « américaine » : 1 AMP tous les 2,1 jours au départ de l'Arctique, mais en raison des fusions en cours de route ou des descentes directes vers le Golfe du Mexique, 1 AMP arrive tous les 2,4 jours dans la partie orientale de l'Atlantique nord,
- pour la trajectoire « scandinave » : 1 AMP tous les 4,6 jours au départ de l'Arctique.

La couverture de hautes pressions pellucidares « atlantico-européennes » :

- n'a pas une origine « locale », c'est-à-dire qu'elle n'est pas la conséquence du facteur thermique continental (l'entretien par le refroidissement nocturne n'étant toutefois pas exclu), mais elle résulte de l'agglutination du transport en masse effectué par les Anticyclones Mobiles Polaires,
- n'est pas inerte, sa réalimentation est permanente, mais elle est diverse, par les origines, les trajectoires, les caractères des AMPs (pression, température, humidité). Les conditions des interférences : ralentissement, déviation, scission, blocage, agglutination, qui sont fonction des densités respectives des individus en présence, sont sans cesse remises en question, en fonction des caractères initiaux et des caractères acquis par les AMPs en cours de trajectoire [11]. Le déplacement à l'intérieur de la masse de hautes pressions est constant, déplacement de direction principalement zonale mais aussi méridienne.

La formation de l'agglutination anticyclonique s'inscrit dans le cadre des transferts méridiens de matière et d'énergie. L'alternance habituelle, du temps perturbé et du temps anticyclonique, qui

Tableau I. Hiver 1988-1989 [14, 15] (figure 5)

Période	Durée (jour)	AMPs	am	sc	Pression (hPa)	Pression moyenne (hPa)
a. 7 au 19 déc. 88	13	10	06	04	1 030 à 1 040	1 036,5
b. 21 déc. 88 au 4 janv. 89	15	11	06	05	1 030 à 1 045	1 035,6
c. 5 janv. au 22 fév. 89	49	30	23	07	1 025 à 1 045	1 035,8
Total : 7 déc. 88 - 22 fév. 89	77	51	35	16	1 025 à 1 045	1 035,9

a. L'agglutination se forme dès le 5 sur l'océan, atteint 1 035 hPa les 6 et 7, et 1 040 hPa le 8 décembre, en se développant vers l'est.

b. Un AMP méridien renforce puissamment le 1^{er} janvier la masse de hautes pressions, avant de glisser sur la Méditerranée orientale du 3 au 5 janvier, tandis que la totale absence de pluie de la séquence est très brièvement interrompue, mais seulement dans le nord-ouest du pays.

c. Une énorme masse anticyclonique constamment réalimentée glisse sur le Canada et les États-Unis du 31 janvier au 7 février (1 060 hPa le 31 sur l'Alaska), puis à nouveau du 13 au 19 février (1 050 hPa le 16, et 1 055 hPa le 17 sur le Canada) ; pendant toute cette période l'agglutination reste très puissante (les 13 et 14 février la pression atteint 1 045 hPa sur l'Atlantique). De faibles précipitations sont toutefois observées, mais localisées (surtout dans le nord de la France) et de courte durée, sans rupture profonde de l'agglutination. L'absence de pluies est totale sur la France du 23 janvier au 13 février, tandis que sont atteintes les plus fortes pressions. Des taux exceptionnels de pollution urbaine sont enregistrés en France et en Europe (fin janvier/mi-février).

Tableau II. Hiver 1989-1990 [11, 15, 16] (figure 6)

Période	Durée (jour)	AMPs	am	sc	Pression (hPa)	Pression moyenne (hPa)
d. 25 nov. au 11 déc. 89	17	11	06	05	1 020 à 1 045	1 030,0
e. 19 déc. 89 au 25 janv. 90	39	23	17	08	1 025 à 1 040	1 031,9
f. 18 au 25 fév. 90	08	05	05	00	1 025 à 1 040	1 033,2
g. 3 au 24 mars 90	22	11	08	05	1 025 à 1 050	1 034,5
Total : 25 nov. 89 - 24 mars 90	86	50	36	18	1 020 à 1 045	1 032,4

d. Les hautes pressions sur la France résultent en fait principalement de l'agglutination de 7 AMPs « scandinaves » (2 avant la séquence considérée), les AMPs atlantiques étant déviés vers le sud, sur l'Afrique septentrionale.

e. Un très puissant AMP atteint sur les États-Unis le 22 décembre 1989 la valeur de 1 054,9 hPa, provoquant de fortes gelées sur la Floride, et se fractionnant, alimente de puissants AMPs atlantiques [11].

f. Les 19 et 20 février 1990 des hautes pressions centrées sur l'Oural atteignent 1 055 hPa, la translation générale vers l'est étant alors fortement ralenti.

g. Le 16 mars un maximum de pression de 1 050 hPa est centré sur la Baltique, il descend ensuite lentement sur l'Europe de l'est, et glisse progressivement vers le bassin oriental de la Méditerranée.

Tableau III. Hiver 1990-1991 [16, 17] (figure 7)

Période	Durée (jour)	AMPs	am	sc	Pression (hPa)	Pression moyenne (hPa)
h. 29 nov. au 7 déc. 90	09	07	06	02	1 025 à 1 035	1 032,2
i. 13 au 24 déc. 90	12	09	07	03	1 025 à 1 040	1 030,8
j. 12 janv. au 7 fév. 91	26	15	13	03	1 030 à 1 050	1 039,2
k. 23 au 27 fév. 91	05	05	03	02	1 025 à 1 035	1 031,0
Total : 29 nov. 90 - 27 fév. 91	52	36	29	10	1 025 à 1 050	1 033,3

h. A la suite d'un puissant renfort méridien la pression atteint 1 045 hPa le 8 décembre sur l'océan ; le puissant AMP provoque la rupture momentanée de l'agglutination le 9, avec d'abondantes chutes de neige « collante », notamment dans la région Rhône-Alpes ; un nouvel AMP « scandinave » provoque encore des chutes de neige le 12, avant de refermer le couvercle anticyclonique [12].

i. La pression est supérieure à 1 040 hPa les 18 et 19 décembre sur l'Atlantique.

j. Du 1^{er} au 7 janvier la pression est supérieure à 1 045 hPa sur le pourtour de la Baltique, et supérieure à 1 050 hPa du 3 au 6 ; la masse anticyclonique glisse lentement vers le sud, et une partie envahit la Méditerranée orientale les 7 et 8. Un puissant AMP entraîne à partir du 8 une nouvelle vague de froid sur l'Europe, le couloir dépressionnaire associé mettant temporairement fin à l'agglutination [18].

Tableau IV. Hiver 1991-1992 [17, 18] (figure 8)

Période	Durée (jour)	AMPs	am	sc	Pression (hPa)	Pression moyenne (hPa)
l. 21 nov. au 19 déc. 91	29	21	17	06	1 025 à 1 045	1 034,3
m. 23 déc. 91 au 7 janv. 92	16	08	07	03	1 030 à 1 045	1 037,1
n. 11 janv. au 9 fév. 92	30	17	13	07	1 025 à 1 045	1 035,0
o. 14 fév. au 12 mars 92	28	19	17	04	1 030 à 1 035	1 033,0
p. 15 au 22 mars 92	8	04	03	01	1 025 à 1 040	1 030,7
Total : 21 nov. 91 - 22 mars 92	111	69	57	21	1 025 à 1 045	1 034,0

l. Du 5 au 14 décembre la pression est supérieure à 1 040 hPa au centre de l'agglutination, et supérieure à 1 045 du 10 au 13. A partir du 16 un « glissement » d'ensemble s'opère vers le sud, libérant momentanément la France de la couverture anticyclonique.

m. La coalescence sur l'océan de 2 AMPs forme une cellule mobile de 1 040 hPa qui pénètre sur l'Europe les 21 et 22 décembre, et après avoir provoqué d'abondantes chutes de pluie et de neige, forme la masse principale de la nouvelle agglutination.

n. Un puissant AMP de direction méridienne traverse l'agglutination, en la renforçant, les conséquences pluviométriques n'étant prononcées qu'au contact du potentiel précipitable méditerranéen, provoquant une violente tempête de neige le 24 janvier dans les Pyrénées-Orientales [18].

o. En début de période le nord de la France reçoit encore quelques pluies, mais le sud reste couvert par l'agglutination. Fin février, des pluies tombent sur le pourtour méditerranéen, début mars sont observées des pluies faibles et éparses, mais l'agglutination ne sera profondément disloquée que le 13 mars.

p. Un puissant AMP de trajectoire scandinave méridienne réinstalle, le 15, l'agglutination anticyclonique sur la France.

réulte du défilé permanent des AMPs dans les basses couches, est ici fortement ralenti, parfois presque « bloquée » (mais jamais complètement), l'accumulation d'air se traduisant ainsi par des pressions élevées (figures 1 et 9). Une agglutination est ainsi associée :

— au télescopage et à l'emboîtement des AMPs « atlantiques » par le ralentissement qui résulte de la rencontre du continent (rugosité) et surtout de ses reliefs, notamment de l'Atlas, des sierras et des hauts plateaux espagnols, du Massif central, du Jura, des Alpes... L'agglutination est ainsi habituelle dans l'Atlantique oriental, où elle apparaît dans les moyennes de pression, selon l'école « climatologique » sous l'appellation « anticyclone des Açores ». Le déplacement en masse se poursuit alors plus lentement (à travers l'agglutination), tandis que l'écoulement linéaire issu de la façade sud de l'agglutination alimente la strate inférieure de la circulation d'alizé (le même mécanisme concerne naturellement les autres océans [6]). Une intensification de ce processus, par succession rapide d'AMPs atlantiques, ou par augmentation de leur puissance initiale, renforce les hautes pressions et les étend sur les marges occidentales de l'Europe (comme en témoigne notamment le fort déficit enregistré au Portugal au cours de ce dernier hiver, ou la pénalisation pluviométrique plus sévère subie par le sud-ouest de la France [19]) ;

— à la descente plus ou moins directe d'un AMP à l'est du Groenland (figure 4) ; sa plus forte densité, éventuellement entretenue par le froid continental (notamment nocturne), « bloque » alors le déplacement des cellules atlantiques, et dans le même temps accroît de manière vigoureuse la puissance de l'agglutination ;

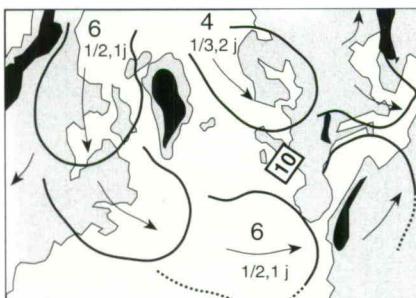
— au ralentissement, voire au « blocage », par l'agglutination continentale eurasiatique, dans laquelle s'intègrent progressivement les AMPs de trajectoire « scandinave » (puis « russe »), qui ne pourront sortir de cette masse après un lent glissement, au nord de la barrière continue de la Turquie jusqu'à l'Himalaya/Tibet, sur la Chine, en direction du Pacifique [6]. Ils peuvent aussi, lorsqu'ils sont momentanément « arrêtés » par cette vaste et puissante masse anticyclonique, s'étaler vers l'ouest et glisser vers le sud, dans le couloir délimité par les Alpes et par les reliefs turcs de l'Anatolie-Taurus qu'ils ne peuvent franchir [10], vers le bassin oriental de la Méditerranée.

La cessation, ou fragmentation, d'une agglutination anticyclonique est la conséquence :

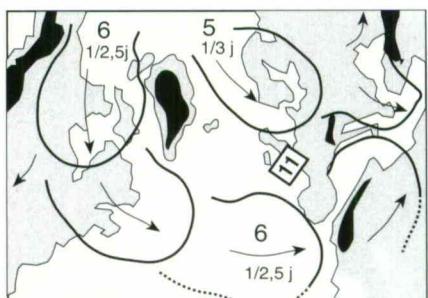
— d'un affaiblissement de la puissance initiale des AMPs au départ de l'Arctique, ou de la réduction passagère de leur fré-

Références

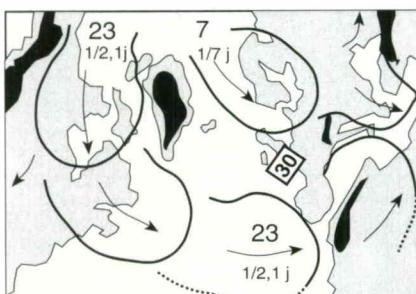
18. Comby J. a. La vague de froid de la deuxième semaine de février 1991 sur l'Europe. *Publ Assoc Int de Clim*, AIC 1991 ; 4. b. L'agglutination anticyclonique de l'hiver 1991-1992 sur la France. *Comm Coll Ass Int Clim*, AIC 1992 ; 5.
19. Lambert R, Lami J-M, Senges F. 1990 et 1991. La sécheresse de 1989 dans le bassin de la Garonne (à l'amont du mas d'Agenais). Institut de Géographie, Univ de Toulouse.
20. Rogers JC. Seasonal temperature variability over the North Atlantic Arctic. *Proc of the 30th Annual Climate Diagnostics Workshop*, NOAA, NWS, 1989 ; 170-6.
21. Kushnir Y. In : Al Gordon, Zebiak SE, Bryan K, eds. *Climate variability and the Atlantic Ocean* EOS AGU. 1992 ; 73-15 : 164-5.
22. Folland CK, Karl TK, Kinnikov KYA. Observed climate variations and change. *Climate change*. The IPCC Sc Ass, Cambridge Univ Press, 1990 ; 200-38.
23. Trenberth KE. a. Recent observed interdecadal climate changes in the northern hemisphere. *Bull Am Met Soc* 1990 ; 71 (7) : 988-93. b. Recent climate changes in the northern hemisphere. In *Greenhouse-gas induced climate change : a critical appraisal of simulations and observations*. ME Schlessinger, Ed. Elsevier Sc Pub BV 1991 ; 377-90.
24. Flohn H, Kapala A, Knoche HR, Machel H. Recent changes of the tropical water and energy budget and of mid-latitude circulations. *Climate dynamics* 1990 ; 4 : 237-52.
25. La valeur de la pression n'a pas, en elle-même, de signification particulière sachant qu'elle reflète, les conditions locales, et l'alternance des baisses et des hausses de pression associées au passage des AMPs.
26. Conte M, Palmieri S. Tendenze evolutive del clima d'Italia. *Proc of Giornata Ambiente-Atmosfera*, Roma, 1988. In : WMO/CSM, 1990. *The Global Climate System*, Geneva.
27. Jones PD, Wigley TML, Farmer G. Marine and land temperature data sets : a comparison and a look at recent trends. In *Greenhouse gas-induced climate change : a critical appraisal of simulations and observations*. ME Schlessinger, Ed. Elsevier Sc Pub BV 1991 ; 153-72.



a - 7 au 19 décembre 1988
(13 jours)



b - 21 décembre 1988 au 4 janvier 1989
(15 jours)



c - 5 janvier au 22 février 1989
(49 jours)

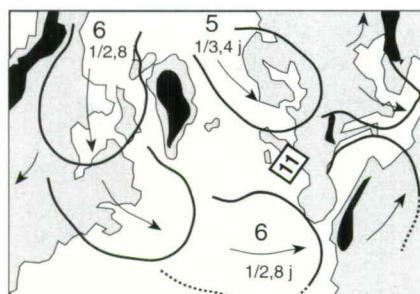
Figure 5. La dynamique des agglutinations anticycloniques de l'hiver 1988-1989.

façade nord peut alors donner l'impression d'un « glissement » d'ensemble vers le sud, vers la Méditerranée et l'Afrique septentrionale.

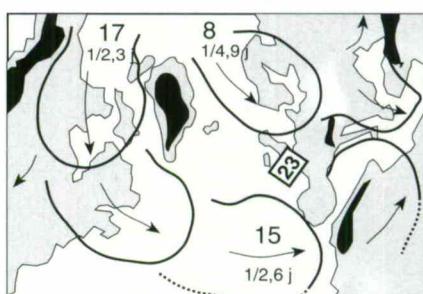
— de l'intrusion d'un AMP de direction méridienne (selon la trajectoire « scandinave »), suffisamment puissant pour provoquer sur sa face avant une ouverture (par soulèvement) dans les hautes pressions, et même des précipitations (éventuellement neigeuses) en utilisant le potentiel précipitable advecté par les AMPs atlantiques. La puissance exigée pour détruire momentanément l'agglutination se traduit généralement par des phénomènes violents, particulièrement dans le flux de sud qui remonte vigoureusement vers le nord sur la face avant d'un AMP puissant, avec vent fort et précipitations brutales, voire neige à basse altitude. Tel

quence. La diminution des apports d'air, qui réduit la puissance de l'agglutination, résulte parfois d'une descente méridienne plus directe sur les États-Unis, avec invasion froide sur le Golfe du Mexique, ou d'une trajectoire plus méridionale des AMPs sur l'Atlantique. La non-réalimentation de l'agglutination sur sa

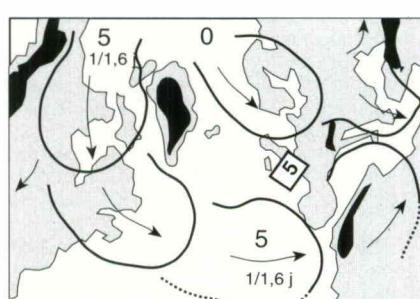
Figure 6. La dynamique des agglutinations anticycloniques de l'hiver 1989-1990.



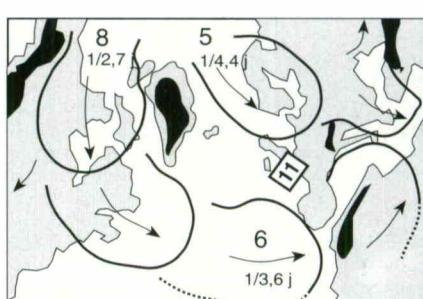
d - 25 novembre au 11 décembre 1989
(17 jours)



e - 19 décembre au 25 janvier 1990
(39 jours)



f - 18 au 25 février 1990
(8 jours)



g - 3 au 24 mars 1990
(22 jours)

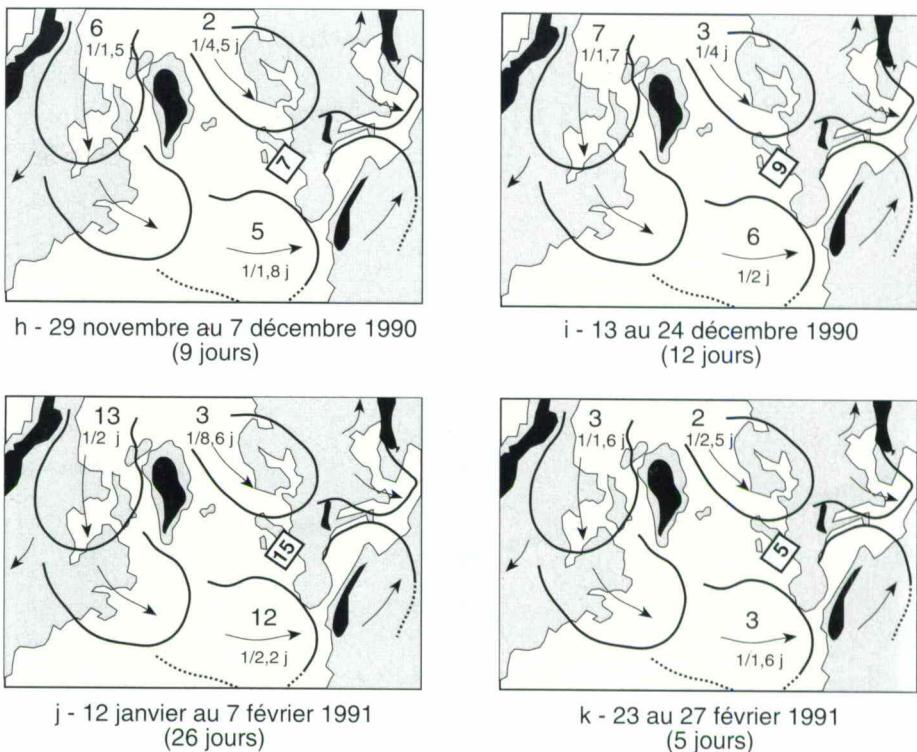
fut par exemple le cas de la violente tempête du 17 au 19 décembre 1989, avec des vents de 110 à 160 km/h [11], notamment dans les Alpes [13], ou de celle du 25 janvier 1990 où des rafales de 180 km/h affectèrent le nord de la France [11], ou encore des violents coups de vent des 26 et 27 février 1990 dans les Alpes [13]. L'AMP responsable contribue ensuite, et de manière vigoureuse, au colmatage de la couverture anticyclonique.

En raison de la multiplicité, d'une part des combinaisons entre ces mécanismes de formation ou de morcellement, et d'autre part de l'origine, des fréquences et des caractères des intervenants, la puissance, l'étendue, et les conséquences pluviométriques des agglutinations sont naturellement variables, en fonction des régions, des séquences, des saisons et des années.

Conclusion

Dans le complexe géographique Arctique/Amérique/Atlantique/Europe, les AMPs sont les véhicules d'une relation physique, réellement observée : la rigueur du froid polaire renforce la puissance initiale des AMPs, accroît l'intensité des échanges méridiens directs et indirects (en fonction de la dynamique du transport en masse), augmente la fréquence des agglutinations anticycloniques, élève la

Figure 7. La dynamique des agglutinations anticycloniques de l'hiver 1990-1991.



pression sur l'Atlantique oriental et l'Europe. Les épisodes pluviométriques déficitaires des dernières saisons hivernales peuvent-ils alors être considérés comme de simples « accidents » météoro-

logiques, isolés dans l'espace et dans le temps ?

Comment faut-il interpréter, à la lumière de la précédente analyse :

- la baisse constante depuis les

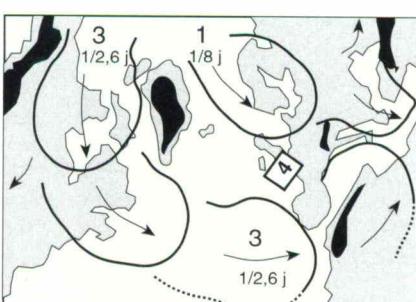
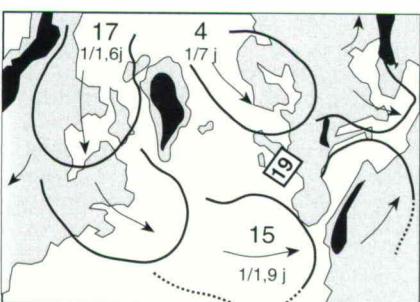
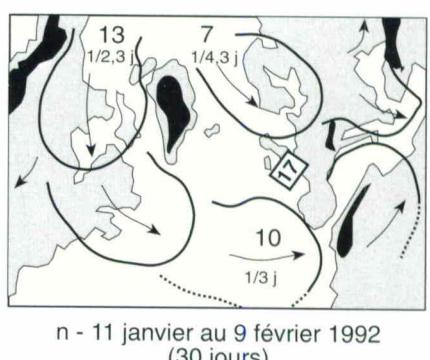
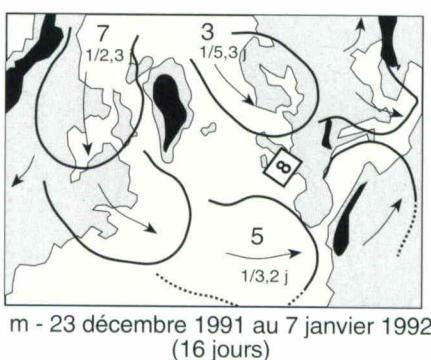
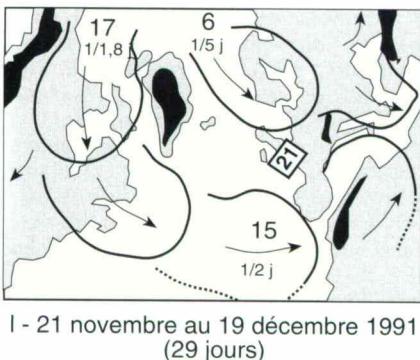
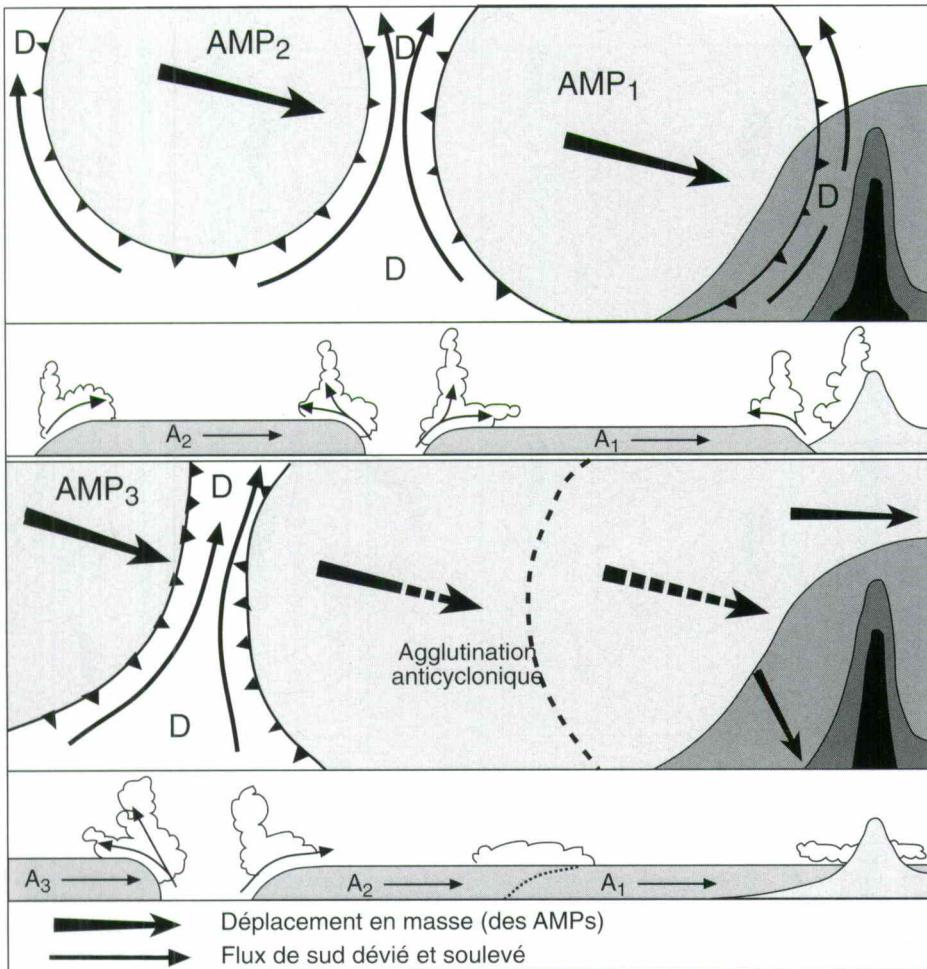


Figure 8. La dynamique des agglutinations anticycloniques de l'hiver 1991-1992.



◀ Figure 9. Agglutination anticyclonique : surface et coupe verticale.

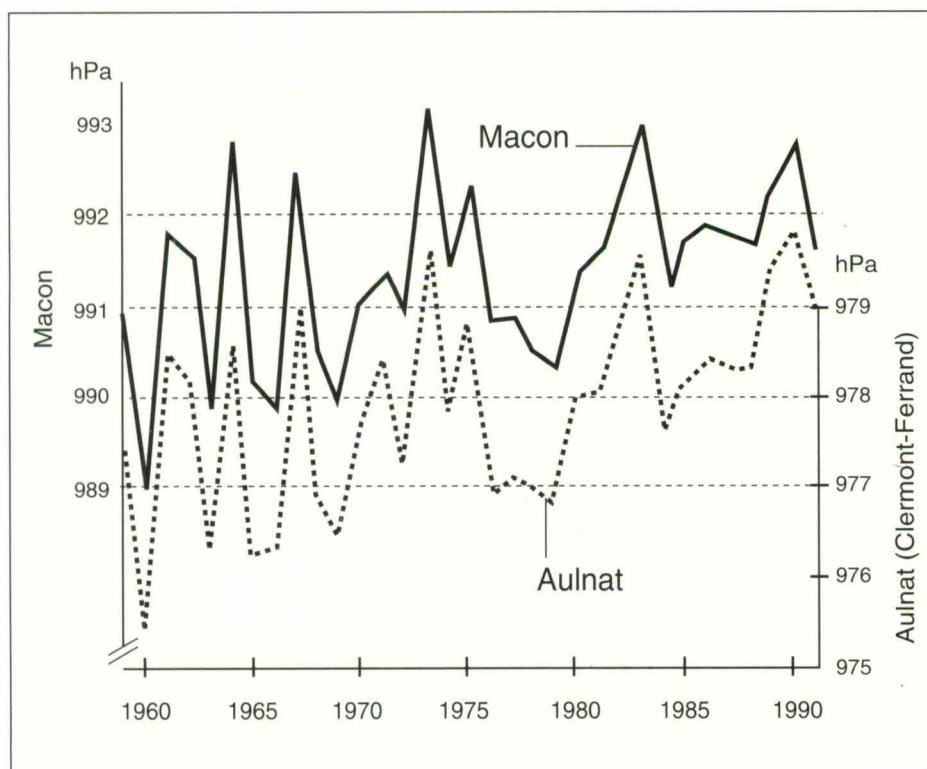
années 1930-1940, en toutes saisons, mais surtout prononcée en hiver où la baisse est de l'ordre de 3°C , des températures de l'Atlantique arctique (du nord de la Scandinavie au Canada) révélée par J.-C. Rogers [20] ;

— le passage à des températures marines anormalement froides dans l'Atlantique nord (au nord de 25°N) depuis la fin des années 60 [21], refroidissement surtout hivernal qui affecte aussi bien l'eau que l'air [22] ;

— la relation température/pression qui associe sur l'océan (à la latitude de l'agglutination anticyclonique), des pressions plus faibles que la normale pendant les années chaudes, mais inversement des pressions plus fortes pendant les années froides [21] ;

— l'accroissement de la pression au cours de la présente décennie dans de nombreuses régions de l'hémisphère nord, notamment sur l'Europe de l'ouest, et l'Atlantique nord-oriental (plus de 6 hPa en janvier pour la période 1980-1986, par rapport à la moyenne 1945-1977), hausse de pression observée par K.E. Trenberth [23] ;

— et la « tendance remarquable » soulignée par H. Flohn *et al.* [24] au cours de la période 1961 à 1988 d'une hausse de la pression sur l'Atlantique nord et sur la plus grande partie de l'Europe (précisément le long des trajectoires des AMPs), hiver comme été mais surtout en hiver ? Cette tendance apparaît de façon tout aussi « remarquable » en France, dans l'évolution des données annuelles de pression (figure 10) [25], qui révèlent une hausse de l'ordre de 3 hPa au cours de la période 1959 à 1991, par exemple, à Macon, ou à Aulnat/Clermont-Ferrand ; dans cette dernière station (aux conditions pluviogéniques locales défavorables), l'hiver 1991-1992 (décembre à février) n'a reçu que 14,4 mm de pluie [14]. La hausse de pression ne concerne pas seulement la période hivernale, elle est remarquablement continue, tandis que la variabilité interannuelle diminue de façon nette depuis les années 1975. Elle se propage également vers la Méditerranée, où par exemple un record de pression (depuis l'ouverture de la station) de 1 040,5 hPa a été enregistré à Cannes le 3 janvier 1992 [18] ; la « sécheresse » italienne, par exemple, est ainsi nettement associée [26] à une croissance de la pression sur la Méditerranée occidentale et centrale.



◀ Figure 10. Évolution de la pression moyenne (en surface) à Aulnat et Macon de 1959 à 1991 (valeurs annuelles).

Une telle évolution des températures et des répercussions sur le champ de pression dément clairement le scénario climatique actuellement en vogue, celui de « l'effet de serre » et de l'hypothétique réchauffement du climat qui « serait » plus prononcé dans les hautes latitudes. Sachant, comme l'attestent P.D. Jones et al. [27] pour les températures, que « toutes les régions ne connaissent pas les mêmes fluctuations », mais qu'on remarque bien plutôt « d'importantes différences spatiales », peut-on encore continuer à suivre aveuglément « l'air du temps »... au lieu d'observer et d'analyser avec lucidité l'évolution réelle de notre climat [6] ? Quelles sont en effet les perspectives pour le climat de la France, perspectives qui peuvent même être envisagées à court terme (comme le montre très nettement la figure 10, et comme le soulignent les hivers récents) :

- un renforcement de la puissance des AMPs, et de leurs effets directs et indirects sur le champ de pression et sur la circulation, et par conséquent,
- un accroissement du risque d'agglutination anticyclonique, notamment en période hivernale,
- une augmentation de la variabilité pluvio-nivale, avec une déficience pluviométrique principalement (mais pas uniquement) hivernale, et notamment des problèmes de neige en montagne, problèmes davantage associés à la mauvaise répartition au cours de l'hiver qu'à la hauteur cumulée de neige,
- une plus grande irrégularité du temps avec déficits et excédents pluviométriques résultant de l'alternance de fréquentes et longues périodes non pluvieuses de stabilité anticyclonique (avec les risques associés de pollution urbaine), et de brusques changements, accompagnés de puissantes remontées d'air « chaud » de sud et de sévères vagues de froid méridiennes, de précipitations brutales et intenses avec risques d'inondation ou chute de neige en plaine, et de vent violent surtout lorsque l'écoulement est canalisé par le relief ?

Des analyses complémentaires sont certes nécessaires, mais rien ne permet encore de prévoir une inversion des évolutions observées, notamment de la tendance actuelle des températures arctiques qui, par l'intermédiaire des Anticyclones Mobiles Polaires, jouent un rôle essentiel dans le contrôle du climat ■

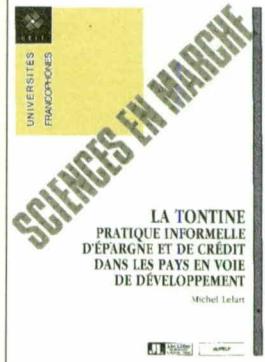
Résumé

Le déficit pluvio-nival des saisons hivernales de 1988 à 1992 est associé à des périodes de stabilité anticyclonique de durée inhabituelle, la pluie étant rejetée sur les marges du « couvercle » de hautes pressions. Les vastes agglutinations anticycloniques n'ont pas une origine « locale », c'est-à-dire thermique continentale, et elles ne constituent pas une masse inerte, mais elles sont constamment alimentées par des Anticyclones Mobiles Polaires (AMPs), vastes lentilles mobiles d'air polaire froid et pelliculaire issues du bassin arctique. Les AMPs s'écoulent, soit à l'ouest du Groenland empruntant la trajectoire « américaine », soit à l'est suivant la trajectoire « scandinave ». Leur emboîtement, et le blocage par les AMPs plus denses dont la trajectoire est plus directe, provoquent l'agglutination des cellules de hautes pressions sur l'Atlantique oriental et l'Europe occidentale. L'accroissement de fréquence des agglutinations hivernales, qui se manifeste par une croissance continue de la pression en surface sur la France (au cours de la période 1959-1991), est associée au refroidissement de l'Atlantique Arctique (continu depuis les années 1940), d'où sont précisément issus les Anticyclones Mobiles polaires.

Summary

The 1988-1992 winter seasons rain and snowfall deficiency is connected with unusual long-lived high pressure patterns, the rain-making conditions being thrown away to the high pressure cell margins. The extended anticyclonic agglutinations have not a « local » origin, that is to say a thermal continental one, and they do not form an inert air-mass, but they are continuously supplied by Mobile Polar Highs (MPHs), thin layer and migratory cold air lenses, originating from the Arctic Basin. The MPHs move, either along the western side of Greenland (i.e. the « American » path), or along the eastern side (i.e. the « Scandinavian » path). Their encasing, and blocking (as a result of their denser air), by the MPHs with the more direct trajectory provoke an agglutination of the high pressure cells over the eastern Atlantic and western Europe. The increasing frequency of winter high pressure agglutinations, which appears in the continuous French surface pressure rising (during the 1959-1991 period), is related to the cooling of the Atlantic Arctic (continuous since the 1940s), from where are, precisely, coming the Mobile Polar Highs.

Nous adressons nos vifs remerciements, au CMS/Lannion pour le cliché METEOSAT (figure 2), à J.-C. Deblaere et M. Mouton de Météo-France (Centre-Est), et à G. Blanchet de l'Université Lyon I, pour la fourniture de données et le prêt de documents.



LA TONTINE Pratique informelle d'épargne et de crédit dans les pays en voie de développement

M. Lelart

La mobilisation de l'épargne dans les pays en voie de développement est devenue un problème lancinant. La plupart de ces pays se sont endettés au-delà de toute mesure et les systèmes bancaires africains sont en pleine décomposition. Cet échec est celui des modèles et des politiques de développement fondés sur les grands projets et sur « l'industrie industrialisante ».

La prise de conscience qui s'impose aujourd'hui confère un intérêt grandissant au secteur informel, notamment à ces pratiques d'épargne et de crédit que sont les tontines. Il y en a dans la plupart des pays en voie de développement, surtout africains, elles sont pratiquées par toute la population, elles sont d'une souplesse extraordinaire et elles drainent des sommes qui sont parfois considérables.

Cet ouvrage décrit le phénomène tontinier : des monographies effectuées au Bénin et auprès de populations chinoises en soulignent la richesse et la diversité. Il mesure ce phénomène au Niger et au Togo. Enfin, il analyse ce phénomène sous quelques-uns de ses aspects micro- et macro-économiques, et amorce une réflexion sur le rôle que pourraient jouer les tontines face aux banques comme sur les raisons d'un attrait qui ne se dément pas.

Co-édition John Libbey Eurotext/AUPELF-UREF

1990 — 376 pages — 160 FF
80 FF — prix préférentiel : Afrique, Asie, Amérique du Sud, Haïti.

BON DE COMMANDE

Veuillez m'adresser () exemplaire(s) de

Veuillez trouver ci-joint mon règlement à l'ordre de John Libbey Eurotext

Nom Prénom

Adresse

Ville Pays

À retourner à : John Libbey Eurotext - 6, rue Blanche - 92120 Montrouge - France.
Tél. : 47.35.85.52 - Fax : 46.57.10.09