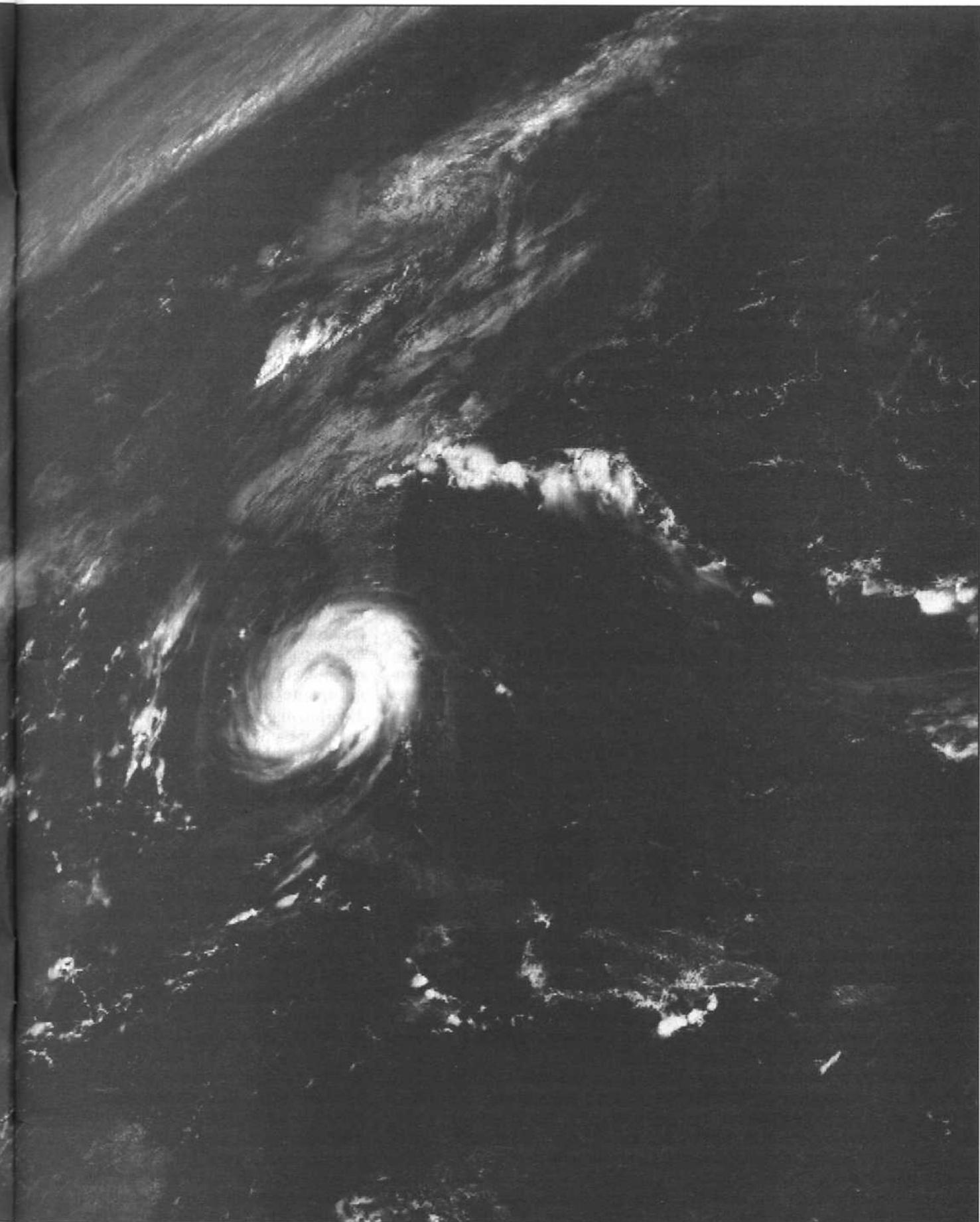


Changements climatiques : Les prévisions démenties par la réalité

Marcel Leroux

L'évolution climatique observée, notamment celle des températures et des précipitations, n'est pas conforme aux prévisions du scénario dit « effet de serre ». L'espace atlantique nord forme une unité de circulation bien individualisée, dont la dynamique est contrôlée par les Anticyclones Mobiles Polaires, AMP. L'évolution du champ de pression montre que la même cause, c'est-à-dire le refroidissement de l'Arctique, a des effets thermiques et pluviométriques régionaux différents en fonction de la dynamique des AMP et des transferts méridiens associés. L'observation de faits similaires dans le Pacifique nord confirme le peu de signification d'une estimation de l'évolution climatique considérée à l'échelle globale, et montre que les modèles numériques sont inaptes à simuler l'évolution du climat.





L'effet de serre anthropique (résultant des activités humaines), ajouté à l'effet de serre naturel, devrait selon les modèles numériques (théoriques) de simulation du climat, avoir pour conséquences principales :

- Un réchauffement de la planète de l'ordre de 1,5 à 4,5°C, selon une réestimation récente (IPCC, 1992), pour un doublement du CO₂ (ou de l'ensemble des gaz à effet de serre). Ce réchauffement présumé devrait être particulièrement accentué dans les moyennes latitudes et surtout dans les latitudes polaires, où la hausse pourrait atteindre, voire dépasser, 10°C. Le réchauffement devrait alors entraîner une fonte des glaces polaires et un relèvement du niveau de la mer.

- Une intensification du cycle hydrologique global et une augmentation globale des précipitations notamment dans les moyennes et surtout les hautes latitudes, avec toutefois, en raison de l'évaporation accrue, une péjoration estivale sur les continents, la sécheresse sahélienne par exemple mais aussi la sécheresse américaine, voire européenne, pouvant être associées à ce réchauffement supposé.

- Un affaiblissement des tempêtes aux latitudes moyennes. Comme celles-ci « résultent de l'écart de température entre le pôle et l'équateur », et « comme cet écart s'affaiblira probablement avec le réchauffement »... on peut, selon Météo-France (1992), « avancer l'idée que les tempêtes aux latitudes moyennes seront également plus faibles ».

L'évolution climatique récente, telle qu'elle est **réellement observée**, s'inscrit-elle dans ce scénario ? Des attitudes opposées coexistent actuellement : l'une — alarmiste — pense que les changements sont certains et qu'ils seront « sévères et rapides », l'autre — sceptique — estime qu'il n'y a rien de certain voire d'urgent, les observations n'ayant pas encore démontré les prévisions des modèles. Ces deux attitudes : « activiste » ou « attentiste », vont ainsi du catastrophisme, avec son cortège de

« malheurs » plus ou moins imaginaires, à un optimisme relatif. Des doutes sont en outre maintenant publiquement exprimés, certains manifestant « quelque tiédeur vis-à-vis du réchauffement global » (R.S. Lindzen, 1990), tandis que les estimations de la hausse présumée de température sont constamment minorées par l'IPCC (Groupe Intergouvernemental sur le Changement Climatique).

Il est donc souhaitable de se demander dans quelle mesure le débat sur le réchauffement global présumé relève réellement de la science, ou d'une *manipulation planétaire* (selon l'expression d'Y. Lenoir, 1992), et si l'on peut confondre, comme on le fait habituellement « effet de serre et changement global ». Il convient d'abord d'observer la réalité des faits, de comparer l'évolution climatique réelle et les prévisions, et d'estimer ainsi l'aptitude des modèles à prévoir l'évolution du climat.

L'évolution récente

Les températures.

Les courbes d'évolution des températures hémisphériques et globales révèlent l'existence d'un « optimum climatique » au cours de la période 1940-1950 dans les deux hémisphères, avec toutefois plus de netteté dans l'hémisphère nord. Dans ce dernier la température moyenne s'est élevée de 0,6°C entre 1880 et 1950 (C.C. Wallen, 1984), la hausse ayant été surtout rapide au début du siècle entre 1910 et 1940, l'année 1938 ayant été la plus chaude. La température a ensuite décliné, les années 1960 voire 1970 étant « définitivement plus froides en hiver comme en été » (C.C. Wallen, 1984). Un retour vers un petit « âge de glace » était considéré comme vraisemblable, G.J. Kukla *et al.* (1977) notant alors que « le refroidissement observé au cours des 30 dernières années dans l'hémisphère nord ne s'est pas encore inversé ». Mais la température globale s'est remise à augmenter au cours de la décennie 1980, atteignant selon l'Organisation Météorologique Mondiale, un maximum en 1990 (WMO, 1994).

Des réserves sont toutefois émises sur le réchauffement récent, qui s'applique du même coup à l'ensemble de la période ... réserves sur l'instrumentation, sur les sites d'observation, sur les fichiers utilisés, sur la précision des mesures et les corrections apportées aussi bien aux valeurs marines que continentales, corrections qui peuvent être de l'ordre de grandeur du changement global. La critique la plus pertinente concerne la représentativité des données continentales influencées par l'îlot de chaleur urbain, l'erreur éventuelle étant diversement estimée, par exemple de l'ordre de 0,1°C à 0,4°C sur la période 1901-84 pour les Etats-Unis, altération aussi forte ou plus forte que la tendance générale établie sur toute la période (T.R. Karl *et al.*, 1989).

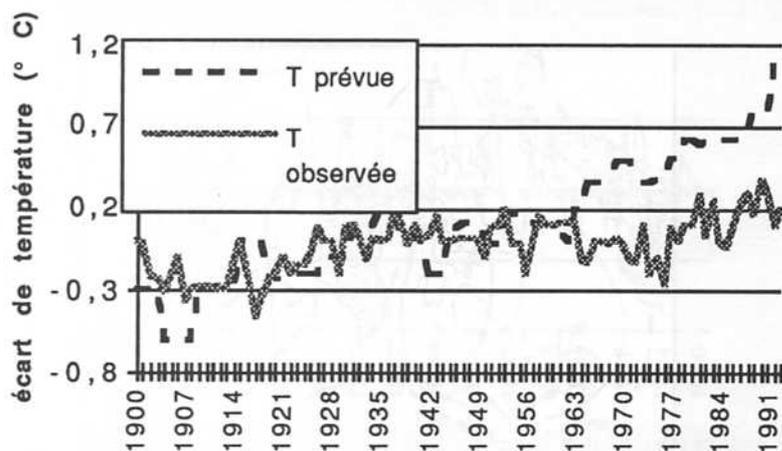
Les précipitations.

L'évolution des précipitations, analysée à l'échelle zonale, montre en moyenne une augmentation générale dans les latitudes tempérées entre 25° et 60° nord et sud (H.F. Diaz *et al.*, 1989). Mais apparaissent des exceptions notoires, comme la situation de « sécheresse » en Italie depuis les années 80 (WMO, 1992), ou en Grèce comme sur la Méditerranée orientale où la situation devient préoccupante (A.I.C., P. Maheras éd., 1994).

Mais les pluies diminuent aux latitudes tropicales nord entre 0° et 25° nord, notamment au sud du Sahara, dramatiquement dans le Sahel, notamment en 1972-73, en 1982-83 et depuis 1989, au Moyen-Orient mais aussi en Asie du Sud-Est et notamment en Inde, atteignant même les latitudes équatoriales. La pluie augmente par contre, paradoxalement, aux latitudes tropicales sud entre 0° et 25° S (H.F. Diaz *et al.*, 1989), fortement en Amérique du Sud, en Australie surtout depuis 1970, en Afrique du Sud où depuis 1950 la pluviométrie est supérieure à la moyenne. Le synchronisme généralement observé à l'échelle paléoclimatique entre nord et sud de la zone tropicale n'est ainsi plus de règle.

Une contradiction flagrante apparaît dans les latitudes tropicales nord, notamment dans la ceinture subsa-

Figure 1 - Température prévue et température observée dans l'hémisphère nord de 1900 à 1993



(d'après P.J. Michaels, 1994)

harienne, entre l'accroissement de la température et la baisse des pluies. L'évolution y est contraire aux processus physiques puisque le potentiel précipitable est présumé enrichi, et contraire à l'évolution paléoclimatique au cours de laquelle toutes les périodes chaudes ont été pluvieuses (M. Leroux, 1994), ou encore contraire à l'optimum climatique contemporain de la période 1940-60, où l'on a observé une hausse simultanée des températures boréales et des pluies sahéliennes.

L'évolution climatique récente n'est pas conforme au scénario dit « effet de serre ».

L'évolution climatique des dernières décennies n'est pas conforme aux prévisions des modèles, et le scénario « effet de serre » annoncé est démenti par les faits d'observation.

Sur le plan thermique, une tendance nette et générale ne suit pas l'accroissement continu de la teneur en CO₂, l'évolution paraît ainsi « aberrante » lors du refroidissement des années post-50 alors que les taux des gaz à effet de serre continuaient à augmenter de façon régulière. A l'échelle globale ou hémisphérique la comparaison entre la courbe des

températures observées et celle des températures prévues est particulièrement instructive (**Figure 1**, d'après P.J. Michaels, 1994). Les courbes sont à peu près synchrones jusque vers les années 1960, et elles divergent ensuite de plus en plus fortement. Sur le plan pluviométrique l'augmentation présumée n'est pas générale, particulièrement dans la zone tropicale où l'évolution des pluies est « paradoxale », notamment entre hémisphères puisque le nord et le sud de la zone tropicale ont des comportements différents, mais aussi en zone tempérée où l'on enregistre également de fortes péjorations. L'intensification de la sécheresse du Sahel est ainsi exactement l'inverse de l'effet de serre escompté (qui devrait au contraire se traduire par une hausse régulière des pluies). On peut encore préciser qu'aucune tendance significative ne suggère une réduction de la glace de mer ou de la couverture neigeuse, ni une tendance nette au relèvement du niveau de la mer, P.A. Pirazzoli (1990) soulignant que « pendant les quarante dernières années il n'y a probablement pas eu le moindre relèvement global du niveau de la mer ».

Ces distorsions entre prévisions et réalité résultent, comme le souligne

G. Kukla (1990), du « peu de talent » avec lequel les modèles de circulation atmosphérique reproduisent l'évolution thermique et pluviométrique, et selon Y. Lenoir (1992) de « la distance irréductible qui sépare le modèle de ce que l'on convient d'appeler la réalité ». En un mot, les modèles numériques font preuve d'une aptitude très limitée dans la simulation des climats passés, comme dans celle de l'évolution du climat actuel. Les contradictions entre les prévisions des modèles et la réalité telle qu'elle est observée montrent, que **les modèles se sont trompés**, et que l'effet de serre n'est pas la cause des changements climatiques récents, ou bien n'en constitue qu'une part, dont l'importance réelle reste à déterminer.

La question essentielle concerne l'échelle de la perception spatiale de l'évolution climatique récente. Quel est en effet le degré de représentativité d'une analyse effectuée à l'échelle globale, hémisphérique ou zonale, lorsque l'évolution climatique est loin d'avoir été régulière et identique partout, des évolutions thermiques et pluviométriques différentes étant observées aux échelles régionale, et locale ? Examinons, par exemple, l'évolution climatique récente dans l'espace Atlantique nord.

L'espace Atlantique nord

L'espace Atlantique nord constitué par l'Amérique du Nord (à l'est des Rocheuses), l'Atlantique lui-même et les façades occidentales de l'Europe et de l'Afrique, forme une unité de circulation bien individualisée. Dans cet « espace atlantique nord », régi par la même dynamique météorologique, l'évolution climatique n'est pas uniforme. On observe, selon les régions, des évolutions bien marquées et très différentes.

Les différentes situations sont caractérisées en fonction des températures et éventuellement des précipitations, l'évolution des pressions étant révélatrice de la dynamique aérologique (**Figure 2**).

Arctique

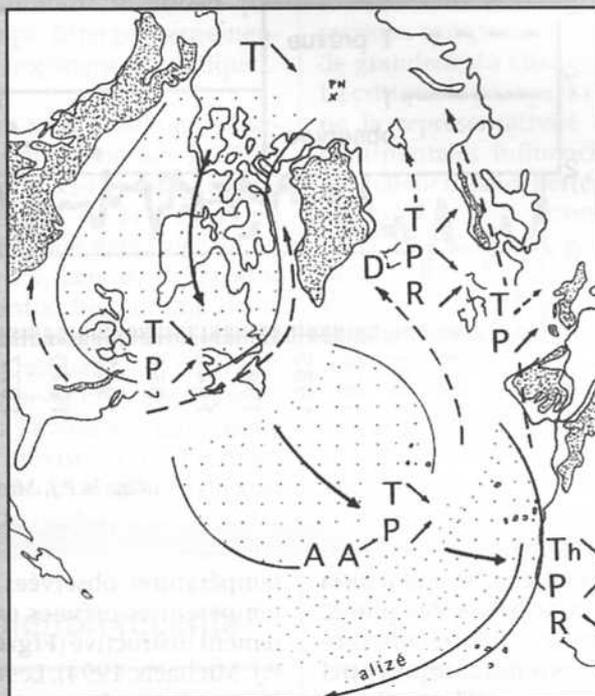
Le bassin arctique, après s'être réchauffé rapidement jusque vers les années 1930-40, se refroidit lentement (en apportant **le démenti le plus flagrant aux prévisions des modèles**), en toutes saisons, mais particulièrement en hiver et en automne (**Figure 3**, J.C. Rogers, 1990). Dans l'Arctique occidental, entre 1950 et 1990, la chute de température a atteint : - **4,4°C** en hiver et - **4,9°C** en automne, avec un degré de confiance de 0,97 et 0,96 (J.D. Kahl *et al.*, 1993). Un réchauffement aussi net est par contre observé dans les couches moyennes, à 850 hPa (1500 m) et 700 hPa (3000 m).

Amérique du Nord, Groenland, est du Canada et des Etats-Unis

On observe dans ce vaste domaine nord-américain, à l'est des Rocheuses :

- Une baisse continue des températures dans l'est canadien : les records de froid sont constamment battus, notamment au cours de l'hiver 1993-1994. La baisse maximale de température est enregistrée dans les provinces maritimes, à l'est du pays (D.W. Gullett *et al.*, 1992), l'intensité du froid s'accroissant au cours des années : 1958-62, 1972-74, 1983-85, 1991-92 (M.R. Morgan *et al.*, 1993 ; **Figure 4**). La même évolution est également observée au Groenland (WMO, 1992 ; M.R. Morgan *et al.*, 1993). Le refroidissement s'accompagne d'une augmentation continue de la pression, plus marquée en hiver et en automne (**Figure 4**, d'après Ph. Gachon). Aux Etats-Unis toute la partie centrale, où la baisse de température hivernale est de l'ordre de - 4°C (R.C. Balling *et al.*, 1989), la partie orientale et le pourtour du Golfe du Mexique, observent une tendance continue au refroidissement (**Figure 5**, G. Kukla, 1989). Les vagues de froid atteignant le Golfe du Mexique, peu sévères pendant les années 1950, se sont aggravées depuis les années 1970, les gelées sévères des agrumes de Floride étant associées (à plus de 80 %) à des anticyclones puissants et froids dont la pression centrale dépasse 1045 hPa (J.C. Rogers *et al.*, 1991).

Figure 2 - Espace Atlantique nord : tendances climatiques régionales récentes et dynamique de la circulation



AMP : Anticyclone Mobile Polaire
T : température (h : hivernale)
AA : agglutination anticyclonique

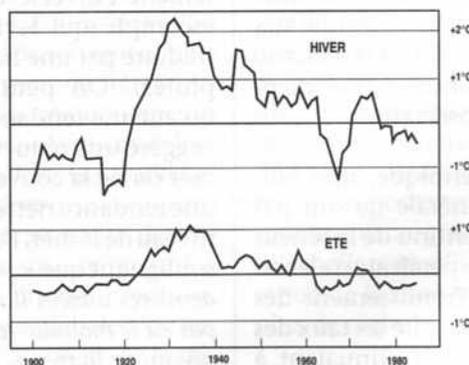
D : zone dépressionnaire « d'Islande »
P : pression
R : précipitations

Flux dévié vers le pôle

Trajectoire principale des AMP

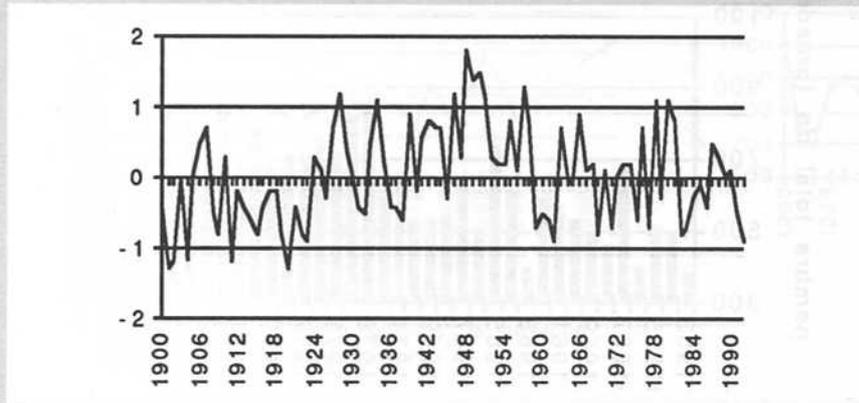
Figure 3 - Evolution des températures hivernales et estivales dans l'Atlantique arctique depuis 1900

Moyennes mobiles quinquennales

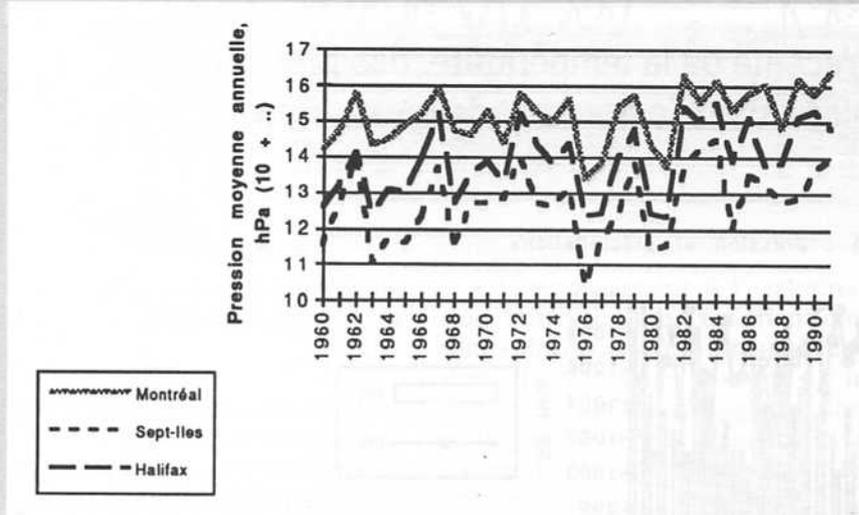


(d'après J.C. Rogers, 1989)

Figure 4 - Tendances des anomalies de température, et évolution des pressions sur la partie orientale du Canada

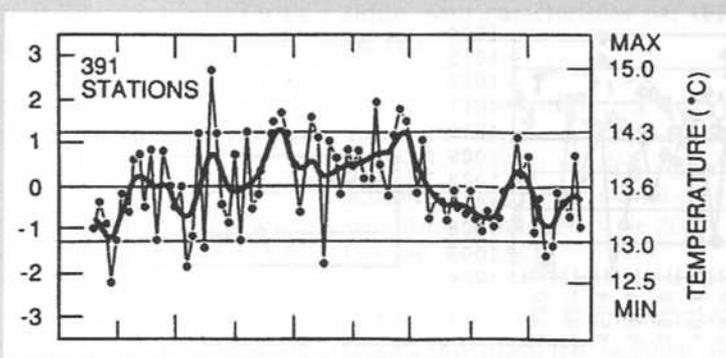


(d'après M.R. Morgan et al., 1993)



(d'après Ph. Gachon, 1994)

Figure 5 - Evolution des températures dans la partie orientale des Etats-Unis



(d'après G. Kukla, 1989)

- Une augmentation de fréquence des perturbations violentes, blizzards et tornades :

- Blizzards : les 12-14 mars 1993 se produit le tragique « blizzard du siècle » sur la côte orientale jusqu'au Canada, un événement identique se produit à nouveau le 17 janvier 1994, tandis que le précédent « blizzard du siècle » remontait à 1888. Ces événements dramatiques ne sont pas isolés mais s'inscrivent dans une hausse continue depuis 1965 de la fréquence des tempêtes violentes, en liaison avec « des intrusions d'air froid plus fréquentes » (*Siberian express*) atteignant la côte atlantique des Etats-Unis (R.E. Davis et al., 1993).

- Tornades : formées sur la face avant d'anticyclones mobiles puissants, au contact de l'air froid venu du nord et de l'air humide venant du Golfe du Mexique, les tornades sont en très forte augmentation au cours de la période 1953-91 (Figure 6, W.M.O., 1992).

Nord-est de l'Atlantique.

Située entre Groenland et Scandinavie, à l'emplacement de la « dépression statistique » dite « d'Islande », cette région connaît depuis les années 1960 une évolution particulière (Figure 7, d'après J. Reynaud), caractérisée par :

- une hausse continue de la température, qui au cours des trois dernières décennies atteint 2°C à l'échelle des valeurs moyennes annuelles, tandis qu'à l'échelle saisonnière la hausse la plus forte est observée en hiver,

- une augmentation continue des précipitations, notamment en Islande,

- une baisse continue de la pression, la plus forte baisse étant également observée en hiver, plus de 6 hPa de chute au SE de la côte du Groenland de 1962 à 1988 (H. Flohn et al., 1990). Confirmant cette tendance, entre l'Islande et l'Ecosse, le 10 janvier 1993, la pression a atteint « la valeur la plus faible jamais relevée dans cette région » (O.M.M. 1994).

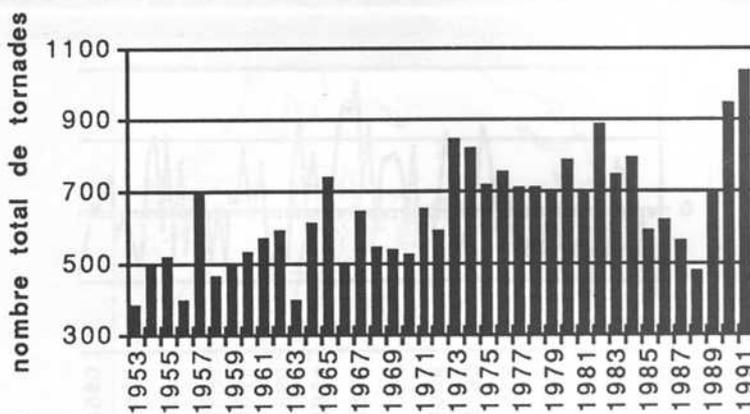
Europe occidentale, en particulier en France.

D'une manière générale on constate que (Figure 8) :

- Les températures s'élèvent, maximales comme minimales, mais la tendance n'est marquée qu'à partir des années 1970. Elles décroissent toutefois depuis les années 1990. En dépit de cette hausse récente, inscrites dans une période plus longue comme à Saint-Genis-Laval (Lyon), les températures actuelles sont moins élevées que dans les années 1930-1950 qui représentent encore l'optimum climatique contemporain.

- Les précipitations sont marquées par une grande variabilité, et ne révèlent pas de tendance bien nette, sauf localement, comme dans le sud du couloir rhodanien, et les pays médi-

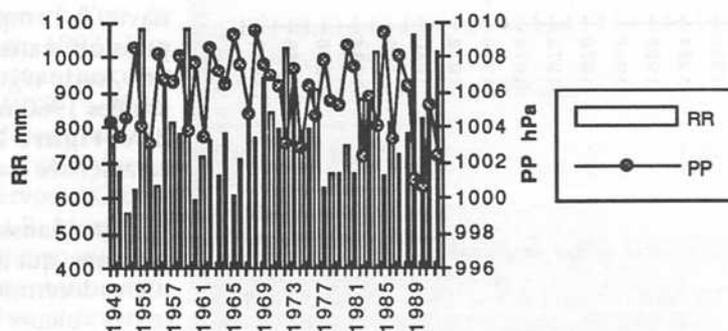
Figure 6 - Evolution du nombre de tornades aux Etats-Unis de 1953 à 1991



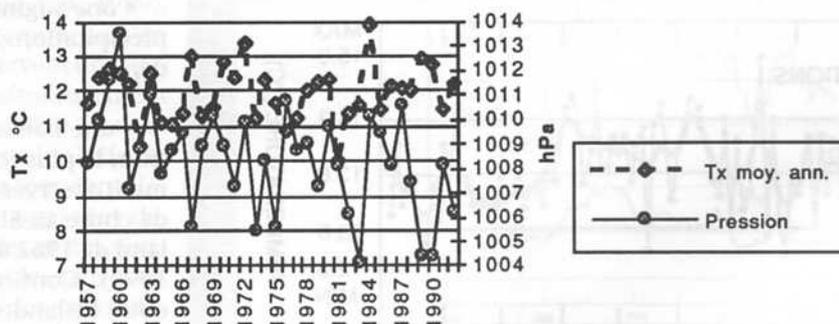
(d'après WMO, 1992)

Figure 7 - Evolution récente de la température, des précipitations et des pressions dans le nord-est de l'Atlantique

Reykjavik (Islande) : pression et précipitations

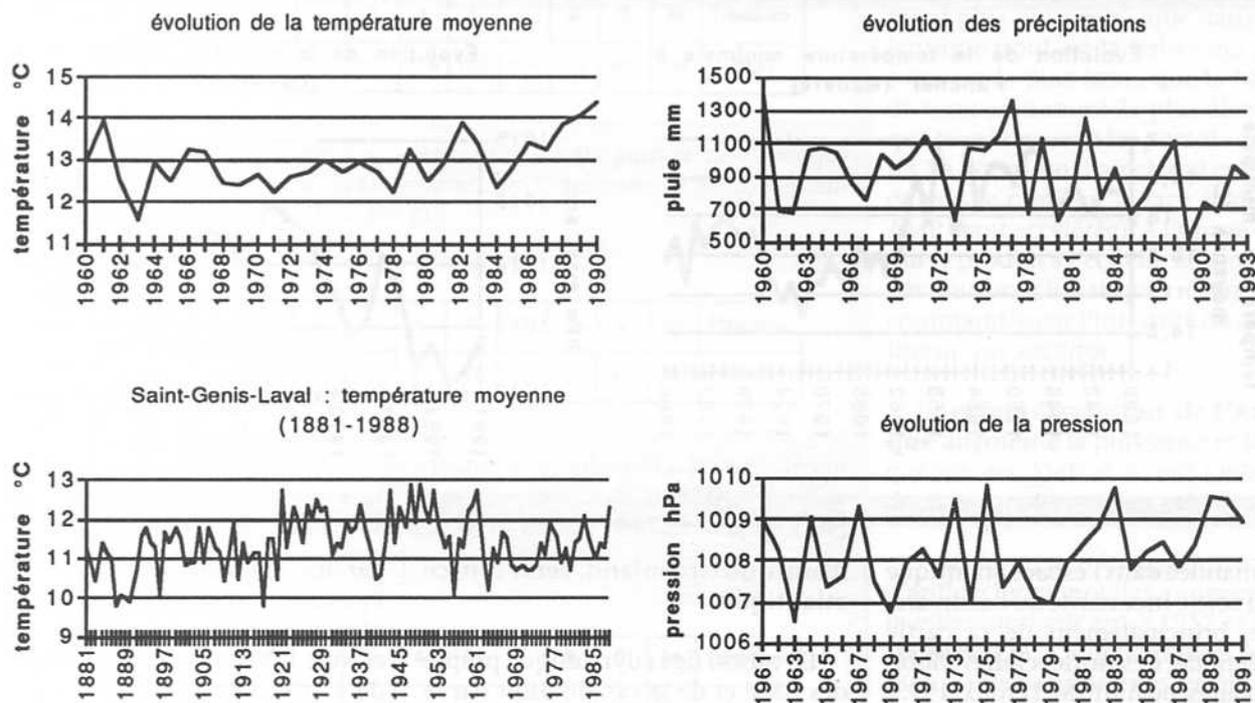


Trömso (Norvège) : température maximale et pression



(d'après J. Reynaud, 1994)

Figure 8 - Evolution récente de la température, de la pluviométrie et de la pression en France : exemple de Montélimar



terraneens, où les pluies baissent en liaison avec une forte hausse de la pression.

- La hausse de pression est forte, constante et générale sur la France, sur l'Europe occidentale et le bassin méditerranéen, comme sur l'Europe centrale (Leroux, 1993-b). Les pressions élevées, lorsque se forment des agglutinations anticycloniques de longue durée, estivales ou hivernales, expliquent alors en partie les modifications des régimes pluviométriques (notamment des « sécheresses » prolongées), et contribuent à provoquer les fortes températures maximales observées.

L'Atlantique.

On y observe nettement (Figure 9) :

- Une forte tendance au refroidissement depuis les années 1960 (A.L. Gordon *et al.*, 1992), dans l'air (P.D. Jones, 1990), comme dans la couche marine superficielle, du Groenland jusqu'à l'Europe et jusqu'au voisinage de l'Afrique.

- A l'emplacement de l'agglutination anticyclonique est-atlantique (dite « des Açores »), une hausse continue de la pression (surtout sur la façade orientale de l'agglutination où la compression est la plus forte), la hausse de pression dépassant 6 hPa en hiver dans la dernière décennie au sud de 47°N (H. Flohn *et al.*, 1990 ; K.E. Trenberth, 1991).

Afrique occidentale.

Les régions littorales occidentales, balayées par l'alizé qui provient de l'agglutination anticyclonique atlantique, sont caractérisées par (Figure 10) :

- Une diminution nette de la pluviométrie depuis les années 1970, qui correspond à un décalage d'ensemble des isohyètes, c'est-à-dire des structures pluviogènes, de 200 à 300 km vers le sud.

- Une hausse des températures estivales (favorisée par la baisse de la nébulosité et des pluies), mais une absence de tendance bien marquée

en ce qui concerne les températures hivernales.

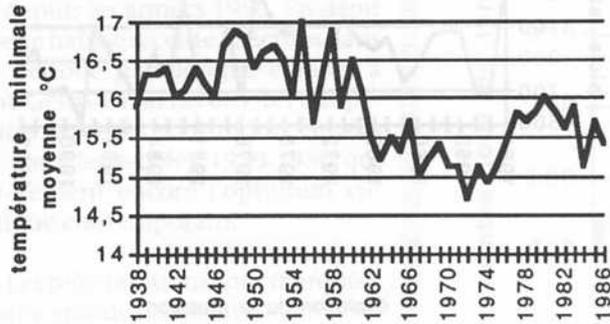
- Une hausse continue de la pression, plus nette en hiver, dans les stations littorales mais aussi dans l'intérieur. Cette hausse de la pression, qui prolonge de manière atténuée le renforcement de la pression sur l'Europe et la Méditerranée, s'observe également dans le Sahara et dans toute la bande subsaharienne jusqu'au Soudan.

Dynamique du temps et du climat

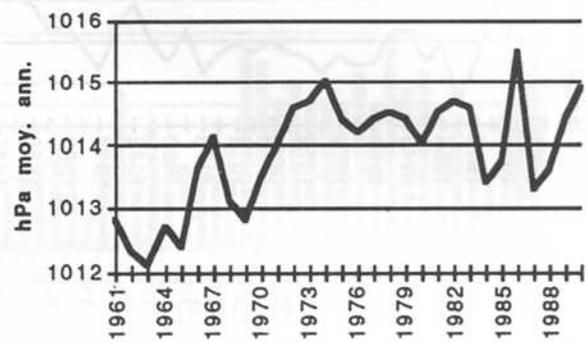
La dynamique dans l'espace atlantique nord est censée, selon la terminologie en usage, être commandée par la « dépression d'Islande » et « l'anticyclone des Açores ». Toutefois, définis « statistiquement », c'est-à-dire par des moyennes de pression, ces entités n'existent pas à l'échelle du temps réel ou synoptique. La dynamique du temps, et du climat, est

Figure 9 - Evolution récente de la température et de la pression dans la partie orientale de l'Atlantique (Madère et Canaries)

Evolution de la température minimale à Funchal (Madère)



Evolution de la pression à Santa Cruz (Canaries)



commandée dans l'espace atlantique par la sortie incessante du bassin arctique, principalement de sa partie occidentale, des Anticyclones Mobiles Polaires, ou AMP (M. Leroux, 1993-a), lentilles pelliculaires (1500 m) d'air froid, qui provoquent sur leur pourtour le creusement d'un couloir dépressionnaire.

Les **tableaux 1 et 2** rappellent le nombre moyen d'AMP (période 1989-93), s'écoulant de part et

d'autre du Groenland, vers l'espace atlantique.

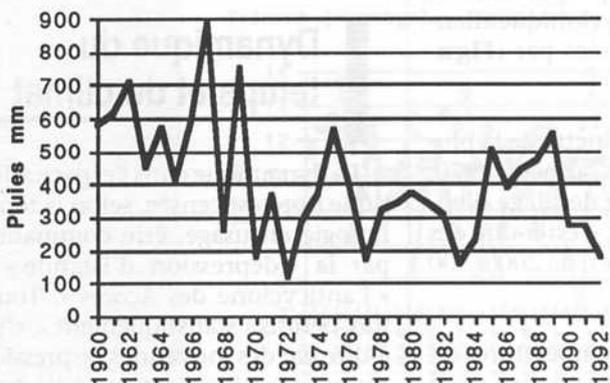
En raison de la dynamique propre des AMP et de la canalisation par le relief, la plus grande partie de l'air amené par les AMP « américains » reste dans l'espace atlantique. Les possibilités de « fuite » en dehors de cet espace se situent : vers l'Europe centrale au nord des Alpes, vers la Méditerranée occidentale au fond de « l'entonnoir orographique » formé

par les alignements Cantabriques-Pyrénées et Jura-Alpes, au-dessus du plateau ibérique, au nord de l'Atlas, et vers l'Afrique occidentale au sud de l'Atlas (en hiver). Les « fuites » sont plus importantes en période hivernale, lorsque les AMP sont plus puissants et de trajectoire plus méridionale et les échanges méridiens plus intenses.

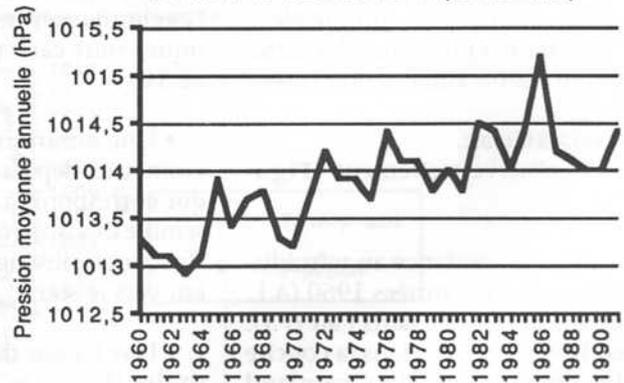
L'agglutination anticyclonique dite « des Açores » est constamment

Figure 10 - Evolution récente des précipitations et de la pression sur l'ouest de l'Afrique occidentale

Précipitations à Dakar (Sénégal)



Pression à Nouadhibou (Mauritanie)



Tableaux 1 à 3

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An	Fréquence
15,0	12,2	13,6	11,4	16,2	12,4	13,2	13,6	12,2	12,4	11,2	16,6	158	1/2,3 j

AMP empruntant la trajectoire « américaine » : ils partent de l'Arctique occidental, s'écoulent à l'ouest du Groenland, sur l'Amérique du Nord, puis sur l'Atlantique (d'après LGP, 1992 à 1994).

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An	Fréquence
5,4	5,2	6,6	6,6	9,4	8,4	6,8	4,0	6,8	8,6	6,4	4,8	79	1/4,6 j

AMP empruntant la trajectoire « scandinave » : écoulement à l'est du Groenland, vers l'Atlantique oriental et/ou l'Europe. La majorité de ces AMP, sortant de l'espace atlantique, se dirigent rapidement vers l'Europe centrale (d'après LGP, 1992 à 1994).

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An	Fréquence
14,6	13,4	13,2	12,4	13,4	12,2	11,6	11,4	11,6	11,8	12,2	13,8	151	1/2,4 j

Nombre moyen d'AMP « américano-atlantiques » entrant dans l'agglutination anticyclonique est-atlantique, dite « des Açores » (d'après LGP, 1992 à 1994).

alimentée au rythme moyen de 1 AMP tous les 2,4 jours par les AMP (Tableau 3), directement par l'ouest, ou indirectement par l'est lorsque l'air est renvoyé vers l'Atlantique par les reliefs.

L'agglutination anticyclonique commande et régularise l'écoulement d'alizé vers la zone tropicale. Le re-

tour vers le pôle de l'air tropicalisé se réalise sur la face avant (et au-dessus) des AMP, qui commandent ainsi à la fois, l'intensité du transport d'air froid vers le sud, et l'intensité de la remontée d'air chaud vers le nord.

La dynamique des AMP (Figure 2), révélée par l'évolution du champ de pression, explique la diver-

sité des évolutions climatiques observées dans l'espace atlantique nord. L'origine dynamique de cette diversité est incontestable : c'est ainsi en hiver (quand les AMP sont initialement plus puissants), que dans l'Atlantique nord-est la baisse des pressions est la plus forte, que la hausse de température est la plus élevée et que les pluies sont les plus abondantes (la déviation d'air chaud et humide vers le nord sur la face avant des AMP étant accélérée). A l'image de ce qui se produit à l'échelle saisonnière, l'évolution climatique récente est commandée par l'intensité du déficit thermique arctique.

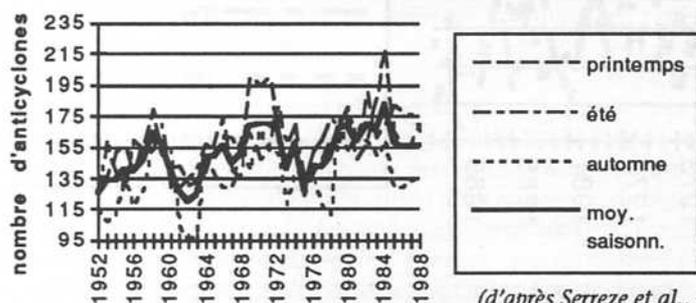
Le refroidissement de l'Arctique augmente la puissance et la fréquence des AMP et accroît l'intensité des échanges thermiques méridiens :

- Au départ de l'Arctique le nombre d'anticyclones mobiles a augmenté de manière constante entre 1952 et 1989 (Figure 11). L'augmentation est remarquable au printemps, en été et en automne (Serreze *et al.*, 1993). En hiver, où le renforcement de la puissance des hautes pressions est remarquable au cours de la période, les anticyclones débordent rapidement des latitudes situées au nord de 65°N.

- Sur la trajectoire des AMP : Les AMP propagent le « froid » sur la façade occidentale de l'Atlantique nord, où les contrastes accrus entre « masses d'air » augmentent la fréquence et la violence des perturbations (blizzards et tornades). Le refroidissement, plus prononcé en hiver, est propagé vers l'Atlantique, dans l'air et dans l'eau. Une correspondance est encore observée entre « eaux froides et pressions plus élevées », et « vents d'ouest plus forts » (Gordon *et al.*, 1992). La hausse de pression, progressivement atténuée, se propage jusqu'en Afrique tropicale par l'intermédiaire de la circulation d'alizé.

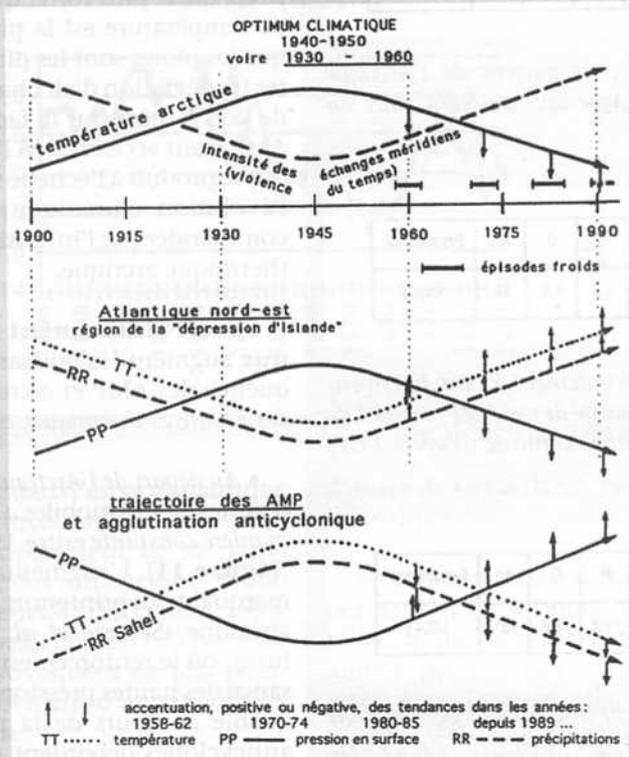
- Au nord de la trajectoire des AMP : Les flux déviés sur la face avant des AMP transportent des latitudes méridionales vers le pôle l'air chaud et le potentiel précipitable, sur la façade nord-orientale de l'Atlantique, qui se trouve à l'écart de la trajectoire des AMP descendus à l'ouest du Groen-

Figure 11 - Anticyclones formés au nord de 65°N, de 1952 à 1988



(d'après Serreze *et al.*, 1993)

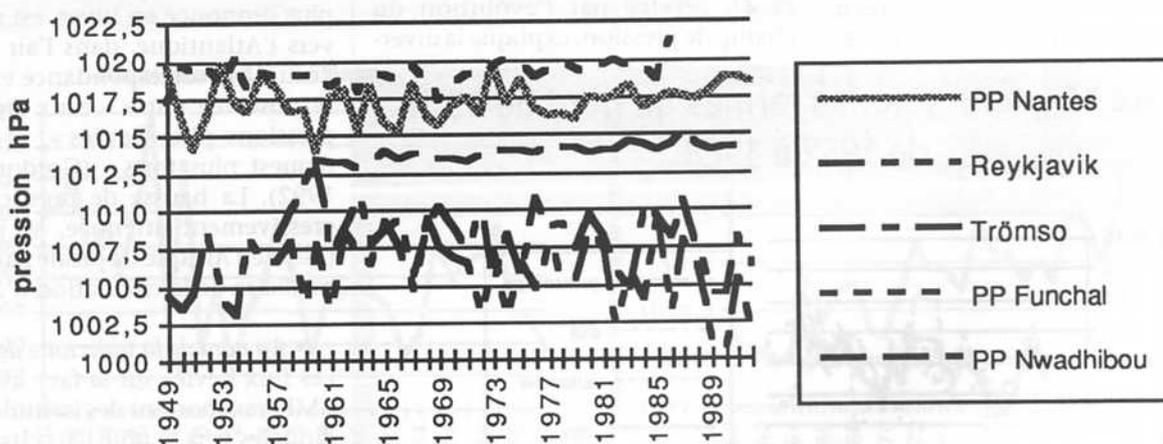
Figure 12 - Evolution schématisée des paramètres climatiques dans l'espace atlantique nord depuis le début du siècle



land (les plus fréquents), mais sur la route des descentes polaires directes (trajectoire « scandinave » moins fréquente). Baisse de pression, réchauffement et hausse des pluies concernent alors les régions balayées par les remontées (dépressionnaires) sur la face avant et au-dessus des anticyclones mobiles. Le réchauffement observé par Kahl *et al.* (1993), à 1500 m et 3000 m dans l'Arctique, témoigne de cette intensification des transferts d'air chaud vers le pôle au-dessus des AMP pelliculaires.

Ce schéma fonctionne à toutes les échelles de temps, de l'échelle synoptique à l'échelle saisonnière, de l'évolution climatique récente à l'échelle paléoclimatique (M. Leroux, 1993a). Des courbes schématiques, aux pentes inversées de part et d'autre de l'optimum climatique des années 1930-1960 (1930-40 dans l'Arctique, 1940-50 voire 1960 en allant vers le sud), illustrent l'évolution de l'intensité des échanges méridiens, de la dynamique et de la violence des perturbations, des pressions, des températures et des précipitations (Figure 12). Toute modification de l'intensité de l'écoulement initial d'air froid (qui conditionne la puissance des AMP) est dynamiquement réper-

Figure 13 - Evolution récente de la pression à Trömso (Norvège), Reykjavik (Islande), Nantes (France), Funchal (Madère) et Nwadhizou (Mauritanie)



cutée sur les autres paramètres. Les tendances, positives ou négatives, sont ainsi depuis les années 1960 accentuées lors des périodes : 1958-62, 1970-74, 1980-85, et depuis 1989.

De telles covariations apparaissent depuis la fin de l'optimum climatique dans les courbes présentées en exemple. Dans une même station, comme à Trömso (**Figure 7**) où la température (Tx) augmente quand la pression baisse, ou à Reykjavik (**Figure 7**) où les précipitations augmentent quand la pression baisse. Des covariations apparaissent également entre différentes stations de l'espace atlantique. La pression augmente à Nantes, Funchal et Nwadhobou, lorsqu'elle baisse à Trömso et Reykjavik (**Figure 13**). Quand la pression augmente à Nantes les pluies s'élèvent à Reykjavik, mais elles baissent au contraire à Dakar, et ainsi (**Figure 14**) la pluie... *diminue dans le Sahel lorsqu'elle augmente en Islande...* Il serait naturellement erroné d'évoquer alors des relations causales entre ces paramètres (il serait également absurde d'écrire que « la pluie sahélienne dépend du creusement de la dépression d'Islande »), puisque la cause commune des covariations observées est extérieure à ces paramètres et relè-

ve d'une dynamique commune commandée par les AMP.

Conclusion

L'Atlantique nord forme une unité de circulation dans laquelle les évolutions climatiques régionales sont dynamiquement interdépendantes.

Des faits similaires, obéissant à la même dynamique des échanges méridiens commandée par les AMP, sont observés dans l'espace Pacifique nord :

- Refroidissement de l'air et de l'eau, jusqu'à $-1,5^{\circ}\text{C}$ à l'échelle moyenne annuelle (P.D. Jones, 1990) sur la trajectoire des AMP, très marqué à l'ouest au débouché sur le Pacifique des AMP venant de l'Asie.

- Réchauffement le long de la côte ouest des Etats-Unis, notamment en Alaska qui enregistre « le plus fort réchauffement des températures de surface de l'hémisphère nord » (K.E. Trenberth, 1991), en raison de la canalisation sur la face avant des AMP et par les Rocheuses d'air chaud vers

le nord, et pour la même raison hausse des précipitations, parfois de façon très brutale (comme en janvier 1995 dans le nord de la Californie).

- Hausse des pressions sur la trajectoire de l'air froid, donc dans l'agglutination anticyclonique pacifique dite « des Hawaï », mais à l'inverse une « dépression des Aléoutiennes » plus étendue et plus creusée, en été de 2 hPa, et en hiver « de manière remarquable de 9 hPa » entre 1965 et 1988 (H. Flohn *et al.*, 1990 ; K.E. Trenberth, 1991).

Ces **faits réellement observés** montrent qu'une estimation de l'évolution climatique à l'échelle globale, voire hémisphérique, n'est pas significative. Les distorsions entre prévision et réalité soulignent l'obligation de déterminer *les relations dynamiques réelles* entre les phénomènes, en *préalable indispensable* à tout traitement « statistique ». A ce titre, dans l'augmentation récente de la température, qui n'est que de l'ordre de $0,1^{\circ}\text{C}$ à $0,2^{\circ}\text{C}$ depuis les années 1960 (**Figure 1**), une fraction qu'il conviendra d'estimer, doit être attribuée à l'intensification des remontées de sud sur la face avant des AMP (poids relatif dans les données thermiques de l'hémisphère nord des stations situées à l'est de l'Atlantique et du Pacifique ?). Le pic de 1990 marque-t-il la fin du léger avantage passager du réchauffement sur le refroidissement dans l'hémisphère nord ?

Les faits d'observation révèlent encore l'absence de représentativité du scénario « réchauffement global » imaginé par les modèles, qui est en particulier clairement *démenti* par les températures arctiques. Ces modèles de simulation climatique, issus des modèles de prévision numérique du temps, « n'intègrent pas les processus qui affectent les régions polaires », comme le soulignent J.D. Kahl *et al.* (1993). Comme ils n'intègrent pas les mécanismes, pourtant fondamentaux, des échanges méridiens commandés par les AMP, ils se révèlent inaptes à rendre compte de l'évolution réelle du climat.

Les faits d'observation soulignent également la nécessité de replacer

Les inondations bretonnes liées à l'effet de serre ?

Après la sécheresse hivernale qui a duré quatre années, c'est au tour des inondations récentes qu'a connu la France d'être désignées comme premières conséquences de l'effet de serre additionnel, connu aussi sous le nom de changement climatique global. Tout écart à la moyenne — qui, rappelons-le, est la norme en météorologie — est aussitôt attribué à l'effet de serre, et à l'action de l'homme qui bouleverse le climat. Il y a encore quelques décennies, on entendait « ce doit être la faute des satellites qu'ils ont envoyés là haut ». Aujourd'hui, l'on peut entendre de la part de scientifiques qu les accidents climatiques « sont sans doute dus à l'accroissement des émissions anthropiques de gaz à effet de serre ». C'est un peu plus compliqué, mais pas beaucoup plus intelligent.

En général, le schéma utilisé pour attribuer la pluie à l'effet de serre est simplifié pour ne pas dire simpliste. Il peut se résumer par exemple ainsi : effet de serre -> chaleur -> évaporation -> pluie.

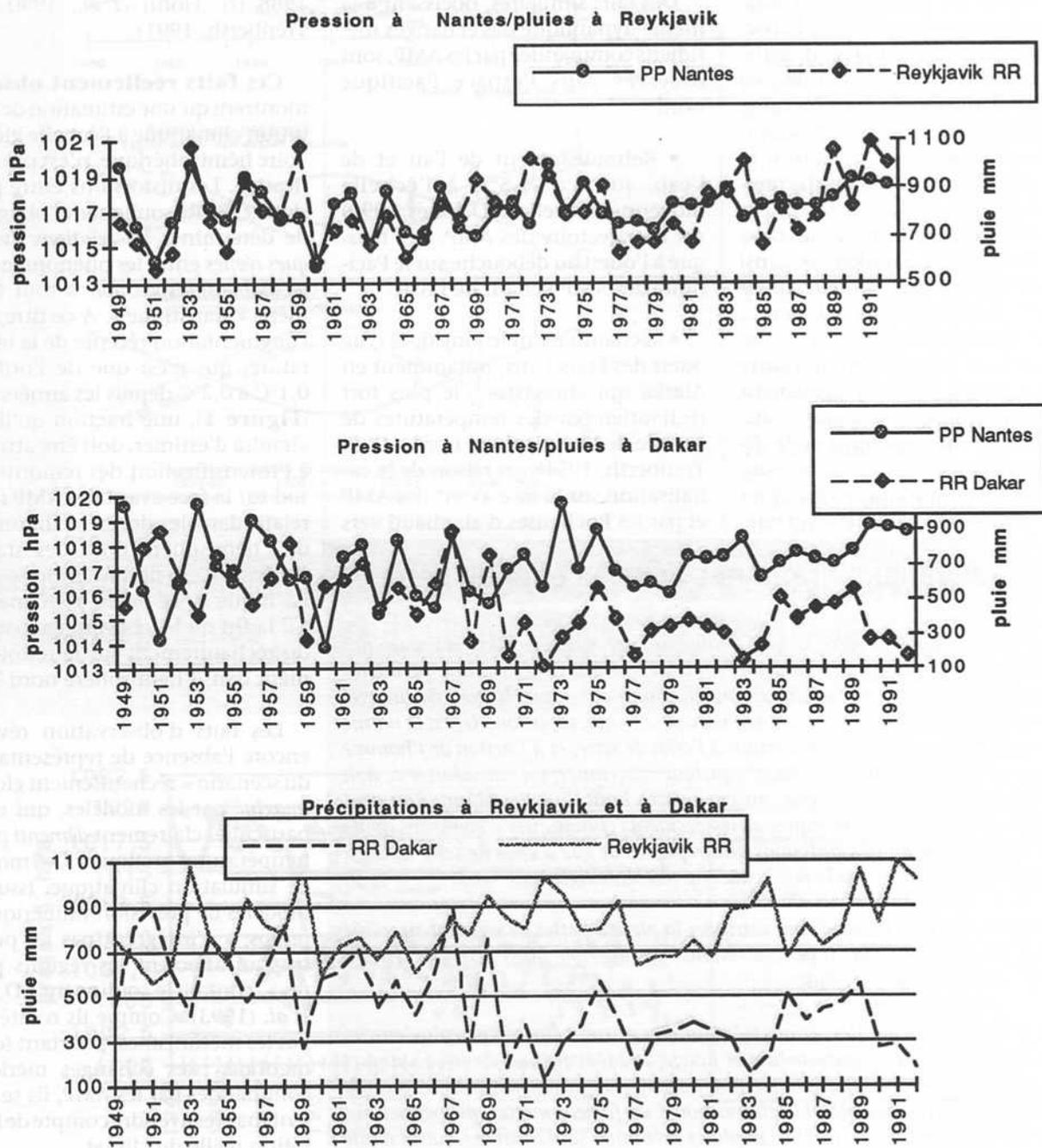
Notons tout d'abord que des régions très humides peuvent être très peu pluvieuses : le littoral saharien, les bords de la mer Rouge, la Méditerranée en été. Expliquer l'accroissement des précipitations suppose de tenir compte des mécanismes réels de la pluie, qui exigent en général l'intervention d'un facteur mécanique permettant de soulever la masse précipitable. Les pluies bretonnes sont ainsi le résultat d'une succession rapide d'anticyclones mobiles polaires, qui permettent à la fois une advection et un soulèvement, indispensables à la formation des nuages. E. Grenier

des événements (apparemment isolés) dans une évolution climatique dans laquelle, depuis la fin de la clémence de « l'optimum climatique », le temps, contrairement aux prévisions, a tendance à devenir de plus en

plus irrégulier et de plus en plus violent. Cette violence s'exprime déjà sur l'Amérique du Nord, où les AMP plus puissants accroissent l'intensité des blizzards, la fréquence des tornades et inondations, tandis que sont

enregistrés des records de chaud (face avant des AMP), mais aussi des records de froid lors du passage des AMP. Cette violence du temps se manifeste aussi en Europe occidentale, avec une fréquence accrue des

Figure 14 - Evolution récente de la pression à Nantes (France) et des précipitations à Reykjavik (Islande) et à Dakar (Sénégal)



coups de vent et des tempêtes (WMO, 1992).

En France, comme le révèle l'augmentation particulièrement nette de la pression :

- L'irrégularité du temps se manifeste par de longues périodes anticycloniques sans pluie (voire des « sécheresses »), avec absence de neige en montagne (cf. *Fusion* n°48, 1993), et des vagues de froid associées à des AMP méridiens (de la neige sur la Sainte-Victoire près d'Aix-en-Provence le 21 octobre 1993, et encore plus tôt sur Clermont-Ferrand le 16 septembre 1994 !), et/ou des vagues de chaleur tout aussi inattendues par remontées puissantes d'un flux de sud ou situation de stabilité anticyclonique persistante.

- La violence des perturbations se traduit par des vents tempétueux, des pluies intenses et prolongées (avec inondations comme en Bretagne en janvier 1995), des manifestations orageuses avec grêle, et lorsque s'additionnent des facteurs aggravants des inondations dramatiques comme celles du Grand-Bornand (1987), de Nîmes (1988), de Vaison-la-Romaine (1992), de Pertuis/Aix-en-Provence et du versant oriental de la Corse (1993). Ces manifestations violentes, qui accroissent progressivement le risque naturel d'origine météorologique, semblent ainsi signifier un retour très lent aux conditions météorologiques plus sévères qui régnaient, avant l'optimum climatique, au début du siècle, voire à la fin du siècle dernier. ■

Marcel Leroux est géographe à l'Université Jean Moulin, à Lyon. Cette analyse se fonde sur les nombreux travaux, réalisés ou en cours de réalisation sur l'espace atlantique nord, par les chercheurs du Laboratoire de Géographie Physique (LGP) de l'Université J. Moulin, actuellement à Lyon ou momentanément à l'étranger : S. Aubert, J. Comby, O. Dione, Ph. Gachon, V. Gaillard, D. Guimard, I. Guyonnet-Beral, V. Mollica, E. Millet, E. Moreau, J.B. Ndong, P. Passerat de la Chapelle, J. Reynaud, X. Sirot, S.H. Omar, N. Zeineddine.

Références

- A.I.C. (Association Internationale de Climatologie), 1994 : La sécheresse en Méditerranée et dans les pays environnants, in Vol. 6, P. Maheras éditeur, Publ. AIC, 729 p.
- Balling R.C., Idso S.B., 1989 : Historical temperature trends in the United States and the effect of urban population growth. *Journal of Geophys. Res.*, vol. 94, D3, 3359-3363.
- Diaz H.F., Bradley R.S. & Eischeid J.K., 1989 : Precipitation fluctuations over global land areas since the late 1800's. *Jour. of Geophys. Res.*, vol. 94 n° D1, 1195-1210.
- Flohn H., Kapala A., Knoche H.R., Machel H., 1990 : Recent changes of the tropical water and energy budget and of midlatitude circulations. *Climate Dynamics*, 4, 237-252.
- Gordon A.L., Zebiak S.E., Bryan K., 1992 : Climate variability and the Atlantic Ocean. *EOS*, vol. 73, n° 15, 161, 164-165.
- Jones P.D., 1990 : Le climat des 1000 dernières années. *La Recherche* n° 219, 304-312.
- Kahl J.D., Charlevoix D.J., Zaltseva N.A., Schnell R.C., Serreze M.C., 1993 : Absence of evidence for greenhouse warming over the Arctic Ocean in the past 40 years. *Nature*, vol. 131, 335-337.
- Karl T.R., Diaz H.F. & Kukla G., 1988 : Urbanization : its detection and effect in the United States climate record. *Journal of Climate* vol. 1 n° 11, 1029-1123.
- Kukla G., 1989 : Recent climate change in the United States. *Carbon dioxide res. Div., US Dep. of Energy, Res. proj.*, 4 p.
- Kukla G., 1990 : Present, past and future precipitation : can we trust the models ? *Greenhouse effect, sea-level and drought*. R. Paepe & al. Eds. NATO ASI ser. C 325, 109-114.
- Lenoir Y., 1992 : La vérité sur l'effet de serre. Le dossier d'une manipulation planétaire. *Sciences et Société*, Editions La Découverte, 173 p.
- Leroux M., 1993-a : The Mobile Polar High : a new concept explaining present mechanisms of meridional airmass and energy exchanges and global propagation of paleoclimatic changes. *Global and Planetary Change*, 7, 69-93.
- Leroux M., 1993-b : Sécheresse et dynamique de la circulation dans l'hémisphère nord. *Publ. A.I.C.*, vol. 6, 69-82.
- Lindzen R.S., 1990 : Some coolness concerning global warming. *Bull. Am. Met. Soc.* vol. 71 n° 3, 288-299.
- Mansfield D.A., 1993 : The storm of 10 January 1993. *The Meteorological Magazine*, vol. 122, n° 1452, 140-146. *W.M.O.*, 1993. *Nouvelles du climat mondial*, n° 3, p. 14.
- Meteo-France, 1992 : Le point sur l'évaluation scientifique de l'évolution du climat. *Rapport du G.I.E.C., Phénomènes Remarquables*, n° sp. n° 7.
- Michaels P.J., 1992 : *Sound and fury. The science and politics of global warming*. Cato Institute, 196 p. ; 1994 : *World climate review*, University of Virginia, Charlottesville.
- Morgan M.R., Drinkwater K.F., Pocklington R., 1993 : Temperature trends at coastal stations in Eastern Canada. *Climatological Bulletin* 27(3), *Envir. Canada*, 135-153.
- Read J.F., Gould W.J., 1992 : Cooling and freshening of the subpolar North Atlantic Ocean since the 1960s. *Nature*, vol. 360, 55-57.
- Rogers J.C., 1989 : Seasonal temperature variability over the North Atlantic Arctic. *Proc. 13th Annual Climate Diagnostics Workshop, NOAA-NWS*, 170-178.
- Rogers J.C., Rohli R.V., 1991 : Florida citrus freezes and polar anticyclones in the Great Plains. *Journal of Climate*, vol. 4, n° 11, 1103-1113.
- Serreze M.C., BOX J.E., BARRY R.G., WALSH J.E., 1993 : Characteristics of Arctic synoptic activity, 1952-1989. *Meteorol. Atmos. Phys.*, 51, 147-164.
- Trenberth K.E., 1991 : Recent climate changes in the northern hemisphere. *Greenhouse-gas-induced climate change : a critical appraisal of simulations and observations*. Elsevier, M.E. Schlesinger (Ed.), 377-390.
- Wallen C.C., 1984 : Present century climate fluctuations in the northern hemisphere and examples of their impact. *WCISP, WCP-87, WMO/TD* n° 9.
- W.M.O., UNEP, 1992 : *The Global Climate System, Global system monitoring*, 110 p., (p. 162).
- W.M.O., 1994 : *WMO statement on the status of the global climate in 1993*. *WMO-N° 809*, 20 p.