

Marcel LEROUX

Laboratoire de Géographie
Physique de l'Université Jean-
Moulin
UMR 5600 "Environnement-
Ville-Société"

Climat local, climat global

RESUME :

L'évolution récente des températures de la France semble, à première vue, confirmer le scénario du "réchauffement global". Mais la hausse des températures, qui ne concerne pas toutes les stations, peut être attribuée (sans que l'on connaisse les parts respectives) à la topographie et à l'effet "de serre" urbain et notamment aux températures nocturnes. Mais l'influence de la ville est loin de tout expliquer : le facteur dynamique intervient par les advections chaudes de sud et par le caractère anticyclonique renforcé et de longue durée qui accroît l'effet de la stratification aérologique urbaine sur les températures.

MOTS CLES :

Effet de serre urbain, évolution des températures, échelles du climat.

ABSTRACT :

The recent trend of French temperature seems, at first, confirm the scheme of the "global warming". But increasing of temperatures, which is not observed in every station, can be attributed (the true contributions being unknown) to topography and to the urban greenhouse effect, namely to the nocturnal temperatures. But the influence of the town is far to explain the whole : the aerological dynamics commands the warm southern airstreams and the strengthened and long lasting anticyclonic character which increases the effect of the aerological urban stratification on temperatures.

KEY WORDS :

Urban greenhouse effect, temperature change, scales of climate.

L'idée d'un réchauffement global (scénario dit de l'effet de serre ou **global warming**) repose sur trois points : sur les prévisions de modèles numériques climatiques, sur le constat que le taux de CO₂ augmente, et sur des courbes thermiques moyennes à l'échelle hémisphérique ou globale dites "observées" censées confirmer les prévisions. Les modèles ont en outre imposé le concept d'évolution "globale" du climat, le globe tout entier étant censé évoluer dans son ensemble, dans le même sens, avec toutefois des intensités différentes en fonction des latitudes. De ces trois points, un seul est certain : le taux de CO₂ augmente. Les prévisions des modèles numériques, notamment thermiques, sont fortement mis en doute (Lenoir, 1992 ; Michael, 1992 ; Leroux, 1996) et la représentativité des courbes thermiques hémisphériques et/ou globales de température "reconstituée", est fortement sujette à caution. Des réserves sont en particulier émises sur l'instrumentation, sur les sites d'observation, sur la densité et la fiabilité des données, sur les fichiers utilisés, sur la compatibilité des données marines et continentales, et sur les corrections apportées entre les fichiers, qui peuvent être de l'ordre de grandeur du changement global (Jones et Briffa, 1992). Quant à la précision des mesures, il est évidemment difficile de diagnostiquer une augmentation de température de l'ordre de 0,3 à 0,6 °C depuis un siècle si l'on considère qu'il est très difficile, et cela l'était davantage il y a un siècle, de définir la température à ce degré de précision. Une critique fréquente concerne la représentativité des données continentales influencées par l'îlot de chaleur urbain. La pertinence de cette critique peut être examinée à la lumière des températures françaises.

EVOLUTION RÉCENTE DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE DE LA FRANCE

La mesure de la température est réalisée à l'échelle locale, celle de la station d'observation (échelle stationnelle) dans 31 stations françaises bien réparties sur le territoire, auxquelles s'ajoutent deux stations suisses, Genève et Bâle, au cours de la période 1950-1993. Sont mesurées par jour, la température minimale (Tn en °C) et la température maximale (Tx en °C). Sont ensuite calculées, l'amplitude thermique journalière, Δm en °C (Tx - Tn), et la température moyenne journalière, Tm en °C (par commodité selon la formule : $T_x + T_n / 2$, dont le résultat diffère peu de la moyenne réelle de 24 valeurs horaires). Ces stations sont en majorité situées sur des aéroports relativement proches d'agglomérations urbaines, la plupart entre 2 et 12 kilomètres du centre-ville.

Soulignons d'emblée que l'évolution de la température moyenne (Tm) en France (fig. 1 d'après A. Troccon, 1996), révèle d'abord de façon nette les "accidents" thermiques négatifs associés aux éruptions volcaniques majeures : en 1956 le Bezymianny (Kamtchatka), en 1963 le Gunung

Agung (Indonésie), en 1980 le Mount St Helens (Alaska), en 1985 le Nevado del Ruiz (Colombie) et en 1991 le Pinatubo (Philippines). Les silicates et sulfates projetés dans la basse stratosphère forment écran au rayonnement solaire et font brusquement chuter les températures pendant un an ou deux, chute qui peut atteindre 1 °C à l'échelle des moyennes.

La courbe de la figure 1 montre en outre, d'une manière générale, une augmentation de la température française, surtout depuis les années 1970, les dernières décennies ayant une tendance nettement marquée à la hausse. Cette courbe semble ainsi confirmer (mais seulement de façon récente) le réchauffement annoncé, la hausse de température pouvant être estimée, à partir des moyennes des 5 premières et dernières années, à 0,62°C. En raison de la situation des stations, elles subissent donc plus ou moins fortement l'influence du dôme de chaleur associé à la ville. On pourrait ainsi conclure que l'évolution de la température en France, apparente confirmation du réchauffement global, est en réalité associée à l'évolution des villes françaises dans lesquelles ou à proximité desquelles les stations d'observation sont installées, certaines ayant été progressivement englobées dans la ville elle-même ou dans l'extension de son dôme de chaleur. C'est ce que conclut Goodridge (1996) pour la Californie en comparant l'évolution thermique des villes (fig. 2), de plus d'un million d'habitants, de 100 000 à 1 million d'habitants et de moins de 100 000 habitants : "l'apparent **global warming** est en réalité dû à la déperdition de chaleur qui affecte seulement les surfaces urbanisées", le réchauffement global n'étant ainsi, en Californie, qu'un phénomène urbain. Est-ce aussi simple, et qu'expriment en réalité les données de température ?

L'EFFET "DE SERRE" URBAIN

Ainsi que le souligne Hufty (1997), "il est difficile d'isoler l'effet de l'urbanisation de ceux de la topographie, du terrain ou de la situation...", comme le montrent les analyses (dans ce numéro) des climats des villes comme Lyon, Saint-Etienne, Annecy et Chambéry, la climatologie urbaine étant souvent davantage une topoclimatologie locale, car selon Carrega (1997) "tous les postes de mesure - sans exception - n'expriment que leur topoclimat".

Les courbes des températures minimales moyennes et maximales moyennes montrent que ce sont les Tn, c'est-à-dire les températures minimales (fig. 3), qui s'élèvent progressivement, notamment depuis les années 1970. Ce sont donc les températures nocturnes qui déterminent la tendance thermique moyenne exprimée par les

températures moyennes (T_m , fig. 1). Les températures maximales (fig. 4) ne montrent par contre aucune tendance bien marquée : un maximum s'inscrit dans la période de l'optimum climatique contemporain (dans les années 1950-1960) et un autre maximum intervient au cours des deux dernières décennies.

L'existence de la ville entraîne d'une manière générale (Oke, 1987 ; Escourrou, 1991 ; Beral-Guyonnet, 1997 ; Hufty, 1997) :

- une diminution de l'albedo par rapport à l'espace environnant (donc une absorption relativement plus élevée du rayonnement),
- une atténuation du rayonnement solaire direct par la pollution de 5 à 10%, baisse compensée par un pourcentage accru du rayonnement diffus (dans l'infrarouge, les particules en suspension augmentant la diffusion) ; le stockage de chaleur (auquel s'ajoute en hiver l'émission anthropique) provoque un décalage thermique d'une heure ou deux (par rapport au rythme diurne cosmique),
- une diminution de la vitesse du vent en raison de la rugosité de la surface bâtie.

Cela se traduit par l'apparition de températures plus élevées dans la partie centrale des agglomérations qui forment un îlot de chaleur décroissant du centre vers la périphérie. Cet îlot de chaleur urbain apparaît surtout la nuit et sous le vent de la ville. La ville est en effet surmontée, au-dessus des toitures, par une couche urbaine (*urban boundary layer*) dont l'épaisseur est de l'ordre de 200 à 300 mètres pendant la nuit, mais supérieure à 500 mètres pendant le jour (fig. 5). La strate inférieure ou couche de surface est turbulente (davantage le jour) en raison des échanges permanents de chaleur et d'humidité. Au-dessus une couche mixte est stable pendant la nuit, mais par contre représente une couche de mélange pendant le jour (Hufty, 1997). La couche de surface nocturne est chaude et l'air pollué est concentré pendant la nuit dans les basses couches en raison de la relative stabilité de l'air. La couche de surface s'épaissit pendant la journée et devient instable, le taux de pollution diminue alors relativement en raison de l'accroissement du volume d'air concerné.

Les conditions optimales d'existence du dôme de chaleur se réalisent ainsi au cours de la nuit et sont favorisées par situation anticyclonique (qui réduit encore l'épaisseur de la couche urbaine, notamment la nuit, et concentre la pollution), par temps clair (la nébulosité nivelant les conditions urbaines et rurales) et par vent faible ou calmes (qui ne dispersent pas la pollution).

L'altération thermique introduite par les villes (*urban bias*) est diversement estimée, par exemple à 0,1°C pour l'hémisphère nord (Jones et al., 1989). Elle est de 0,1°C à 0,4°C pour les États-Unis, altération de même amplitude que la

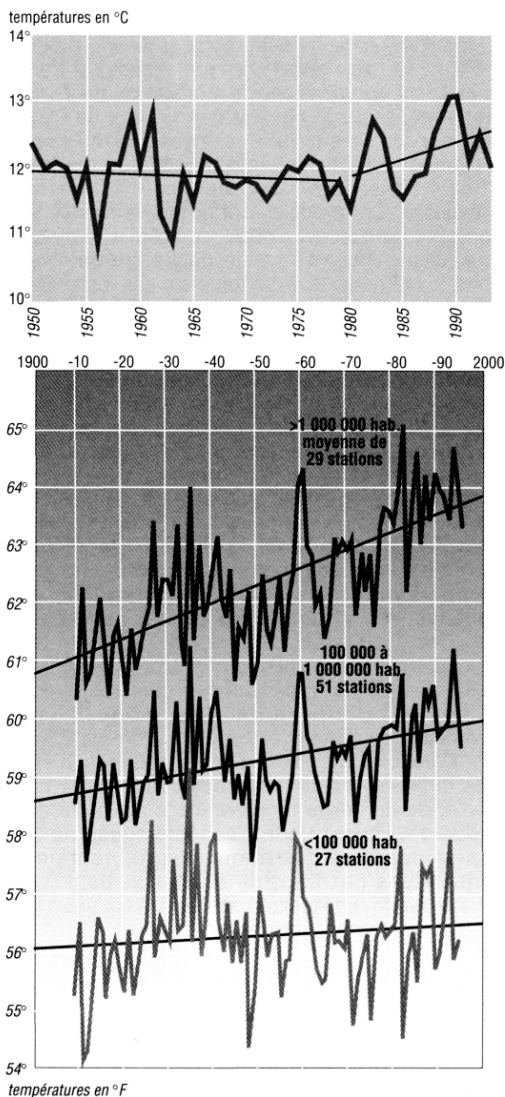


Figure 1 : Evolution de la température moyenne (°C) en France de 1950 à 1993 (d'après Troccon, 1996)

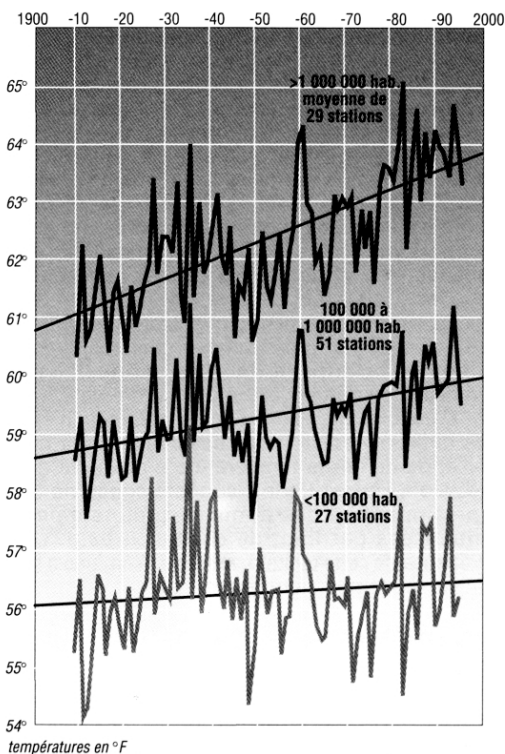


Figure 2 : Evolution de la température (°F) de 107 stations californiennes de 1909 à 1994 (d'après Goodridge, 1996)

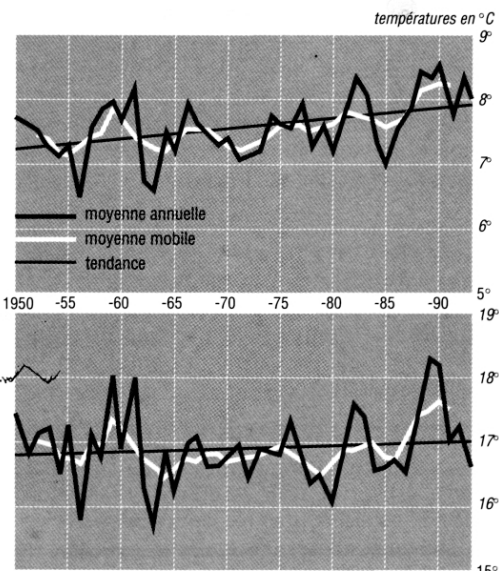


Figure 3 : Evolution des températures minimales moyennes (°C) en France de 1950 à 1993 (d'après A. Troccon, 1996)

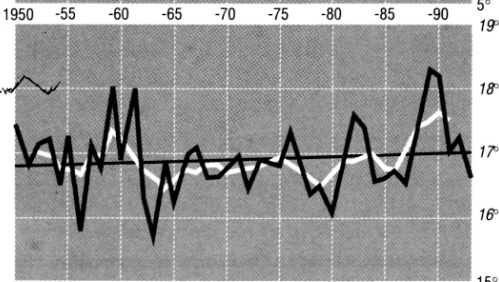


Figure 4 : Evolution des températures maximales moyennes (°C) en France de 1950 à 1993 (d'après A. Troccon, 1996)

Figure 5 : Les couches urbaines (Urban boundary layers) :
a. nuit ; b. jour

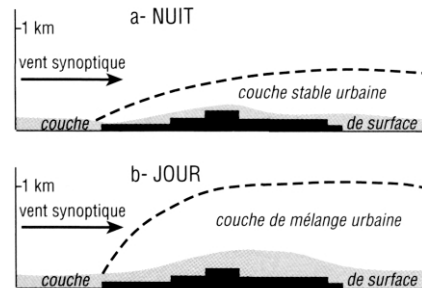
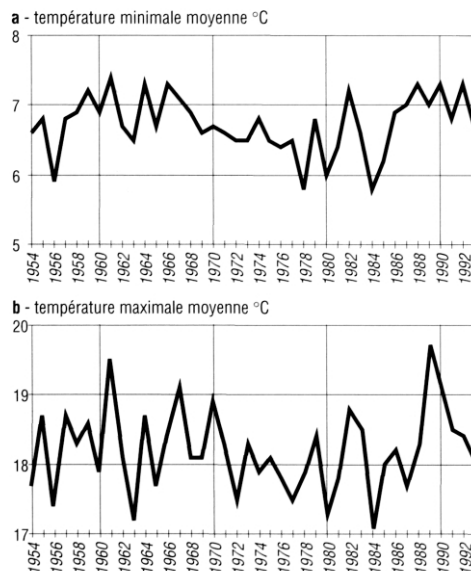


Figure 6 : Evolution des températures à Saint-Auban (04) de 1954 à 1993 :

a. température minimale moyenne °C
b. température maximale moyenne °C



tendance thermique générale, les courbes devant être ainsi corrigées de l'effet urbain (**urbanization adjusted**, Karl *et al.*, 1989).

La comparaison des courbes moyennes (fig. 3 et 4) et des courbes de Saint-Auban (aérodrome de Château-Arnoux dans les Alpes de Haute Provence, fig. 6) souligne l'influence de la ville dans le comportement thermique. A Saint-Auban, station rurale, les températures minimales ne montrent en effet aucune tendance marquée, et les températures maximales décroissent même dans les années 1970-1980.

Ainsi tout semble dit, mais l'influence urbaine suffit-elle à expliquer l'évolution thermique en France ? Comme la station de Saint-Auban, d'autres stations, bien que situées aux abords immédiats d'une agglomération, ne montrent pas une hausse des températures maximales, mais une relative stagnation, voire une tendance au refroidissement (Trocon, 1996). La ville commande donc en partie l'évolution thermique, mais elle ne suffit pas à l'expliquer totalement. Intervient également le facteur dynamique qui coiffe les comportements thermiques locaux, notamment celui qui organise le temps dans

l'unité de circulation de l'Atlantique nord, unité aérologique dans laquelle se trouve la France.

EVOLUTIONS CLIMATIQUES RÉGIONALES DANS L'ESPACE ATLANTIQUE NORD

Les modèles imposent non seulement le concept (erroné) de climat global, mais ils sont encore particulièrement réducteurs en ramenant l'évolution dite climatique à un seul paramètre, la température. Le rapport du GIEC (ou IPCC en anglais, OMM-PNUE, 1996) est symptomatique de cet état d'esprit : "les valeurs régionales des températures pourraient être sensiblement différentes de la moyenne globale mais il n'est pas encore possible de déterminer avec précision ces fluctuations", ce qui signifie que la valeur moyenne serait connue "avant" les valeurs locales permettant de l'établir... On constate pourtant que les variations climatiques observées sont surtout régionales ou locales, et qu'elles sont principalement organisées par le facteur dynamique.

Tel est le cas dans l'espace aérologique de l'Atlantique nord (fig. 7) où les évolutions climatiques sont différentes en fonction des régions (Leroux, 1994, 1996), c'est-à-dire de la position par rapport à la trajectoire des anticyclones mobiles polaires (AMP) ;

- le bassin arctique : après s'être réchauffé rapidement de la fin du XIX^e siècle jusque vers les années 1930-40, l'Arctique se refroidit lentement, en toutes saisons (Rogers, 1989). 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 (Kahl *et al.*, 1993), refroidissement qui constitue le démenti le plus flagrant aux prévisions des modèles ;

- l'Amérique du Nord, le Groenland : un refroidissement est observé dans l'Arctique canadien et dans l'est du Canada, les records de froid étant constamment battus. La baisse maximale est enregistrée au Groenland et dans les Provinces maritimes du Canada (Morgan *et al.*, 1993). Toute la partie centrale et orientale des Etats-Unis observe une tendance continue au refroidissement, jusqu'au pourtour du Golfe du Mexique (Kukla, 1989). Les vagues de froid atteignant le Golfe, peu sévères pendant les années 1950, se sont aggravées depuis les années 1970 (Rogers et Rohli, 1991), accompagnées par une augmentation de fréquence des perturbations violentes, blizzards et tornades ;

- le nord-est de l'Atlantique (Mer de Norvège et bordures) enregistre une évolution originale marquée 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, dépassant 3°C (Reynaud, 1994) ;

- dans l'Atlantique on observe une forte tendance au refroidissement depuis les années 1960, dans l'air comme dans l'eau, du Groenland jusqu'à l'Europe, et le long des côtes africaines jusqu'aux îles du Cap-Vert ;

- l'Europe occidentale a plutôt tendance à se "réchauffer", mais plus faiblement que la Mer de Norvège, en raison des intenses remontées d'air chaud sur la face avant des AMP, remontées de secteur sud et sud-ouest dont la fréquence est en nette augmentation dans l'ouest de la France (Lemasson et Regnaud, 1997), entraînant en Bretagne "une hausse de la fréquence des vents forts et de tempête depuis les années 1970" (Audran, 1998, com. pers.).

C'est sans doute pour cette raison (en sus du facteur urbain à des degrés divers) que les stations proches du littoral, comme Biarritz, Bordeaux (fig. 8), Nantes, Brest, Rennes, Cherbourg, ont des températures minimales et maximales également en hausse marquée.

En Méditerranée (fig. 7) le schéma atlantique est reproduit en miniature : les stations situées sur le passage des AMP qui se manifestent par les flux accélérés de la tramontane et du mistral n'enregistrent pas de hausse de température comme à Marignane et Perpignan (fig. 9). Les stations orientales, abritées des advections froides et qui bénéficient des intenses remontées de sud sur la face avant des AMP reconstituées sur la Méditerranée, montrent par contre comme à Toulon, Nice, Cannes (fig. 10), Ajaccio et Bastia, un accroissement plus ou moins net des températures minimales et maximales.

Cette intensification des échanges a pour conséquence, sur le passage des anticyclones mobiles polaires, une hausse régulière de la pression atmosphérique sur l'Atlantique (à l'exception de la Mer de Norvège) et sur l'Europe, notamment sur la France (fig. 11). Au cours des années 1970 l'évolution de la pression change de rythme, les fortes variations interannuelles s'estompent et la hausse de pression est constante et générale. Elle dépasse 3 hPa à Berne (Suisse), et sur l'Europe centrale elle atteint 6 hPa à Constantza (Roumanie), se propageant sur l'ensemble du bassin méditerranéen et au-delà sur l'Afrique septentrionale. Cette hausse de pression est encore susceptible, en accroissant la stabilité de la couche urbaine (fig. 5) et en concentrant davantage la pollution nocturne, de favoriser l'effet de serre urbain et la hausse des températures minimales.

La hausse de pression sur la France est également due à la formation de plus en plus fréquente d'agglutinations anticycloniques de longue durée sur l'Europe et le proche Atlantique, en hiver

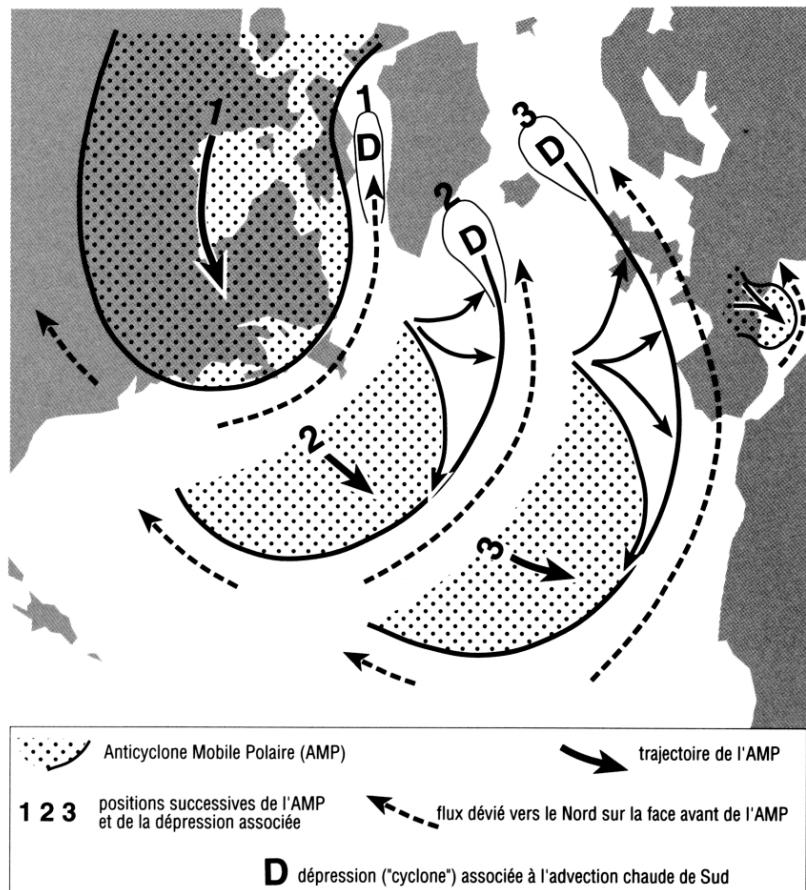


Figure 7 : Dynamique de la circulation dans l'espace Atlantique nord et en Méditerranée

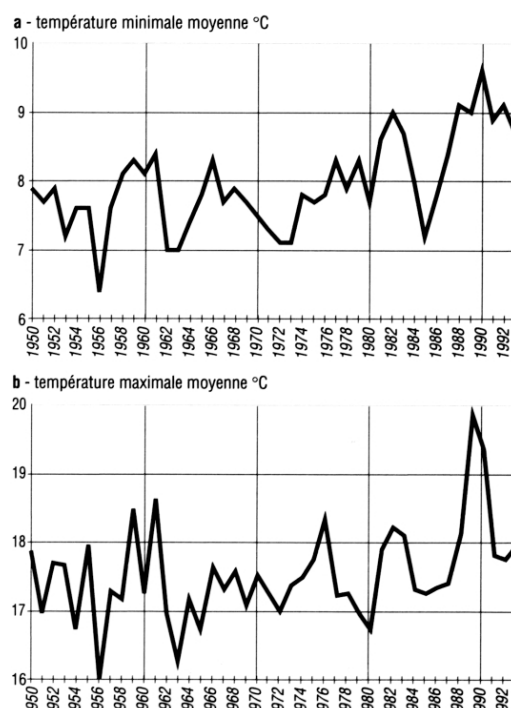
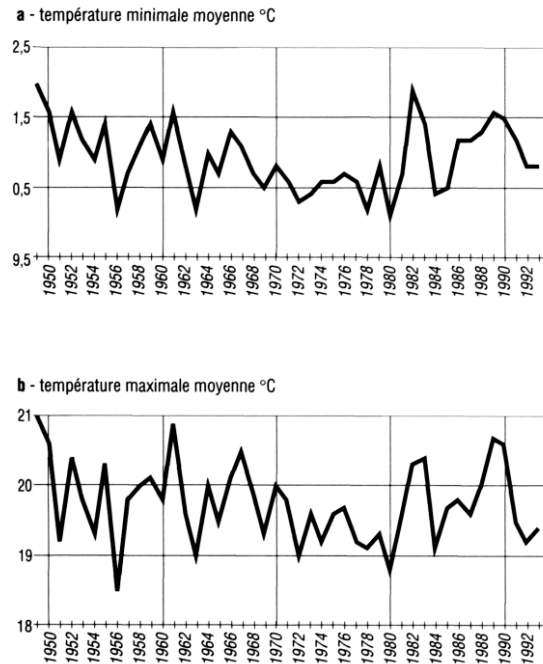


Figure 6 : Evolution des températures à Bordeaux (33) de 1954 à 1993 :
a. température minimale moyenne °C
b. température maximale moyenne °C

Figure 9 : Evolution des températures à Perpignan (66) de 1954 à 1993 :

a. température minimale moyenne °C
b. température maximale moyenne °C



principalement mais aussi en été (Leroux *et al.*, 1992). Les AMP plus nombreux et plus puissants originaires de l'ouest (trajectoire américano-atlantique) et descendant directement de l'Arctique (trajectoire scandinave) se télescopent sur l'Europe et forment d'immenses aires anticycloniques généralement centrées sur l'Europe centrale et débordant sur la Méditerranée, qui mettent ainsi plus longtemps à évacuer l'air froid vers les Tropiques. Les formations nuageuses et la pluie

sont rejetées hors d'Europe sur le pourtour de ces immenses agglutinations anticycloniques. La présence de masses anticycloniques stables, calmes et sans nuage, outre son influence sur les températures minimales, permet à la température de s'élever rapidement en cours de journée, notamment dans les villes (la pression accroissant en outre la conduction moléculaire), favorisant ainsi la hausse des températures diurnes.

Ces agglutinations ont encore un double effet : de réchauffement sur le sud de la France lorsque le flux qui suit la façade méridionale de l'agglutination (sur la Méditerranée) remonte en direction du nord en amenant de l'air relativement chaud, et de refroidissement sur le nord de la France en ralentissant le déplacement des AMP scandinaves dont la trajectoire déborde alors sur la France. L'emprise accrue de ces agglutinations (notamment sur le nord-est de la France) explique-t-elle que les températures n'augmentent pas dans les stations de Besançon, Clermont-Ferrand, Nevers, Reims et Dijon (fig. 12) ? Ces stations ne connaissent-elles pas l'effet urbain, ou bien celui-ci n'arrive-t-il pas à s'exprimer en raison de la baisse de température provoquée par le passage des AMP méridiens récents ?

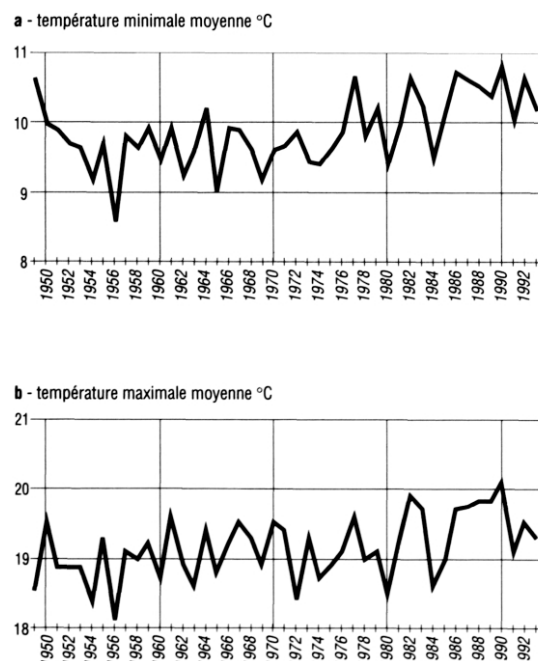
Quelle est la représentativité réelle d'une courbe moyenne de la température française des dernières décennies (fig. 1) et qu'exprime-t-elle véritablement ? Le paramètre température exprime, outre les "accidents" brefs associés au volcanisme, le topoclimat, le microclimat et notamment l'effet de serre urbain, le climat régional en fonction de la dynamique aérologique propre (advection de sud et hausse de pression) en fonction de la position dans une unité de circulation. Mais quelle est alors la bonne équation de répartition entre ces différents facteurs ?

Quelle est encore la signification des courbes thermiques des dernières décennies lorsqu'on les replace dans l'évolution séculaire, exprimée par exemple par les températures moyennes de Lyon Saint-Genis-Laval de 1900 à 1993 (fig. 13), qui révèle l'optimum climatique contemporain des années 1920-1960, la diminution des années 1970 et la croissance des dernières décennies. L'évolution des températures ne suit pas étroitement, ni la progression du taux de CO₂ et de l'effet de serre généralisé présumé, ni celle de la croissance urbaine. Mais, comme la figure 1, elle souligne le tournant climatique majeur au terme des années 1970, qui relève principalement, de manière incontestable, de la dynamique aérologique.

Quelle est alors la représentativité d'une courbe thermique atlantique établie à partir des évolutions climatiques différentes et/ou opposées ? Et quelle

Figure 10 : Evolution des températures à Cannes (06) de 1949 à 1993 :

a. Température minimale moyenne °C
b. Température maximale moyenne °C



est la signification d'une courbe hémisphérique et surtout globale ? Des courbes thermiques isolées de leur contexte météorologique n'ont ainsi qu'une valeur statistique mais pas de valeur climatique, et elles sont ainsi inaptes à traduire la réalité mouvante du climat. L'évolution du climat ne peut en outre être exprimée par une seule variable : les autres paramètres doivent être examinés conjointement, notamment les précipitations, la pression et les caractères des perturbations, qui permettent de rendre compte de la régularité et de la violence du temps.

BIBLIOGRAPHIE

AUDRAN E., 1998, **Variations et dynamique des vents forts sur le littoral de la Bretagne de 1949 à 1996**, Thèse en cours, Géolittomer, Brest, comm. pers.

BERAL-GUYONNET I., 1997, **Le climat et la pollution atmosphérique de l'agglomération lyonnaise**, Thèse, Univ. Jean Moulin, Lyon 3, 520 p.

CARREGA P., 1997, Les topoclimats dans le domaine méditerranéen, Le climat, l'eau et les hommes, **Espaces et Territoires**, Pres. Univ. de Rennes, 281-300.

ESCOURROU G., 1991, **Le climat et la ville**. Géographie d'aujourd'hui, Nathan Université, Paris, 190 p.

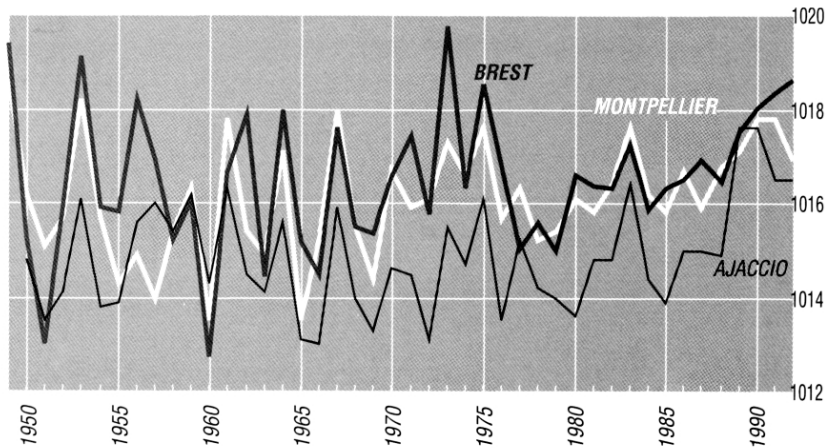
GOOGRIDGE J. D., 1996, Comments on "Regional simulations of greenhouse warming including natural variability", **Bull. of the American Meteorological Society**, vol. 77, n° 7, p. 1588-1589.

HUFTY A., 1997, Les climats urbains, Le climat, l'eau et les hommes, **Espaces et Territoires**, Pres. Univ. de Rennes, 113-128.

JONES P.D., KELLY P.M., GOODESS C.M., KARL T., 1989, The effect of urban warming on the northern hemisphere temperature average, **J. of Climate**, vol. 2 (3), p. 285-290.

JONES P.D., 1992, Global surface temperature variations during the twentieth century : part 1, spatial, temporal and seasonal details, The Holocene, 2, 2, p. 165-179.

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**, 131, p. 335-337.

KARL T.R., DIAZ H.F., KUKLA G., 1989, Urbanization : its detection and effect in the United States climate record, **Journal of Climate**, vol. 1 (11), p. 1029-1123.

KUKLA G., 1989, Recent climate change in the United States. **Carbon dioxide res. Div.**, US Dep. of Energy, Res. Proj. 4 p.

LEMASSON L., REGNAULD H., 1997, Evolution trentenaire des vents littoraux sur le Grand Ouest français, **Norois**, Poitiers, 44 n° 175, p. 417-431.

Figure 11 : Evolution de la pression atmosphérique (hPa) à Brest, Montpellier et Ajaccio de 1950 à 1992

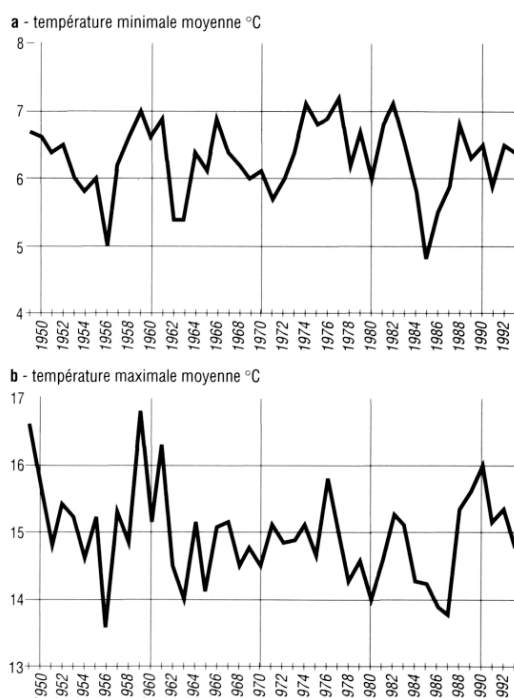


Figure 12 : Evolution des températures à Dijon (21) de 1949 à 1993 :

a. Température minimale moyenne °C
b. Température maximale moyenne °C

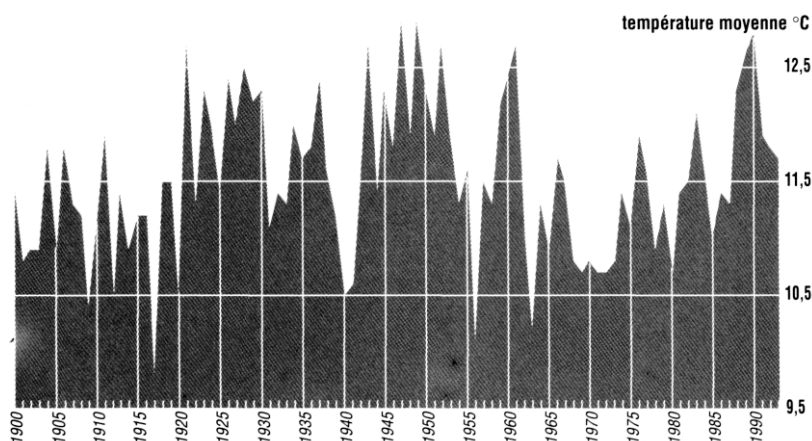


Figure 13 : Evolution de la température moyenne (°C) à Lyon Saint-Genis-Laval de 1900 à 1993

l'espace atlantique nord, du Groenland à la Scandinavie, *Publ. AIC*, 7, p. 268-278.

ROGERS J.C., 1989, Seasonal temperature variability over the North Atlantic Arctic. *Proc. 13th Annual Climate Diagnostics Workshop*, NOAA-NWS, p. 170-178.

ROGERS J.C., ROHLI R.V., 1991, Florida citrus freezes and polar anticyclones in the Great Plains, *Journal of Climate*, vol. 4, 11, p. 1103-1113.

TROCCON A., 1996, *Evolution récente des températures en France, 1950-1993*, Mém. Maîtrise, Lab. Géogr. Phys., Univ. Jean Moulin, Lyon 3, 222 p.

LENOIR Y., 1992, *La vérité sur l'effet de serre. Le dossier d'une manipulation planétaire*, Sc. et Soc., Ed. La Découverte, Paris, 173 p.

LEROUX M., AUBERT S., COMBY J., MOLICA V., PASSERAT DE LA CHAPELLE P., REYNAUD J., 1992, Déficit pluviométrique hivernal sur la France : autopsie des agglutinations anticycloniques des hivers de 1988 à 1992, *Sécheresse*, vol. 3 (2), 103-113.

LEROUX M., 1994, La dynamique du temps et du climat dans l'espace Atlantique nord, *Publ. Ass. Intern. de Climatologie*, vol. 7, AIC/Météo-France, Toulouse, 354-364.

LEROUX M., 1996, *La dynamique du temps et du climat*, Coll. Enseign. des Sciences de la Terre. Ed. Masson, Paris, 310 p.

MICHAEL P., 1992, *Sound and fury. The science and politics of global warming*, Cato Institute, Washington DC, 196 p.

MORGAN M.R., DRINKWATER K.F., POCKLINGTON R., 1993, Temperature trends at coastal stations in Eastern Canada, *Clim. Bull.*, 27 (3), Envir. Canada, p. 135-153.

OKE T.R., 1987, *Boundary layer climates*, Methuen, London, 372 p.

OMM-PNUE, 1996, *Deuxième rapport d'évaluation du GIEC, changements climatiques 1995*, Genève 1996, 64 p.

REYNAUD J., 1994, Evolution récente de la pression en surface et des températures dans

adresse de l'auteur :
Laboratoire de Géographie
Physique de l'Université
Jean-Moulin
18 rue Chevreul
69362 LYON cedex 07