

FLUCTUATIONS DU CLIMAT DANS L'ARCTIQUE DURANT LE XX^E SIÈCLE

J. LITYNSKI, C. GENEST, F. BELLEMARE ET Y. LECLERC

*Laboratoire de climatologie Université du Québec à Trois-Rivières
CP. 500, Trois-Rivières, Québec, G9A 5H7, Canada
litynski@total.net ; claudefgenest@uqtr.ca*

Résumé

L'analyse de la température de 69 stations terrestres de l'Arctique (dont 29 ont les données jusqu'à 2001) a permis de constater qu'il n'y a pas de réchauffement généralisé dans cette région. Les changements de la température ont plutôt le caractère cyclique et le réchauffement observé pendant la période 1980-1998 fait probablement partie d'un cycle. D'ailleurs, les trois dernières années indiquent déjà un refroidissement. La seule région de l'Arctique qui s'est réchauffée de façon significative est l'Alaska et la partie ouest de l'archipel arctique du Canada. Le changement moyen de la température dans l'Arctique entre les deux dernières périodes climatiques (1941-1970 et 1971-2000) est de -0,28°C par 30 ans, soit un léger refroidissement.

Abstract

The analysis of the temperature of 69 Arctic terrestrial stations (29 with data until 2001) indicates the absence of generalized warming in this region. Temperature variations have rather a periodical character and the warming observed between 1980 and 1998 probably is part of a cycle. Furthermore, the last three years indicate a drop of the temperature. Only region of the Arctic area which is getting significantly warmer is Alaska and the western part of the Canadian Arctic Archipelago. The mean difference of the temperature in Arctic between two last climatic periods (1941-1979 and 1971-2000) is -0,28°C by 30 years (light cooling).

Mots-clés : Arctique, climat, température, variations.

Keywords : Arctic, climate, temperature, variations.

Introduction

L'Arctique est une région sensible aux changements climatiques. D'après les modèles du réchauffement global, c'est la région où le réchauffement devrait être le plus marqué. Pour vérifier l'hypothèse du réchauffement de l'Arctique, il faut analyser la température du plus grand nombre possible de stations terrestres qui se trouvent dans cette région. Les mesures effectuées dans l'espace maritime sont beaucoup moins significatives à cause du déplacement des glaces.

Dans ce travail nous avons analysé l'évolution de la température dite «normale» (moyenne de 30 ans) de 69 stations de l'Arctique (périodes 1931-1960 et 1961-1990) et des données annuelles de 29 stations dont 17 dans l'Arctique canadien. Étant donné la distribution inégale des stations (**figure 1**), nous avons dû procéder par la méthode suivante: nous avons divisé l'Arctique en 3 secteurs égaux de 120° de longitude chacun (secteur 1 - Amérique du Nord 60-180°W, secteur 2 - Groenland-Europe 60°W-60°E, secteur 3 - Sibérie 60-180°E). Ensuite, nous avons calculé la température moyenne dans chaque secteur et, finalement, la moyenne générale comme moyenne arithmétique des trois secteurs. Pour faciliter la démonstration du problème, nous avons utilisé l'écart de la valeur de la base qui est la moyenne de la période 1931-1960. Les résultats sont présentés par des courbes et trois cartes: la distribution des stations en Arctique et le résumé des résultats (**figure 1**), le changement de la température entre les périodes climatiques 1931-60 et 1961-90 (**figure 2**) et le changement de la température entre les périodes 1941-70 et 1971-2000 dans l'archipel arctique du Canada (**figure 3**). Étant donné le nombre limité de stations disponibles, il a été impossible de construire les cartes semblables pour d'autres secteurs de l'Arctique pour la période 1971-2000.

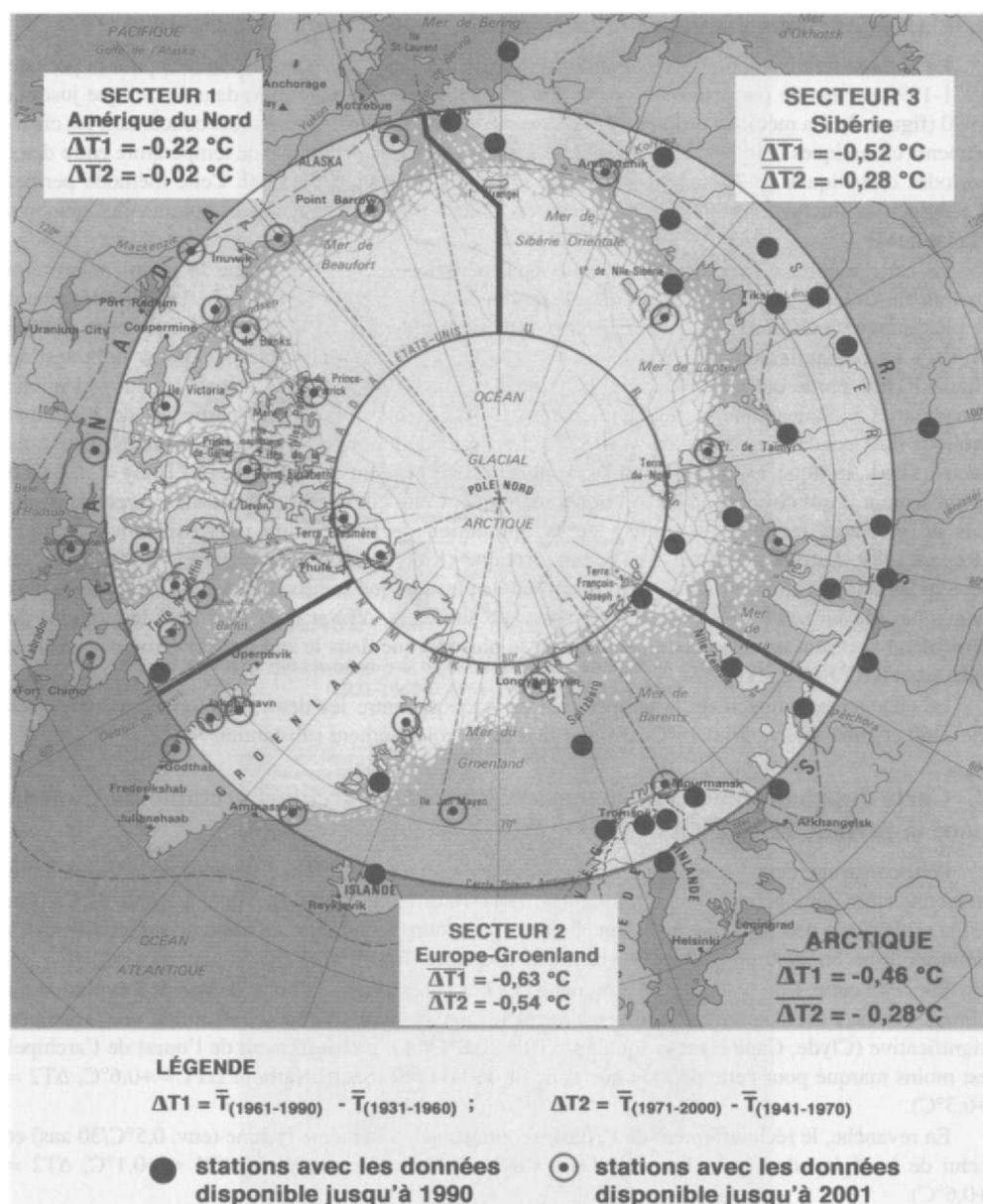


Figure 1 : Stations utilisées et résumé des résultats.

En principe, la période d'étude va de 1900 à 2000, mais nous avons 3 stations dont les séries commencent au XIXe siècle: Vardø (Norvège) à partir de 1841, Godthaab (Groenland) à partir de 1866 et Jakobshavn à partir de 1874.

Les données utilisées dans ce travail proviennent des publications de l' OMM (OMM, 1971, 1996) et canadiennes (Canada, 1967, 1975, 1993) ainsi que des archives canadiennes, américaines et de l'OMM (Données non publiées, 2002).

1. Carte des changements de la température pour la période 1931-1990

Le nombre relativement élevé des stations (69) dont les données sont disponibles pour la période 1931-1990 permet de construire une carte des changements de température dans l'Arctique jusqu'à 1990 (**figure 2**). La méthode utilisée est la même que dans les travaux antérieurs concernant les changements climatiques (Litynski, 1994, 1999); elle est basée sur la différence de température entre deux périodes climatiques de 30 ans consécutives, soit 1931-1960 et 1961-1990. Cette méthode permet d'éliminer les fluctuations avec les périodes trop courtes pour être considérées comme changements climatiques.

La carte montre clairement que la deuxième période est plus froide que la première presque partout en Arctique, sauf en Alaska et dans la région de Sachs Harbour au Canada. Le refroidissement le plus marqué a eu lieu à Ostrov Dickson en Sibérie occidentale et à Svalbard à Spitzberg (ATI = -1,4°C). Le réchauffement de l'Alaska est environ de 0,5°C. A Sachs Harbour (point sud-ouest de Banks Island, partie ouest de l'archipel arctique du Canada) ATI = +0,6°C, mais les autres stations canadiennes indiquent que le refroidissement est surtout marqué dans la partie est de l'archipel arctique du Canada (Cap Dyer AT = -0,9°C). La figure 1 donne le résumé des résultats pour trois secteurs de l'Arctique. Le secteur qui s'est le plus refroidi pendant cette période (ATImoy = -0,63°C) est le secteur 2 qui correspond à l'Arctique atlantique. Cette constatation concorde avec les résultats de plusieurs travaux qui traitent de la diminution de température de l'Atlantique arctique (Rogers, 1989, Leroux, 1995) et de l'océan Arctique (Kahl et al., 1993, Litynski, 1999). Dans ce secteur les stations qui accusent le refroidissement le plus marqué sont Svalbard (déjà mentionnée plus haut), Jan Mayen (ATI = -1,3°C) et Björnøya (Ile aux Ours, ATI = -1,1°C). Toutes les stations du Groenland accusent un refroidissement qui est le plus marqué dans le sud de l'île (Angmagssalik et Jakobshavn ATI = -0,9°C).

Le changement moyen de la température en Arctique entre les deux périodes climatologiques 1931-60 et 1961-90 est de -0,46°C. Il s'agit là d'un refroidissement substantiel.

2. Carte des changements de la température dans l'archipel arctique du Canada pour la période 1941 -2000

Pour construire cette carte nous prenons comme variable AT2, soit la différence de la température moyenne entre deux périodes climatologiques: 1941-70 et 1971-2000. L'archipel arctique du Canada est la seule partie de l'Arctique pour laquelle nous possédons un nombre suffisant de stations avec des données jusqu'en 2000 permettant de construire une carte (**figure 2**).

Sur cette carte, l'on note une division nette des îles canadiennes du point de vue de l'évolution du climat: l'ouest s'est réchauffé, le centre est resté presque inchangé et l'est se refroidit d'une façon très significative (Clyde, Cape Dyer et Iqualuit AT2 = -0,8°C). Le réchauffement de l'ouest de l'archipel est moins marqué pour cette période que celle de 1931-1960 (Sachs Harbour ATI = +0,6°C, AT2 = +0,3°C).

En revanche, le réchauffement de l'Alaska continue selon le même rythme (env. 0,5°C/30 ans) et celui de la région du Grand Lac de l'Ours s'est accéléré (Norman Wells ATI = +0,1°C, AT2 = +0,6°C).

Sur la carte, nous observons deux groupes de stations homogènes du point de vue des changements climatiques: celles situées au bord de la baie de Baffin qui fait partie de l'Atlantique arctique et, de l'autre côté de l'archipel, celles situées au bord de l'océan Arctique (partie de l'Amérique). Cette homogénéité est confirmée par les coefficients de corrélation. Pour la partie est ils sont les suivants: Broughton Island-Cape Dyer R = 0,96, Clyde-Broughton Island R = 0,88, Clyde-Cape Dyer R = 0,85 et Clyde-Iqualuit R = 0,77. Ce dernier coefficient est le plus intéressant parce que la distance entre Clyde et Iqualuit (Frobisher Bay) est grande (735 km) et la valeur élevée de la corrélation signifie que toute la région subit l'influence des mêmes types de circulation. Pour la partie ouest de

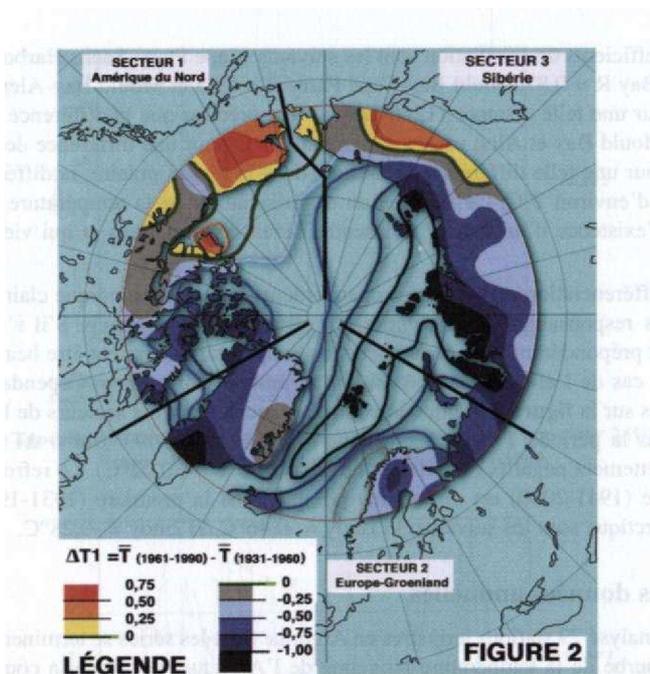


Figure 2 : Carte des changements de la température entre deux périodes climatologiques (1931-1960 et 1961-1990) dans l'Arctique.

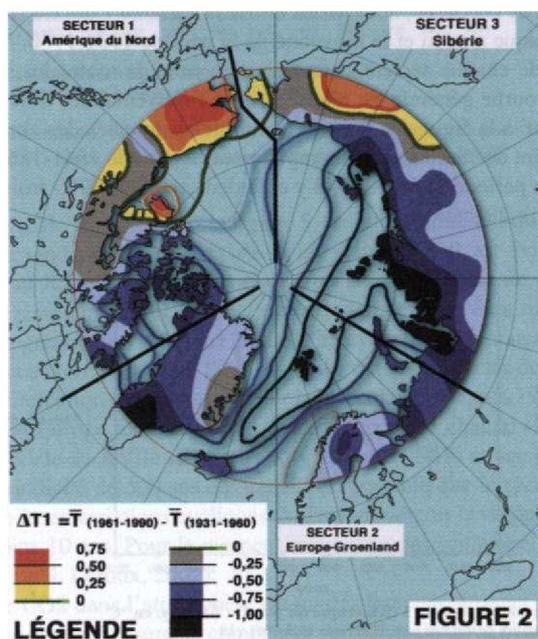


Figure 3 : Carte des changements de la température entre deux périodes climatologiques (1941-1970 et 1971-2000) dans l'Archipel Arctique Canadien.

l'archipel, les coefficients de corrélation sont les suivants: Cape Parry-Sachs Harbour $R = 0,96$, Sachs Harbour-Mould Bay $R = 0,87$, Mould Bay-Cape Parry $R = 0,85$ et Mould Bay-Alert $R = 0,71$, ce qui est inhabituel pour une telle distance (1260 km). Il faut préciser que la différence de la température moyenne entre Mould Bay et Alert est de seulement $0,3^{\circ}\text{C}$ pour une différence de latitude de $6,27^{\circ}$. Normalement, pour une telle différence de latitude dans la région polaire, la différence de température devrait être d'environ 2°C . Ce manque de différenciation de la température dans cette région côtière indique l'existence d'un facteur qui neutraliserait les variations et qui viendrait de l'Océan Arctique.

De plus, la différenciation régionale des changements climatiques indique clairement qu'il existe plusieurs facteurs responsables de l'évolution du climat dans l'Arctique. S'il s'agissait d'un seul facteur nettement prépondérant, les changements de température devraient être beaucoup plus homogènes et, dans le cas de l'effet de serre, positifs, au moins en moyenne. Cependant, le résumé des résultats présentés sur la **figure 1** indique le contraire: aucun des trois secteurs de l'Arctique ne s'est réchauffé, ni dans la période 1931-1990 ni dans celle de 1941-2000. Sur 6 AT présentés dans le résumé, 5 sont nettement négatifs et seulement un avoisine le 0 ($-0,02^{\circ}\text{C}$). Le refroidissement dans la deuxième période (1941-2000) est moins marqué que dans la première (1931-1990); les résultats moyens pour l'Arctique sont les suivants : $\text{AT1}_{\text{moy}} = -0,46^{\circ}\text{C}$, $\text{AT2}_{\text{moy}} = -0,28^{\circ}\text{C}$.

3. Analyse des données annuelles.

Nous avons analysé 29 stations terrestres en Arctique dont les séries se terminent en 2001, afin de construire une courbe de la température moyenne de l'Arctique. Pour que la courbe soit représentative, il faut homogénéiser les données par rapport à la superficie. Cette condition est remplie en divisant l'Arctique entre 3 secteurs de superficie égale, de 120° de longitude chacun. La définition précise de ces secteurs est donnée dans l'introduction.

Pour la construction de la courbe, nous avons utilisé la variable T qui est la différence entre la température annuelle de chaque station et la moyenne de la période 1931-1960. Nous élaborons d'abord les courbes moyennes de chaque secteur comme la moyenne de toutes les stations dans ce secteur (**figure 4**). Ensuite, la courbe générale est réalisée comme moyenne des trois courbes sectorielles; le résultat final est présenté à la **figure 5**. Il est évident que les données des années anciennes proviennent d'un nombre restreint de stations. Par exemple, pour la période 1841-1865 il existe qu'une seule station (Vardø); pour la période 1866-1873, il y en a deux; 1874-1899,- trois, etc. À partir de 1950, l'effectif est complet, soit 29 stations.

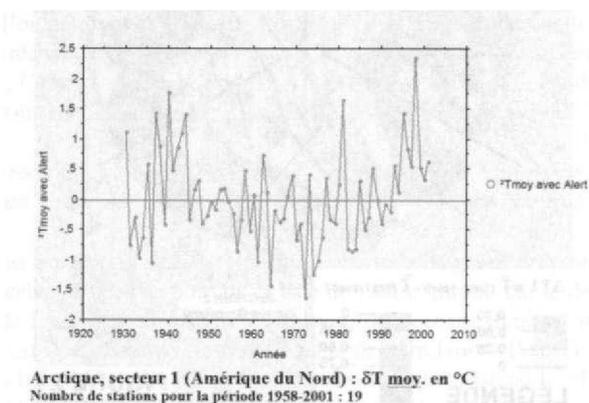


Figure 4A : Valeurs annuelles des anomalies de la température moyenne pour le secteur 1 (Amérique du Nord) ; zéro - la valeur moyenne de la période 1931-1960.

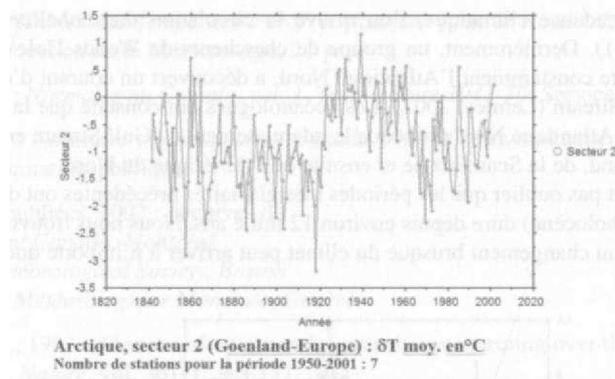


Figure 4B : Valeurs annuelles des anomalies de la température moyenne pour le secteur 2 (Groenland-Europe) ; zéro - la valeur moyenne de la période 1931-1960.

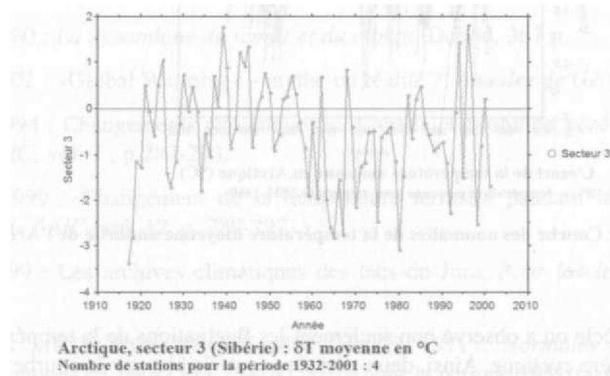


Figure 4C : Valeurs annuelles des anomalies de la température moyenne pour le secteur 3 (Sibérie) ; zéro - la valeur moyenne de la période 1931-1960.

Par ailleurs, l'analyse de la courbe, sur le **figure 5**, indique clairement que les variations cycliques sont prédominantes, la tendance linéaire existe-t-elle vraiment ? Il est évident que la température moyenne en Arctique au XXe siècle est plus élevée qu'au XIXe siècle (la différence est de $0,4^{\circ}\text{C}$), mais cela signifie tout simplement que la fonction de la température était montante entre le XIXe et le XXe siècles. Cette augmentation peut faire partie d'un cycle présentant une longue période de répétitions. Or, on a déjà découvert que durant l'holocène il existait des cycles de 500 à 600 ans, au moins en ce qui concerne la circulation atmosphérique sur le Groenland (Magny, 1999). D'ailleurs, l'histoire descriptive du climat en Europe indique qu'il y avait une période chaude aux XIIIe et XIVe siècles, une période froide du XVIe au XVIIe siècle (Le Roy Ladurie, 1967) et une période chaude actuelle - ce qui suggère une périodicité de 500 ans environ. Il est possible que le réchauffement provoqué par l'effet de serre s'ajoute à ces variations cycliques. Mais pour détenir la réponse à cette question, il faut attendre encore au moins 10 ans. Pour le moment, nous pouvons seulement constater que l'Arctique se refroidit (Litynski, 1999, Leroux, 2002).

L'augmentation de CO_2 dans l'atmosphère est un des facteurs agissant sur le climat mais il y en a beaucoup d'autres qui sont en mesure de compenser son effet. En effet, l'histoire de la terre a montré des périodes où la corrélation entre la quantité de CO_2 dans l'atmosphère et la température était négative (Velzer et al., 2000). Parmi les facteurs qui peuvent rapidement compenser l'effet de serre, voire

même renverser la tendance climatique, l'on trouve la circulation thermohaline dans les océans (Broecker, 1987, 1991). Dernièrement, un groupe de chercheurs de Woods Hole à Cape Cod, aux Etats-Unis, qui explore constamment l'Atlantique Nord, a découvert un courant d'eau très peu salée à l'intérieur du Gulf Stream (Lemley, 2002). Les océanologues ont constaté que la diminution générale de la salinité de l'Atlantique Nord provoque le ralentissement du Gulf Stream entraînant le refroidissement du Groenland, de la Scandinavie et ensuite de l'Amérique du Nord.

En outre, il ne faut pas oublier que les périodes interglaciaires précédentes ont duré entre 11 et 13 mille ans et la nôtre (holocène) dure depuis environ 12 mille ans. Nous nous trouvons donc dans une période incertaine et un changement brusque du climat peut arriver à n'importe quel moment.

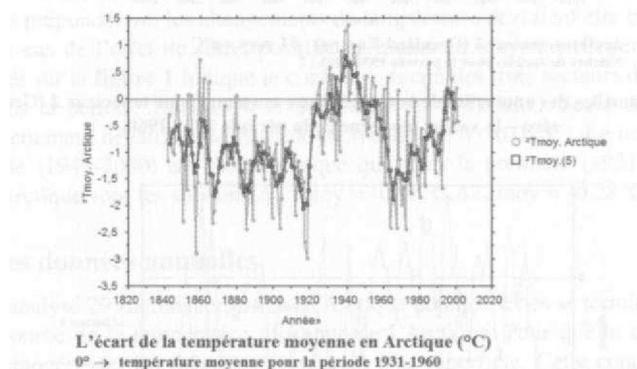


Figure 5 : Courbe des anomalies de la température moyenne annuelle de l'Arctique.

Conclusion

Pendant le X X^e siècle on a observé non seulement les fluctuations de la température en Arctique, mais aussi leur caractère cyclique. Ainsi, deux périodes sont visibles sur la courbe: une d'environ 15 ans et dont l'amplitude météorologique est environ 0,5°C, qui devient plus courte (env. 10 ans) à partir des années 1970 ; et une deuxième de 60 ans avec une amplitude beaucoup plus importante (de l'ordre de 3°C). Dans le secteur 1 (Amérique du Nord), le maximum absolu de température a eu lieu en 1998; trois dernières années accusent le retour de la température moyenne. Dans le secteur 2 (Groenland-Europe) le maximum fut observé en 1940, maintenant la température fluctue autour d'une valeur un peu plus basse que la moyenne de la période 1931-60. En Sibérie (secteur 3), on observe deux maxima: en 1939 et en 1996. Pendant deux ans, après le deuxième maximum, la température a chuté brusquement de plus de 4°C.

En général, l'Arctique ne connaît pas de réchauffement; au contraire, par rapport à la période chaude de 1940-1950, l'Arctique accuse un refroidissement de 0,5°C en moyenne. Qui plus est, le manque de réchauffement généralisé en Arctique, comme conséquence provoquée par l'effet de serre, constitue une indication qui peut signaler l'approche de la fin de la période interglaciaire.

Remerciements

Mme Marie-Christine Joseph, professeur de français.

Bibliographie

BROECKER, W. S., 1987 : The biggest chili, *Natural History Magazine*, **97**, p. 74-82.

BROECKER, W.S., 1991 : The great océan conveyor, *Oceanography*, vol. 4 n°2, p. 79-89.

- CANADA, 1967 -. *Tables des Température et Précipitations pour le Nord - T.Y et T.N.O.*, Min. des Transports, Direction de la Météorologie, 21 p.
- CANADA, 1973 : *Normales au Canada, vol. 1, Température 1941-70*, Service de l'Environnement.
- CANADA, 1993 : *Normales climatiques au Canada 1961-90*, Environnement Canada, Service de l' environnementatmo sphérique.
- DONNÉES non publiées, 2002 : Archives de
Environnement Canada, Montréal
American Meteorological Society, Boston
Organisation Météorologique Mondiale, Genève.
- KAHL, J.D. et al., 1993 : Absence of evidence for greenhouse warming over the Arctic Ocean in the past 40 years, *Nature*, vol. 361, p.335-337.
- LEMLEY, B., 2002 : The New Ace Age, *Discover*, September 2002, p. 35-41.
- LE ROY LADURIE, E., 1967 : *Histoire du climat depuis l'an mil*, Flammarion, 366 p.
- LE ROUX, M., 2000 : *La dynamique du temps et du climat*, Dunod, 367 p.
- L E R O U X, M . , 2002 : «Global W arming» - mythe ou réalité ?, *Annales de Géographie*, 624.
- LITYNSKI, J., 1994 : Changements climatiques au Canada et évolution générale du climat, *Publications de l'AIC*, vol. 7 , p 287-293.
- LITYNSKI, J., 1999 : Changement de la température terrestre pendant la période 1931-1990, *Publications de l'AIC*, vol. 12, p. 289-297.
- M A G N Y, M . , 1999 : Les archives climatiques des lacs du Jura, *Pour l'ascience*, novembre 1999, p. 76-82.
- ORGANISATION MÉTÉOROLOGIQUE MONDIALE, 1971 : *Normales climatiques (CLINO)* relatives aux stations CLIMAT et CLIMAT SHIP pour la période 1931-60, OMM, n° 117. TP. 52.
- ORGANISATION MÉTÉOROLOGIQUE MONDIALE, 1996 : *Normales climatiques (CLINO)* pom la période 1931-1960, OMM, n° 847, 768 p.
- ROGERS, J.C., 1989 : Seasonal temperature variability over the North Atlantic Arctic, *Proceedings of 30-th Climate Diagnostic Workshop*, Cambridge, Mass., NOAA, p. 170-175.
- VELZER, J. et al., 2000 : Evidence for decoupling of atmospheric CO₂ and global climate during the Phanerozoic eon, *Nature*, vol. 408, 7 December 2000, p. 698-701.