



Canadian Meteorological
and Oceanographic Society

La Société canadienne
de météorologie et
d'océanographie

CMOS
BULLETIN
SCMO

February / février 1998

Vol. 26 No. 1



CMOS Bulletin SCMO

"at the service of its members
au service de ses membres"

Editor / Rédacteur: Paul-André Bolduc
Marine Environmental Data Service
Department of Fisheries and Oceans
1202 - 200 Kent Street
Ottawa, Ontario, K1A 0E6, Canada
e (613) 990-0231; Fax (613) 993-4658
E-Mail: BOLDUC@OTTMED.MEDS.DFO.CA
Canadian Publications Product Sales Agreement #0869228
Envoi de publications canadiennes Numéro de convention #0869228

Cover page: 1998 is the “International Year of the Ocean”. Throughout the year, *CMOS Bulletin SCMO* will make an effort to demonstrate the importance of the Ocean in Canadians' lives (p.16 & 23). The picture shown on the cover page illustrates the work done by oceanographers to collect vital information about the ocean's conditions. Following our last thematic issue on Climate Change in December, we are developing the role of the oceans in climate change (p.3). We present an article on the development of a local severe weather climatology (p.8). Finally, a short article describes in more detail what is “El Niño” (p.24) with a book review on the impacts of this important climatic phenomenon (p.27).

Page couverture: 1998 est “l'Année internationale des océans”. Tout au long de l'année, le *CMOS Bulletin SCMO* fera un effort pour démontrer l'importance des océans dans la vie des canadiens (p.17 & 23). L'image en page couverture illustre le travail fait par les océanographes pour recueillir l'information essentielle en mesurant les conditions des océans. Faisant suite à notre numéro thématique sur le changement climatique de décembre, nous démontrons le rôle des océans dans le changement climatique (p.18). Nous présentons un article sur le développement d'une climatologie de temps violent (p.8). Finalement un court article décrit ce qu'est le “El Niño” (p.24) et une critique d'un livre portant sur les impacts de cet important phénomène climatique (p.27).

Acknowledgement

We wish to thank Ms. Caroline Bookless, Project Leader, International Year of the Ocean Secretariat (Canada) for providing authorization to reproduce the text shown on page 16. She was also instrumental in providing the logo of the IYO.

Remerciement

Nous tenons à remercier Mme Caroline Bookless, Chargée de projet, Secrétariat de l'Année internationale des océans (Canada) pour nous avoir permis de reproduire le texte que l'on peut lire à la page 17. Elle nous a également procuré les logos pour l'AO.

Canadian Meteorological and Oceanographic Society (CMOS)

Société canadienne de météorologie et d'océanographie (SCMO)

President / Président

Dr. John D. Reid
Atmospheric Environment Service
Tel: (819) 997-3832; Fax: (819) 994-8841
E-mail: John.Reid@ec.gc.ca

Vice-President / Vice-président

Mr. Bill Pugsley
Tel: (613) 731-0145; Fax: phone first
E-mail: bb185@freenet.carleton.ca
Bpugsley@compuserve.com or Bill-pugsley@msn.com

Treasurer / Trésorier

Mr. Richard Stoddart
Department of Fisheries and Oceans
Tel: (613) 990-0302; Fax: 954-0807
E-mail: stoddard@dfo-mpo.gc.ca

Corresponding Secretary / Secrétaire-correspondant

Ms Becky Milo
Atmospheric Environment Service
Tel: (613) 995-4990; Fax: (613) 995-4197
E-mail: Becky.Milo@ec.gc.ca

Recording Secretary / Secrétaire d'assemblée

Mr. Rob Cross
Atmospheric Environment Service
Tel: (819) 997-3840; Fax (819) 994-8841
E-mail: Rob.Cross@ec.gc.ca

Councillors-at-large / Conseillers

1) Mr. Eldon Oja
Environment Canada, Thunder Bay Regional Centre
Tel: (807) 346-8022; Fax: (807) 346-8683
E-mail: Eldon.Oja@ec.gc.ca.

2) Dr. Clive Mason

Department of Fisheries & Oceans
Tel: (902) 426-6927; Fax: (902) 426-7827
E-mail: c_mason@bionet.dfo.ca

3) Dr. Humphrey Melling

Department of Fisheries & Oceans
Tel: (250) 363-6552; Fax: (250) 363-6746
E-mail: Melling@ios.bc.ca

CMOS e-mail address

cmos@ottmed.meds.dfo.ca
http://www.meds.dfo.ca/cmos/

Adresses électroniques de la SCMO

....from the President's desk

It seems as if 1998 started out like a brash young kid, wanting to be noticed. We already knew it was to be named The International Year of the Ocean, but the atmosphere, at least in Eastern Ontario, Southern Québec and into the Maritimes has also been intent on making its presence felt. I had the experience of both aspects in one day, arriving back from Lisbon, which will host EXPO '98 with oceans as the theme, into the last of the three freezing rain events in Montréal. No doubt Paul-André Bolduc, our Bulletin Editor, will find room for articles on both The International Year of the Ocean and the ice storm. Ian Rutherford, our Ottawa Centre Chair, tells me in an e-mail he already has a presentation on the ice storm scheduled for March and a session is planned for the next Congress.

Another interesting e-mail that flashed on my screen pointed out that NOAA had a substantially increased budget proposed for 1999 compared to that proposed a year ago. The details are confusing with large increases and cuts in different components of NOAA. The basic budgets for the NWS and NOS are increased. Can we expect to see Finance Minister Martin following suit in his budget on February 24th? There is certainly an expectation of more money for science, and the Ottawa grapevine says perhaps even a reversal of cuts scheduled for the granting Councils. Most optimism is being expressed for the Medical Research Council.

On the topic of budget increases, the folks working on the Alternative Service Delivery study (who should have budget increases in mind) report that, partly as a result of the special CMOS mailing, over 300 responses to the survey were received. That's not all from CMOS members but still quite an astonishing return rate. The senior management of Environment Canada and Treasury Board are now treating the whole study with renewed attention. Few will be surprised at the issues of concern which were expressed for all sectors; resolving the conflict regarding commercial services; maintaining a sound base of public good service, including monitoring and services for public safety and security; keeping a critical mass of atmospheric research; and ensuring a vital cadre of highly qualified staff. I want to thank everyone who responded to the survey. It's good to know people do care. The study now goes into more in-depth consultation starting with a background paper in March and regional meetings presently scheduled to start in mid-April. If you responded to the survey, and mentioned that you wanted to be consulted further, you will likely be contacted by the ASD study group or their contractor.

Another round of thanks is due to all those members who contributed to the Scholarship Fund. These generous people will allow us to comfortably meet the first-year commitment to NSERC. It also means that the Executive can hold the line on membership fees which will remain

Volume 26 No.1
February 1998 - février 1998

INSIDE / EN BREF

From the President's desk	
by John Reid	p. 1
Concours en sciences de la mer	
par Pierre Larouche	p. 2

Articles

The role of the Oceans in Climate Change	
by Allen Eade	p. 3
A Summer Severe Weather Climatology	
for Manitoba by Mark Gerlyand	p. 8
Le rôle des océans dans le changement climatique	
by Allen Eade	p. 18
Blame It on El Niño by Dave Phillips	p. 24
Book Review / Revue de littérature	
	p. 14
	p. 27
International Year of the Ocean	
Année Internationale des Océans	p. 16
Program description	p. 17
	p. 23

In Memoriam	
	p. 26

Announcement / Annonce

Summer Meteorology Workshop	
Atelier d'été en météorologie	p. 28
D. Archibald receives the Order of Canada	p. 25

CMOS 32nd Annual Congress 32^e Congrès annuel de la SCMO

Student Travel Grants available	
Bourses de voyage pour les étudiants	p. 29
Information connexe sur le congrès d'Halifax	p. 30
Detailed information on Congress in Halifax	p. 31
Registration Form inserted in this issue	
Formulaire d'inscription inclus à l'intérieur	

CMOS Accredited Consultants -	
Experts-Conseils accrédités	
de la SCMO	
	p. 32

Printed in Ottawa, Ontario, by M.O.M. Printing.
Imprimé sous les presses de M.O.M. Printing,
Ottawa, Ontario.

substantially lower than most similar Societies - thanks to good management through the years! For those who sent scholarship contributions before the cut-off date of January 31, your name has been placed in the draw. As I write, the draw is scheduled to take place on February 25th at the Ottawa Centre regular meeting.

Vous avez probablement vu la note d'une offre spéciale dans le dernier Bulletin annonçant une suspension des frais de publication de page et vous vous demandez peut-être pourquoi nous avons entrepris cette initiative. C'est une offre limitée dans le temps pour encourager la soumission des manuscrits à Atmosphère-Océan de nos membres dans le secteur privé, y compris les retraités. Richard Asselin, notre directeur des publications, me dit que nous obtenons normalement très peu de manuscrits de ce secteur de nos membres. Un conseiller dans le secteur privé n'a pas les mêmes besoins de publier ses résultats qu'un scientifique du gouvernement ou d'une université se doit d'accomplir pour l'avancement de sa carrière. Richard est assez pessimiste et ne pense pas que nous obtiendrons une foule de preneurs. Cette offre ne coûtera donc pas beaucoup à la société. Par contre, si elle encourage quelques-uns de nos membres du secteur privé à nous démontrer que vous ne devez pas nécessairement oeuvrer dans le gouvernement ou dans une université pour faire de la science innovatrice, cette offre aura été utile. Combien accepteront de relever ce défi et faire mentir Richard?

As you have seen from the December issue of the Bulletin, publication page charges in A-O have been waived for private sector members of CMOS. Even if you are not covered by this special offer, please consider publishing your work in Atmosphere-Ocean. Think of the advantage of dealing with a small organization that can give personal service and move a manuscript through the editorial process quite quickly. Of course, we insist on maintaining standards through peer review, so if the reviewer has problems, expect delays.

Finally, I want to report that we are inching our way to an increasing web presence. We are in the process of reserving "http://cmos.ca" and "http://scmo.ca". Richard Asselin, with enthusiastic involvement of our web page editor, Bob Jones, and vice-president Bill Pugsley, is looking at the desirability of going electronic with Atmosphere-Ocean. Bill says we should not rush into this but have a good discussion at the Congress (Refer to last year debate started in *CMOS Bulletin SCMO*, Vol.25, No.1, p.19). Please plan to be part of that Congress debate, or discuss it through our listserve. Members who are not already a part of the listserve can send an e-mail message to: *listproc@uqam.ca* with the message content: subscribe *atmosphere.ocean YOUR.NAME*

*John D. Reid
President / Président*

Books in search of a reviewer - Livres en quête d'une critique

1) Numerical Simulations in the Environmental and Earth Sciences; Proceedings of the second UNAM-CRAY Supercomputing Conference, edited by Fernando Garcia Garcia, Gerardo Cisneros, Agustin Fernandez-Eguíar, and Romin Alvarez; Cambridge University Press, 283 pp. ISBN: 0-521-58047-1, Hardback: \$69.95.

2) Climate Process & Change, Edward Bryant; Cambridge University Press, 209 pp. ISBN: 0-521-48440-5, Paperback: \$22.95.

Book reviewers should provide a useful critique of the book, in 300 to 500 words, within two months. They get to keep the book as a reward!

La critique doit être soumise dans les deux mois et doit être comprise entre 300 et 500 mots. Comme boni, le livre est donné en cadeau!

*Richard Asselin
Directeur des publications / Director of Publications*

Concours en sciences de la mer

par Pierre Larouche
Institut Maurice-Lamontagne
Mont-Joli, Québec.

Le chapitre de Rimouski de la SCMO a initié en 1997 un concours visant à favoriser l'émergence de jeunes chercheurs en sciences de la mer chez des étudiants du niveau secondaire. Organisé conjointement avec le Conseil du Loisir Scientifique de l'Est du Québec, ce concours consistait à récompenser la meilleure présentation portant sur un sujet relié aux sciences marines effectuée dans le cadre de l'Expo-Sciences régionale (est du Québec). Le prix consistait à passer une journée en mer dans le cadre d'une mission scientifique de l'Institut Maurice-Lamontagne. En 1997, ce sont deux jeunes étudiantes de la polyvalente de Pasbébiac (Sarah Meunier et Caroline Poirier) qui ont remporté le prix. Leur sujet de recherche portait sur les processus de fécondation de l'oursin vert. Sarah a donc participé à une mission de recherche en hydroacoustique dans la baie des Chaleurs sur le *Frédéric G. Creed*. Pour sa part, Caroline a participé à une mission en bio-optique dans l'estuaire du Saint-Laurent sur le *N.G.C.C Martha L. Black*. La réponse enthousiaste des deux participantes a incité le chapitre de Rimouski à poursuivre ce concours sur une base régulière. Les prochains gagnants seront donc sélectionnés en mars 1998 lors de l'Expo-Science de Rimouski.

The Role of the Oceans in Climate Change

Why Study the Oceans' Role in Climate Change?

The oceans cover about 70% of the surface, and play an integral role in Earth's climate. Bounded by the Atlantic, Pacific and Arctic Oceans, Canada is very dependent on the oceans for fisheries, transportation, energy, recreation, and industry. Any change in ocean climate could have profound effects on Canada's economy and Canadians' everyday life.

Over the last 100 years or so, Earth's atmosphere has warmed 0.3 to 0.6°C, with most of this rise occurring in the last 40 years. Although scientists do not know the exact reasons for this warming trend, strong evidence points towards the atmospheric buildup of CO₂ from the burning of fossil fuels such as coal, oil and natural gas. This human-induced warming of Earth's climate is more familiarly known as the Enhanced Greenhouse Effect.

Alarmingly, scientists are predicting that the Earth's atmosphere is likely to warm 1.0 to 3.5°C by the year 2100, an increase that could make it warmer than any time during the past 10 000 years. This anticipated warming, whether natural or human-induced, is considered as one of the most serious environmental threats of our day because of potential global impacts. There is evidence that some of the abrupt climate shifts have resulted from changes to ocean circulation. Such climate changes have been traumatic for life on Earth, causing mass extinctions of a large fraction of animal and plant species.

In Canada, climate change could have an impact on:

Marine Fisheries -- Climate change will alter ocean temperatures, thereby affecting the geographical distributions and migratory patterns of key commercial fishery species. For example, Pacific salmon alter their migratory routes along the British Columbia coast in response to increased ocean temperatures caused by an El Niño. On Canada's east coast, lower ocean temperatures delay the arrival of Atlantic salmon to Newfoundland rivers, and may reduce fish populations.

Coastal Sea Levels -- Coastal sea levels are expected to rise by as much as 50 cm by the year 2100 in response to melting of glaciers and thermal expansion of the oceans. Such rises could flood some coastal regions resulting in loss of coastal wetlands; negatively affect tourism, port and harbour operations and coastal towns and cities; and cause expensive dikes to be constructed. While primarily affecting low lying island states, the greatest flooding in Canada may occur in the lower Fraser River Delta in British Columbia, inland of the Beaufort Sea, Hudson and James Bays, and in coastal cities such as Charlottetown, Prince Edward Island.

Water Resources -- Canada could experience significant changes in precipitation, evaporation, soil moisture and stream flows. These in turn will have an impact on agriculture, hydroelectric generation, fish and wildlife survival, marshlands, tidal zones, and ocean properties.

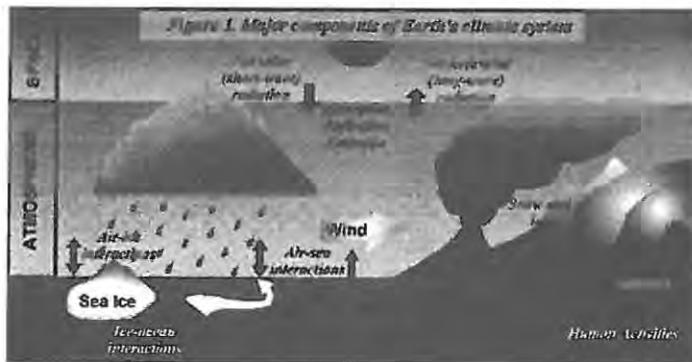
These and other potential future impacts have spawned national and international research programs to study Earth's natural climate system and the influence from human activities. This article focuses on the oceans' role in climate, highlighting key scientific findings and achievements by scientists in Canada.

Earth's Climate System - What is it?

Climate can be defined as the prevailing conditions of Earth's physical environment. Climate terms most familiar to Canadians are average air temperature, precipitation, cloud cover, wind, frost, etc. Ocean conditions such as temperature, salinity, sea level, current systems, ice cover and biological activity are also important measures of climate.

The sun is the only significant source of heat energy driving Earth's climate system. Because Earth's surface is curved, it does not receive solar heat equally. The tropical latitudes receive the greatest amount of heat while the polar regions receive less. The resulting temperature differences between the tropics and poles drive winds and currents. These, in turn, redistribute heat and moisture around Earth.

Earth's climate is also shaped by the complex interactions between the atmosphere, the oceans and other elements of the hydrological cycle; the land; vegetation and other life; glaciers, sea and land ice; and human activities (Figure 1). Through the interaction of these major components, the climate system balances incoming solar heat and outgoing heat back to space. This has provided Earth with a remarkably stable climate. Large alterations in any of these elements, however, can upset this balance and cause dramatic changes in climate regionally, temporarily or permanently.



How has Earth's Climate Changed?

Living in temperate and polar latitudes, Canadians appreciate the natural variability of climate. The spring of one year may be characterized by raincoats and umbrellas attributable to higher than average temperatures and rainfall. The next year, spring may be remembered for lower temperatures, such that the sidewalk was cut waist deep in snow, and parkas were preferable to raincoats. Such short term changes are a natural component of climate.

Over centuries and millennia, however, climate has been subject to more profound and widespread changes. These may have been caused by extended shifts in solar radiation, changes in position of the continents and poles, or massive volcanic eruptions. Over the last two million years, major global ice ages have occurred approximately every 100,000 years (Figure 2-A). These ice ages are typically followed by warmer interglacial periods, such as the one Earth is in now (Figure 2-B).

During the last 9,000 years, Earth's climate has remained exceptionally stable, with the global average air temperature varying only a degree or two from today's values. Evidence suggests that the current global mean temperature is at least as high as in any other century since 1400 AD (Figure 2-C).

The Oceans - What is their Role in Climate Change?

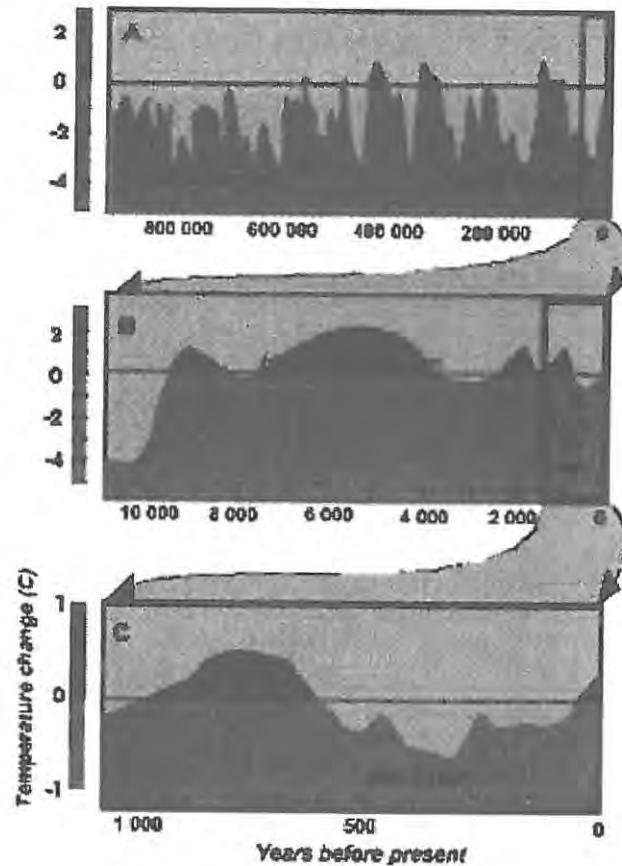
1) The Oceans Store and Transport Heat

The oceans can buffer both present and long term climate changes through their enormous capacity to store and transport heat. The ocean's capacity to store heat is at least 1,000 times that of the atmosphere. Because the oceans are large and deep, they spread the effects of temperature change over great distances and depths with no measurable change to the overall temperature. So too, when an area of ocean is warmed during periods of heating (e.g. summer) or cooled (e.g. winter), it takes time for that area to revert to normal. This explains why maritime cities, such as Victoria and Halifax, experience less extreme seasonal changes than more inland cities like Toronto or Edmonton.

If Earth's lower atmosphere was to warm due to climate warming on a long time scale, the surface waters would also warm. However, since surface waters accumulate much of the atmospheric heat, climate warming could be delayed by up to a century. Further, since the deep waters of the ocean represent more than 75% of the ocean's volume and heat capacity, it will take centuries for these waters to respond fully to climate warming (Figure 3). Likewise, if the cause of warming was removed, it would take centuries for the oceans to return to their original state. Earth's oceans transport great amounts of salt and

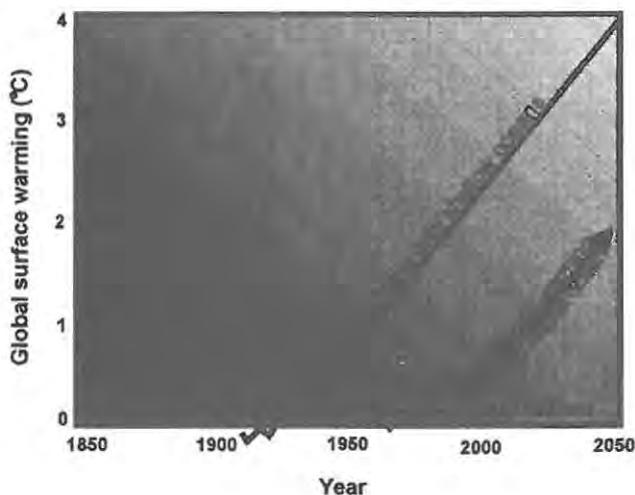
heat via the Global Conveyer Belt (Figure 4). In the equatorial Atlantic Ocean, heat is absorbed by the oceans from the atmosphere. Wind-driven surface currents then carry this heat north to the Arctic, warming the climate of the east coast of North America along the way. In the winter, Arctic winds cool these surface waters releasing heat into the atmosphere. Winds then transport this heat eastward, to produce a climate in Europe that is surprisingly mild for its latitude. This normal exchange of heat between the atmosphere and oceans, however, is occasionally altered resulting in dramatic effects on regional and global climates. An example is the phenomenon El Niño, which occurs in the North Pacific Ocean (see inset at page 3).

Figure 2: Global temperature changes during the past one million years



The cooling effect of the Arctic winds also results in an increase in density of the surface waters. These cooled surface waters then sink and carry heat with them to the ocean bottom. This sinking process is pivotal to global ocean circulation patterns and thus climate. Deep currents carry the warm water towards the Southern Ocean off the coast of Antarctica. Here, this bottom water slowly rises to the surface as it spreads to the Pacific and Indian Oceans; again absorbing heat from the atmosphere in equatorial regions. The warm surface waters eventually return to the North Atlantic where the cycle begins again. The net result is oceanic transport of heat poleward.

Figure 3: Climate Warming



2) The Oceans Absorb Carbon Dioxide

Atmospheric CO₂ is one of the main gases responsible for trapping heat and keeping Earth warm. The amount of atmospheric CO₂ is a balance of the exchange of CO₂ in the Global Carbon Cycle. The oceans play an integral role in this cycle because of their large capacity to absorb CO₂. If the oceans had no such CO₂ storage capacity, there would be nearly sixty (60) times more CO₂ in the atmosphere than during pre-industrial times, and result in an average air temperature of 35°C, or about 20°C higher than present. Animal and plant species as we currently know them would cease to exist.

The Global Carbon Cycle has a natural balance where, over time, there is no net addition of CO₂ to the atmosphere. However, human activities, such as the burning of fossil fuels, are altering this natural balance. Canadians rank 8th among the world's CO₂ producers, averaging almost 17 tonnes per person per year.

Surprisingly, atmospheric CO₂ levels are rising more slowly than expected. Nearly 50% of CO₂ from human activities that should be in the atmosphere is missing. The oceans are believed to be the main sink for this missing CO₂, which could delay possible climate warming caused by the atmospheric buildup of CO₂ emissions. How do the oceans absorb atmospheric CO₂? Initially, CO₂ is absorbed at the air-sea interface. Here, the relative amount of CO₂ held in the atmosphere and dissolved in the surface waters determines whether the oceans absorb more CO₂ or emit it back to the atmosphere. As the level of CO₂ in surface waters increases, the absorbing capacity of the oceans decreases. Scientists estimate that a doubling of atmospheric CO₂ concentrations of pre-industrial levels is highly likely by the year 2100. This, in turn, could increase Earth's average air temperature by 1.0 to 3.5°C.

Within seconds of entering the surface waters, CO₂ gas

undergoes several chemical reactions. Only 1% remains as dissolved CO₂ gas. Most CO₂ (85%) ends up as bicarbonate, familiarly known as baking soda. The remainder is tied up as carbonate ions that further react with calcium to produce calcite - the building block for shells of marine animals. Because of these chemical reactions, the oceans can hold up to 60 times more CO₂ than the atmosphere.

Biologically, CO₂ is also removed from surface waters by marine phytoplankton during photosynthesis. When the phytoplankton die or are eaten by zooplankton, the CO₂ is converted into fecal pellets, calcareous shells or bones and plant fragments that eventually sink into the deep ocean. Pre-industrial atmospheric CO₂ levels would likely have been twice as high if the ocean was lifeless.

Over a longer time scale, CO₂ is transported around the oceans by the Global Conveyer Belt (Figure 4). Initially, CO₂ is physically removed from surface to deeper waters. This occurs during deep water formation in the North Atlantic and Southern Oceans. In the Pacific Ocean, CO₂ is removed to deeper waters mainly through continual downward mixing of surface waters, rather than deep water formation. Although the Conveyer Belt does not remove much atmospheric CO₂ per year in a net sense, a very

The El Niño Phenomenon

Normally, trade winds over the Pacific Ocean blow from east to west along the equator and push warm surface waters towards Indonesia. A bulge of warm water is created as the surface waters pile up near Indonesia. Over this bulge, warm moist air rises, moves eastward and sinks over Peru and Ecuador. This circulation results in high rainfall (tropical rainforests) in Indonesia and dry, desert conditions along South America's coastal plain.

Every few years, however, the trade winds slacken or reverse and the accumulated bulge of warm water off Indonesia begins to move back across the Pacific to the coast of South America. The bulge of warm water carries with it moist air, clouds and rain. When the bulge hits the coast of South America, an El Niño has started. It begins with rain in the coastal desert of South America, a sea level rise by about 30 cm and an increase in sea surface temperature by 6 to 8°C. As the bulge of warm water hits the coast of South America, it is deflected north and south away from the equator. These warm waters eventually reach Canada's west coast, greatly affecting its climate and fisheries. For more information, please refer to Department of Fisheries and Oceans, Institute of Ocean Sciences Fact Sheet on El Niños.

large amount from centuries of absorption is transported. While cycling through the Conveyer Belt, CO₂ may be out of contact with the atmosphere for as long as 1,000 years before it escapes back to the atmosphere at areas of ocean upwelling.

3) The Arctic Ocean: A Linchpin to Earth's Climate System

Most people wrongly think of the Arctic Ocean as a quiet and isolated sea with little global importance. However, ongoing climate research is dispelling this view. In fact, the Arctic Ocean plays a critical role in shaping global climate in some of the following ways:

The albedo-feedback effect: Clouds, aerosols and Earth's surface together reflect about 30% of the incoming solar heat back to space. Arctic and Antarctic sea ice and glaciers are responsible for most of this reflection because they have high albedo (reflectivity). For example, if snow and ice were to decrease, global albedo would be lower and more solar energy would be absorbed at Earth's surface. This would increase global temperatures and melt even more Arctic snow and ice. The result is a spiralling increase in temperatures.

The insulator effect: Arctic sea ice acts as a barrier to heat exchange between the oceans and the atmosphere. Arctic sea-ice and surface layers of cold fresh waters prevent deeper warm waters from the North Atlantic from transferring their heat to the atmosphere as they reach the Arctic. For example, if snow and ice cover were to increase, Arctic temperatures would decrease, thereby driving further sea-ice creation. This, in turn, increases albedo and reflects more heat back into space.

The thermohaline (temperature, salinity) throttle effect: In the Arctic Ocean, fresh water from the melting of sea-ice decreases the salinity and density of the surface waters; while freezing of sea-water to ice increases the salinity. These changes in density influence the strength of thermohaline circulation (Figure 4) in the North Atlantic Ocean by operating much like a throttle in an engine and, in turn, profoundly affect global ocean circulation patterns. For example, if an abnormally high amount of Arctic fresh water enters the North Atlantic, the reduced density of surface waters could stall deep water formation. This would reduce the poleward transport of heat by surface currents that normally replace the sinking deep water. This weakening of deep water formation occurred in the 1960s during the "Great Salinity Anomaly".

Canadian Scientists' Achievements in International Climate Research

Climate research by Canada's DFO scientists has greatly advanced our understanding of the ocean's role in climate. These findings are often part of larger, international research and monitoring programs, such as World Climate Research Programme, World Ocean Circulation

Experiment, Joint Global Ocean Flux Study, Arctic Climate System Study, and Global Ocean Ecosystem Dynamics. Some important scientific findings by some Canadian scientists (including those from Department of Fisheries and Oceans) are summarized below.

Ocean's biological uptake of CO₂: Canadian scientists made the first contemporary estimate of global ocean primary productivity. Their estimate is almost double previous assumptions, suggesting a more important role for the ocean's plants and animals in the global CO₂ cycle.

Ocean's uptake of human-made CO₂: Canadian scientists, in collaboration with the United States and Australia, produced the first present-day evidence of a net uptake of atmospheric CO₂ by the oceans. This confirms that the oceans are the dominant net sink for CO₂ generated by human activities. This net uptake of CO₂ is an estimated 2 billion tonnes per year, or 40% of the total CO₂ emissions from the burning of fossil fuels and wood; - DFO scientists report that fossil-fuel CO₂ has penetrated 400 to 1,200 metres into the North Pacific Ocean depths, at a rate of 30 metres per year; - the capacity of the CO₂ uptake in the oceans is not limitless and is controlled by the amount of calcite in the ocean. Further, this capacity is decreasing at relatively fast rates in Earth's oceans.

Changes in the Labrador Sea: In the late 1960s, Canadian scientists first described a change in the strength of *deep water* formation in the Labrador Sea (one of only three such *deep water* formation areas in the world). These changes, caused by an excess of precipitation and runoff over the North Atlantic, could result in all deep water being formed in the Antarctic Ocean and result in enormous changes to global ocean circulation patterns and climate.

Changes in the Arctic Ocean: Results from the first ever oceanographic crossing of the Arctic Ocean revealed that the temperature of the Atlantic layer of water entering the Arctic Ocean has increased by as much as 1°C during the 1990s; - DFO scientists identified a shallow circulation between the continental shelves and basins of the Arctic Ocean. This circulation is driven by ice formation, which isolates existing ice from warm waters from the North Atlantic. This is an important feedback loop in the climate system.

Climate influences on fisheries: DFO researchers report that the sizes of 4-year old Atlantic cod off the United Kingdom and on Georges Bank are 10 times bigger than those off Newfoundland and in the Gulf of St. Lawrence. This is due to difference in regional climates. They also learned that periods of cold ocean temperatures have been shown to affect the growth rate and spawning of capelin in Newfoundland waters: cooling of conditions in the northwestern Atlantic Ocean has contributed to the decline in Atlantic fish stocks (including Northern Cod) in the 1990s; in the Pacific Ocean, a warming trend since the 1970s was followed by a doubling in salmon production which appeared to be related to major changes in the

survival and growth rates of all species of Pacific salmon.

Note from the Author

The above document was written by Allen Eade, Alopex Consulting, Victoria, B.C.; graphics and design were produced by Rob Bowen, Diversified Scientific Solutions, Victoria, B.C. using funds from Canada's Green Plan. Financial support for the Ocean Climate Research, upon which much of the material in this document was taken, was obtained from Fisheries and Oceans Canada (DFO), the Green Plan Ocean Climate Program and the Program for Energy Research and Development (PERD).

Support and guidance for the production of this document were provided by Brian Smiley, DFO, Institute of Ocean Sciences, Sidney, B.C. and Jim Powell, DFO, Ottawa. The following DFO scientists provided guidance on the selection of resource material and their comments were greatly appreciated by the author:

Pacific Region - C.S. Wong, Ed Carmack, Humfrey Melling, Keith Johnson, Ken Denman, Howard Freeland and Frank Whitney.

Maritimes Region - Ken Drinkwater, Allyn Clarke, Glen Harrison and Dan Wright.

Québec Region - Alain Vézina.

National Capital Region - Dick Stoddart and Iola Price.

Note from the Editor

Most of the original document is reproduced here¹ for the benefit of *CMOS Bulletin SCMO* readers. It describes in non-technical terms the important role played by the World's Oceans in Climate Change. The full document will be distributed by DFO as a fact sheet early 1998.

1: Reproduction rights obtained from Jim Powell, DFO, National Capital Region.

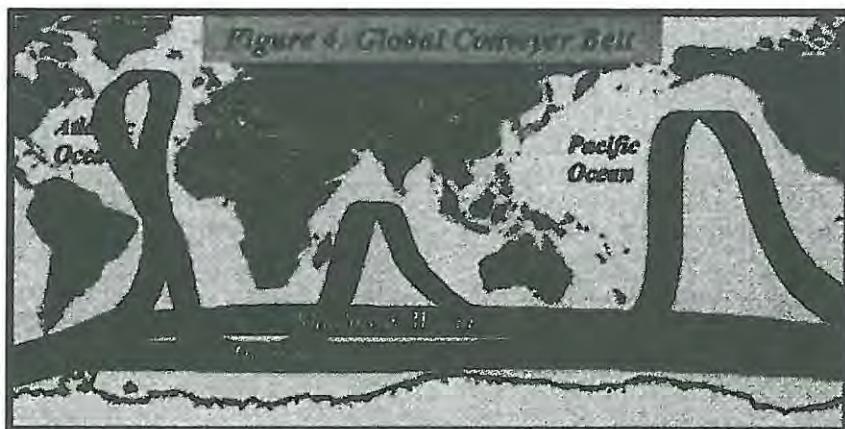


Figure 4 is a schematic representation of the Global Ocean Conveyor belt adapted from Gordon, 1986 and Broecker, 1987 and although it has been included for its simplicity, it is now considered too simple. Persons interested in a more complete explanation of this oceanic circulation should consult NATURE, Vol. 382, 1 August 1996 for articles by A.L. Gordon (pp.399-400) and Macdonald and Wunsch (pp.436-439).

A Summer Severe Weather Climatology for Manitoba

by Mark Gerlyand¹

Résumé

Il existe toujours une demande pour de l'information sur la grêle, les fortes rafales de vent, la pluie abondante et les tornades. Même si quelques auteurs ont essayé de développer une climatologie de tornades pour le Canada et les Prairies, peu d'études ont été entreprises sur la climatologie d'orages violents, particulièrement au Manitoba. La climatologie d'orages violents a une fiabilité faible en raison de nombreux facteurs. Le facteur le plus important, entravant le développement d'une climatologie appropriée, est dû à la distribution et à la densité de la population. La base de données pour le temps violent du Centre des Services environnementaux du Manitoba, pour la période de 1983 à 1995, a été utilisée pour élaborer une climatologie du temps violent d'été. La distribution a été modifiée afin de prendre en considération la distribution de la population de la province. Suite aux modifications, la climatologie s'est mieux conformée au comportement d'orages perçu au Manitoba et les usagers peuvent ainsi évaluer plus précisément le risque de temps violent dans les différentes régions de la province.

Abstract

A continuing demand exists for information on hail, strong wind gusts, heavy rain and tornadoes. Although some authors tried to develop tornado climatology for Canada and Prairies, little study has been done on severe thunderstorm climatology, especially for Manitoba. Severe thunderstorm climatology has a low reliability because of a number of factors. The most important factor hindering the development of proper climatology is population density and distribution. The Manitoba Environmental Services Center severe weather database for the period 1983-1995 was used to determine a summer severe weather climatology for Manitoba. The distribution has been corrected to take into account the population distribution of the province. After correction, the climatology became more in line with perceived Manitoba thunderstorm behavior and users can assess more accurately the risk of severe weather in various sections of the province.

1. Introduction

A continuing demand exists for information on the risk of hail, strong wind gusts, heavy rain and tornadoes in Manitoba. The construction industry, utilities and the insurance industry are all concerned with the frequency of severe weather conditions. Summer severe weather statistics have a much lower reliability than the more common meteorological parameters. Unlike temperature and precipitation, severe thunderstorm climatologies have a lower reliability due to a number of factors such as the time and spatial scale of the events, population density and the subjectivity of event reporting. Although significant effort is spent to collect severe weather reports, the number reported is strongly suspected to be well below the actual occurrence of events.

The climatology of tornado events has been documented in previous years. Raddatz (1983) did extensive work on Manitoba and Saskatchewan tornado days from 1960 to 1982. Newark (1984) published his work on Canadian tornadoes from 1950 to 1979. The most recent work was done by Etkin (1995) on a risk analysis of tornadoes in Canada. To this day only some published material is available on Canadian non-tornadic thunderstorms. One of the most recent studies was done by Paruk and Blackwell (1991) on the severe thunderstorm climatology for Alberta and by Etkin and Leduc (1994) on the severe storm climatology of Southwestern Ontario.

2. Data and methodology.

Limitations in the quality of data lead to a major challenge in determining a reliable severe weather climatology. Since the late 1970s, the Manitoba Weather Services Centre (MWSC) has operated a summer severe weather program to forecast and detect severe weather events. Prior to 1983 much of the information on thunderstorm severity was qualitative, since thunderstorm severity is difficult to quantify. Since then significant effort went to develop criteria based on damage, i.e. to make severe thunderstorm data more quantitative.

Severe Weather Criteria.

The Manitoba Weather Services Centre (MWSC) uses the following criteria to identify a severe weather event:

Objective Criteria:

- (1) 50 mm or more of rain in one hour or less, or 75 mm or more in 3 hours or less;
- (2) Wind speed or gusts equal to or greater than 90 km/h;
- (3) Hail diameter 20 mm or greater;
- (4) Tornadoes or waterspouts. (Funnel clouds are not considered to be severe weather).

¹ Manitoba Environmental Services Center
Winnipeg, Manitoba, Canada

Subjective Criteria:

- (1) Hail less than 20 mm when there is significant property damage (not including crop damage);
- (2) Wind less than 90 km/h when there is significant property damage;
- (3) Flooding causing damage or serious inconvenience when the above rainfall criteria is not met.

These strict severe weather criteria must be verified by ground based investigation in order for the event to be classified as severe weather. Unfortunately the results of this study can not be easily compared to other provinces (or Weather Centres) since other jurisdictions often have different definitions of severe weather.

Multiple events of hail, wind, heavy rain (excluding tornadoes) which occur within 50 kilometres and 30 minutes of one another are counted as one event by the MENSC. Even in the MENSC spatial and temporal part of the definition of an event has changed somewhat over the past 12 years. In early years, events were considered to be separate events if they were separated by 20 km and 30 minutes. In 1985 a 30 km and 45 minutes separation was adopted. Since 1993 a national consensus of 50 km and 30 minutes separation is used to define individual events.

An overview of severe weather event frequencies over the past 12 years (Figure 1) shows that although the actual number of events changed with the change in definition, the variation seems to have little significant impact on the statistical summary from year to year.

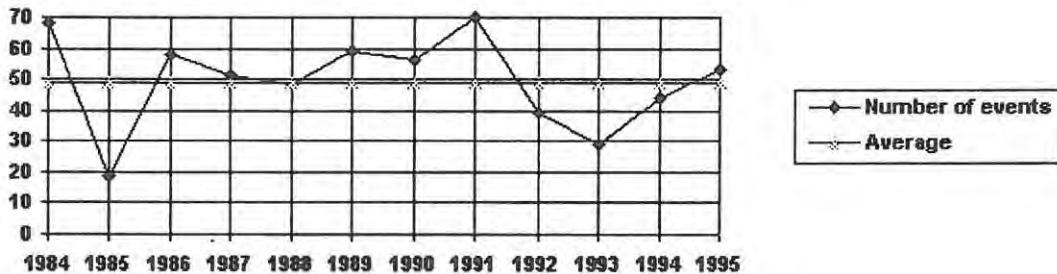


Fig 1: Annual distribution of severe weather events in Manitoba between 1984-1995.

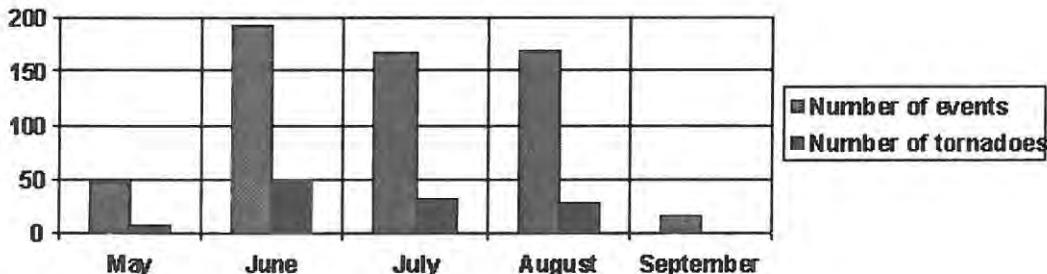


Fig 2: Monthly distribution of severe weather events and tornadoes, 1983-1995.

It is impossible to compare the number of severe weather events occurring since 1983 with those prior to 1983. Prior to 1983, only severe weather periods were given and verified in the annual summer severe weather summaries. There were 2 periods assigned to each 24 hour time interval and no matter how many severe weather events occurred during one of these 12 hour periods, it was classified as one severe weather period.

3. Severe Weather Event Data

The MENSC's severe weather database for the period 1983-1995 was used in this study to determine a summer severe weather climatology for Manitoba. The annual distribution of severe weather events over the twelve year period is shown in Figure 1.

The monthly distribution of severe weather events is shown in Fig. 2. All three months are active with June leading the pack. This agrees well with Etkin (1995) in his study of tornado events across Canada. In a comparable study Paruk and Blackwell (1994) found the maximum to occur in July for Alberta with near 50% drop of frequency of severe weather events in August. The pattern is slightly different than the U.S. monthly tornado pattern in that the majority of U.S. tornadoes occur earlier (i.e. late spring or early summer) (McNulty, 1981). This delay reflects, among other variables, the northward advancement of the polar front (or polar jet stream) during the summer.

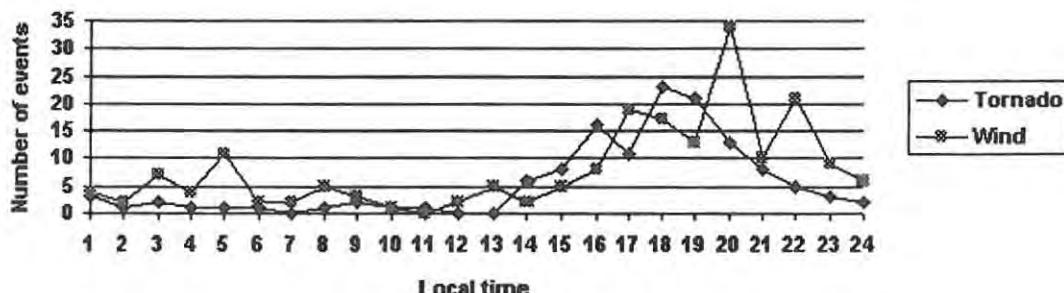


Fig 3: Occurrence time of tornadoes and severe wind events between 1983-1995.

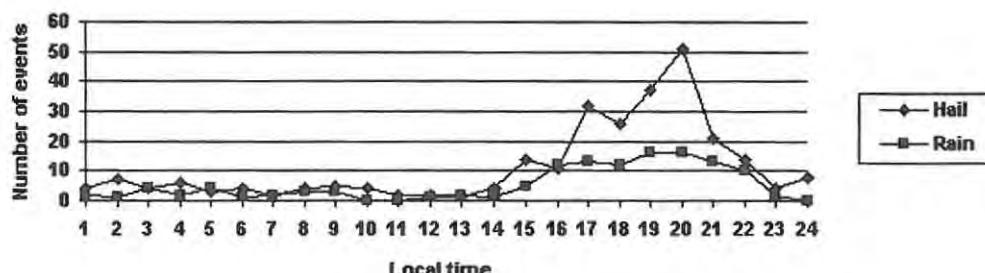


Fig 4: Occurrence time of severe hail and rain events between 1983-1995

The diurnal distribution of severe weather events are shown in Figure 3 to Figure 4. The most active time is the late afternoon and early evening. Peak tornado activity occurs between 1500 and 1800 hours, which is slightly later than Etkin's peak between 1400 to 1600 hours. The peak in severe wind events occurs between 1800 and 2000, slightly later than in the Paruk and Blackwell study for Alberta where the peak in the wind activity occurs between 1700 to 1800. These delays reflect a well known pattern of later convective activity on the eastern Prairies in comparison with the west, and a greater frequency of nocturnal thunderstorms in the east.

A temporal climatology is easier to develop since only the diurnal distribution of severe thunderstorms is the main source for errors. Nocturnal thunderstorms are the main source of errors in developing accurate severe weather climatology. Storm spotter networks have limited effectiveness at night due to restricted visibility, lack of awareness by public. The development of spatial climatology depends also, apart from reporting biases, on a wide range of demographic influences. Factors such as population density, degree of urbanization, transportation routes, public awareness, local visibility and so on. (Etkin and Leduc 1994).

In order to develop an accurate spatial climatology of severe weather in Manitoba the following procedure was followed. First, all Manitoba was divided in 50x50 km grid cells (an area equal to 2,500 sq. km.) and all severe weather events for the period of 1983-1995 were computed and expressed in terms of the number of events per 2,500 sq. km. (Figure 5). Figure 6 represents tornado distribution

across Manitoba as reported. The distribution of reported events has several important characteristics. The number of events is quite high over southwestern Manitoba and over southern Manitoba along the Red River valley. At the same time, there was a significant number of events observed between the Manitoba Lakes and northwest and southeast of Brandon. Frequency is higher along more populated areas with maximums centered on the grids near the two major population centres: Winnipeg (67 events in 13 years) and Brandon (37 events in 13 years).



Fig. 5: Severe weather events reported for the period 1983-1994.
Contours are analyzed for values 5, 15 and 20.



Fig. 6 Tornado events between 1983-1994.
Contours are analyzed for values 5.

In order to develop more proper spatial climatology, data was normalized to annual occurrences and in addition, data for the two largest cities (Winnipeg and Brandon) were not included because their area size is smaller than the grid cell. There were 18 severe weather events within the Brandon area and 45 events within the Winnipeg area during 13 years. Normalizing each of these to annual occurrences per unit area provides an uncorrected climatological map (Fig. 7).

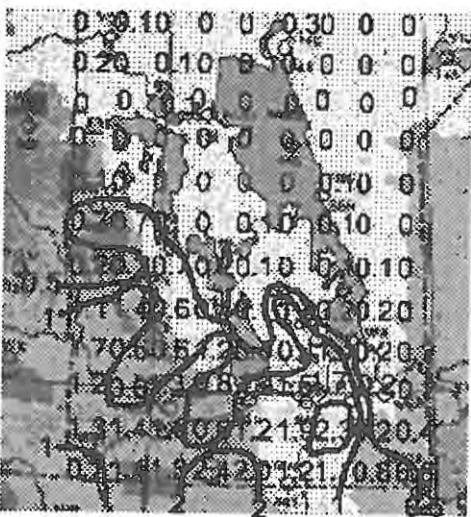


Fig 7. Severe weather events across Manitoba between
1983-1995 per year per 2,500 sq. km.
Contours are analyzed for values 0.5, 1, 2.

4. Population Bias and correcting to Population Density.

Many authors have discussed biases in severe weather data bases; the population bias is considered to be the most important (Newark, Etkin, Leduc, Paruk). In Canada, previous research has shown that urbanized areas report 3 to 5 times more severe weather events than rural areas. Tornadoes, because of their small temporal and spatial scales, may be even more underreported in rural areas, though their unique and dangerous characters often prompt a report if they are detected.

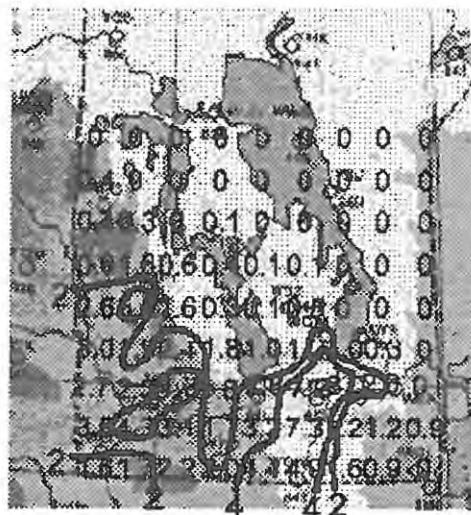


Fig 8. Population density in persons per 1 sq. km. across
Manitoba.
Contours are analyzed for values 2 and 4.

Figure 8 shows population density in person per 1 sq. km. Note that values used for population density were rural values, excluding the residents of larger cities. This should be a closer measure of the general population distribution and more representative of observing severe weather events where the population densities are less. Also population density for each grid was adjusted taking into consideration large lakes and national and provincial parks.

In order to determine the degree of correlation between reports and population densities, the values shown in Figure 7 and Figure 8 were plotted against each other as shown in Figure 9. By determining the relationship and by applying a correction factor to the number of events, we may filter effects of population distribution and then mostly climatology will influence events distribution.

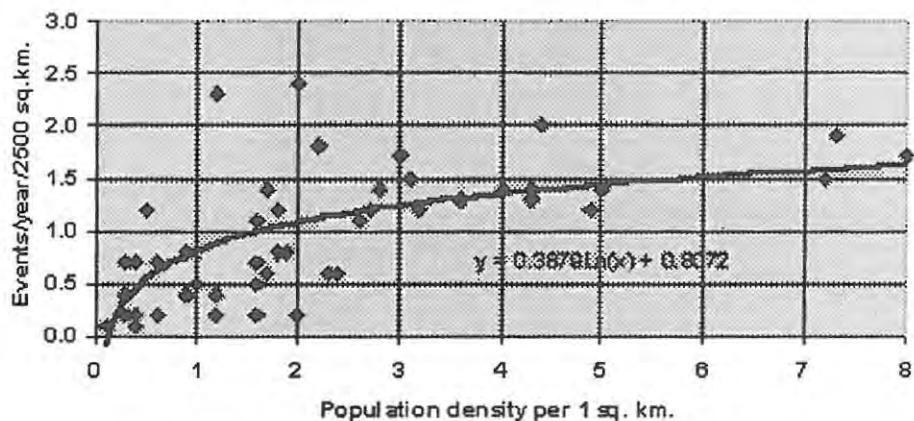


Fig 9: Severe thunderstorm events versus population density.

A curve on Fig. 9 fits the equation:

$$\text{Number of events} = 0.3879\ln(x) + 0.8072$$

In order to determine a correction factor the following was assumed:

The population density in Winnipeg should be sufficient to guarantee that all severe weather events are recorded. During 13 years, 42 events were reported within the Winnipeg boundary, an average of 3.23 events per year. Winnipeg covers approximately 800 sq. km., which is 3.13 times smaller than the one grid area. If we assume that the climatology of each grid is similar and all grids have similar populations to Winnipeg, then each grid should have 10.1 (3.13×3.23) events per year. The correction factor can be expressed as follows:

$$(3.23 \times 3.13)/0.3879\ln(x)+0.8072.$$

When the correction factor is applied to number of events in each grid on Fig. 7, the pattern of severe weather event frequencies alters significantly (Fig. 10).

First of all, the event frequencies in the Brandon and Winnipeg grids are similar to the frequencies in the surrounding grids. Instead of the axis along the Red River valley and along the Trans-Canada highway, the most populated and traveled areas, it is now shifted to run from the town of Swan River southeastward just to the west of Lake Manitoba, along the Manitoba escarpment. A secondary axis remains in southwestern Manitoba just to the east of Turtle Mountains and another weak one just to the southwest of the Riding Mountains National Park. A broad, poorly-defined axis runs between the Manitoba Lakes across the southern tip of Lake Winnipeg, the Whiteshell Provincial Park and southeastern Manitoba with local maximum near the town of Fisher Branch. The extent and intensity of this axis is somewhat questionable because of the very low population density. The axis along the Manitoba Lakes is due to convergence zones created by lake breezes. The magnitude of the local maximum near the town of Fisher Branch, located between Lake

Manitoba and Lake Winnipeg, is likely erroneous and may be due to some demographic effect.

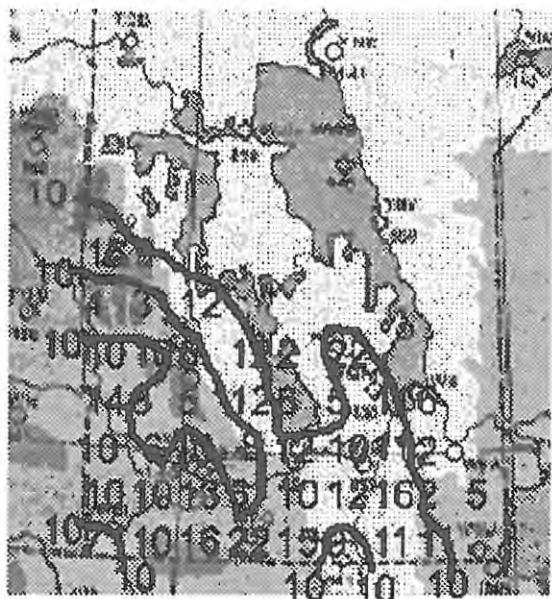


Fig. 10: Severe thunderstorm events per year per 2,500 sq. km. adjusted for population density.

5. Discussion.

Fig. 10 shows the climatology more in line with perceived Manitoba thunderstorm behavior. The axis from Swan River southeastward is lying on the east side of the Manitoba escarpment. This is possibly due to a number of reasons such as: differential heating of eastern slopes; convergence zones created by lake breezes and other lake/upslope effects. Note the local maximum near Swan River between Porcupine Mountains and Duck Mountains, with Lake Winnipegosis to the east and mountains to the north and to the south providing sources for strong forcing. Another maximum is located over southwestern Manitoba along the eastern slopes of Turtle Mountains and possibly also due to differential heating, as eastward facing slopes heat more rapidly in the day. A broad poorly-defined axis

between Lake Manitoba and Lake Winnipeg is created by lake breeze fronts that converge from two sides. Effects of breeze fronts are discussed by many authors (Anderson 1995). Unfortunately, due to extremely low population density, detailed investigations of lake effects such as convergence zones are practically impossible. The large number of events over the southern tip of Lake Winnipeg is probably due to a significantly larger population during summer compared to official numbers and very open areas favorable for observing. It is no surprise that 7 tornadoes were reported within the grid located over the southern tip of Lake Winnipeg during 13 years. Meanwhile, on average, 4 tornadoes were observed during 13 years within each of the 4 grids surrounding Winnipeg, which have a population density at least 4 to 7 times higher. The high number of events over southeastern Manitoba is somewhat questionable due to very low population density. Somewhat as a surprise was the relatively low number of events in the high populated areas along the Red River valley and along the Trans-Canada highway. Traditionally, these areas were considered the high frequency areas. Lack of local forcing mechanisms is a possible explanation. During the spring of 1997 the author had a chance to compare his study to the data for North Dakota. The study done by the National Weather Service office in Bismarck, North Dakota has also shown the relatively low number of events in the high populated areas along the Red River valley, small maximums over northeastern North Dakota and northwestern Minnesota and northwestern North Dakota.

6. Conclusions.

Estimating the number and spatial distribution of severe weather events that actually occur in Manitoba is a discouraging task due to short data sets and extremely heterogeneous population distributions. Care must be exercised in drawing conclusions based on this study. The data base upon which this study has been built is only thirteen years in length - quite short to develop a climatology. Because of the extremely heterogeneous population distribution in Manitoba, we cannot know for certain that the correction applied has led to an improvement or degradation in the data set.

Food for thought

The first global pollution crisis on Earth originated from the oceans four billion years ago when early bacteria started producing a poisonous gas. This "poison" almost wiped out life on planet Earth but is now the energy source for all animal life which we call "oxygen".

7. Acknowledgments

I would like to thank Jay Anderson, the MWSC training coordinator, James Cummine, the meteorologist at Atmospheric and Hydrologic Sciences Division, Tony Keck, the manager of Techniques Technology and Training Division and Patrick McCarthy, severe weather Program Manager for their help in the areas of manuscript preparation and review.

8. References

Anderson, J., 1995: *Summer Severe Weather Distance Learning Course*. Training and Education Services Branch, Downsview, Ontario.

Doswell, C.A.III, 1985: *The Operational Meteorology of Convective Weather*, Vol.II: Storm Scale Analysis. NOAA Tech. Memo. ERL ESG-15, 240 pp.

Etkin, D. *Towards A Risk Analysis of Tornadoes in Canada*. Unpublished document.

Etkin, D. and Leduc, M., 1994: *A Non-Tornado Severe Storm Climatology of Southwestern Ontario Adjusted for Population Bias. Some Surprising Results*, Canadian Met. and Ocean. Soc. Bulletin, Vol. 22, No. 3, 4-8.

Newark, M. J., 1984: *Canadian Tornadoes, 1950-1979*. Atmos.-Ocean, 22, 343-353.

Paruk B. J. and Blackwell S. R., A Severe Thunderstorm Climatology for Alberta. Alberta Weather Centre, Atmospheric Environment Service, Edmonton, Alberta.

Raddatz R. L., Tortorelli R. R. and Newark M. J. 1983: *Manitoba and Saskatchewan Tornado Days 1960 to 1982*. CLI 6-83, Atmospheric Environment Service, Downsview, Ont., 57 pp.

Réflexion

La première crise de pollution planétaire a débuté dans les océans il y a quatre milliards d'années lorsque les premières bactéries ont commencé à produire un gaz toxique. Ce "poison" a presque anéanti la vie sur la planète Terre, mais il est maintenant la source d'énergie pour tous les animaux. C'est l'oxygène.

Book Review - Revue de littérature

Numerical methods in Atmospheric Science and Oceanic Modelling The André J. Robert Memorial Volume

Book reviewed by Phil Austin and Joshua Hacker¹

Readers of the CMOS Bulletin learned last August that the Canadian Meteorological Centre's Mesoscale Compressible Community (MC2) model is now able to make real time 24 hour forecasts (taking 40 minutes of wall-clock time) at 10 km resolution for a domain that encompasses the continental US and Canada. This achievement earns the MC2 unofficial status as the world's fastest limited-area weather forecast model. It is also a testament to the work of Professor André Robert, who developed many of the numerical techniques that drive the MC2 and other regional and global forecast models.

A memorial symposium in honour of André Robert was held in October 1994 at the Université du Québec à Montréal, and a collection of 25 refereed papers based on invited presentations given at the symposium has now been published by CMOS, in association with the NRC Research Press. The research papers can be loosely grouped into several categories: presentations on specific numerical methods, with new work on semi-implicit, semi-Lagrangian techniques strongly represented; comparisons of accuracy and performance in a range of regional and global forecast models; and papers on error propagation, model initialization, data assimilation and adjoint methods.

The volume begins with an interview of André Robert, conducted in 1987 by Harold Ritchie as part of the Oral History Project of the Atmospheric Environment Service. The interview covers Robert's career, which coincided almost exactly with the development of numerical weather forecasting in Canada.

It continues with Robert's thoughts on research and a life in science. His major contributions are clearly summarized in the second paper by Andrew Staniforth, which is both an overview and a tutorial on topics such as the Robert-Asselin filter and the semi-implicit and semi-implicit/semi-Lagrangian numerical integration schemes. Taken together, these two papers provide an engaging introduction to the other papers in the volume. More than that, they succeed in communicating something of André Robert's personal style, as well as the collaborative environment that led to a series of important advances in numerical methods.

The 25 research papers that follow these two articles represent a snapshot of the state-of-the-art in numerical methods applied to the atmosphere and ocean. They could

be read by graduate students and researchers with a background in numerical methods at the level of Haltiner and Williams (1980), "Numerical prediction and dynamic meteorology". In fact, a graduate reading seminar that used selected papers from this volume could be an effective bridge between Haltiner and Williams, which is approaching the end of its second decade in print, and the current research literature. The need for such a bridge is growing, as the broad availability of community forecast models like the MC2



brings researchers with backgrounds in urban meteorology, cloud physics or hydrology into numerical modelling at the regional scale.

For this group of readers, papers on topics such as the formulation of the MC2 model (Laprise et al.), a non-hydrostatic model that uses either Eulerian or semi-Lagrangian differencing (Smolarkiewicz and Margolin), an introduction to adjoint methods (Courtier and Rabier), an analysis of error propagation (Daley), an introduction to physical initialization (Krishnamurti et al.) and a concluding paper on resolution, predictability and sub-grid scale parameterizations (Pielke et al.) would provide an entry point and a guide to further reading in areas fundamental to understanding current numerical modelling work.

Other articles in the collection offer possible new directions in numerical techniques for geophysical modelling, including a look at global models using the spectral element method (Haidvogal et al.), and a spectral, semi-Lagrangian scheme (Williamson). Results from the next-generation Canadian variable-resolution forecast model are presented by Côté et al. For specialists, the volume offers close inspection of a few specific issues in numerical modelling. These include non-Boussinesq effects in an ocean model (Dukowicz), the cubic gnomonic projection (McGregor), updated vertical coordinates (Cullen et al.), Coriolis terms in semi-Lagrangian spectral models (Temperton), lateral diffusion formulations (Sadourny and Maynard), a comparison of three numerical schemes applied to polar vortex erosion (Bates and Li), and the formulation of a primitive equation ocean circulation model using an Arakawa C-grid (Xu et al.).

A few contributions focus on model validation and assessment. They are appropriate for those interested in applying a given modelling package to a specific research problem, and provide an idea of both the limitations and capabilities of numerical models. They cover MC2 applications (Benoit et al.), as well as the operational performance of the Eta model at the United States NMC (Mesinger et al.). The impact of initializing the Japanese operational forecast model with observed rainfall is discussed by Masumura et al., while data assimilation in a coupled atmosphere-ocean model is assessed for the

1982-83 El Niño event by Miyakoda et al.

The editorial quality of the articles is uniformly high, with bilingual abstracts and layout in the style of *Atmosphere-Ocean*. The papers are self-contained, without cross-references or an index, and readers are left to themselves to discover the connections between individual articles. The connections are there, however, and this volume provides a rare opportunity to look at the development of a scientific discipline from infancy to maturity in the span of the research career of a single individual. It seems unlikely that the rate of progress over the next 30 years can match the trajectory described in this book, which begins with a description of barotropic forecasts performed by André Robert on an IBM computer with 60 words of core memory. This memorial volume provides a valuable measure of how far the field of numerical methods has come, and how much of that progress is due to the intuition and scientific imagination of André Robert.

1: Philip Austin is Associate Professor in the Atmospheric Sciences Programme at UBC, where he teaches courses on numerical methods and atmospheric physics. Joshua Hacker is a Ph.D. candidate at UBC working on ensemble forecasting and data assimilation using the MC2.

Antarctic Meteorology and Climatology
by J.C. King and J. Turner
Ice and Climate Division
British Antarctic Survey
Cambridge University Press 1997, 409 p.

Livre présenté par André April²

Depuis les importantes campagnes de mesures effectuées lors de l'année Internationale de géophysique en 1957-58 et lors du First Garp Global Experiment en 1979, il y a eu un effort remarquable de recherche afin de mieux comprendre l'atmosphère de l'Antarctique. Grâce au progrès technologique et à l'étude théorique de l'atmosphère des régions polaires ainsi que l'apport apporté par cette région sur le système global du climat, cet élan commence à porter fruits. Ce livre a pour but de faire une revue de la connaissance actuelle de la météorologie et de la climatologie de l'Antarctique et de mettre en relief les besoins en matière de recherche pour les années à venir.

En plus des sections habituelles donnant les références et un index, le livre est constitué de sept chapitres et de deux appendices donnant la liste des bases et stations météorologiques automatiques déployées dans l'Antarctique et les îles sub-antarctiques.

L'introduction présente succinctement les caractéristiques physiques de l'Antarctique et une brève historique de la météorologie dans cette région. Le second chapitre

présente les observations effectuées, l'instrumentation utilisée comme les stations automatiques et les bouées dérivantes, les bases d'observations installées et l'utilisation de l'imagerie satellitaire. Il est possible de consulter les données journalières de cette région sur le site Internet de l'Antarctic Meteorological British Survey.

Par la suite, les auteurs présentent la climatologie physique et les aspects tels la radiation, les nuages et la précipitation. Il y a également une section bien développée sur la glace de mer et les caractéristiques spécifiques de l'océan sub-antarctique. La circulation à grande échelle de l'atmosphère antarctique occupe une place importante; on traite aussi de sujets importants comme le vent katabatique qui se développe du plateau vers les côtes et la complexité de sa mesure et la description du budget de la vapeur d'eau. On discute aussi l'utilisation du modèle à circulation générale (GCM) pour la représentation de l'atmosphère antarctique.

Les auteurs abordent aussi l'étude des systèmes météorologiques à l'échelle synoptique, notamment l'étude des dépressions sur l'océan et le plateau. On présente également une section sur la préparation des analyses et prévisions météorologiques pour l'Antarctique.

Par la suite les deux auteurs font état des systèmes à mésoscales tels les mésocyclones et l'aspect plus complet de la propagation du vent katabatique. On aborde aussi la couche-limite et la neige soufflée dans l'environnement antarctique. Enfin, les auteurs terminent sur la variabilité et le changement du climat en tenant compte du lien intéressant avec le ENSO (El Niño Southern Oscillation) et de la variation du climat antarctique sous l'effet de serre.

Volontairement, les auteurs ne discutent pas de l'aspect de l'ozone stratosphérique et ils mentionnent avec peu de précision le phénomène de la précipitation sous ciel clair.

C'est un volume d'un grand intérêt pour les météorologistes et les climatologues qui ont pour champ d'étude l'Antarctique mais il peut être également utile pour ceux qui oeuvrent dans les domaines de la glaciologie, l'océanographie et les sciences de l'atmosphère. En lisant ce livre, on peut prendre conscience de l'état des connaissances qui nous viennent de ce continent hostile, là où explorateurs, chercheurs et techniciens de diverses nationalités cohabitent car ils sont portés par le même intérêt, qui est le développement de la science et la protection de l'environnement de cette immense réserve naturelle.

2: Sciences de l'atmosphère, Département des Sciences de la Terre, Université du Québec à Montréal.

Note: We present another book on page 27.
Un autre livre vous est présenté à la page 27.

1998 - International Year of the Ocean - 1998

Facts for January and February (Extracts only)

January



The International Year of the Ocean started first at the International Date Line, established by international agreement. The Date Line mainly follows the 180° meridian of longitude which lies almost entirely over the Pacific and Arctic Oceans. Every new day starts over the ocean.

The freezing point of sea water depends on its salt content. Typical ocean water has about 35 grams of salt per litre and freezes at -1.9 degrees C.

Sea water becomes more dense as it becomes colder, right down to its freezing point of -1.9 degrees C. This is unlike fresh water, which is most dense at 4 degrees C, well above its freezing point.

The Arctic Ocean is the smallest ocean, holding only one percent of the Earth's seawater. This is still more than 25 times as much water as all rivers and fresh water lakes.

Under the enormous pressures of the deep ocean, sea water can reach very high temperatures without boiling. A water temperature of 400 degrees C has been measured at one hydrothermal vent.

The average temperature of all ocean water is about 3.5 degrees C. Since ocean water makes up 97% of all water on Earth, the average temperature of all water on Earth is approximately 3.5 degrees C.

The Pacific Ocean holds more than half the seawater on Earth - almost as much as the Atlantic and Indian Oceans combined.

If the Earth were a perfectly smooth ball it would be covered with salty water 2,742m deep!

The deepest point in the ocean is the Challenger Deep in the Mariana Trench, 10920m deep. If Mt. Everest were dropped into the Challenger Deep its summit would be covered by water more than two kilometers deep.

The tallest mountain on Earth is Mauna Kea, on the island of Hawaii. The top of Mauna Kea is 9,200 m above its base on the seafloor, while the top of Mt. Everest is 8,848 m above sea level.

The longest mountain chain on Earth is the mid-ocean ridge system, which runs through all the major oceans and passes south of Africa and Australia to connect the Atlantic, Indian and Pacific Oceans. It is 65,000 km long, enough to go more than one-and-a-half times around the Earth.

The average depth of the ocean is 3,795 m. The average height of the land is 840m.

The ocean holds 1.37 billion cubic kilometres of sea water, 274 million tons for each of the Earth's 5 billion people. There are about 100,000 tons of river and lake water for each person.

February

Ordinary ocean waves get their energy from the wind. Higher waves need more energy. 'Sea state' (the typical height of wind waves) is determined by the wind speed, the length of time the wind has been blowing steadily (the 'duration'), and the distance over the water that the wind blows in a single direction (the 'fetch').

Wind-generated ocean waves continue to travel after the wind stops. Longer waves travel faster than shorter ones, and go farther before friction causes them to disappear. Groups of waves from storms in the Pacific near Antarctica have been detected in Hawaii and Alaska, more than 10,000km away.

The length of the world's coastlines is about 504,000km, enough to circle the Equator 12 times.

Canada has the longest coastline of any country. The 1996 Canadian Encyclopedia gives the length as 243,797 km, including major island coastlines while the 1997 Guinness Book of Records gives a figure of 244,800 km, including islands.

Winters would be even colder were it not for the heat transported from the tropics by the oceans. From the Equator to about 30°N the ocean transports more heat than the atmosphere, and oceanic heat transports are still significant up to 60°N. The Gulf Stream really is responsible for the relatively warm climate of England!

The Gulf Stream is a strong (up to 9 km/hour) warm (up to 27°C) ocean current, first described in 1513 by Spanish explorer Ponce de León. It originates in the Gulf of Mexico and, as the Florida Current, passes through the Straits of Florida and along the coast of the United States where it is about 80km wide. North of Cape Hatteras it separates from the coast and flows northeast into the Atlantic Ocean where it broadens into the North Atlantic Drift, providing temperate, relatively warm waters to Western Europe.

1998 - Année internationale des Océans - 1998

Capsules pour les mois de janvier et février (quelques extraits seulement)

Janvier



L'Année internationale des océans débute à la ligne internationale de changement de date établie par accord international. La ligne correspond approximativement au méridien de longitude 180 degrés, qui traverse presque entièrement les océans Arctique et Pacifique. Chaque nouveau jour se lève donc en mer.

Le point de congélation de l'eau de mer dépend de la teneur en sels. L'eau de mer typique contient environ 35 g de sels par litre et gèle à -1,9 °C.

À la différence de l'eau douce qui est plus dense à 4°C, soit bien au-dessus de son point de congélation, l'eau de mer devient plus dense lorsqu'elle se refroidit, et ce jusqu'à son point de congélation de -1,9°C.

L'océan Arctique est le plus petit des océans, ne contenant que 1 % de l'eau de mer de la Terre. Mais ce volume est plus de 25 fois le volume d'eau de tous les lacs d'eau douce et des cours d'eau.

Sous l'énorme pression des grandes profondeurs, l'eau de mer peut atteindre des températures très élevées sans bouillir. Une température d'eau de 400°C a déjà été mesurée près d'une cheminée hydrothermale.

La température moyenne de l'ensemble de l'eau océanique se situe à environ 3,5 degrés Centigrade. Comme l'eau océanique constitue 97 % de toute l'eau de la Terre, la température moyenne de l'ensemble de l'eau de la Terre est d'environ 3,5°C.

L'océan Pacifique contient plus de la moitié de l'eau de mer de la Terre - presque autant que les océans Atlantique et Indien combinés.

Si la Terre était une balle parfaitement lisse, elle serait couverte d'une couche d'eau salée profonde de 2 742 m.

Le point le plus profond des mers est la fosse Challenger, élément de la fosse des Mariannes, dont le fond gît par 10 920 m de profondeur. Si l'Everest était jeté dans la fosse Challenger, le sommet serait à plus de 2 km sous la surface.

Le Mauna Kea, à Hawaii, est la plus haute montagne du monde. En comptant l'altitude à partir du fond de la mer, son sommet se situe à 9 200 m, tandis que le sommet de l'Everest se situe à 8 848 m au-dessus du niveau de la mer.

La plus importante chaîne de montagnes du monde est le

système de dorsales médio-océaniques, qui traverse tous les grands océans, soit les océans Atlantique, Indien et Pacifique, les reliant en passant au sud de l'Afrique et de l'Australie.

La profondeur moyenne des océans se situe à 3 795 m, tandis que l'altitude moyenne de la masse terrestre atteint 840 m.

Les océans contiennent 1,37 milliard de km³ d'eau de mer, soit 274 millions de tonnes pour chacun des 5 milliards d'habitants de la Terre. Chaque Terrien dispose d'environ 100 000 tonnes d'eau lacustre et fluviale.

Février

Les vagues océaniques ordinaires tirent leur énergie du vent, mais les grosses vagues ont besoin de plus d'énergie. L'état de la mer (la hauteur typique des vagues de vent) est déterminé par la vitesse du vent, la durée d'action du vent et la surface sur laquelle affluent des vents constants en direction et en force (aire de génération de la houle).

Les vagues océaniques d'origine éolienne continuent de voyager après que le vent est tombé. Les longues vagues voyagent plus vite que les courtes, et se rendent plus loin avant que la friction les fasse disparaître. Des groupes de vagues vestiges de tempêtes dans le Pacifique, près de l'Antarctique, ont été relevés à Hawaii et en Alaska, soit plus de 10 000 km plus loin.

Le Canada possède le plus long littoral du monde. D'après l'édition 1996 de *l'Encyclopédie du Canada*, il s'étend sur 243 797 km, y compris le littoral des grandes îles, tandis que l'édition 1997 du *Livre Guinness des records* le situe à 244 800 km, y compris les îles.

Les hivers seraient encore plus froids si ce n'était de la chaleur transportée des tropiques par les océans. De l'équateur à environ 30° de latitude nord, l'océan transporte plus de chaleur que l'atmosphère, et le transport océanique est encore important jusqu'à 60° de latitude nord. C'est réellement le Gulf Stream qui est responsable du climat relativement chaud de l'Angleterre!

Le Gulf Stream est un courant océanique fort (jusqu'à 9 km/h) et chaud (jusqu'à 27°C), décrit pour la première fois en 1513 par l'explorateur espagnol Ponce de León. Il prend son origine dans le golfe du Mexique puis, après être devenu le courant de Floride, traverse le détroit de Floride et remonte la côte des États-Unis. À ce point, il fait 80 km de largeur. Au nord de Cap Hatteras, il s'éloigne de la côte et remonte vers le nord-est dans l'Atlantique, où il s'élargit pour devenir la dérive nord-atlantique, qui alimente l'Europe de l'Ouest en eau tempérée relativement chaude.

Le rôle des océans dans le changement climatique

Pourquoi étudier le rôle des océans dans le changement climatique?

Les océans couvrent environ 70 % de la surface de la Terre, et font partie intégrante de son climat. Bordé par les océans Atlantique, Pacifique et Arctique, le Canada en dépend énormément pour la pêche, le transport, l'énergie, les loisirs et l'industrie en général. Tout changement du climat de l'océan pourrait avoir des effets marqués sur l'économie du pays et sur la vie quotidienne de sa population.

Depuis une centaine d'années, l'atmosphère de la Terre s'est réchauffée de 0,3 à 0,6°C, et la plus grande partie de cette élévation de température est survenue dans les 40 dernières années. Bien que les scientifiques ne connaissent pas les raisons exactes de cette tendance au réchauffement, il y a des indications très fortes qu'elle est liée à l'accumulation dans l'atmosphère de CO₂ émis par la combustion de combustibles fossiles comme le charbon, le pétrole et le gaz naturel. Ce réchauffement anthropique du climat de la Terre est aussi connu sous le nom d'effet de serre accru.

Fait inquiétant, les scientifiques prévoient que l'atmosphère terrestre devrait encore se réchauffer de 1,0 à 3,5°C d'ici 2100, ce qui la rendrait plus chaude qu'elle ne l'a été depuis 10 000 ans. Ce réchauffement projeté, qu'il soit d'origine naturelle ou humaine, est considéré comme l'une des plus graves menaces environnementales de notre époque, en raison des impacts qu'il pourrait avoir sur toute la planète. On a des indications que certains changements climatiques brutaux ont été causés par des modifications de la circulation océanique. Ces changements climatiques ont eu des répercussions énormes pour la vie sur Terre, causant des extinctions massives d'une grande partie des espèces animales et végétales.

Au Canada, le changement climatique pourrait influer sur les éléments suivants :

Pêches maritimes - Le changement climatique modifiera la température de l'océan, ce qui aura un impact sur la répartition géographique et les migrations des grandes espèces commerciales de poissons. Par exemple, le saumon du Pacifique modifie ses routes migratoires le long de la côte de Colombie-Britannique en réaction à la hausse des températures de l'océan causée par El Niño. Sur la côte est, le refroidissement de l'océan tarde l'arrivée du saumon de l'Atlantique dans les cours d'eau de Terre-Neuve, et pourrait entraîner une réduction des populations de poissons.

Niveau côtier de la mer - Sur les côtes, l'élévation du niveau marin pourrait atteindre 50 cm d'ici 2100, en raison de la fonte des glaciers et de l'expansion thermique des océans. Cette élévation pourrait entraîner l'inondation de

certaines régions côtières et faire ainsi perdre des milieux humides côtiers, affecter le tourisme et les opérations des ports, toucher les agglomérations côtières et exiger la construction de digues coûteuses. Cette hausse risquerait d'affecter surtout les petits États insulaires de faible altitude. Au Canada, les inondations les plus graves pourraient toucher la région du delta du Fraser en Colombie-Britannique, les régions bordant la mer de Beaufort, la baie d'Hudson et la baie James, et des villes côtières comme Charlottetown, dans l'Île du Prince-Édouard.

Ressources en eau - Le Canada pourrait connaître des changements significatifs dans les précipitations, l'évaporation, l'humidité du sol et les débits des cours d'eau, qui auraient à leur tour des impacts sur l'agriculture, la production d'hydroélectricité, la survie des poissons et des espèces sauvages, les marais, les zones tidales et les caractéristiques de l'océan.

Pour étudier ces impacts éventuels, et d'autres, on a mis en place des programmes nationaux et internationaux de recherche qui porteront sur le système climatique naturel de la Terre et sur l'influence des activités humaines. Le présent document concerne le rôle des océans dans le climat, et met en relief les grands résultats et réalisations scientifiques obtenus par les scientifiques canadiens.

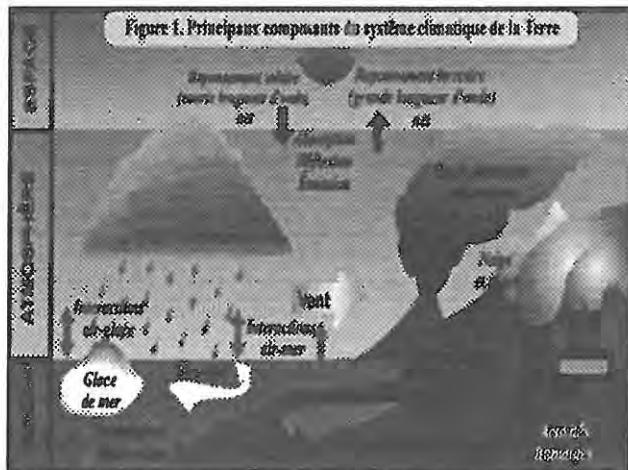
Le système climatique de la Terre

On peut définir le climat comme l'ensemble des conditions dominantes du milieu physique de la Terre. Les Canadiens ont souvent entendu citer des termes de climatologie comme la température moyenne de l'air, les précipitations, la nébulosité, le vent, le gel, etc. Parmi les autres grands paramètres du climat figurent des caractéristiques de l'océan, telles que la température, la salinité, le niveau de la mer, les courants, la couverture glacielle et l'activité biologique.

Le Soleil est la seule grande source d'énergie thermique régissant le système climatique de la Terre. Comme la surface de la Terre est courbe, la quantité de rayonnement solaire incident n'est pas la même partout, les tropiques recevant le plus de chaleur, et les régions polaires le moins. C'est cette différence de température entre les tropiques et les pôles qui induit les vents et les courants, lesquels, en retour, redistribuent la chaleur et l'humidité autour de la planète.

Le climat de la Terre est également façonné par les interactions complexes entre divers éléments : l'atmosphère, les océans et autres composants du cycle hydrologique, les terres, la végétation et les autres formes de vie, les glaciers et la glace de mer et de terre, les activités humaines (Figure 1). C'est par le jeu de ces interactions que le système climatique établit un équilibre

entre le rayonnement solaire incident et le rayonnement réfléchi vers l'espace, et que le climat de la Terre a été remarquablement stable. Toutefois, si l'un de ces éléments subit des modifications considérables, cet équilibre peut être rompu, ce qui entraînerait des changements climatiques régionaux spectaculaires, qu'ils soient temporaires ou permanents.



Dans quelle mesure le climat de la Terre a-t-il changé?

Vivant sous des latitudes tempérées et polaires, les Canadiens connaissent bien la variabilité naturelle du climat. Une année donnée, au printemps, on sort les imperméables et les parapluies, parce qu'il fait plus doux et qu'il pleut plus que la moyenne. L'année d'après, il pourra faire plus froid, les trottoirs ressembleront à des tranchées dans la neige, et l'on ressortira les anoraks. Ce genre de fluctuations climatiques à court terme est une caractéristique naturelle du climat.

Au cours des siècles et des millénaires, cependant, le climat a subi des modifications plus profondes et plus généralisées, qui pouvaient être dues à des variations prolongées du rayonnement solaire, à des déplacements des pôles et des continents ou à de massives éruptions volcaniques. Dans les deux derniers millions d'années, il est survenu de grands âges glaciaires d'ampleur planétaire, environ tous les 100 000 ans (fig. 2-A). Ces âges glaciaires sont suivis de périodes interglaciaires plus chaudes, comme celle que connaît présentement la Terre (fig. 2-B).

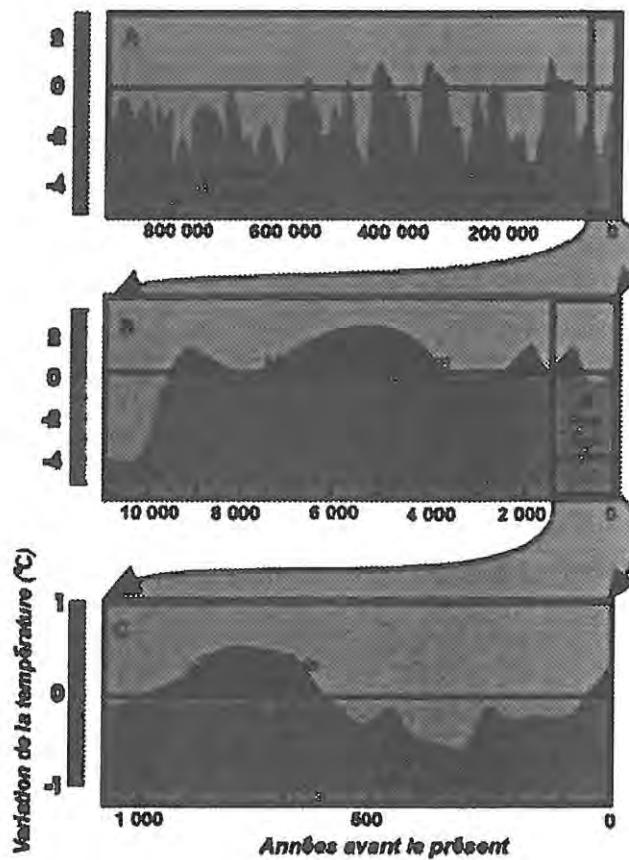
Depuis 9 000 ans, le climat de la Terre est resté exceptionnellement stable, la température planétaire moyenne de l'air ne s'étant écartée que d'un ou deux degrés de ses valeurs actuelles. Les indications laissent penser que la température planétaire moyenne actuelle est au moins aussi élevée que celle de tout autre siècle depuis l'an 1400 (fig. 2-C).

Les océans - Quel est leur rôle dans le changement climatique?

1) Les océans stockent et transportent de la chaleur

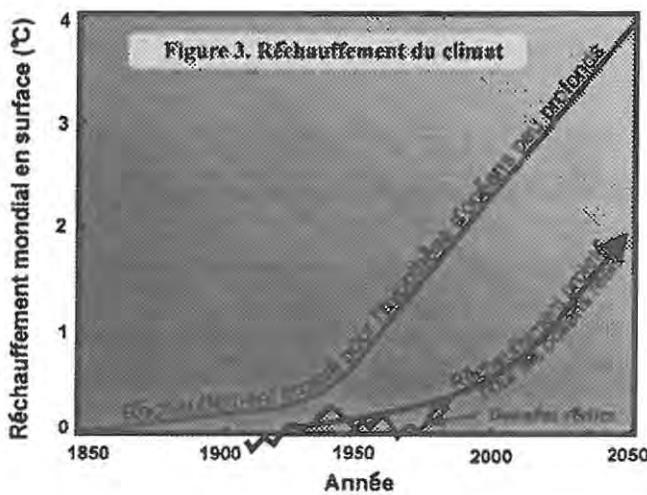
À cause de leur énorme capacité de stocker et de transporter la chaleur, les océans peuvent amortir les changements climatiques présents et à long terme. Leur capacité de stockage thermique est au moins 1 000 fois supérieure à celle de l'atmosphère. Du fait de leur superficie et de leur profondeur, les océans peuvent étaler les effets d'un changement de température sur des distances et des profondeurs considérables, sans changement perceptible de la température globale. Donc, lorsque la température d'une région de l'océan se modifie pendant une période chaude (p. ex. en été) ou froide (p. ex. en hiver), il lui faut beaucoup de temps pour revenir à la normale. C'est pourquoi, dans les villes de bord de mer, comme Victoria et Halifax, les changements saisonniers sont moins extrêmes que dans les villes situées plus dans l'intérieur, comme Toronto ou Edmonton.

Figure 2. Changements mondiaux de la température au cours du dernier million d'années



Si la température de la basse atmosphère de la Terre devait monter pendant une longue période du fait du réchauffement planétaire, les eaux de surface se réchaufferaient aussi. Cependant, comme elles accumulent une grande partie de la chaleur de l'atmosphère, le

réchauffement climatique pourrait être retardé, possiblement d'un siècle. En outre, les eaux profondes de l'océan représentant plus de 75 % de son volume et donc de sa capacité thermique, il leur faudra des siècles pour réagir pleinement au changement climatique (fig. 3). De même, si l'on pouvait supprimer la cause du réchauffement, il s'écoulerait des siècles avant que les océans reviennent à leur état initial. Les océans de la planète transportent de grandes quantités de chaleur et de sel via la circulation thermohaline planétaire (fig. 4). Dans l'océan Atlantique équatorial, les eaux absorbent la chaleur de l'atmosphère. Les courants de surface régis par les vents transportent ensuite cette chaleur en direction nord vers l'Arctique, ce qui réchauffe au passage la côte est de l'Amérique du Nord. En hiver, les vents de l'Arctique refroidissent les eaux de surface, qui libèrent de la chaleur dans l'atmosphère. Cette chaleur est ensuite transportée vers l'est par le vent, ce qui donne à l'Europe un climat étonnamment doux pour sa latitude. Cet échange normal de chaleur entre l'atmosphère et les océans est cependant parfois altéré, avec des effets remarquables sur les climats de certaines régions ou de la planète tout entière. On en veut pour exemple le phénomène El Niño, qui se produit dans le Pacifique Nord (voir encadré).



L'effet de refroidissement des vents de l'Arctique se traduit aussi par une augmentation de la densité des eaux de surface. Les eaux de surface, refroidies, s'enfoncent, en entraînant au fond de l'océan la chaleur qu'elles transportent. C'est ce qu'on appelle la formation d'eau profonde, un élément essentiel du régime de la circulation océanique planétaire, et donc du climat. Les courants des profondeurs transportent l'eau chaude vers l'océan Austral au large de l'Antarctique. Là, l'eau de fond remonte lentement vers la surface en se répandant dans les océans Pacifique et Indien, et absorbe de nouveau la chaleur de l'atmosphère dans les régions équatoriales. Les eaux de surface chaudes reviennent par la suite dans l'Atlantique Nord, où le cycle recommence. Le résultat net en est un transport océanique de chaleur vers les pôles.

Le phénomène El Niño

Normalement, les alizés soufflent sur le Pacifique d'est en ouest le long de l'équateur et poussent les eaux superficielles chaudes vers l'Indonésie. Un couche plus épaisse d'eau chaude se forme à mesure que les eaux de surface s'empilent près de l'Indonésie. À cet endroit, l'air chaud et humide s'élève, se déplace vers l'est et redescend sur le Pérou et l'Équateur. La circulation ainsi induite se traduit par de fortes pluies (forêts ombrophiles tropicales) en Indonésie et des conditions désertiques le long des plaines côtières de l'Amérique du Sud.

À intervalles de quelques années, cependant, les alizés faiblissent ou changent de direction, et le volume d'eau chaude accumulé près de l'Indonésie commence à refluer à travers le Pacifique vers la côte de l'Amérique du Sud. Cette eau chaude emporte avec elle de l'air humide, des nuages et de la pluie. Quand elle atteint la côte de l'Amérique du Sud, un épisode El Niño se déclenche. Il commence par de la pluie sur le désert côtier d'Amérique du Sud, une élévation du niveau marin d'environ 30 cm et une hausse de la température superficielle de la mer de 6 à 8 °C. Lorsque cette masse d'eau chaude se heurte à la côte d'Amérique du Sud, elle est défléchie de l'équateur vers le nord et vers le sud. L'eau chaude finit par atteindre la côte ouest du Canada, où elle exerce une influence considérable sur le climat et les pêches. Pour plus d'informations, prière de consulter le feuillet d'information sur les épisodes El Niño, de l'Institut des sciences de la mer, ministère des Pêches et des Océans.

2) les océans absorbent du dioxyde de carbone

Le CO₂ atmosphérique est l'un des principaux gaz qui piègent la chaleur et gardent la Terre chaude. La quantité de CO₂ présent dans l'atmosphère est liée à l'échange de ce gaz dans le cycle planétaire du carbone. Les océans font partie intégrante de ce cycle, du fait de leur énorme capacité à absorber le CO₂. S'ils n'avaient pas cette capacité de stockage du CO₂, il y en aurait presque soixante (60) fois plus dans l'atmosphère qu'à l'époque préindustrielle, et la température moyenne de l'air serait de 35 °C, soit une vingtaine de degrés Celsius de plus qu'à l'heure actuelle. Les espèces animales et végétales actuelles cesseraient tout simplement d'exister.

Le cycle planétaire du carbone a un équilibre naturel dans lequel il ne se produit aucun ajout net de CO₂ dans l'atmosphère avec le temps. Cependant, les activités humaines, comme la combustion de combustibles fossiles,

altèrent cet équilibre naturel. Les Canadiens se classent au 8^e rang mondial des producteurs de CO₂, avec une moyenne de près de 17 tonnes par personne par an.

Fait surprenant, les niveaux du CO₂ atmosphérique montent plus lentement que prévu. Il manque près de 50 % du CO₂ lié aux activités humaines qu'on devrait retrouver dans l'atmosphère. On pense que les océans sont le principal puits de ce CO₂ manquant, ce qui pourrait retarder le réchauffement climatique possible causé par l'accumulation dans l'atmosphère des émissions de CO₂. Comment les océans captent-ils donc le CO₂ atmosphérique? Au départ, le CO₂ est absorbé à l'interface air-mer. Là, ce sont les quantités relatives de CO₂ présent dans l'atmosphère et dissous dans les eaux de surface qui déterminent si l'océan va absorber davantage de CO₂ ou en réinjecter dans l'atmosphère. À mesure que monte la teneur en CO₂ des eaux de surface, la capacité d'absorption des océans diminue. Les scientifiques estiment qu'un doublement des concentrations atmosphériques de CO₂ de l'époque préindustrielle sera tout probablement atteint d'ici 2100. Cette situation pourrait alors faire monter la température moyenne de l'air de 1,0 à 3,5°C.

Dans les secondes qui suivent son entrée dans les eaux de surface, le CO₂ subit plusieurs réactions chimiques. Seulement 1% reste sous la forme de CO₂ gazeux dissous. La plus grande partie (85%) passe sous la forme de bicarbonate de sodium, plus connu sous le nom de soda à pâte. Le reste se lie sous la forme d'ions carbonate qui continuent de réagir avec le calcium pour donner de la calcite, composant de base des carapaces d'animaux marins. Du fait de ces réactions chimiques, les océans peuvent retenir jusqu'à 60 fois plus de CO₂ que l'atmosphère.

Par des réactions biologiques, le CO₂ est aussi extrait des eaux de surface par le phytoplancton marin lors de la photosynthèse. Lorsque celui-ci meurt ou est absorbé par le zooplancton, le CO₂ est converti en pelotes fécales, en os ou en carapaces calcaires et en fragments de plantes qui finissent par descendre jusque dans l'océan profond. Les niveaux préindustriels du CO₂ atmosphérique auraient probablement été deux fois plus élevés si les océans étaient dépourvus de formes de vie.

Aux échelles de temps plus longues, le CO₂ est transporté dans les océans par la circulation thermohaline planétaire (fig. 4). Au départ, il est physiquement emporté de la surface vers les eaux plus profondes. C'est ce qui se passe pendant la formation d'eau profonde dans l'Atlantique Nord et dans l'océan Austral. Dans le Pacifique, le CO₂ est emporté vers les eaux plus profondes surtout via le continual mélange descendant des eaux de surface, plutôt que par formation d'eau profonde. Bien que la circulation thermohaline ne capture pas chaque année beaucoup de CO₂ atmosphérique au sens net, elle en transporte une très grande quantité due à des siècles d'absorption. Lorsqu'il suit la circulation thermohaline, le CO₂ peut se trouver

éloigné de l'atmosphère pendant jusqu'à 1000 ans avant d'y être restitué dans les zones de remontée océanique.

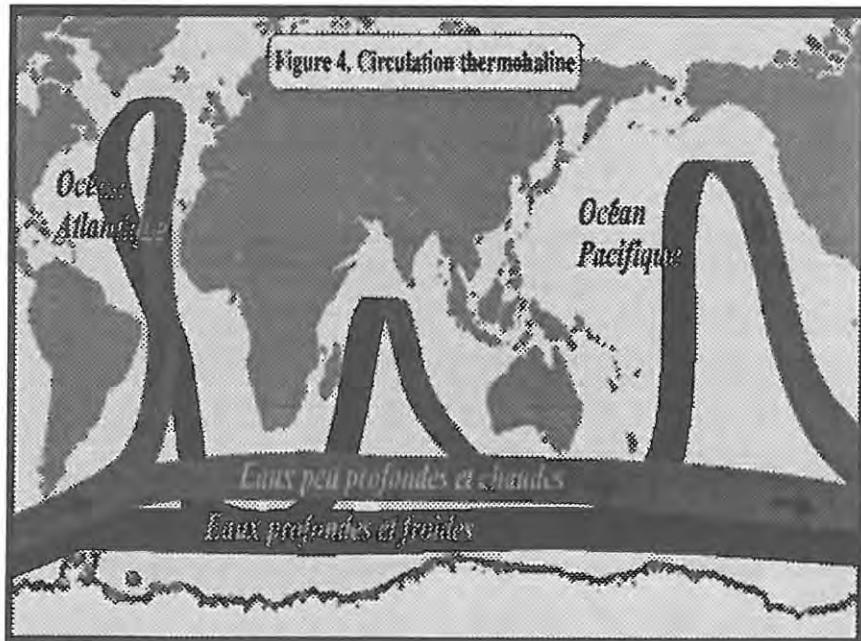
3) L'océan Arctique : un maillon essentiel du système climatique de la Terre

Beaucoup de gens considèrent à tort l'océan Arctique comme une mer tranquille et isolée, de peu d'importance planétaire. Cependant, les résultats des recherches climatologiques en cours vont à l'encontre de cette perception. En fait, l'océan Arctique est un facteur critique du climat planétaire, des manières suivantes :

Effet de rétroaction de l'albédo : Ensemble, les nuages, les aérosols et la surface de la Terre réfléchissent vers l'espace environ 30% du rayonnement solaire incident. Ce sont les glaciers et la glace de mer de l'Arctique et de l'Antarctique qui contribuent pour la plus grande partie à cette réflexion, parce qu'ils ont un albédo (une réflectivité) élevée. Par exemple, si la neige et la glace diminuaient, l'albédo de la planète serait plus bas et la surface de la Terre absorberait davantage d'énergie solaire. Il s'ensuivrait une hausse des températures de la planète et la fonte de plus grandes quantités de neige et de glace dans l'Arctique. Le résultat net est une hausse constante des températures.

Effet d'isolation : La glace de mer de l'Arctique constitue une barrière à l'échange de chaleur entre les océans et l'atmosphère. La glace de mer et les couches superficielles d'eau douce froide empêchent les eaux chaudes plus profondes de l'Atlantique Nord de communiquer leur chaleur à l'atmosphère lorsqu'elles gagnent l'Arctique. Par exemple, si la couverture de glace et de neige augmentait, la température de l'Arctique baisserait, ce qui entraînerait la formation d'encore plus de glace de mer. L'albédo augmenterait aussi, ce qui renverrait davantage de chaleur vers l'espace.

Effet de gouverne thermohaline (température, salinité) : Dans l'océan Arctique, l'eau douce provenant de la fonte de la glace de mer abaisse la salinité et la densité des eaux de surface, et la prise en glace de l'eau de mer en augmente la salinité. Ces changements de densité influent sur la force de la circulation thermohaline (fig. 4) dans l'Atlantique Nord et gouvernent de façon marquée le régime de la circulation océanique planétaire. Par exemple, s'il entre dans l'Atlantique Nord une quantité anormalement élevée d'eau douce de l'Arctique, la réduction de densité des eaux de surface pourrait entraver la formation d'eau profonde. Il s'ensuivrait une réduction du transport de chaleur vers les pôles par les courants de surface qui remplacent normalement l'eau profonde qui s'enfonce. Il s'est produit un tel affaiblissement de la formation d'eau profonde dans les années 60, lors de la « grande anomalie de salinité ».



Les scientifiques canadiens - des leaders dans la recherche climatologique internationale

Les recherches climatologiques menées par les scientifiques canadiens du MPO ont considérablement fait avancer notre compréhension du rôle des océans dans le climat. Ces travaux font souvent partie de programmes internationaux de recherche et de surveillance, plus vastes, comme le Programme mondial de recherches sur le climat, l'Étude conjointe sur les flux océaniques mondiaux, l'Étude du système climatique de l'Arctique et l'étude de la dynamique des écosystèmes océaniques mondiaux. On trouvera ci-dessous un résumé des résultats de certains grands travaux des scientifiques du MPO.

Pompage biologique du CO₂ par les océans - Les scientifiques canadiens ont réalisé la première estimation moderne de la productivité primaire de l'océan mondial. Cette valeur est presque double des estimations précédentes, ce qui suggère que la faune et la flore de l'océan jouent un plus grand rôle dans le cycle planétaire du CO₂.

Pompage du CO₂ anthropique par les océans - Les scientifiques du Canada, en collaboration avec des confrères des États-Unis et de l'Australie, ont produit la première preuve moderne d'un piégeage net du CO₂ atmosphérique par les océans, ce qui confirme que ceux-ci sont le principal puits net du CO₂ généré par les activités humaines. Cette absorption nette de CO₂ est évaluée à 2 milliards de tonnes par an, soit 40% des émissions totales de CO₂ dues à la combustion de combustibles fossiles et de bois. Les scientifiques du MPO ont indiqué que le CO₂ des combustibles fossiles est descendu à des profondeurs de 400 à 1 200 mètres dans le Pacifique Nord, à une vitesse de 30 mètres par an; la capacité des océans à piéger le CO₂ n'est pas illimitée et est régie par leur teneur en calcite. De plus, elle baisse à des vitesses

relativement grandes dans les océans de la Terre.

Changements survenus dans la mer du Labrador : Vers la fin des années 60, des scientifiques canadiens ont décrit pour la première fois un changement dans l'intensité de la formation d'eau profonde dans la mer du Labrador (il n'y a que trois zones de formation d'eau profonde dans le monde). Cette situation, due à un excès de précipitations et de ruissellement sur l'Atlantique Nord, pourrait limiter la formation d'eau profonde à l'océan Antarctique, ce qui induirait d'énormes changements dans la circulation océanique planétaire et donc dans le climat.

Changements survenus dans l'océan Arctique : La toute première traversée océanographique de l'océan Arctique a mis en évidence que, au cours des années 90, la température de la couche d'eau de l'Atlantique entrant dans l'océan Arctique a connu une élévation qui pourrait atteindre jusqu'à 1°C; les scientifiques du MPO ont détecté une circulation peu profonde entre les plates-formes continentales et les bassins de l'océan Arctique, qui est gouvernée par la formation de glace, laquelle isole la glace existante des eaux chaudes de l'Atlantique Nord. C'est là une importante boucle de rétroaction dans le système climatique.

Influence du climat sur les pêches : Des chercheurs du MPO ont observé que les morues de l'Atlantique de 4 ans prises au large du Royaume-Uni et sur le banc Georges sont 10 fois plus grosses que celles prises au large de Terre-Neuve et dans le golfe du Saint-Laurent. Cette différence est liée à celle des climats régionaux. Ils ont également constaté que les périodes de basses températures de l'océan affectent à coup sûr le taux de croissance et la fraye du capelan dans les eaux de Terre-Neuve. Un refroidissement des conditions dans le nord-ouest de l'Atlantique a contribué au déclin des stocks de poisson de l'Atlantique (dont la morue du Nord) au cours

des années 90. Dans le Pacifique, une tendance au réchauffement amorcée dans les années 70 a été suivie par un doublement de production de saumon, qui semble lié aux grands changements dans les taux de survie et de croissance de toutes les espèces de saumon du Pacifique.

Remarque de l'auteur

Le présent document a été rédigé par Allen Eade, Alopex Consultex, de Victoria (C.-B.); le graphisme et la conception ont été réalisés par Rob Bowen, Diversified Scientific Solutions, de Victoria (C.-B.), grâce à des fonds du Plan vert du Canada. Le Programme de recherches sur le climat de l'océan, dont une grande partie de ce document est tirée, a reçu un appui financier du ministère des Pêches et des Océans (MPO) du Canada, du Programme du climat océanique du Plan vert et du Programme de recherche et de développement énergétiques (PERD).

Ce document a reçu l'appui et l'orientation de Brian Smiley, MPO, Institut des sciences de la mer, Sidney (C.-B.), et de Jim Powell (MPO), Ottawa. Plusieurs scientifiques du MPO nous ont guidés dans le choix des matériaux retenus pour la présente brochure, et nous tenons à les remercier pour leurs commentaires:

Région du Pacifique - C.S. Wong, Ed Carmack, Humphrey Melling, Keith Johnson, Ken Denman, Howard Freeland et Frank Whitney.

Région des Maritimes - Ken Drinkwater, Allyn Clarke, Glen Harrison et Dan Wright.

Région du Québec - Alain Vézina.

Région de la capitale nationale - Dick Stoddart et Iola Price.

La Figure 4 présente un schéma de la circulation thermohaline planétaire, d'après Gordon (1986) et Broecker (1987); bien qu'on l'ait inclus en raison-même de sa simplicité, il est maintenant considéré comme trop simple. Pour avoir une explication plus complète de cette circulation océanique, on peut consulter la revue NATURE, Vol. 382, 1^{er} août 1996, où figurent des articles de A.L. Gordon (p.399-400) et de Macdonald et Wunsch (p.436-439).

Remarque du rédacteur

La majeure partie du document original est reproduite ici pour le bénéfice de nos lecteurs. Cette présentation décrit dans des termes non-techniques l'importance du rôle joué par les océans dans le changement climatique. Le document en entier sera publié sous peu par le ministère des Pêches et des Océans.

Droit de reproduction obtenu de Jim Powell, MPO, Région de la capitale nationale.

International Year of the Ocean

Did you know that the UN has declared **1998** as the **International Year of the Ocean (IYO)** to focus attention on the need to sustain marine resources and to ensure a healthy ocean?

The federal government has set up a small IYO Secretariat to help promote and coordinate activities being planned for the Year. Canada has set the following three objectives for the IYO:

- To increase public awareness of the importance of the ocean to the every day life of all peoples, whether they live on, near or remotely from the coast;
- To bring ocean-related issues to the attention of policy and decision-makers and decide on courses of action; and
- To engender long-term continuing support for the programs and activities needed to resolve those issues.

How can you get involved in this worthy cause?

If you have, or know of someone who has, a knack for raising awareness of the key issues and challenges facing the World Ocean please contact the IYO Secretariat and we will add you to our list. The IYO Secretariat is setting up a speaker's bureau for the IYO. This list will include names of scientists (and their favorite topics) who would be interested in speaking on an ocean-related theme to a wide variety of audiences: general public, youth, community groups, schools, Oceans Day events, etc.

If you would like to become involved in our School-Twinning Project, where we link up an inland school, a coastal school and a scientist to conduct scientific experiments relating to the health of the ocean - please contact us for more details. This project also has an international component.

If you are planning any events during 1998 that feature some aspect of the ocean (open house of scientific stations, science fairs, seminar series, etc) and would like to spread the word across the country and around the world, send us the basic details (what, when, by whom, where,...) and we will post it on Canada's official IYO web site @ <http://www.OceansCanada.com/IYO>

If you would just like to know more about IYO please browse the web site mentioned above or contact us at the following address:

**Caroline Bookless, Project Leader
IYO Secretariat (Canada)
200 Kent Street, 12th Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0E6**

Blame It on El Niño

by Dave Phillips¹

Over the years, a wide range of severe, bizarre and crazy weather has been blamed on El Niño, a pronounced warming of the Pacific Ocean current off the coast of South America. That was the case in 1992, when, rightly or wrongly, this well-known but little understood phenomenon was linked to August snowstorms in Alberta, dust storms and bush fires in Australia, sea-lions starving off California due to a scarcity of the fish they prey on, mud slides in Utah, the deaths of tens of millions of monarch butterflies in Mexico, snowstorms in Jerusalem, rattlesnake infestations in Texas, and a steep economic recession everywhere.

A decade earlier, the landmark El Niño of 1982-83 event, one of the strongest and costliest on record, was blamed for the worst drought in Australia in two centuries, starvation and mass migration in drought-stricken Africa, and flooding rains in Brazil and Paraguay. It reduced life-giving monsoon rains in India, Indonesia and the Philippines and spawned the first typhoon to strike French Polynesia in 75 years, followed by five more in five months.

For centuries, Peruvian fishermen used the term El Niño - Spanish for the boy child or the Christ-child - to describe a weak, warm ocean current that arrived each year around Christmas, adversely affecting their catches. Some years, however, an unexplained reversal in atmospheric circulation over the South Pacific and Indian oceans causes this current to warm even more - 2°C to 5°C above the average maximum sea-surface temperature of 28°C - and expand to cover an area up to three times the size of Canada. The effect of this pronounced warming on the world's weather is so dramatic that today the name El Niño is primarily reserved for such exceptional events. Known to Spanish explorers of Latin America nearly 400 years ago, not until the middle of the twentieth century was El Niño recognized as part of a global system leading to droughts in some regions and torrential rains in others.

Although climatologists have not yet determined exactly what triggers the processes that produce El Niño - everything from stiffening trade winds and water piling up in the western Pacific to changes in the salt content of the oceans and heat from lava spewing from undersea volcanoes - they have gained considerable insight into the chain of events leading up to this unusual warming trend. The changes in ocean circulation that produce El Niño have been linked to what is called the Southern Oscillation, a giant see-saw pattern of atmospheric pressure between the eastern and western tropical Pacific. Most of the time, the equatorial trade winds blow west - from a persistent high-pressure system over the southeastern tropical Pacific

near Tahiti, towards an equally persistent low-pressure system parked over Indonesia and northern Australia.

El Niño is much like a game of dominoes played across the Pacific Ocean. For most of the year, trade winds from the northeast and southeast converge near the Equator, and move toward the Philippines and Indonesia. This westward flow of air drags the warm surface water westward, raising sea levels off the coasts of Indonesia and northern Australia by 30 to 70 centimetres and turning the western Pacific into an immense storehouse of energy. Meanwhile, on the other side of the Pacific, offshore winds along the South American coast strip away the shallow surface waters, causing an upwelling of cold, nutrient-rich water.

In an El Niño year, the equatorial trade winds mysteriously slacken or change direction, flowing east instead of west. No longer supported, the wind collapse releases the warm water wave that has accumulated in the western Pacific. The giant underwater surge sloshes back towards the coast of South America much like water in a bathtub. The eastward counter-current strengthens while the water makes its long journey back across the Pacific, taking 2½ months to reach the coast of Peru and warming even more under the hot tropical sun, eventually overriding the normal upwelling of cold water off the coasts of Peru and Ecuador.

El Niño brings with it a wide range of weather anomalies. Rising heat and moisture from the ocean off Peru and Ecuador provide the raw energy for more frequent storms and torrential rainfalls over the normally arid countryside. Moreover, the changes in oceanic and atmospheric circulation associated with El Niño cause atypical weather patterns around the world.

In Canada and the northern United States, the additional heat strengthens and alters the path of the jet stream - the high-altitude, fast-moving river of air that steers weather systems around the world. And a diverted jet stream can wreak havoc with the weather wherever it goes.

What happens to North American weather in the weeks following the onset of El Niño largely depends on whether the jet stream remains a single stream or splits in two. A single jet stream, curving north over British Columbia then plunging south through the centre of the continent, brings colder temperatures to the Great Lakes and eastern North America. At the same time, a high pressure system stalls over the Rocky Mountains, preventing moist Pacific air from moving inland. Mild dry weather then dominates Western Canada and the northwestern United States.

If the jet stream splits, its extreme northern branch tends to create storms in the Gulf of Alaska and warm temperatures in Western Canada. The southern branch delivers more storms to California, Texas and Florida before moving up the east coast of North America.

¹ Senior Climatologist, AES, Downsview.

No matter which path the jet stream takes, it is difficult to predict what type of weather an El Niño will bring to northeastern North America, since each occurrence varies greatly in strength and impact. In the winter of 1982-83, during that record El Niño, very mild Pacific air penetrated east to the Great Lakes and beyond. Yet six years earlier, southern Ontario suffered a bitterly cold winter while the West basked in balmy temperatures during a weaker El Niño.

Every four or five years on average, a pool of cooler-than-normal water - as much as 2°C below the average maximum sea-surface temperature of 28°C - replaces the warm El Niño current off the western coast of South America. The effect of this cooler water, called La Niña, contrasts sharply with El Niño bringing wetter monsoons to India, colder winters to the Canadian West and Alaska, flooding to Bangladesh, and drier, warmer weather to the American southeast. There have been 20 La Niñas - Spanish for girl child - since 1885, the last occurring from August 1988 to March 1989.

El Niño events are far from regular. They occur on average every three to five years, but the interval can vary from two to 10 years. Typically the duration of an El Niño lasts from 12 to 18 months while some expire within a few months.

For people who depend on the weather for their livelihood, El Niño has both good and bad side effects. For example, for British Columbia salmon fishermen, it can be good news as Fraser River-bound sockeye opt for cooler waters, making them available to Canadian fishermen only. On the other hand, schools of hungry mackerel riding the El Niño wave may devour young sockeye stock. To Prairie farmers, anxious to see soil moisture replenished, El Niño's usually snow-free winter is not welcome news. On the other hand, an El Niño year also correlates with a warmer, wetter spring which increases spring wheat yields. To birds and mammals foraging through crusty snow, El Niño can be a boon, but not so for those who enjoy skiing and skating. For householders, El Niño mildness can mean significant savings resulting from reduced energy needs.

Although no two El Niños or their effects are exactly alike, what excites meteorologists everywhere is the sense that El Niño and the associated weather may be predictable a season to even a year in advance. The first step toward such a long-range forecast is deciding whether El Niño will emerge and persist to exert its global influence on the weather. Some work is already under way by using satellites and ship-board instruments to monitor the key early warning signs of El Niño - surface water warming off the coast of Peru, shifts in the trade winds and differences in atmospheric pressure between Australia and the eastern Pacific. Whether or not it is possible to forecast the emergence of El Niño, it may be possible to get at least a few months' warning of an increased risk of weather-related disasters. But long-range forecasting is not easy and, so far, predictions are not reliable enough to be useful.

It may be another three to five years before the next El Niño makes the news. But when it does, chances are that we will all be in for another bout of weird, wild and woolly weather.

Note from the Editor

With reference to the long-range prediction of an El Niño event, please refer to the following:

- 1) Hsieh, William, *El Niño unlikely for winter 1996/97*, CMOS Bulletin SCMO, Vol. 24, No.3, p.74.
 - 2) Hsieh, William, *El Niño Alert*, CMOS Bulletin SCMO, Vol.25, No.3, p.78.
-

Order of Canada

Donald C. Archibald
Toronto, Ontario

In January 1998, Don Archibald was named to the Order of Canada. He joined the Meteorological Service in 1930 and played a significant role in the introduction of scientific observation practices which led to the development of modern Canadian weather forecasting and analysis. He was instrumental in establishing a meteorological reporting network for the Western Canada Airmail Weather Service which he headed as its superintendent in 1930. This program was later expanded to include remote Commonwealth Air Training Bases and later the weather services for TransCanada Airlines.

As Chief of the Basic Weather Division at Toronto Headquarters, he led the expansion of the upper air observing network, the establishment with the Americans of the Joint Arctic Weather Stations and later the aerial ice observing program. Don retired in 1971 and now lives in Toronto.

Our sincere congratulations to Don!

*Morley Thomas
CMOS Archivist
and reference to
Government House Records*

Application Forms for Nomination of Fellows and Honorary Fellows

Application forms are now available for nomination of Fellows and Honorary Fellows of CMOS. Ask for copies. Tel: (613) 990-0300; Fax: (613) 993-4658; e-mail:cmos@ottmed.meds.dfo.ca

In Memoriam

Lawrence T. Campbell

Lawrence T. Campbell (1919-1997), born in Brockville, Ontario and a graduate of Queen's University, joined the Meteorological Service in 1942 and forecasted at Goose, Gander and Montréal Dorval before becoming the Meteorological Liaison officer with the Department in Ottawa in 1952. He came to the Toronto Headquarters in 1965 as Chief of Administration and subsequently served as Director General of three different directorates - Central Services in 1974, Field Services in 1976 and Planning in 1978 - before his retirement in 1980. He was a recipient of the Patterson Medal in 1981. Larry died on November 24, 1997, in Toronto.

William L. Clink

William L. Clink (1926-1998), born in Battleford, Saskatchewan and a graduate of the University of Saskatchewan and later the University of Toronto, joined the Service in 1948. He forecasted at Winnipeg and was employed in research at Suffield, Alberta, until 1964. He then did instrument research work for several years in the United States where he earned another graduate degree at the Rensselaer Polytechnic Institute. He then returned to the Meteorological Service Headquarters in Toronto where he retired in 1989 as a division chief in the Data Acquisition Services Branch. Bill died on January 15, 1998, in Toronto.

W.E. Knowles Middleton

W.E. Knowles Middleton (1902-1998), born in England and a graduate of the University of Saskatchewan, joined the Meteorological Service in 1930. He became an instrument specialist and published two books - "Visibility in Meteorology" (1936 and 1941) and "Meteorological Instruments" (1941 and 1943) before leaving meteorology to specialize in optics with the National Research Council in Ottawa in 1946. During his career with NRC and after retirement he published scores of papers and several books on the history of meteorology, physics and science in general. He received honorary doctorates from Boston and McGill Universities and the 1979 Patterson Medal. Knowles died in Edmonton on January 30, 1998.

Morley Thomas
CMOS Archivist

About our Members

If you have recently retired, changed employment, been honoured in some way, or have any news or information you would like passed on to CMOS Members via the Bulletin, please let us know.

*Paul-André Bolduc, Editor
CMOS Bulletin SCMO.*

Des nouvelles de nos membres

Si vous avez pris dernièrement votre retraite ou changé d'emploi, si vous avez reçu un titre honorifique, ou si vous avez des nouvelles ou de l'information que vous voudriez partager avec les membres de la SCMO, prière de nous le laissez savoir.

*Paul-André Bolduc, Rédacteur
CMOS Bulletin SCMO.*

NUMERICAL METHODS for ATMOSPHERIC and OCEANIC MODELLING: The André J. Robert Memorial Volume

This new CMOS book is now available. You can read the abstracts on the CMOS Homepage. Order your copy now by contacting NRC Research Press at:

Tel: 613-993-0151; Fax: 613-952-7656;
or e-mail: research.journals@nrc.ca
<http://www.nrc.ca/cisti/journals>

Ce nouveau livre de la SCMO est maintenant disponible. Vous pouvez consulter les résumés à la page d'accueil de la société. Commandez immédiatement votre copie en contactant les Presses scientifiques du CNRC à:

Tél: (613) 993-0151; Fax: (613) 952-7656;
ou courriel: research.journals@nrc.ca
<http://www.nrc.ca/cisti/journals>

"Currents of Change: El Niño's impact on climate and society."

by Michael H. Glantz

Published by Cambridge University Press.

Book reviewed by Peter Dzikowski¹

Glantz tells the story of how climate variability, and seasonal climate forecasting, is driven by ocean-atmosphere coupling. As J. Shukla says in the book, "El Niño is a good example to illustrate that there is indeed predictability in the midst of chaos."

Glantz presents, in lay terms, a description of ocean-atmospheric coupling in the equatorial Pacific, its effects on weather around the world, and its relevance to society. He describes the scientific progress made by the hard work and ingenuity of individuals from many different disciplines.

He avoids technical details, choosing instead to deal with the broad picture to give newcomers to El Niño insight into what is happening, how it works and why it forms the basis for seasonal climate predictions. As a social scientist, Glantz is not seduced by the technical aspects around El Niño; rather he distills the science to relevant points and presents the results in the context of what they mean to individuals and society.

Glantz weaves together scientific advances and societal benefits as an underpinning for more support for long lead seasonal climate forecasts. He advocates strengthening the link between science (products - forecasts) and policy- or decision-makers. The "usability" of science is challenged by the growing societal desire for short-term evident benefit from public investment in research.

He makes the important point that just because a weather event occurs during an El Niño, the event is not necessarily caused by El Niño. He underlines the need to remain aware of cause and effect as seasonal climate prediction advances. The road is perilous with either incorrect, or misinterpreted, forecasts undermining the value and validity of those that are more reliable.

This book will likely appeal most to readers who are intrigued by natural science topics that affect their lives, which El Niño does, for so many around the world. It may also appeal to scientists interested in El Niño, as a convenient, although abridged, history of progress on the subject.

**IMPORTANT NOTICE TO ALL MEMBERS
CMOS Members get a tax break!**

The CMOS Office has finally received a ruling from Revenue Canada concerning the Goods and Services Tax and the Harmonized Sales Tax. Contrary to what was printed in the renewal forms, all current publications, page charges, congresses, and other services (e.g.: accreditation) are exempt from both GST and HST.

As a result, any moneys that were collected for GST or HST for 1998 should be returned to members. Since the individual amounts are generally small, refund cheques will only be issued automatically to anyone who has paid GST or HST of more than \$50.00 (e.g. for Atmosphere-Ocean page charges).

Any member who wishes a credit of GST/HST paid for 1998 goods or services to be applied to their 1999 renewal fees must (BY JUNE 30, 1998) submit a written request for credit to the CMOS Business Office at Suite 112, McDonald Building, 150 Louis Pasteur Avenue, Ottawa, ON K1N 6N5; Fax: (613) 562-5615; e-mail: CAP@physics.UOttawa.ca. Any amounts not claimed by that date will be credited to the general revenue of the Society. Please note that credits or refunds do NOT apply to the André J. Robert Memorial Volume, which is officially being sold by the National Research Council, on behalf of CMOS.

**AVIS IMPORTANT POUR TOUS LES MEMBRES
Les membres de SCMO ont un répit de tax!**

La SCMO a finalement reçu une décision de Revenu Canada au sujet de la Taxe sur les biens et services et de la Taxe de vente harmonisée. Contrairement à ce qui était apparaissait sur les formulaires de renouvellement, toutes les publications actuelles, les frais d'auteur, congrès et autres services sont maintenant exempt de la TPS et de la TVH.

En conséquence, les argent qui ont été encaissés pour la TPS et la TVH pour 1998 devraient être remboursés aux membres. Puisque les montants individuels sont généralement petits, des chèques de remboursement ne seront émis automatiquement qu'à ceux qui ont payé une TPS ou TVH de plus de 50,00\$ (e.g.: pour des frais d'auteur pour Atmosphère-Océan).

Tout membre qui désire qu'un crédit de TPS ou TVH pour des biens ou services payés en 1998 soit affecté à ses frais de renouvellement pour 1999 doit (AVANT LE 30 JUIN, 1998), faire une demande écrite de crédit au Bureau d'affaire de la SCMO, Suite 112, Édifice McDonald, 150 Louis Pasteur, Ottawa, ON K1N 6N5; Facsimilé: (613) 562-5615; courriel: CAP@physics.UOttawa.ca. Tout montant non réclamé à cette date sera versé aux revenus généraux de la Société. Veuillez noter que les crédits ou remboursements NE s'appliquent PAS au livre souvenir d'André J. Robert, qui est officiellement vendu par le CNRC pour le compte de la SCMO.

¹ Agricultural Weather Resource Specialist.

Summer Meteorology Workshop Project Atmosphere

Call for Applications by Pre-college Teachers

As in several previous years, the Canadian Meteorological and Oceanographic Society (CMOS) has been invited to select a Canadian teacher to participate in PROJECT ATMOSPHERE in 1998. This is a summer workshop for pre-college teachers of Atmospheric Science topics sponsored by the American Meteorological Society (AMS) and the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) of the United States. It takes place July 20 - 31, 1998 at the National Weather Service Training Center, Kansas City, Missouri.

The expenses for the participating teacher are paid by AMS/NOAA, except for the travel to and from Kansas City. CMOS and the Canadian Council for Geographic Education contribute \$200 (Canadian) each (total \$400) towards the travel expenses.

Previous Canadian participants have found their attendance a very rewarding and significant experience (see *CMOS Bulletin SCMO*, Vol. 25, No. 5, p. 144). Presentations are made at the Workshop by some of the most respected American Scientists in the fields of atmospheric and oceanographic sciences. Participants have returned with material, resources and teaching modules readily adaptable to classroom presentations.

Interested teachers should request, as soon as possible, an application form from the following address:

Executive Director
CMOS - Summer Workshop
Suite 112, McDonald Bldg
150 Louis-Pasteur
Ottawa, ON K1N 6N5
Tel: (613) 990-0300; Fax: (613) 993-4658
e-mail: cmos@ottmed.meds.dfo.ca

Atelier d'été en météorologie Projet Atmosphère

Demande de candidats de niveau pré-collégial

Comme par les années passées, la Société canadienne de météorologie et d'océanographie (SCMO) a été invitée à choisir un enseignant canadien qui participera au PROJET ATMOSPHÈRE en 1998. Il s'agit d'un atelier d'été à l'intention des enseignants de niveau pré-collégial spécialistes en sciences atmosphériques; cet atelier est parrainé par l'American Meteorological Society (AMS) et la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) américaine. Il aura lieu du 20 au 31 juillet 1998 au centre de formation du National Weather Service à Kansas City au Missouri.

Les dépenses de l'enseignant choisi seront assumées par l'AMS et la NOAA, à l'exception des déplacements à destination et au retour de Kansas City. La SCMO et le Conseil canadien pour l'enseignement de la géographie offrent chacun 200 \$, soit au total 400 \$, pour les déplacements.

Les anciens participants du Canada ont trouvé leur expérience très enrichissante et stimulante (lire *CMOS Bulletin SCMO*, Vol. 25, No. 5, p. 144). Les exposés de l'atelier sont présentés par des experts américains les plus réputés dans les sciences atmosphériques et océanographiques. Les enseignants sont revenus avec du matériel, des ressources et des modules didactiques qu'ils peuvent facilement adapter dans leurs cours.

Les enseignants intéressés sont priés de demander un formulaire de candidature à l'adresse suivante :

Directeur exécutif
SCMO - Atelier d'été
Bureau 112, Immeuble McDonald
150, rue Louis-Pasteur
Ottawa (Ontario) K1N 6N5
Téléphone: (613) 990-0300; Télécopieur: (613) 993-4658
Courriel: cmos@ottmed.meds.dfo.ca

36-1 Atmosphere-Ocean Contents

1) *A Two-Dimensional Numerical Model which Simulates the Temperature, Salinity and Velocity Fields in Knight Inlet, British Columbia* by Maureen L. Yeremy and Michael W. Stacey.

2) *The Thickness Variable in Sea-Ice Models* by Gregory M. Flato.

3) *Spatial and Temporal Variability of Canadian Monthly Snow Depths, 1946-1995* by Ross D. Brown.

Research Note

Forecast-Observation Pattern Relationships in NCEP Medium Range Forecasts of Non-Winter Northern Hemisphere 500-mb Height Fields by Leonid Rukhovets, Huug M. van den Dool and Anthony G. Barnston

Sheila Bourque

Student Travel Grants available for CMOS Congress-1998-in-Halifax 1998 in Montreal

Graduate students interested in attending the CMOS Congress in Halifax in June 1998, should consider submitting an application for a grant to their local CMOS Centre/Chapter.

Approximately \$5,000 has been allocated to support students up to a maximum of \$500 each for this year. At present, one student per Centre will be supported from central funds, and local Centres are being encouraged to use their funds for support of additional students. The executive members at each Centre are being asked to evaluate applicants from within their Centre. All applicants must satisfy the requirements given below.

This is a new policy still under development by CMOS Council, so that the procedure shown below will be reviewed in succeeding years.

Requirements:

1. The student must give a paper at the Congress or be a recipient of a CMOS prize at the Congress.
2. The student or his/her supervisor must be a member of CMOS.

Considerations:

1. Preference will be given to students who have not received a CMOS travel grant previously.
2. Preference will be given to students presenting first-author papers.

Amount awarded:

Up to \$500 towards travel cost (airflights must be "3 weeks in advance fixed date" fares or better; land transport must be multi-occupancy vehicle, train or bus), and double-occupancy accommodation.

Applications must contain:

1. Name of the student and whether they are a CMOS member.
2. Name of the supervisor and whether they are a CMOS member.
3. Photocopy of notification of a prize, if any.
4. Abstract of submitted paper and list of authors.
5. List of any previous CMOS travel grants awarded to the student and to the supervisor.
6. For supervisors submitting with more than one student, the rank of this student.

Applicants should submit their application to the Chair of their local CMOS Centre (not to the Congress 1998 executive) no later than 31 March, 1998.

(Note: The use of masculine is only to ease the text. For Centre, read Centre/Chapter)

Bourses de voyages pour les étudiants pour le congrès 1998 de la SCMO à Halifax

Les étudiants de deuxième cycle intéressés à participer au congrès de la SCMO à Halifax en juin 1998 devraient songer à soumettre une demande de bourse à leur centre local de la SCMO (ou chapitre).

Environ 5 000\$ ont été alloués afin d'aider les étudiants pour un maximum de 500\$ chacun. En ce moment, un étudiant sera aidé pour chaque Centre intéressé à participer et les centres locaux sont encouragés à supporter d'autres étudiants à même leurs fonds. Les membres exécutifs de chaque Centre de la SCMO choisiront des candidats satisfaisant aux exigences énumérées ci-dessous.

Ceci est une nouvelle politique encore en développement par l'Exécutif national et la procédure peut être sujet à changement dans les prochaines années.

Exigences:

1. L'étudiant doit faire une présentation au Congrès ou être le récipiendaire d'un prix de la SCMO au Congrès.
2. L'étudiant ou son superviseur doit être un membre de la SCMO.

Considérations:

1. La préférence sera accordée aux étudiants qui n'ont jamais reçu de bourse de voyage de la SCMO auparavant.
2. La préférence sera accordée aux étudiants qui sont les premiers auteurs de leur présentation.

Montant accordé:

Jusqu'à 500\$ pour le coût du transport (les billets d'avion doivent être achetés au moins trois semaines avant la date du congrès, le transport routier doit être par covoiturage, par train ou autobus) et l'hébergement en occupation double.

Toutes les demandes doivent inclure:

1. Le nom de l'étudiant et s'il est membre de la SCMO.
2. Le nom du superviseur et s'il est membre de la SCMO.
3. La photocopie de l'avis qui indique la réception d'un prix, s'il y a lieu.
4. Le résumé de la présentation soumise et la liste des auteurs.
5. Liste des bourses de voyages de la SCMO accordées à l'étudiant et à son superviseur.
6. Pour les superviseurs qui font la demande pour plus d'un étudiant, le classement de cet étudiant.

Toutes les demandes doivent être soumises au Président de leur Centre local de la SCMO (non pas à l'exécutif du Congrès 1998) au plus tard le 31 mars 1998.

(Note: L'emploi du masculin n'a pour but que d'alléger le texte. Centre inclus les centres et les chapitres)

32^e Congrès Annuel de la SCMO
Dartmouth, Nouvelle-Écosse
1^{er} au 4 juin 1998



Le centre d'Halifax de la Société canadienne de météorologie et d'océanographie (SCMO) sera l'hôte de la 32^e édition du Congrès Annuel de la SCMO, qui se tiendra au Holiday Inn à

Dartmouth, en Nouvelle-Écosse, du 1^{er} au 4 juin 1998. Le thème du congrès cette année est: "Changement climatique de l'atmosphère et l'océan". Ce thème a été choisi afin de démontrer les efforts de recherches majeurs qui ont été déployés dans ce domaine, tant à travers le pays que dans le monde entier. Des sessions spéciales sont prévues pour la recherche pertinente au Projet Mondial sur la Circulation des Océans (WOCE) ainsi qu'au Projet de Variabilité du Climat (CLIVAR), la chimie des eaux arctiques, le cycle global du carbone, la prévision du système couplé atmosphère-océan, la variabilité climatique des écosystèmes des plateaux continentaux (GLOBEC), et finalement pour la grande tempête de verglas de 1998. Quant aux sessions régulières, elles traiteront de plusieurs autres sujets. De plus, un jour spécial durant le congrès a été désigné Jour de l'éducation, alors qu'un second a été réservé pour les industries, dans le but d'encourager les éducateurs locaux à participer au Congrès et pour promouvoir le travail des industries locales. Veuillez prendre note que le prix d'inscription a été légèrement haussé cette année dû au fait que nous y incluons trois dîners buffets, ainsi que pour suivre le taux courant d'inflation.

Immédiatement avant le Congrès de la SCMO, la Conférence pour le Projet Mondial sur la Circulation des Océans se tiendra à Halifax, Nouvelle-Écosse, du 24 au 29 mai 1998. La plupart des questions que vous pourriez avoir concernant le Congrès de la SCMO trouveront fort probablement leur réponse sur notre site Internet à l'adresse suivante:

<http://dfomr.dfo.ca/science/ocean/cmos/congrs98.html>

Pour toute autre requête concernant l'enregistrement au Congrès, l'hébergement, etc., veuillez contacter le Dr. Clive Mason (voir dernière page de ce numéro pour l'adresse électronique et les numéros de téléphone).

Lieu du Congrès et hébergement

Le Congrès se tiendra au Conference Centre du Holiday Inn à Dartmouth, Nouvelle-Écosse. C'est un endroit particulièrement bien situé, faisant face au pont MacDonald menant à Halifax, tout près du terminus d'autobus et du centre sportif, ainsi qu'à une courte

distance de marche du terminus du traversier.

Une section de 125 chambres a été réservée au Holiday Inn jusqu'au 30 avril. Un prix spécial de 89\$ par chambre a été fixé pour le congrès. Chaque chambre peut occuper jusqu'à quatre personnes. On recommande que les participants choisissent le Holiday Inn à leur arrivée car cet hôtel est de loin le plus pratique pour les besoins du congrès, et la SCMO pourra bénéficier d'un rabais substantiel si une quantité suffisante de chambres est louée.

Voyages par avion

La ville d'Halifax est desservie par la plupart des grands transporteurs aériens. Le transporteur officiel du Congrès est Air Canada. Si vous choisissez de voyager avec Air Canada, demandez qu'on inscrive le numéro d'événement # 'CV982085' sur votre billet, peu importe la classe, puisque la Société en bénéficie, et ce, sans coût additionnel pour vous.

Aide aux étudiants

Les étudiants intéressés à assister au Congrès de la SCMO devraient contacter le directeur de leur centre local de SCMO qui pourront leur fournir l'information quant aux possibilités d'aide financière pour le voyage jusqu'à Halifax.

Besoins particuliers

Les personnes devant se déplacer en chaise roulante peuvent emprunter les rampes d'accès menant au Conference Centre et à l'hôtel.

Exposants commerciaux et industriels

Des kiosques pour exposants commerciaux et industriels, ainsi que des commanditaires sont disponibles dans la section Terrace, là où se tiendront les pauses café et les dîners buffets. Pour de plus amples informations, veuillez contacter Oscar Koren dont les coordonnées apparaissent à la dernière page de ce numéro.

Dîners buffets

Le coût des dîners buffets (prévus pour lundi, mardi et jeudi), est inclus dans le prix d'inscription. Ces dîners seront tenus dans la section Terrace et, pour des raisons d'efficacité, seront entourés par les exposants et les posters, avec en prime une vue imprenable du Port d'Halifax.

(Suite à la page suivante pour la description des activités sociales)

32nd Annual CMOS Congress Dartmouth, Nova Scotia 1-4 June, 1998



The Halifax Centre of the Canadian Meteorological and Oceanographic Society (CMOS) will host the 32nd Annual CMOS Congress at the Holiday Inn in Dartmouth, N.S.,

during 1-4 June, 1998. The theme of the Congress is "Atmosphere-Ocean Climate Variability", to reflect major national and international research initiatives in this field. Special sessions are presently planned for WOCE/CLIVAR research, Arctic marine chemistry, global carbon cycles, forecasting of the coupled atmosphere-ocean system, climate variability in shelf ecosystems (GLOBEC), and the ice storm of 1998. Regular sessions will cover many more topics. As well, one of the Congress days is designated for Education, and another for Industry, in order to encourage the participation of local educators and to showcase the work of local industries. The registration fees have been raised slightly over last year due to the inclusion of the three lunches and some allowance for inflation.

Immediately preceding the CMOS Congress, the Conference of the World Ocean Circulation Experiment will be held in Halifax, NS, during 24-29 May, 1998. Most questions regarding CMOS Congress '98 may be answered by accessing the web page:

<http://dfomr.dfo.ca/science/ocean/cmos/congrs98.html>

For other inquiries regarding registration, accommodation, or other local arrangements, please contact Dr. Clive Mason (see last page of this issue for e-mail address and phone numbers).

Congress Location and Accommodation

The Congress will be held at the Conference Centre of the Holiday Inn in Dartmouth, N.S. This is conveniently located at the head of the MacDonald Bridge leading to Halifax, adjacent to the bus terminal and the sports centre, and a short walk from the ferry.

A block of 125 rooms at the Holiday Inn is being held for us until 30 April. The special congress rate is \$89/room. The rooms can accommodate 1 to 4 persons. It is recommended that attendees stay at the Holiday Inn as it is by far the most convenient and CMOS will receive a considerable discount on meeting rooms if enough rooms are rented.

Air Travel

The City of Halifax is served by most major airlines. The official airline for the Congress is Air Canada. If you choose Air Canada, be sure to get Event # 'CV982085' onto your ticket no matter what class it is, as the Society benefits from this and it costs you nothing.

Student Travel and Special Needs

Students interested in attending the CMOS Congress should contact their local CMOS Centre Executive for information regarding travel assistance funding.

The Holiday Inn Conference Centre and Hotel are wheelchair accessible.

Commercial Exhibitors

Commercial booths and sponsorships are available in the Terrace area - the site of all coffee breaks and buffet lunches. For more information, contact Oscar Koren (find his e-mail address and telephone number at the last page of this issue).

Lunches and Social Activities

Buffet lunches on Monday, Tuesday and Thursday are included in the full registration price. They are held in the Terrace area, surrounded by the exhibitors and the posters, with a great view of Halifax Harbour. Having them adjacent to the sessions makes for a very efficient schedule.

In addition to the full scientific agenda, this year's program includes an ice breaker, a cash bar reception, and a seafood banquet. There will be a coffee social for accompanying persons on the opening day. Full registration includes three buffet lunch tickets and one banquet ticket. Additional tickets may be purchased with registration. The scientific program has left Wednesday afternoon free for delegates to shop and explore. A special luncheon has been arranged on Wednesday for the awarding of the Atmospheric Environment Service's Patterson Medal for outstanding contribution to meteorology.

(Suite de la page précédente)

Activités sociales

En plus de tout le programme scientifique, on a prévu les activités sociales suivantes: un cocktail de bienvenue, une réception avec bar payant ainsi qu'un banquet de fruits de mer. Il y aura de plus, lors de la première journée, une rencontre qui inclura les personnes accompagnant les conférenciers. Le prix d'inscription inclut les trois billets de buffet et un billet de banquet. L'achat de billets additionnels pourra se faire à l'enregistrement. Les délégués pourront explorer ou magasiner à leur guise mercredi après-midi, où l'horaire a prévu un temps de relâche. Un dîner spécial est prévu mercredi en vue de remettre la médaille Patterson du Service de l'Environnement Atmosphérique pour contribution exceptionnelle à la météorologie.

**CMOS ACCREDITED CONSULTANTS
EXPERTS-CONSEILS ACCRÉDITÉS de la SCMO**

Mory Hirt

Applied Aviation & Operational Meteorology

Meteorology and Environmental Planning
401 Bently Street, Unit 4
Markham, Ontario, L3R 9T2 Canada
Tel: (416) 477-4120
Telex: 06-966599 (MEP MKHM)

Richard J. Kolomeychuk

Applied Climatology and Meteorology
Hydrometeorology, Instrumentation

Envirometrex Corporation
14A Hazelton Ave., Suite 302
Toronto, Ontario, M5R 2E2 Canada
Tel: (416) 928-0917 Fax: (416) 928-0714
e-mail: kolomey@ibm.net

Tom B. Low, Ph.D., P.Eng

Research and Development Meteorology

KelResearch Corporation
850-A Alness Street, Suite 9
Downsview, Ontario, M3J 2H5 Canada
Tel: (416) 736-0521 Fax: (416) 661-7171
E-mail: kel@nexus.yorku.ca

Ian J. Miller, M.Sc.

Marine Meteorology and Climatology
Applied Meteorology, Operational Meteorology
Broadcast Meteorology

Météomédia / The Weather Network
1755, boul. René-Levesque Est, Suite 251
Montréal, Québec, H2K 4P6 Canada
Tel: (514) 597-1700 Fax: (514) 597-1591

Douw G. Steyn

Air Pollution Meteorology
Boundary Layer & Meso-Scale Meteorology

4064 West 19th Avenue
Vancouver, British Columbia, V6S 1E3 Canada
Tel: (604) 822-6407
Home: (604) 222-1266

Bill Thompson

Flood Warning, Marine Applications
Integrated Monitoring and Prediction Systems
International Aid and Development Projects

Atmospheric Environmental Consultants
112 Varsity Green Bay NW
Calgary, Alberta, T3B 3A7 Canada
Tel / Fax: (403) 286-6215
E-mail: thompson@cadvision.com

You could use this empty space
for your own business card.

Call us now!

**Vous pourriez publier
votre propre carte d'affaire
dans cet espace libre.**

Appelez-nous immédiatement!



CMOS-SCMO
Suite 112, McDonald Building
University of Ottawa
150 Louis-Pasteur Ave.
Ottawa, Ontario
K1N 6N5

Canadian Publications
Product Sales Agreement
0869228

Envois de publications
canadiennes Numéro de

Please send address changes to the above address. / Prière d'envoyer les changements d'adresse à l'adresse ci-haut.



1998 CMOS Congress in Halifax **Congrès 1998 de la SCMO à Halifax**

Atmosphere-Ocean Climate Variability / Changement climatique dans l'atmosphère et l'océan

1 - 4 June 1998

<http://dfomr.dfo.ca/science/ocean/cmos/congrs98.html>

1 - 4 juin 1998

Peter Smith pc_smith@bionet.bio.dfo.ca ☎ (902) 426-3474	Chairmen, Scientific Program Committee	Présidents Comité du programme scientifique
Dan Wright dwright@emerald.bio.dfo.ca ☎ (902) 426-2502		
Clive Mason c_mason@bionet.bio.dfo.ca ☎ (902) 426-6927 or/ou (902) 426-2431 Fax: (902) 426-7827	Chairman, Local Arrangements Committee	Président Comité local d'organisation
Oscar Koren Oscar.Koren@ec.gc.ca ☎ (905) 669-2365	Commercial Exhibits	Expositions commerciales

Official carrier: Air Canada (Event # CV982085) Transporteur officiel: Air Canada