



Environment
Canada

Environnement
Canada

Atmospheric
Environment
Service

Service
de l'environnement
atmosphérique

ISSN 0410-7926

CLIMATIC VARIABILITY AND ITS IMPACT ON THE PROVINCE OF ONTARIO

LA VARIABILITÉ CLIMATIQUE ET SON IMPACT SUR LA PROVINCE DE L'ONTARIO

by/par

**T.R. Allsopp,
P.A. Lachapelle,
F.A. Richardson**

CLI 4-81

**DOWNSVIEW, ONTARIO
1981**

UDC: 551.582.1(712)

CONTENTS/TABLE DES MATIÈRES

	Page
Table of Contents/Table des matières	ii
Acknowledgements/Remerciements	iii
List of Figures/List des figures	iv
Summary/Sommaire	v
 Chapter I/Chapitre I	
Climate and Planning/Climat et Planification	1
 Chapter II/Chapitre II	
Problem Identification/Identification des problèmes.....	7
 1) Climate and Climate Variability in Ontario/Climat et variabilité climatique en Ontario	
a) The Climatic Record/ Relevé climatique	9
b) Variability of Great Lakes Basin/Variabilité du bassin des Grands Lacs	12
c) Periodicity in Ontario Temperature and Precipitation/ Périodicité de la température et des précipitations en Ontario	16
d) Man's Impact on Climate - The Urban Heat Island/Impact humain sur le climat - flot thermique urbain	18
2) Societal and Planning Attitudes at Home and Abroad/Attitudes de la société et planification chez nous et à l'étranger	22
3) Complexity of Climate - Societal Interaction/Complexité de l'interaction climat-société	26
 Chapter III/Chapitre III	
Climatic Impacts/Impacts climatiques	29
 1) The Winter Season of 1976-77/L'hiver de 1976-77	
a) Synopsis/Sommaire	29
b) Impacts/Impacts	33
(i) Energy Consumption/Consommation d'énergie	33
(ii) Transportation/Transports	36
(iii) Winter Recreation/Loisirs d'hiver	41
(iv) Wildlife/Faune sauvage	43
(v) Agriculture/Agriculture	43
c) The Winter Season in Statistical Perspective/L'hiver selon les statistiques	45
 2) The Effect of Extended Drought/L'effet des sécheresses prolongées.	
a) Agriculture/Agriculture	49
b) Forestry/Forêts	52
c) Water Resources/Ressources en eau	56
 3) Excessive Moisture/Humidité excessive	
a) Agriculture/Agriculture	61
b) Water Resources/Ressources en eau	65

4) The Mild January of 1980/Le mois doux de janvier 1980	66
5) Tornadoes/Les tornades	67
Chapter IV/Chapitre IV	
Predictability Versus the Alternative of Climatology/Prévision ou climatologie	71
1) Current Predictive Skills/Aptitudes prévisionnelles actuelles ...	71
2) Future Climate/Climat de l'avenir	73
3) The Alternative - The Use of Climatic Information in Planning and Decision Making/L'alternative - Utilisation des informations climatiques pour la planification et la prise de décisions	75
Chapter V/Chapitre V	
Future Actions/Actions futures	80
References/Références	84
Appendix A/Annexe A	87

Acknowledgements

We would like to thank Mr. Gordon Stokell of the Ontario Provincial Secretariat for Resources Development, representatives and staff of the Government of Ontario, Ontario Hydro, City of Toronto Public Works Department, City of Brampton, and Blue Mountain Resorts Ltd., who kindly responded to our requests for information, advice and assistance needed to produce this report.

We also express our gratitude to Messrs. Ron Crowe and Scott Somerville for supplying us with interesting and informative nineteenth century proxy meteorological data for Ontario, and to Mr. Roger Street for providing the forest fire statistics for 1980.

Finally, we would especially like to thank Mr. Gordon McKay for providing expert advice and reviewing the report, Myra D'Gabriel and Una Ellis for their proficient word processing of the manuscript, Debra Allsopp for the excellent graphics production, and Bernie Wyer for his assistance in compiling the appendix tables.

Remerciements

Nous tenons à remercier M. Gordon Stockell du Secrétariat provincial de l'Ontario pour le développement des ressources, les représentants et le personnel du gouvernement de l'Ontario, Hydro-Ontario, le Service des travaux publics de la ville de Toronto, la ville de Brampton et Blue Mountain Resorts Ltd., qui ont bien voulu répondre à nos demandes de renseignements et nous fournir leurs conseils et aide pour la rédaction de ce rapport.

Nous exprimons également notre gratitude à Messieurs Ron Crowe et Scott Somerville pour bien avoir voulu nous fournir des renseignements météorologiques intéressants et instructifs, concernant le 19e siècle pour l'Ontario, et à Monsieur Roger Street pour avoir fourni les statistiques des feux de forêts pour 1980.

Finalement, nous tenons à spécialement remercier M. Gordon McKay pour ses conseils avisés et sa révision du rapport, Myra D'Gabriel et Una Ellis pour leur traitement du manuscrit, Debra Allsopp pour l'excellent graphisme, et Bernie Wyer pour son assistance en préparant les tableaux.

4) Climatic Impacts - 1976/77 mois doux de l'hiver et automne hivernal. 66

List of figures

Figure	Legend
1	Climatic Trends
2	5-Year Running Means
3	Summer and Annual temperature differences
4	Climatic Impacts - Winter 1976-77
5	Toronto and Ontario Winter Roads Maintenance
6	Mean Winter Severity Index for Ontario 1953-1978
7	Probability that precipitation is less than the indicated amount

Liste de figures

Légende	Page
Tendances climatiques	10
Moyennes sur 5 ans	13
Différences de température annuelles et d'été	20
Impacts climatiques - Hiver 1976-77	31
Entretien des routes en hiver - Toronto et Ontario	40
Index de la sévérité moyenne de l'hiver, pour l'Ontario, 1953-1978	44
Probabilité que la précipitation soit moins que la quantité indiquée	75

SUMMARY

Perusal of the recent historical record indicates that a significant percentage of Ontario's economy is directly or indirectly used to mitigate the socio-economic effects of climate variability. Many of Ontario's major industries and economic activities related to agriculture, tourism and recreation, forestry and those utilizing natural resources such as water, are highly climate sensitive. The degree of success of these activities is not only contingent upon regional climate, but also, in the case of agriculture, tourism and recreation, on climate and weather extremes in other parts of Canada and abroad. Often, however, detrimental, societal and general planning attitudes, for example, the assumption of 'normal' climate, disregard future planning in favour of immediate maximization of investment returns, and constraints such as weak governmental guidelines and directives, and inadequate intergovernmental communications, have tended to preclude the effective use of climatological information. Flood plain development and urbanization of prime agricultural land provide outstanding examples of past planning mistakes. The development of tactics, strategies, guidelines for climate sensitive activities and industries, based on climate variability time scales of a decade or less, is of prime immediate importance, particularly in view of increasing global concern over energy availability, agricultural productivity and population increases. Longer term climatic variations should not be ignored, particularly when the altered climatic levels are likely to approach biological thresholds.

The extremely complex and often

SOMMAIRE

Un examen rapide du passé récent suffit pour constater qu'un pourcentage important de l'économie ontarienne sert directement ou indirectement à atténuer les effets socio-économiques de la variabilité climatique. Parmi les principales activités industrielles et économiques de l'Ontario se rapportant à l'agriculture, au tourisme et aux loisirs, à la silviculture et aux ressources naturelles telles que l'eau, beaucoup sont très sensibles au climat. Le degré de succès de ces activités ne dépend pas seulement du climat régional, mais aussi, dans le cas de l'agriculture, le tourisme et les loisirs, des extrêmes météorologiques et climatiques dans d'autres parties du Canada et à l'étranger. Trop souvent cependant, à cause des attitudes sociales ou de planification générale préjudiciables (la présomption d'un climat normal, par exemple), la planification future est délaissée en faveur d'un rendement maximum immédiat des investissements; les contraintes que constituent les directives et lignes de conduite gouvernementales trop impécises, ainsi que le manque de bonnes communications entre gouvernements, ont eu tendance à empêcher l'utilisation efficace des renseignements climatologiques. L'aménagement des plaines alluviales et l'urbanisation des meilleures terres agricoles sont des exemples types des erreurs de planification du passé. Le développement de tactiques, de stratégies et de lignes de conduite pour les activités et industries sensibles au climat, basé sur la variabilité climatique à l'échelle d'une décennie ou moins, est d'une grande importance immédiate, en vue de l'inquiétude globale au sujet de la disponibilité d'énergie, de la productivité agricole et de la croissance démographique. On ne doit cependant pas ignorer les variations climatiques à plus long terme surtout quand les niveaux climatiques changés peuvent s'approcher des seuils biologiques.

Il faut apprécier la nature du

difficult to evaluate nature of the climate system must be appreciated. Instability or variability is inherent to the system over all time scales. Statistical analysis of Ontario's instrumental temperature and precipitation data does not identify any coherent temporal change in variability. However, Ontario climate can be quite diverse. Anthropogenic activities can, at least locally, interfere with the natural variation of climate. Urbanization and industrialization have produced urban heat island effects, e.g., Toronto City's annual mean temperature has increased by approximately 1.6°C over that of the comparative rural station of Beatrice during the period 1890 to 1977.

The economic or social impact of climate variability should be systematically evaluated in order to prioritize mitigating actions. For example, the cold winter of 1976-77 increased energy demand and disrupted transportation and commerce, particularly in portions of southern Ontario where snowfall is traditionally light. On the other hand winter recreation thrived. The winter could have been far worse, in fact the coldest winter season on record, if the -6°C temperature anomaly which occurred in Indiana and Ohio was transposed to southern Ontario. With the exception of areas to the lee of the prevailing wind flow off the Great Lakes, anomalously cold temperatures do not correlate with above normal snowfall. Over the period November 1977 through February 1978, 18 severe storms (predominantly not lake effect) struck Illinois. This exceptionally snowy winter cost individuals and households approximately one billion dollars. Costs to industries, commercial establishments, communications, utilities, transportation, and government totalled another billion dollars. Theoretically, a similar winter could

système climatique, qui est extrêmement complexe et souvent difficile à évaluer. L'instabilité ou variabilité est inhérente au système sur toutes les échelles de temps. L'analyse statistique des données de température et de précipitation de l'Ontario ne révèle aucun changement cohérent de la variabilité dans le temps. Cependant, le climat de l'Ontario peut être très divers. Les activités anthropogéniques peuvent, au moins localement, interférer avec la variation naturelle du climat. L'urbanisation et l'industrialisation ont produit des effets d'îlot thermique urbain; par exemple, la température moyenne annuelle de Toronto a augmenté d'environ $1,6^{\circ}\text{C}$ par rapport à la température de la station rurale de Béatrice, qui lui est comparable, pendant la période de 1890 à 1977.

L'impact économique ou social de la variabilité climatique devrait être systématiquement évalué afin de donner un ordre de priorité aux actions atténuantes. Par exemple, l'hiver froid de 1976-77 a augmenté les demandes d'énergie et perturbé le transport et le commerce, particulièrement dans les régions au sud de l'Ontario, où la chute de neige est normalement faible. Les loisirs d'hiver, par contre, ont connu un grand essor. Cet hiver aurait pu être bien pire, en fait l'hiver le plus froid enregistré, si l'anomalie de température (-6°C) en Indiana et Ohio eut été transportée dans le sud de l'Ontario. A l'exception des régions sous le vent dominant des Grand Lacs, les températures anormalement froides ne correspondent pas à une chute de neige au-dessus de la normale. De novembre 1977 à février 1978, 18 violentes tempêtes, qui n'étaient pour la plupart pas dues à l'effet de lac, frappèrent l'Illinois. Cet hiver exceptionnellement neigeux coûta aux individus et aux propriétaires de maisons environ un milliard de dollars. Le coût pour les industries, les établissements commerciaux, les communications, les services publics, le transport et le gouvernement totalisa un autre milliard de dollars. Théorique-

engulf the industrial southern regions of Ontario.

Periods of drought and excessive moisture occur with similar frequency and intensity in Ontario. Drought has reduced the yield and quality of agricultural crops, promoted the outbreak of forest fires, restricted generation of hydroelectric power, required Great Lakes bulk carriers to lighten cargoes, dried up groundwater wells, interfered with municipal and industrial water supplies and sewage works and threatened the winter recreation industry. Excessive precipitation in the spring has delayed planting, and in the fall made fields inaccessible for harvest and fall seeding. The occurrence of a cool, wet summer or a series thereof has ominous effects on regional tourism. Although marine navigation, hydroelectric power generation interests would benefit from precipitation induced high Great Lakes water levels, extensive shoreline erosion and property damage to developments in flood plains could ensue. A sequence of excessive moisture and drought at critical times often proves to be highly damaging to agriculture as was the case in 1974.

Moreover, climate-societal interaction can be extremely complex when one takes into account natural resource sharing, the simultaneous occurrence of dichotomous climatic events within Ontario regions, and external factors such as energy availability, monetary stability, etc.

Climate predictability has yet to attain the level of skill needed for practical planning and decision making purposes. Sophisticated com-

ment, un hiver semblable pourrait frapper également les régions industrielles du sud de l'Ontario.

Les périodes de sécheresse et d'humidité excessive se répètent avec une fréquence et une intensité semblables en Ontario. La sécheresse réduit le rendement et la qualité des récoltes agricoles, favorise le déclenchement des feux de forêt, restreint la production d'énergie électrique, force l'allègement du fret sur les navires circulant sur les Grands Lacs, assèche les puits souterrains, interfère avec les systèmes de distribution d'eau et d'assainissement municipaux et industriels et menace l'industrie des loisirs d'hiver. Des précipitations excessives au printemps ont retardé la plantation, et à l'automne rendu les champs inaccessible pour la récolte et l'ensemencement d'automne. L'arrivée d'un été froid et humide ou, à plus forte raison, de toute une série de tels étés, a de mauvais effets sur le tourisme régional. Si la navigation et la production d'hydroélectricité seraient favorisées par une augmentation des niveaux d'eau des Grands Lacs due aux précipitations, cela pourrait entraîner aussi une forte érosion du rivage et endommager les constructions situées dans les plaines alluviales. Une succession d'humidité excessive et de sécheresse à des moments critiques s'avère souvent nuisible pour l'agriculture, comme ce fut le cas en 1974.

De plus, l'action réciproque climat-société peut être extrêmement complexe si l'on tient compte du partage des ressources naturelles, de l'arrivée simultanée d'événements climatiques divers dans les régions ontariennes et de facteurs externes comme la disponibilité d'énergie, la stabilité monétaire, etc.

La prévision climatologique n'a pas encore atteint le niveau technique nécessaire pour la planification pratique et la prise de décisions. Des modèles in-

puterized climate models are predominantly used for diagnostic purposes and investigating climate feedback mechanisms, i.e. simulations. Furthermore, statistical analysis of Ontario meteorological data reveals no periodicities sufficiently significant to be meaningful for prediction purposes. Operational monthly and seasonal forecasts, which display marginal skill, have generally employed the same statistical-empirical techniques for the past decade. Although there appears to be little hope in significant forecasting breakthroughs in the immediate future, nevertheless, we can draw some conclusions concerning future climate accepting that these are shrouded with levels of uncertainty as to time of occurrence and degree. The general consensus is that global warming, induced by unchecked anthropogenic injection of carbon dioxide into the lower atmosphere, will reach levels by 2050 A.D. unapproached in the last 4000 years. Less probable, but by no means unlikely, is the hypothesis that sub-periods of future climate will be cooler than present, in other words, similar to the "little ice age" which prevailed from 1550 A.D. to 1850 A.D. The other possibility is that climate will essentially remain the same.

Applied climatology, i.e. the use of risk statistics, functional relationships, indices, scenarios, near real time monitoring etc. offers an alternative to climatic forecasts and is becoming an integral component of the tactics and strategies of climate sensitive activities. Its exploitation necessitates the following actions.

In the first step specialized workshops and seminars are used to 1) involve pure and applied research and

formatives, sophistiqués, du climat sont utilisés surtout pour le diagnostic et pour étudier les mécanismes de réaction climatique, au moyen de simulations par exemple. De plus, l'analyse statistique des données météorologiques de l'Ontario ne révèle pas de périodicités suffisamment importantes pour qu'elles soient significatives pour la prévision. Les prévisions opérationnelles mensuelles et saisonnières, d'une précision marginale, ont généralement utilisé les mêmes techniques statistiques/empiriques au cours de cette dernière décennie. Quoiqu'il semble y avoir très peu d'espoir pour une amélioration importante dans le domaine des prévisions, dans un avenir immédiat, nous pouvons tirer quelques conclusions en ce qui concerne le climat futur, mais non sans une certaine incertitude en ce qui concerne l'échéancier et l'intensité. D'après le consensus général, un réchauffement global dû à l'injection anthropogénique non contrôlée de gaz carbonique dans la basse atmosphère, entraînera d'ici l'an 2050 des niveaux de température jamais approchés au cours des dernières 4 000 années. Moins probable, mais certainement pas impossible, est l'hypothèse que des sous-périodes du futur climat seront plus froides qu'actuellement, en d'autres mots, semblables au "petit âge glaciaire" qui a existé de 1550 apr. J.-C. à 1850 apr. J.-C. L'autre possibilité est que le climat restera essentiellement le même.

La climatologie appliquée sous la forme de statistique des risques, de relations fonctionnelles, d'indices, de scénarios, de surveillance en temps quasi réel, etc, offre une alternative aux prévisions climatiques et devient maintenant une partie intégrale des tactiques et stratégies régissant les activités sensibles au climat. L'exploitation de ce dernier demande les actions suivantes.

Dans un premier temps, on devra évaluer le besoin de renseignements climatiques, par l'intermédiaire d'ateliers et

representatives from climate sensitive disciplines and 2) to evaluate the need for climatic information. As a follow-up, practical functional relationships are developed, and improved communications established. Hopefully, these activities will enable policy analysts and planners to have a firmer understanding when grappling with problems such as flood plain development, agricultural land conservation, residential urban developments, etc.

In the second step, specialized climatic information and advisory systems stressing practicality, timeliness should be developed cooperatively by representatives from pure and applied research groups and the potential information user. For example, in agriculture, climatologists, agronomists, and the farm representative would participate. In the short term, the systems should incorporate risk statistics, functional relationships and indices, near real time climate monitoring placed in statistical perspective, all tuned to periods critical to the information user. Since factors such as natural resource availability, productivity and population growth will increase our vulnerability to the vagaries of future climate, the information and advisory systems must also consider plausible future long term climate and impact scenarios. In conclusion, anticipation not reaction is imperative.

de colloques spécialisés portant sur la recherche pure et appliquée et impliquant des représentants de toutes les disciplines sensibles au climat. Par la suite, on doit développer des relations fonctionnelles pratiques et établir de meilleures communications. Il est à espérer que ces activités permettront aux analystes et planificateurs de politiques de mieux saisir les problèmes tels que l'aménagement des plaines alluviales, la conservation des terres agricoles, la construction d'ensembles urbains, etc.

Dans un deuxième temps, des systèmes d'informations et de conseils climatiques spécialisés mettant l'accent sur les caractères pratique et à-propos devront être mis au point par les groupes de recherches pure et appliquée, en collaboration avec les utilisateurs éventuels de ces informations. Par exemple, en agriculture, les climatologues, agronomes et fermiers devront tous participer. A court terme, les systèmes devraient incorporer les statistiques de risque, les rapports et indices fonctionnels, la surveillance du climat en temps quasi réel sous une optique statistique, tous ces éléments étant bien sûr syntonisés sur des périodes critiques pour l'utilisateur des informations. Des facteurs comme la disponibilité de ressources naturelles, la productivité et la croissance démographique augmenteront encore notre vulnérabilité devant les caprices du climat futur. Les systèmes d'information doivent également tenir compte des scénarios probables, à long terme, en ce qui concerne le climat et ses répercussions. En conclusion, il faudrait donc anticiper plutôt que de réagir.

I CLIMATE AND PLANNING

The pervasive interaction of climate and the activities of man and his society are readily apparent. In a presentation at the World Climate Conference, Geneva, February, 1979, R.C. D'Arge stated "the pattern of human settlements, location and intensity of agriculture and industry, mental and physical health, vigour of the economy, and even district social pursuits among cultures, are partially the result of climate and its variability". The exploitation of Ontario's abundant natural resources with regard to agriculture, water supply, hydro-electric and future solar energy production, tourism and recreation, forestry and peripherally related or dependent industries are to some degree subservient to climatic controls. The effects of climate can be identified on land and marine transportation systems, land use, and practically all our day to day activities. Large expenditures are required each year to mitigate the effects of our harsh winters. D'Arge further stated that "a substantial amount of the production of any economy is directly or indirectly used to offset or negate the economic effects of climatic variation". He suggested that approximately 10% of per capita income spent by consumers north of 40° latitude was related to climatic factors.

With regard to agricultural productivity and practices, combinations of heat, moisture, light together with critical timing factors affect crop and animal selection, plant growth, development, yield and production, field operations such as spring working conditions, fertilizer and irrigation scheduling, harvesting and the subsequent processing, storage, transportation and marketing systems. Besides being concerned

I CLIMAT ET PLANIFICATION

La réaction réciproque du climat et des activités de l'homme et de sa société est apparente. Dans une présentation lors de la conférence mondiale sur le climat, à Genève, en février 1979, R.C. D'Arge déclarait: "La configuration des établissements humains, l'emplacement et l'intensité de l'agriculture et de l'industrie, la santé mentale et physique, la vigueur de l'économie et même les activités sociales des diverses cultures sont en partie le résultat du climat et de sa variabilité". L'exploitation des abondantes ressources naturelles de l'Ontario: agriculture, eau, hydroélectricité, future énergie solaire, tourisme et loisirs, silviculture et industries connexes, dépend en une certaine mesure du contrôle climatique. Le climat affecte les systèmes de transport par terre et par eau, l'utilisation des terres, ainsi que pratiquement toutes nos activités quotidiennes. Des dépenses importantes sont nécessaires chaque année pour pallier aux effets de nos hivers rigoureux. D'Arge ajoute "qu'une partie substantielle de la production d'une économie est directement ou indirectement utilisée pour compenser ou annuler les effets économiques de la variation climatique". Il suggère qu'environ 10% du revenu par capita dépensé par les consommateurs au nord du 40° de latitude se rapporte aux facteurs climatiques.

En ce qui concerne la productivité et les pratiques agricoles, la combinaison de chaleur, d'humidité et de lumière avec les facteurs temporels d'une importance critique affectent le choix des cultures et des animaux, la croissance des plantes, le développement, le rendement et la production, le travail aux champs comme les conditions de travail au printemps, le programme d'engrais et d'irrigation, la récolte et les travaux de traitement subséquent, le stockage, le

about the pattern of intra-agricultural season climate variability, farmers need to know longer term probabilities such as the chances of crop failures in X years out of 10. Despite our advanced technology, recent U.S. studies (McQuigg, 1979) suggest that North American crop yields are levelling off; therefore, in the long term, a possible solution is not to intensify productivity practices but to develop more agricultural land. Agricultural land zonation or classification with regard to the climate/soil/water availability relationship would be a positive step.

Ontario's forests are highly prone to outbreaks of severe fire activity and the incidence of pests and disease, all of which are climate related to some degree. The immediate weather may dictate the incidence, spread and intensity of forest fire activity, but the cumulative drought severity of the immediate past provides the potential for such activity to exist. On the time scale of a decade or more, the reproductivity of tree species is influenced by the characteristic climate variation, particularly in biological threshold zones.

To a large degree, the variability of precipitation in the Great Lakes Basin determines Great Lakes water levels, river and stream flows. Artificial controls have ameliorated but not completely offset the impact of natural climatic variations, particularly with respect to climate induced low water levels. In the recent past, low water levels have necessitated the reduction of marine cargo loads, rendered some waterways inaccessible, diminished hydro-electric power generation production, left sewage outlets and water intakes high and dry. Prolonged drought has dried up ground water wells upon which

transport et la mise en marché. En plus d'être préoccupés par la variabilité climatique pendant la saison agricole, les fermiers ont besoins de connaître les probabilités à long terme telles que les chances de mauvaises récoltes (X années sur 10). En dépit de notre technologie avancée, il semblerait, d'après de récentes études aux É.-U. (McQuigg, 1979), que le rendement des cultures en Amérique du Nord a plafonné et que, à long terme, l'une des solutions possibles serait donc d'aménager plus de terres agricoles plutôt que d'essayer d'augmenter la productivité. Le zonage ou le classement des terres agricoles selon le rapport climat/sol/eau serait une mesure positive.

Les forêts de l'Ontario sont fortement prédisposées à l'éruption d'incendies et à l'incidence d'insectes et de maladies; or, tous ces phénomènes ont un certain rapport avec le climat. Si le temps immédiat peut dicter l'incidence, l'étendue et l'intensité des feux de forêt, c'est la sévérité de la sécheresse cumulée du passé immédiat qui rend la forêt inflammable. Sur une échelle de temps d'une décennie ou plus, le taux de reproduction des espèces d'arbres est influencé par la variation climatique caractéristique, particulièrement dans les zones qui se trouvent au seuil biologique.

La variabilité des précipitations dans le bassin des Grands Lacs détermine en grande mesure les niveau d'eau des Grands Lacs, les débits des rivières et des cours d'eau. Les contrôles artificiels ont amélioré (mais sans éliminer complètement) l'impact des variations climatiques naturelles, particulièrement en ce qui concerne les faibles niveaux d'eau dus au climat. Dans le passé récent, les faibles niveaux d'eau ont nécessité la réduction des frets des navires, rendu certaines voies d'eau inaccessibles, diminué la production d'énergie hydroélectrique, laissé les sorties d'égouts et les prises d'eau hautes et sèches. La sécheresse prolongée

local industries, e.g. agriculture, are dependent. Low water levels hindered recreation and tourism by means of causing inaccessibility to some resorts due to low water in local channels, and unsightly beach aesthetics, e.g. rotting vegetation. Shoreline industries such as ship works have been affected. When low water levels persist, traditional fish spawning areas and marsh biota are threatened.

In contrast, the amplified effect of high water levels combined with individual storm seiches can result in considerable shoreline erosion and property damage.

Ontario has always had a strong tourism and recreation industry. In many regions, for example, Georgian Bay and northern Ontario, it is one of the prime generators of employment and income. The occurrence of a sustained cool, wet summer or in the extreme case, a succession of summers of that character could be near catastrophic in terms of the economy of these regions. Likewise, in winter, the lack of snow or the prevalence of mild temperatures which preclude the use of artificial snow-making, has a profound impact on the winter recreation industry.

The harshness of Ontario's winters is a major influence on many social and economic activities. For example, the length of the ice-free season and ice severity on the Great Lakes - St. Lawrence Waterways are principal factors in determining commodity availability and cargo rates. On land, winter maintenance, to defend against heavy snowfalls and frequent storms, is essential to keep main road and rail transportation arteries relatively open. Breakdown

a séché les puits souterrains dont les industries locales, telle l'agriculture, dépendent. Les faibles niveaux d'eau ont géné l'industrie des loisirs et du tourisme en rendant inaccessibles certains lieux de séjour à cause du faible niveau d'eau des chenaux locaux et en rendant les plages inesthétiques à cause de la végétation en décomposition. Les industries riveraines, comme les chantiers navals, ont été affectées. Lorsque les bas niveaux d'eau persistent, les zones traditionnelles de frai des poissons et la vie végétale et animale des marais sont menacées.

Par contraste, l'effet amplifié des hauts niveaux d'eau combiné avec les seiches de tempêtes individuelles peuvent entraîner une érosion considérable de la rive et des dégâts matériels.

L'Ontario a toujours été un important centre de tourisme et de loisirs. Dans de nombreuses régions, par exemple dans la Baie Georgienne et dans le nord de l'Ontario, cette industrie est l'une des principales sources d'emplois et de revenus. Un été froid et humide, et à plus forte raison une succession de tels étés, peut être presque catastrophique pour l'économie de ces régions. De même, en hiver, le manque de neige ou la prédominance de températures douces empêchant l'utilisation de la neige artificielle, a un impact profond sur l'industrie des loisirs d'hiver.

La rigueur des hivers ontariens a une influence essentielle sur de nombreuses activités sociales et économiques. Par exemple, la longueur de la saison sans glace et l'importance des glaces sur la voie maritime Grands Lacs/St-Laurent sont des facteurs essentiels pour la disponibilité de denrées et les taux de fret. Sur terre, l'entretien d'hiver pour se défendre contre les fortes chutes de neige et les tempêtes fréquentes est essentiel pour maintenir les artères routières et ferroviaires relativement

of the transportation system can prove to be disruptive to commerce through loss of workdays and commodity shortages. In essence, nearly all our day to day winter activities are dependent on a smoothly operating transportation system. Furthermore, during the winter season residential and industrial energy consumption peaks. The occurrence of a colder than expected winter which increases the demand for energy could, depending on its severity and the degree of inadequate preparation, seriously curtail our socio-economic activities. Finally, from an environmental standpoint, factors such as the prevalence of a deep snowpack and prolonged snow season are a continuous threat to wildlife populations dependent on the ability to forage.

Regional, national, global interdependencies are an integral component of the impact of climatic variability. From a mitigation standpoint, the incidence of simultaneous severe forest fire activity across Canada, could preclude the effective support of other provincial fire fighting crews and equipment crucially needed in Ontario. A thriving Ontario winter recreation industry, particularly skiing, is dependent not only on a benign local climatic condition but also the lack of good skiing weather in the ski regions of western North America. The United States and Canada have traditionally maintained close economical ties. During the cold, snowy winter of 1976-77, disruption to the U.S.A. transportation system resulted in an automotive parts shortage in Ontario, necessitating the temporary shutdown of a few assembling plants. On the other hand, anomalously cold weather in the immediate U.S.A. which is of a sufficient magnitude to stress the availability of energy usually proves to be a windfall for Ontario Hydro. Crop failures in other countries can

ouvertes. L'arrêt des transports peut gêner le commerce: il entraîne la perte de jours de travail et une pénurie de marchandises. En essence, presque toutes nos activités quotidiennes d'hiver dépendent d'un système de transport fonctionnant sans problèmes. De plus, lors de l'hiver, la consommation d'énergie par les industries et les résidences est à son maximum. L'arrivée d'un hiver plus froid que prévu, augmentant les besoins en énergie pourrait, selon sa sévérité et le manque de préparation, gêner sérieusement nos activités socio-économiques. Finalement, d'un point de vue environnemental, les facteurs tels qu'une épaisse couverture nivale et un enneigement prolongé sont une menace continue pour la faune, car elles empêchent son accès à la nourriture.

L'interdépendance régionale, nationale et globale est étroitement reliée à l'impact de la variabilité climatique. D'un point de vue négatif, l'incidence simultanée de plusieurs incendies de forêt à travers le Canada pourrait empêcher le support efficace d'autres équipes de lutte contre l'incendie et de matériels disponibles qui serait requis en Ontario. L'essor d'une industrie de loisirs d'hiver ontarienne, particulièrement du ski, dépend non seulement de conditions climatiques locales favorables mais également du manque de bon temps approprié pour le ski dans les stations d'hiver de l'ouest de l'Amérique du Nord. Puisque les États-Unis et le Canada ont traditionnellement maintenu d'étroits liens économiques, lors de l'hiver froid et neigeux de 1976-77 le blocage des transports aux États-Unis entraîna une pénurie de pièces automobiles en Ontario, nécessitant la fermeture temporaire de quelques usines d'assemblage. D'un autre côté, le temps anormalement froid dans les régions frontalières des États-Unis, d'une importance suffisante pour peser sur la disponibilité d'énergie, fait généralement monter en flèche les revenus d'Hydro-Ontario. De mauvaises récoltes

provide good marketing opportunities for Ontario agriculture; however, major crop failures in foreign countries whose produce Ontario imports, e.g. Brazilian and Colombian coffee, Florida citrus fruits, invariably escalate the consumer costs.

The brief look at the impact of climate variability demonstrates that climate is more than a mere average of past weather conditions. The Glossary of Meteorology defines it as the "synthesis of the weather" or "more rigorously, the climate of a specified area is represented by the statistical collective of its weather conditions during a specified interval of time". The statistical collective refers not only to an averaging of events, i.e. the grossly simplistic 'normals' concept, but also to the probabilistic range of events, variability, trend, quasi-periodicities, etc., related to various time scales. Of prime immediate importance to planners and decision makers are variations of climate on time scales of a decade or less. This inherent characteristic of climate becomes more significant when it increases in intensity, both temporally and spatially. Longer term variability becomes relevant when an activity or function exists in an area where a biological or ecological threshold exists or could potentially exist.

Hopefully, the content of the previous pages clearly delineates the need for the implementation of climatic information into the tactics and strategies of planners and decision makers representing climate sensitive industries, activities, organizations. Moreover, there are present and pending social factors influencing man and his society, which, if

dans d'autres pays permettent parfois d'écouler, à bon prix, les produits de l'agriculture ontarienne. Cependant, de très mauvaises récoltes dans des pays étrangers dont l'Ontario importe les produits (café brésilien et colombien, agrumes de Floride), entraînent invariablement l'escalade des prix pour le consommateur.

Un bref regard sur l'impact de la variabilité climatique montre que le climat est plus qu'une simple moyenne des conditions météorologiques du passé. Selon le glossaire météorologique, le climat est la "synthèse du temps" ou, "plus rigoureusement, le climat d'une région donnée est représenté par le collectif statistique de ses conditions météorologiques pendant une période donnée". Le collectif statistique se réfère non seulement à une moyenne d'événements, c'est-à-dire au concept grossièrement simpliste des "normales", mais également à la gamme de probabilité des événements, à la variabilité, à la tendance, aux quasi périodicités, etc, par rapport à diverses échelles de temps. Les variations de climat sur des échelles de temps d'une décennie au moins sont très importantes pour les planificateurs et pour ceux qui prennent les décisions. Cette caractéristique inhérente du climat devient plus significative lorsqu'elle augmente en intensité dans le temps et dans l'espace. La variabilité à plus long terme devient pertinente lorsqu'une activité ou une fonction s'exerce dans une zone où existe ou pourrait exister un seuil biologique ou écologique.

On peut voir, d'après ce que nous venons de dire, à quel point il est nécessaire d'incorporer des renseignements météorologiques dans les tactiques et stratégies des planificateurs et de ceux qui prennent les décisions concernant les industries, les activités et les organisations sensibles au climat. De plus, lorsque les facteurs sociaux réels qui influencent l'homme et sa société s'al-

concurrent with climatic extremes, could place important stresses on our existing way of life. Will the availability of natural resources and productivity keep pace with rising populations? The possibility of levelling off of agricultural yields and the knowledge that significant portions of prime agricultural land have been urbanized and industrialized suggests that total agricultural production within the present framework will soon reach a limit. The economics of our society are highly energy-intensive. With the prospect of dwindling available gas and oil reserves, many existing societal attitudes and practices will possibly have to be modified or changed. (Stambler, 1979). The need for inexpensive energy such as hydro-electric power generation, developing alternative energy sources, i.e. solar and wind energy, becomes even more important.

In all likelihood, we will find that in future man and his society will become even more vulnerable to climate extremes. Therefore, development of tactics and strategies to mitigate its adversities and exploit its benefits is imperative.

In subsequent sections of this report we examine more acutely the impact of climatic variability on Ontario. The climate system, societal and planning attitudes at home and abroad, the complexity of climate-societal interaction are investigated. Climate predictability versus the alternative use of climatology is examined. Finally, future actions such as improved communications, increased education and technical training and the team development and implementation of integrated climate information and advisory systems are discussed.

lent aux extrêmes climatiques, ils risquent de limiter fortement notre façon de vivre. La disponibilité de ressources naturelles et la productivité tiendra-t-elle le pas avec l'explosion démographique? Considérant la possibilité que les rendements agricoles ont plafonné et le fait qu'une forte proportion des meilleures terres agricoles ont été urbanisées et industrialisées, il semblerait que la production agricole totale, dans le cadre du système actuel, atteindra bientôt sa limite. Par ailleurs, l'économie de notre société dépend fortement de l'énergie. Face à la perspective de l'épuisement des réserves de gaz et de pétrole, de nombreuses attitudes et pratiques actuelles de la société devront être modifiées (Stambler, 1979). Le besoin d'une énergie bon marché grâce à la production d'énergie hydroélectrique et au développement d'autres sources d'énergie, telles l'énergie solaire et l'énergie éolienne, se fait ainsi encore plus pressant.

A l'avenir, l'homme et sa société deviendront probablement encore plus vulnérables aux extrêmes climatiques. Par conséquent, il faut mettre au point des tactiques et des stratégies permettant d'atténuer l'influence de ces extrêmes et d'en exploiter les avantages.

Dans les sections suivantes de ce rapport nous examinerons en plus de détail l'impact de la variabilité climatique sur l'Ontario. Nous examinerons le système climatique, les attitudes de la société et la planification chez nous et à l'étranger, ainsi que la complexité de l'interaction climat-société. Nous comparerons les prévisions climatiques à la climatologie. Enfin, nous passerons en revue les possibilités d'action future, telles que l'amélioration des communications, une éducation et une formation technique plus poussées ainsi que la mise au point et l'implantation, en équipe, de systèmes intégrés d'information sur le climat.

II PROBLEM IDENTIFICATION

Societal attitudes, planning attitudes at home and abroad pre-empt effective and efficient use of climatological information in climate sensitive decision making. Furthermore, problem solving is complicated by conundrums such as the selection of tactics, strategies which may optimize the mitigation of climatic adversities or exploitation of benefits for a certain activity but on the other hand prove to be detrimental to other activities and functions utilizing the same resource. In other words trade-offs may have to be adopted which are beneficial to all pertinent activites.

However, before climatology can be incorporated into climate sensitive planning and decision making, a basic understanding of climate and its characteristic variability, spatially, temporally, and intensity is essential.

1. Climate and Climate Variability in Ontario

In gross terms, temperature and precipitation means determined from the instrumental record of long term climate stations (generally 60 to 100 years of data) identify the diversity of average climatic conditions in Ontario, a fact which is not unusual when one realizes the broad geographical expanse that the province encompasses.

Annual precipitation varies from 650 mm in northwestern Ontario to over 1000 mm in the vicinity of eastern Georgian Bay. Accordingly, standard deviations of annual precipitation range from ± 100 mm to ± 180 mm, i.e. 68% of the time, the measured annual precipitation falls within those precipitation ranges. Whereas in southern and eastern Ontario the

II IDENTIFICATION DES PROBLÈMES

Les attitudes de la société ainsi que les attitudes de planification chez nous et à l'étranger empêchent l'utilisation efficace des renseignements climatologiques pour la prise de décisions étroitement liées au climat. De plus, la solution des problèmes est compliquée par les paradoxes qu'implique le choix de tactiques, car des stratégies susceptibles d'annuler les effets climatiques négatifs pour une activité peuvent se révéler néfastes pour une autre activité utilisant la même ressource. Autrement dit, les solutions adoptées doivent donner un bilan positif favorisant toutes les activités concernées.

Cependant, avant que la climatologie puisse être incorporée dans la planification et la prise de décisions sensibles au climat, il faut avoir une bonne compréhension du climat et de sa variabilité caractéristique, dans l'espace et dans le temps, ainsi que de son intensité.

1. Climat et variabilité climatique en Ontario

Crosso modo, les moyennes de température et de précipitation déterminées d'après le relevé instrumental des stations climatiques à long terme (généralement 60 à 100 ans de données) indiquent bien la diversité des conditions climatiques moyennes en Ontario, ce qui n'a rien de surprenant lorsqu'on songe à l'immen-sité géographique de cette province.

La précipitation annuelle varie de 650 mm dans le nord-ouest de l'Ontario à plus de 1000 mm au voisinage de l'est de la Baie Georgienne. En conséquence, les écarts types de précipitation annuelle vont de ± 100 mm à ± 180 mm, c'est-à-dire que 68% du temps, la précipitation annuelle mesurée tombe dans ces gammes de précipitation. Cependant qu'au sud et à l'est de l'Ontario la saisonnalité des

seasonality of precipitation is more uniform, in northwestern Ontario precipitation reaches a peak in summer which is characteristic of a climate which approaches a dry continental classification of the type found in the eastern Canadian Prairies. Summer precipitation averages near 200 mm throughout southern Ontario and 290 mm in the northwest portions of the province; autumn precipitation varies from 160 mm in northwestern Ontario to 300 mm in the south; spring precipitation varies from 130 mm in the northwest to 230 mm in the south.

Seasonal snowfall totals demonstrate large geographical variation, e.g. from approximately 300 cm in northcentral, northeastern Ontario and in the lee of prevailing wind flow over the Great Lakes to 150 cm in northwestern Ontario and to 100 cm in extreme southern Ontario. As can be expected standard deviations are extremely variable, e.g. from ± 32 cm to ± 88 cm.

Summer temperatures range from 15.6°C at Kapuskasing to 21.3°C in southwestern Ontario (standard deviations range from $\pm 0.8^{\circ}\text{C}$ to $\pm 1.2^{\circ}\text{C}$). Winter temperatures demonstrate considerably more north-south contrast, e.g. from less than -16°C in the north to -2.5°C in the southern portions of the province. Standard deviations of winter temperature are understandably large ($\pm 1.6^{\circ}\text{C}$ to $\pm 2.4^{\circ}\text{C}$) due to more vigorous winter atmospheric circulations.

The preceding paragraphs contain a cursory examination of temperature and precipitation patterns in Ontario. More detailed information can be found in tables 1 - 9, Appendix A.

a) The Climate Record

Historically, global climate has been characterized by instability

précipitations est plus uniforme, au nord-ouest de l'Ontario la précipitation atteint une point en été, ce qui est caractéristique d'un climat approchant le type de climat continental sec que l'on trouve dans l'est des Prairies canadiennes. La précipitation d'été atteint une moyenne de près de 200 mm dans le sud de l'Ontario et de 290 mm dans les parties nord-ouest de la province; la précipitation d'automne varie de 160 mm dans le nord-ouest de l'Ontario à 300 mm dans le sud; la précipitation de printemps varie de 130 mm dans le nord-ouest à 230 mm dans le sud.

La quantité totale de chute de neige saisonnière montre une grande variation géographique, allant d'environ 300 cm au centre-nord et au nord-est de l'Ontario et sous le vent dominant des Grands Lacs à 150 cm au nord-ouest et à 100 cm dans l'extrême sud de la province. Comme il était à prévoir, les écarts types sont extrêmement variables, pouvant aller de ± 32 à ± 88 cm.

Les températures d'été varient de $15,6^{\circ}\text{C}$ à Kapuskasing à $21,3^{\circ}\text{C}$ dans le sud-ouest de l'Ontario (les écarts types vont de $\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ à $\pm 1,2^{\circ}\text{C}$). Les températures d'hiver révèlent un contraste nord-sud beaucoup plus fort: de moins de -16°C dans le nord à $-2,5^{\circ}\text{C}$ dans les parties sud de la province. Les écarts types de température d'hiver sont bien sûr plus importantes ($\pm 1,6^{\circ}\text{C}$ à $\pm 2,4^{\circ}\text{C}$) à cause des circulations atmosphériques d'hiver plus vigoureuses.

Les paragraphes précédents contiennent un examen superficiel des configurations de température et de précipitation en Ontario. On trouvera des renseignements plus détaillés aux tableaux 1-9, annexe A.

a) Le relevé climatique

Historiquement, le climat global a été caractérisé par l'instabilité (Figure

(Figure 1). On the broad scale, during the past two million years a series of glacial epochs interspaced with shorter, warm interglacials have occurred approximately every 100,000 years. The last global period (Wisconsin) ended abruptly about 10,000 years ago. Most of Ontario's present topographical features, soil types etc. can be directly related to the advance and recession of the ice sheets. During the present interglacial (holocene epoch), between 4,000 to 8,000 years ago, global temperatures averaged up to 1°C warmer than they are now. Subsequently a series of minor cold and warm periods followed. Both major and minor transition periods undoubtedly influenced the geographical boundaries of vegetal types as evidenced in the north-south movement of the tree line.

In the last millennium, a warm phase from about 800 AD to 1200 AD prompted northern exploration, e.g. Norse, Celtic voyages to North America, colonization of Iceland and Greenland. Subsequent cooling decimated the Greenland colony.

From 1550 AD to 1850 AD, the so called 'little ice age', temperatures in North America and Eurasia averaged approximately 1.5°C cooler than present-day levels. There were frequent references to harsh winters and cool wet summers.

Considerable fragmented instrumental and proxy data gleaned from old newspapers, legislative reports or personal diaries and accounts in the Ontario area circa 1800-1875, give a reasonable picture of the climate and weather of that era. The

1). Sur une grande échelle, durant les deux derniers millions d'années, une série d'époques glaciaires séparées par des périodes interglaciaires chaudes plus courtes se sont produites environ tous les 100 000 ans. La dernière période glaciaire globale (Wisconsin) prit fin brusquement il y a environ 10 000 ans. La plupart des caractéristiques topographiques actuelles de l'Ontario, des types de sol, etc, ont un rapport direct avec l'avance et le recul des couches de glace. Au cours de la période interglaciaire actuelle (époque holocène), il y a quelque 4 000 à 8 000 ans, les températures globales moyennes dépassaient de 1°C les températures actuelles. Une série de courtes périodes froides et chaudes suivirent. Les périodes de transition prolongées et celles moins longues ont toutes influencé les limites géographiques des types de végétation, comme il ressort du mouvement nord-sud de la limite de végétation des arbres.

Lors du dernier millénaire, une phase chaude entre 800 apr. J.-C. et 1200 apr. J.-C. a entraîné l'exploration du nord: voyages des Vikings et des Celtes en Amérique du Nord, colonisation de l'Islande et du Groenland. Le refroidissement qui suivit décima la colonie groenlandaise.

De 1550 apr. J.-C. à 1850 apr. J.-C., au cours de ce qu'on appela le "petit âge glaciaire", les températures en Amérique du Nord et en Eurasie furent en moyenne de 1,5°C plus froides que les niveaux actuels. On parlait souvent d'hivers très rigoureux et d'été humides et frais.

Les données fragmentées obtenues d'anciens journaux, de rapports législatifs, de journaux personnels et de récits dans la région de l'Ontario pour la période 1800-1875, donnent une image assez précise du climat et des conditions météorologiques de cette époque. Les pre-

CLIMATIC TRENDS/TENDANCES CLIMATIQUES

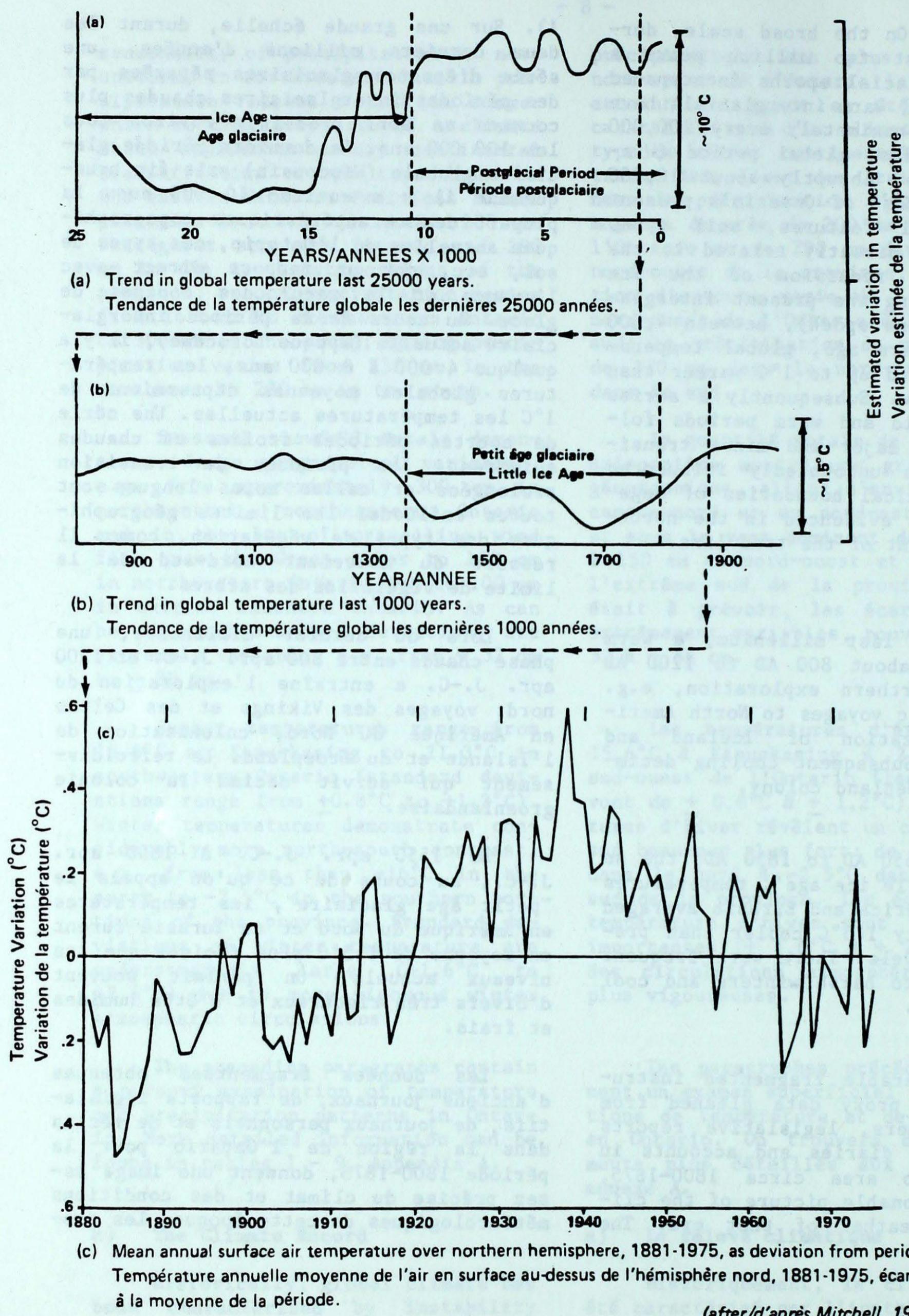


Fig. 1

earliest known daily meteorological data, for the year 1801, (temperatures and description of meteorological phenomena) was obtained from the archives of a Dr. Hodgin. The Reverend Dade maintained monthly temperature summaries at Toronto from January 1831 to April 1841. However, the data has to be calibrated in order to resolve differences derived from the time of day the readings were measured. During 1828-32 and 1842-55, William Woods, an employee of the Hudson Bay Company, kept meticulous instrumental records at York Factory. Freeze-up and break-up data are available from Toronto Harbour beginning 1826 and in Hudson Bay estuaries beginning in the late 18th century.

An outstanding climatic anomaly occurred in 1816 'the year without a summer' (Stommel and Stommel, 1979). Following the tremendous volcanic eruption of Mount Tambora, Indonesia 1815, an extraordinarily cold summer persisted throughout eastern Canada, New England and western Europe. Excerpts from the Kingston Gazette, Hamilton Spectator, Hartford Times reported that the spring was promising but in May "ice formed an inch thick"; "buds and flowers were frozen"; "in June snow fell to a depth of three inches in New York and in Ontario"; presumably due to an alteration of the atmospheric circulation caused by the dust veil's attenuation of solar radiation.

Sufficient instrumental data exists to derive a northern hemispheric mean temperature time series beginning 1881 (Figure 1c). Trend curves identify an increase in temperature of about 0.6°C culminating around 1940. Temperatures subsequently fell approximately 0.4°C , at least to the mid-1960s. It is open to conjecture

mières données météorologiques quotidiennes connues, celles pour l'année 1801 (températures et description des phénomènes météorologiques), proviennent des archives d'un certain Dr. Hodgin. Le révérend Dade nota les sommaires mensuels de température, à Toronto, de janvier 1831 à avril 1841. Cependant, les données doivent être ajustées afin de résoudre les différences provenant de l'heure de la journée où se faisait la mesure. De 1828 à 1832 et de 1842 à 1855, William Woods, un employé de la compagnie de la Baie d'Hudson, conserva méticuleusement les relevés des instruments à York Factory. Des données sur le gel et sur la débâcle ont été conservées par le port de Toronto depuis 1826, et dans les estuaires de la Baie d'Hudson depuis la fin du 18ème siècle.

Une extraordinaire anomalie climatologique eut lieu en 1816, "l'année sans été" (Stommel et Stommel, 1979). A la suite de la fantastique éruption volcanique du Mont Tambora en Indonésie en 1815, un été extraordinairement froid persista dans l'est du Canada, la Nouvelle-Angleterre et l'Europe de l'Ouest. Des extraits de la Gazette de Kingston, du Spectator d'Hamilton et du Times de Hartford indiquent que le printemps avait été prometteur, mais qu'en mai il s'était formé une "épaisseur de glace d'un pouce"; "les bourgeons et les fleurs étaient gelés" et "il y eut en juin une chute de neige de trois pouces dans l'État de New York et en Ontario", probablement due à une modification de la circulation atmosphérique causée par l'atténuation du rayonnement solaire par le voile de poussière.

Il y a suffisamment de données instrumentales pour établir une série chronologique des températures moyennes de l'hémisphère nord depuis 1881 (Figure 1c). Les courbes de tendance identifient une augmentation de température d'environ 0.6°C , qui a atteint son point culminant vers 1940. Par la suite les températures chutèrent d'environ 0.4°C au moins jus-

whether that fall has since continued, ceased or even reversed. Time series of reliable long term Ontario climate stations generally concur (Figure 2).

Are the trends global? Prior to the twentieth century, insufficient data exist to ascertain trends in the southern hemisphere, however, since 1943, five year running means show that temperatures have generally risen, especially since the 1960-64 pentad. (Hare, 1979).

Detection of precipitation trends is more difficult due to measurement problems, changing instrumentation etc. It is clear though that variability of precipitation has no latitudinal preference.

Periods of drought, excessive moisture, temperature extremes are visible throughout the climatic record. It is very difficult to categorize them as being synonymous with any specific trend of climate. For example, in 1877 Toronto's annual precipitation was only 652.0 mm. The probability of receiving less precipitation is only 6.8%. In 1878 Toronto received its all time high annual precipitation total, 1233.2 mm.

Climatic variabilities on time scales of a decade or less are inherent to the climate system. They will undoubtedly re-occur.

b) Variability of Great Lakes Basin Climate

The occurrence during the 1970s of many climatic extremes of seemingly anomalous nature, e.g. Sahelian drought, 1975-76 northwestern European drought, the North American winter of 1976-77 and locally the excess-

qu'au milieu des années 60. On se perd en conjectures pour savoir si cette chute a continué depuis, si elle s'est arrêtée ou si les températures ont remonté. Les séries chronologiques des stations climatologiques ontariennes, à long terme et fiables, concordent généralement (Figure 2).

Les tendances sont-elles générales? Avant le 20ème siècle, les données sont insuffisantes pour être sûr des tendances dans l'hémisphère sud; cependant, depuis 1943, des moyennes sur cinq ans montrent que les températures ont généralement monté, spécialement depuis la pentade 1960-64 (Hare, 1979).

La détection des tendances des précipitations est plus difficile à cause des problèmes de mesure, des changements d'appareils, etc. Il est cependant claire que la variabilité des précipitations n'a pas de préférence de latitude.

Le registre climatique révèle bien les périodes de sécheresse, d'humidité excessive, d'extrêmes de température. Il est très difficile de les classer comme étant synonymes de tendances spécifiques de climat. Par exemple, la précipitation annuelle à Toronto en 1877 ne fut que de 652,0 mm. La probabilité de recevoir moins de précipitation n'est que de 6,8%. Or, en 1878, Toronto eut son record de précipitation annuelle: 1233,2 mm.

Les variabilités climatiques sur des échelles de temps d'une décennie ou moins sont inhérentes au système climatique. Elles se reproduiront sans aucun doute.

b) Variabilité du climat du bassin des Grands Lacs

Les nombreux extrêmes climatiques de nature apparemment anormale, au cours des années 1970, par exemple la sécheresse du Sahel, la sécheresse dans le nord-ouest de l'Europe en 1975-76, l'hiver nord-américain de 1976-77 et, localement,

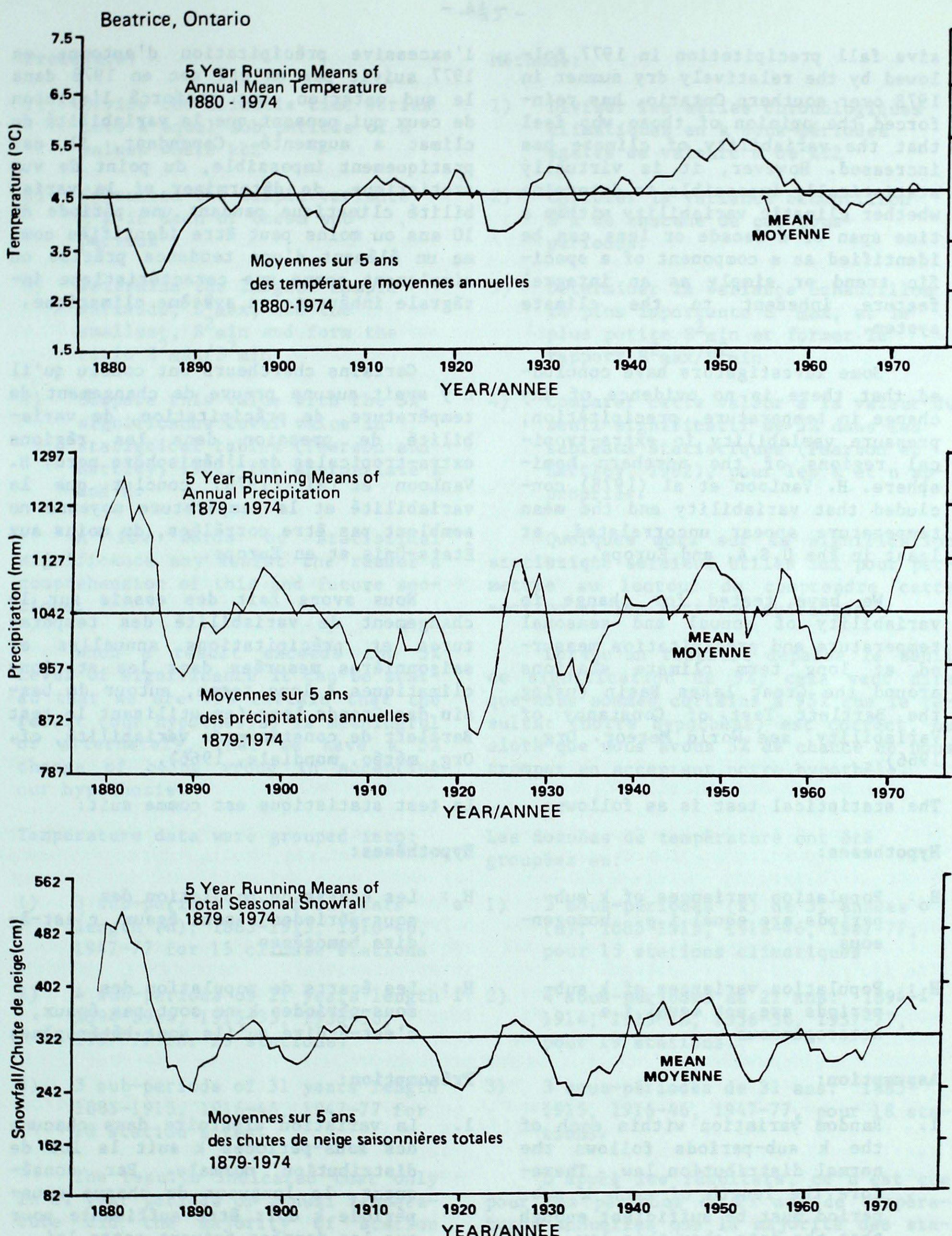


Fig. 2

sive fall precipitation in 1977 followed by the relatively dry summer in 1978 over southern Ontario, has reinforced the opinion of those who feel that the variability of climate has increased. However, it is virtually statistically impossible to determine whether climatic variability within a time span of a decade or less can be identified as a component of a specific trend or simply as an integral feature inherent to the climate system.

Some investigators have concluded that there is no evidence of any change in temperature, precipitation, pressure variability in extra-tropical regions of the northern hemisphere. H. VanLoon et al (1978) concluded that variability and the mean temperature appear uncorrelated, at least in the U.S.A. and Europe.

We have tested for change in variability of annual and seasonal temperature and precipitation measured at long term climate stations around the Great Lakes Basin (using the Bartlett Test of Constancy of Variability, see World Meteor. Org., 1966).

The statistical test is as follows:

Hypotheses:

H_0 : Population variances of k sub-periods are equal i.e. homogeneous

H_1 : Population variances of k sub-periods are not equal i.e. heterogeneous

Assumption:

1. Random variation within each of the k sub-periods follows the normal distribution law. Therefore the length of each k sub-period must be sufficient enough that the data obey this law.

l'excessive précipitation d'automne en 1977 suivit par un été sec en 1978 dans le sud ontarien, ont renforcé l'opinion de ceux qui pensent que la variabilité du climat a augmenté. Cependant, il est pratiquement impossible, du point de vue statistique, de déterminer si la variabilité climatique pendant une période de 10 ans ou moins peut être identifiée comme un élément d'une tendance précise ou simplement comme une caractéristique intégrale inhérente au système climatique.

Certains chercheurs ont conclu qu'il n'y avait aucune preuve de changement de température, de précipitation, de variabilité de pression dans les régions extra-tropicales de l'hémisphère nord. H. VanLoon et al (1978) conclut que la variabilité et la température moyenne ne semblent pas être corrélées, du moins aux États-Unis et en Europe.

Nous avons fait des essais sur le changement de variabilité des températures et précipitations annuelles et saisonnières mesurées dans les stations climatiques à long terme, autour du bassin des Grands Lacs (en utilisant le test Bartlett de constance de variabilité, cf. Org. météo. mondiale, 1966).

Le test statistique est comme suit:

Hypothèses:

H_0 : Les écarts de population des sous-périodes k sont égaux, c'est-à-dire homogènes

H_1 : Les écarts de population des sous-périodes k ne sont pas égaux, c'est-à-dire qu'ils sont hétérogènes

Présomption:

1. La variation aléatoire dans chacune des sous-périodes k suit la loi de distribution normale. Par conséquent, la longueur de chaque sous-période k doit être suffisante pour que les données suivent cette loi.

Procedure:

- 1) Divide the climatic time series into k equal sub-periods of n values where $k \geq 2$
- 2) Calculate the sample variance S^2_k in each of these sub-periods
- 3) Determine the largest sample variance, S^2_{\max} , and the smallest, S^2_{\min} and form the ratio S^2_{\max}/S^2_{\min}
- 4) Compare this value with the 5% significance level value in statistical tables (Pearson and Hartley, 1962) for appropriate k and n .

A few words on statistical significance may assist the reader's comprehension of this and future sections.

When a result exceeds the 5% level of significance it can be stated that we are 95% certain that the result (our hypothesis) is meaningful or alternately, that we have a 5% chance of being wrong in accepting our hypothesis.

Temperature data were grouped into:

- 1) 3 sub-periods (k) of 31 years length (n); 1885-1915, 1916-46, 1947-77 for 15 climate stations
- 2) 4 sub-periods of 21 years length 1894-1914, 1915-35, 1936-56, 1957-77 for 19 stations.
- 3) 3 sub-periods of 31 years length 1885-1915, 1916-46, 1947-77 for 18 station sites.

The results indicated that only in 21 year periods of annual temperature did the majority of station

Méthode:

- 1) Diviser les séries chronologiques climatiques en k sous-périodes égales de valeurs n où $k \geq 2$
- 2) Calculer la variance échantillon S^2_k de chacune de ces sous-périodes.
- 3) Déterminer la variance échantillon la plus importante S^2_{\max} , et la plus petite S^2_{\min} et former le rapport S^2_{\max}/S^2_{\min}
- 4) Comparer cette valeur à la valeur du seuil significatif de 5% dans les tableaux statistiques (Pearson et Hartley, 1962), pour les k et n appropriés.

Quelques mots sur la signification statistique seraient utiles ici pour permettre au lecteur de comprendre cette section et les sections suivantes.

Lorsqu'un résultat dépasse le seuil de signification de 5%, cela veut dire que nous sommes certains à 95% que le résultat (notre hypothèse) est correct, ou alors que nous avons 5% de chance de nous tromper en acceptant notre hypothèse.

Les données de température ont été groupées en:

- 1) 3 sous-périodes (k) de 31 années (n); 1885-1915, 1916-46, 1947-77, pour 15 stations climatiques
- 2) 4 sous-périodes de 21 ans: 1894-1914, 1915-35, 1936-56, 1957-77, pour 19 stations.
- 3) 3 sous-périodes de 31 ans: 1885-1915, 1916-46, 1947-77, pour 18 stations.

D'après les résultats, ce n'est que pour les périodes de 21 ans de températures annuelles que la majorité des sta-

sites display a statistically significant inconstancy of variability. In general, annual and seasonal temperatures are most variable during the 1915-35 or 1916-46 period and least variable during the 1957-77 or 1947-77 period.

Analyses of precipitation are less definitive; however, 10 of 18 sites show 1947-77 to be most variable although some are not statistically significant. Seasonally, the results are more diverse.

Furthermore, temperature variability does not correlate positively with precipitation variability.

With the exception of the 21 year sub-periods of annual temperature, the heterogeneity of the data is not sufficiently statistically significant to contradict the hypothesis that any variability that occurs falls within that expected from any population obeying the law of normal distribution.

c) Periodicities in Ontario Temperature and Precipitation

The search for periodic fluctuations in the Earth's climate has captivated scientific researchers and amateur investigators for many years. We are all aware of the regular meteorological cyclicities such as the diurnal and inter-seasonal cyclicities; however, should a longer time scale periodicity be detected, its discovery would contribute greatly to climate predictability.

In this section we will examine the results of the periodogram analyses of mean monthly temperature and total monthly precipitation data for Ontario. The procedures used will not be outlined here as the theory of

tions affichent une inconstance statistiquement significative de la variabilité. En général, les températures annuelles et saisonnières ont été le plus variables lors des périodes 1915-35 ou 1916-46 et le moins variables lors des périodes 1957-77 ou 1947-77.

Les analyses de précipitation sont moins définitives; cependant, 10 des 18 stations indiquent que la période 1947-77 est la plus variable, bien que certaines ne soient pas statistiquement significatives. Selon les saisons, les résultats sont plus divers.

De plus, la variabilité de la température n'est pas en corrélation positive avec la variabilité de la précipitation.

A l'exception des sous-périodes de 21 ans de température annuelle, l'hétérogénéité des données n'est pas suffisamment significative statistiquement pour contredire l'hypothèse selon laquelle toute variabilité éventuelle correspond à celle de toute population obéissant à la loi de distribution normale.

c) Périodicités des températures et des précipitations en Ontario

La recherche des fluctuations périodiques du climat de la terre passionne les chercheurs scientifiques et amateurs depuis de nombreuses années. Nous connaissons tous les cycles météorologiques réguliers tels que les cycles diurnes et inter-saisonniers; cependant, si une périodicité d'échelle de temps plus longue était détectée, sa découverte contribuerait grandement à la prévision climatologique.

Dans cette section, nous examinerons les résultats des analyses par périodogramme des données de température moyenne mensuelle et de précipitation totale mensuelle pour l'Ontario. Les méthodes utilisées ne seront pas décrites ici, car

Fast Fourier Transforms can be readily found in Robinson (1967) and the procedures followed are outlined in Lachapelle (1977).

The results which follow show certain periods as being statistically significant at many stations. Given a totally random process we would expect that 5% of the discrete periods analyzed at individual stations would be statistically significant. Similarly, given a sufficient number of stations, we would expect that 5% of the stations analyzed would reveal a discrete statistically significant period.

Unlike the methodology of Armstrong and Vines (1973) used in their investigation of the relationship of precipitation and forest fire occurrence, our analysis seeks only exact periodicities.

The analysis of annual and seasonal precipitation data revealed no startling results. Most of the significant periods detailed exceeded 20 years. Owing to the lack of resolution at the long period end of the frequency scale (in general data records are in the range of 60 to 100 years in length), it is impossible to say anything definitive about such results. As well, many periodicities on the long term time scale can frequently be attributed to, for example, changes of station location, exposure, instrumentation, or to urbanization.

The analysis of annual and seasonal temperatures was more definitive; however, none of the results accounted for a significant portion of the data variance to be useful predictably.

The most noteworthy result was obtained from the analysis of fall temperatures. Two-thirds of the cli-

la théorie des transformées de Fourier rapides se retrouve chez Robinson (1967), tandis que les méthodes utilisées ont été décrites par Lachapelle (1977).

Les résultats qui suivent indiquent certaines périodes comme étant statistiquement significatives à de nombreuses stations. Si nous procédions de façon totalement aléatoire, on s'attendrait à ce que 5% des périodes discrètes analysées aux stations individuelles soient statistiquement significatives. De même, avec un nombre suffisant de stations, on s'attendrait à ce que 5% des stations analysées révèlent une période discrète statistiquement significative.

Contrairement à la méthode d'Armstrong et Vines (1973) utilisées dans leur étude du rapport des précipitations et des feux de forêt, notre analyse n'exige que des périodicités exactes.

L'analyse des données de précipitation annuelle et saisonnière n'a révélé aucun résultat surprenant. La plupart des périodes significatives analysées dépassent 20 ans. A cause du manque de résolution du côté "période longue" de l'échelle de fréquence (en général, les registres de données s'étendent sur une période de 60 à 100 ans), il est impossible de porter un jugement définitif sur de tels résultats. De plus, de nombreuses périodicités à long terme peuvent être attribuées aux modifications d'emplacement des stations, à un changement d'exposition ou d'instruments ou à l'urbanisation.

L'analyse des températures annuelles et saisonnières a été plus probante; cependant, aucun des résultats n'a compté pour une partie suffisamment significative de la variance des données pour être utile.

Le résultat le plus notable provient de l'analyse des températures d'automne. Deux tiers des stations climatologiques

mate stations exhibited a statistically significant periodicity near 8 years. Most of the stations exhibiting this period were located west of a line joining Welland and North Bay. The 8 year periodicity accounted for 15% to 18% of the data variance at a few stations and much less elsewhere.

This type of result has negligible use since it is far outweighed by the unexplained variance or 'noise' in the data.

Results of periodicity analyses for spring and annual temperatures were not as impressive and the stations exhibiting significant periods were more or less randomly located, casting doubt not only on the utility of the results but also on their actual significance as climatic variations.

Armstrong and Vines state that their paper raises the distinct probability that relationships between sunspots and weather exist. However, they give no indication of the amount of data variance attributed to each 'wave'. The waves are combined with apparently no regard for the areas of overlapping frequencies such that the data variance at certain frequencies may be included twice. Constant amplitude and periodic waves are arbitrarily (sic) derived from variable amplitude and non-periodic waves.

In essence, we disagree that Armstrong and Vines' simplistic and doubtful explanation of the variation of regional precipitation can alert planners to future severe forest fire activity.

d) Man's Impact on Climate - The Urban Heat Island

We have previously discussed how forces extrinsic to the natural cli-

ont révélé une périodicité statistiquement significative de près de 8 ans. La plupart des stations indiquant cette période était située à l'ouest d'une ligne joignant Welland et North Bay. La périodicité de 8 ans comptait pour 15 à 18% de la variance des données à certaines stations et beaucoup moins ailleurs.

Ce type de résultat n'est pas utilisable puisque il est dépassé, et de loin, par la variance inexplicable ou "bruit" dans les données.

Les résultats des analyses de périodicité pour les températures de printemps et annuelles n'ont pas été aussi impressionnantes; les stations indiquant ces périodes significatives étaient situées plus ou moins au hasard, ce qui fait planer un doute non seulement sur l'utilité des résultats mais également sur leur signification réelle en tant que variations climatiques.

D'après Armstrong et Vines, leur articles soulèvent la probabilité distincte que des rapports entre les taches solaires et le temps existent. Cependant, ils ne donnent aucune indication sur l'amplitude de la variance des données attribuée à chaque 'onde'. Les ondes sont combinées sans apparemment tenir compte des zones de fréquence susceptibles de chevauchement, si bien que la variance des données à certaines fréquences peut être incluse deux fois. Des ondes d'amplitude constante et périodiques sont arbitrairement (sic) dérivées d'ondes d'amplitude variable et non périodiques.

En essence, nous sommes en désaccord avec l'explication simpliste et douteuse de Armstrong et Vines, selon laquelle la variation des précipitations régionales peut alerter les planificateurs concernant les futurs feux de forêt importants.

d) Impact humain sur le climat - l'îlot thermique urbain

Nous avons vu précédemment comment des forces étrangères au système climati-

mate system can significantly alter global climate, e.g. the cold summer of 1816 in eastern North America and western Europe subsequent to the 1815 volcanic eruption of Mt. Tambora, Indonesia.

More locally, man's activities, through injection of waste heat into the lower atmosphere by industrial, residential, and automobile sources and alteration of the natural radiation balance of the immediate area by haze, pollution, change in natural landscape by buildings, pavement, etc., produces a phenomena where the local temperature regime is warmer than the rural area, particularly at night when much of the storage by daytime heat is released¹.

The differential effect on the local urban climate versus the surrounding rural area by the ever increasing complexity, build up and industrialization of a large city can be determined by comparing its temperature time series with that of a rural climate station. In that regard we selected Toronto City, a climate station situated in the core of downtown Toronto, and Beatrice, a station location on a farm near Bracebridge, approximately 160 km north of Toronto. Temperature differences, seasonally and annually, were calculated for the two stations for the period 1878 to 1977 (Figure 3).

The evolution of the city should produce a positive trend in the city-rural temperature difference. Since it could not be assumed that the trend was linear, rank correlation statistical tests for randomness versus the alternative of trend were

que naturel peuvent d'une façon significative modifier le climat global, par exemple l'été froid de 1816 dans l'est de l'Amérique du Nord et en Europe de l'Ouest suite à l'éruption volcanique, en 1815, du Mont Tambora en Indonésie.

Plus localement, les activités de l'homme, par l'injection de chaleur perdue dans la basse atmosphère par les industries, les résidences et les automobiles et la modification du bilan radiatif naturel de la région voisine par la brume, la pollution, la modification du paysage naturel par des bâtiments, chaussées etc, produisent un phénomène qui fait que le régime thermique local est plus chaud que dans la zone rurale, particulièrement la nuit, lorsque se dissipe la plupart de la chaleur accumulée pendant la journée¹.

L'effet différentiel qu'ont sur le climat urbain local (par rapport à la zone rurale environnante) la complexité sans cesse croissante, la construction et l'industrialisation d'une grande ville, peut être déterminé en comparant ses séries chronologiques de température à celles d'une station climatologique rurale. Dans ce but, nous avons choisi Toronto City, station climatologique située au centre de Toronto et Béatrice, une station située sur une ferme près de Bracebridge, quelque 160 km au nord de Toronto. Les différences de températures saisonnières et annuelles furent calculées pour les deux stations pour la période de 1878 à 1977 (Figure 3).

L'évolution de la ville devrait produire une tendance positive de la différence de température ville-campagne. Etant donné que l'on ne pouvait pas présumer que la tendance était linéaire, nous avons utilisé des essais de corrélation statistique de rang, pour déterminer

1 For a more rigorous explanation of the urban heat island see Munn (1966).

1 Pour une explication plus détaillée de l'îlot thermique urbain, voir Munn (1966).

TEMPERATURE DIFFERENCE/DIFFERENCE DE TEMPERATURE
(TORONTO CITY-BEATRICE)

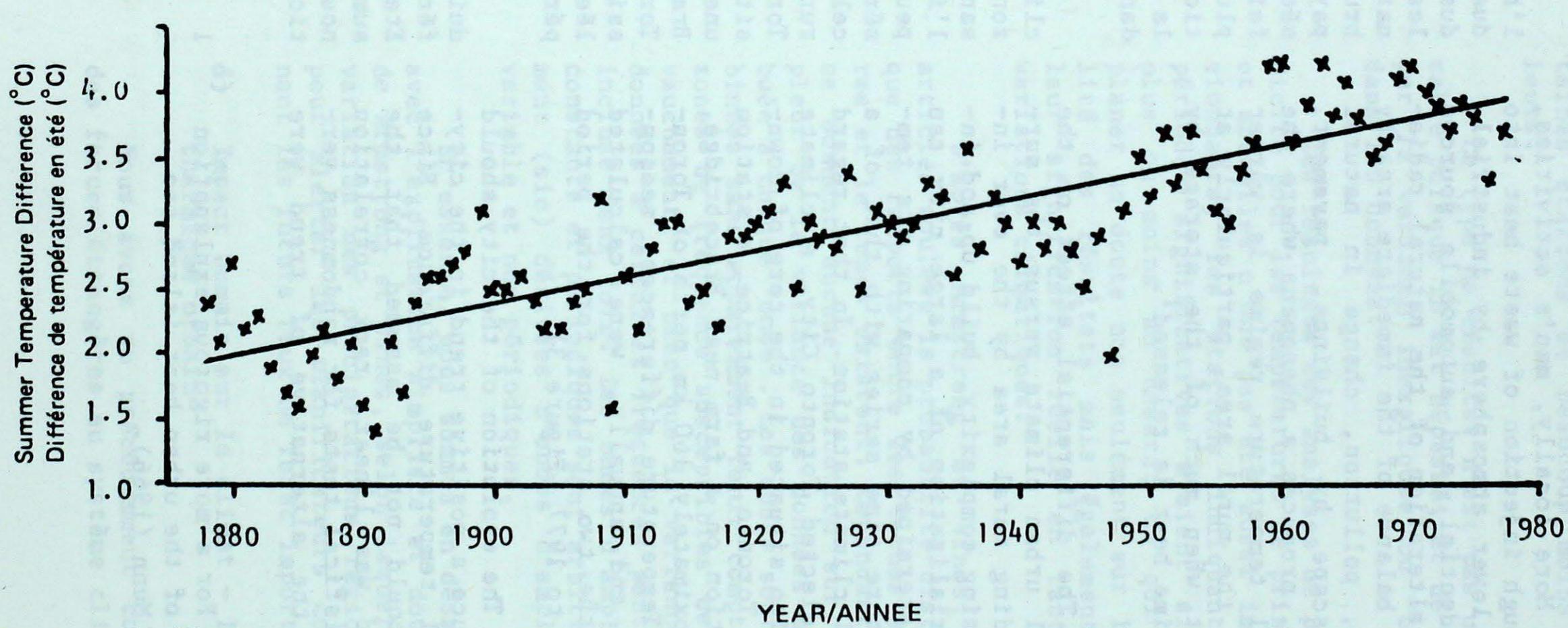
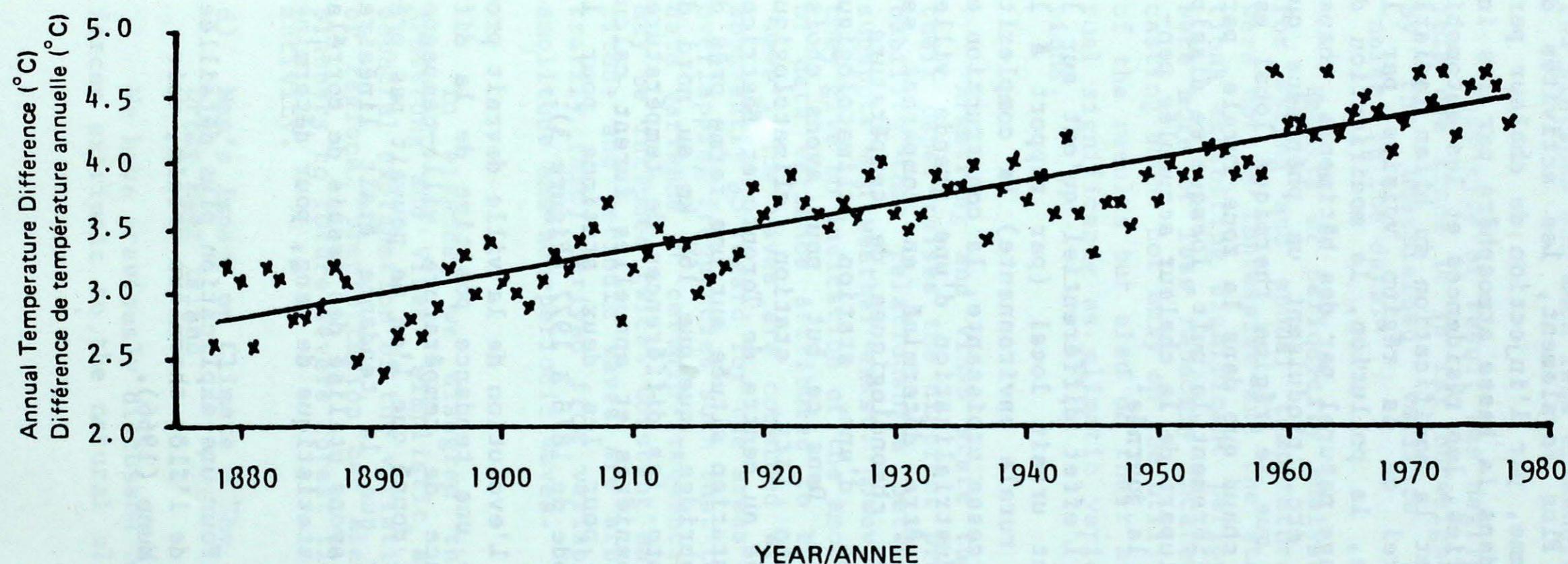


Fig. 3

used because they are of nearly uniform power for alternatives of non-linear trend and do not break down when departures from a normal distribution occur. The Spearman Rank Statistic was used rather than the Mann-Kendall Rank Statistic because it is easier to apply when tied ranks occur.

In this distinctive time series comparison it was found that the annual and seasonal temperatures all show the presence of a differential trend significant beyond the 0.1% level.

This test of correlation between ranks only determines whether or not some monotone relation, i.e. trend, applies. However, perusal of the differential time series reveals strong linear relationships. Therefore, linear least squares regressions were developed.

s'il s'agissait d'une distribution aléatoire ou d'une tendance, car ces tests ont une puissance presqu'uniforme pour le choix de tendances non linéaires et n'éclatent pas lorsque l'on s'écarte d'une distribution normale. Nous avons utilisé la statistique de rang de Spearman plutôt que la statistique de rang de Mann-Kendall, car elle est plus facile à appliquer en cas de rangs égaux.

Cette comparaison des séries chronologiques distinctes révèle que les températures annuelles et saisonnières indiquent toutes la présence d'une tendance différentielle significative au-delà du seuil de 0,1%.

Cet essai de corrélation entre les rangs détermine uniquement si une relation monotone, c'est-à-dire une tendance, s'applique ou pas. Cependant, l'examen des séries chronologiques différentes révèle de forts rapports linéaires. Par conséquent, nous avons développé des régressions linéaires par moindres carrés.

Results of Linear Least Squares Regressions Résultats des régressions linéaires par moindres carrés

1. Annual/Annuelle

$$Y = 32.2 + 0.0186X$$

$$r_{xy} = .93 \quad r^2_{xy} = .86$$

2. Spring (March to May)/Printemps (mars à mai)

$$Y = -28.8 + 0.0165X$$

$$r_{xy} = .72 \quad r^2_{xy} = .52$$

3. Summer (June to August)/Été (juin à août)

$$Y = -36.4 + 0.0204X$$

$$r_{xy} = .85 \quad r^2_{xy} = .73$$

4. Fall (Sept. to Nov.)/Automne (sept. à nov.)

$$Y = -30.9 + 0.0177X$$

$$r_{xy} = .85 \quad r^2_{xy} = .72$$

5. Winter (Dec. to Feb.)/Hiver (déc. à févr.)

$$Y = -31.7 + 0.0192X$$

$$r_{xy} = .75 \quad r^2_{xy} = .56$$

where Y = temperature difference
(Toronto City - Beatrice)

X = year

r_{xy} = correlation coefficient

où Y = différence de température (Toronto City - Béatrice)

X = année

r_{xy} = coefficient de corrélation

As determined from the linear least squares regression Toronto City's temperatures increased relative to Beatrice's by the following amounts, T, for the period 1890 to 1977.

Tel qu'indiqué par les régressions linéaires par moindres carrés, les températures de Toronto City ont augmenté par rapport à celles de Béatrice des montants T suivants, pour la période de 1890 à 1977.

1.	Annual/Annuelle	T = 1.6°C
2.	Spring/Printemps	T = 1.4°C
3.	Summer/Été	T = 1.8°C
4.	Fall/Automne	T = 1.5°C
5.	Winter/Hiver	T = 1.7°C

Although similar tests on precipitation ratios revealed no significant results, some investigations have found that precipitation patterns downstream of the urban heat island plume can be altered.

Bien que des expériences semblables sur les rapports de précipitation n'aient pas révélé de résultats significatifs, certaines études ont montré que les configurations de précipitation en aval du panache de l'îlot thermique urbain pouvaient être modifiées.

2. Societal and Planning Attitudes at Home and Abroad

Although it is intrinsically obvious that climate is far from 'normal', in many cases useful climatological input into relevant planning and decision making is precluded by the assumption that climate is essentially an averaging of past events. An equally common misuse of climatic information occurs when decisions are made on the recent past.

However, the misapplication of climatology is but one component of a mélange of inferior societal and planning attitudes.

J.R. Hinkley (1974), although basing his arguments on land use problems encountered in the United States, has identified several inherent attitudes which are both universal in scope and in nature. They include the following:

- the belief that man can do what he pleases with his own property

2. Attitudes de la société et des planificateurs, chez nous et à l'étranger

Bien qu'il soit intrinsèquement évident que le climat est loin d'être "normal", dans de nombreux cas l'utilisation des données climatologiques pour la planification et la prise de décisions est gênée par la supposition que le climat est essentiellement une moyenne d'événements passés. De plus, on utilise souvent mal les renseignements climatiques lorsque des décisions sont prises en se basant sur le passé récent.

Cependant, la mauvaise utilisation de la climatologie n'est qu'un élément de toute une gamme de mauvaises attitudes sociales et de planification.

Bien que basant ses arguments sur les problèmes d'utilisation des terres rencontrés aux États-Unis, J.R. Hinkley (1974) a identifié plusieurs attitudes inhérentes, dont la nature et la portée sont universelles. Ces attitudes comprennent:

- la croyance que l'homme peut faire ce qu'il lui plaît avec sa propre propriété

b) the philosophy that 'newer is better'

c) "Land is purely an investment commodity"

d) "Good farmland is excellent for residential, commercial and industrial development". One has only to look at past and recent appropriation of productive farmland by urban interests in southern Ontario e.g. metropolitan Toronto, Niagara Peninsula, to realize the validity of the statement. (see Chapter IV-3).

Moreover, Hinkley cited inter-governmental management as a planning problem whether it be inability to guide growth for legal reasons, poor communication or lack of co-operation. The regional municipalities' need for a meaningful body of policy from the provincial government is apparent. Of course, the problem is compounded by past activities which occurred in a vacuum of planning.

Kreutzwiser (1978) asserts that although much of the lower Great Lakes shoreline is erosion prone, most cottage development occurred in a planning vacuum. Other than sewage disposal considerations, there has been very little regard for environmental capacity of the shoreline. He questions the use of public disaster relief, programmes for shoreline protection, and subsidies to mitigate poor planning practices because they merely distribute losses to the tax paying public who receive little or no benefit. He concludes that "land use regulations concerning hazards could be more aggressively applied by municipalities and local conservation authorities along the Great Lakes shoreline". The solution is not easy. What else but disaster relief can be applied in the case of communities

b) la philosophie "tout nouveau tout beau"

c) "la terre n'est qu'un investissement"

d) "une bonne terre agricole est excellente pour l'aménagement résidentiel, commercial et industriel". Il suffit de regarder l'accaparation passée et récente de terres agricoles productives par des intérêts urbains dans le sud de l'Ontario (Toronto métropolitain, péninsule Niagara) pour réaliser la validité de cette affirmation. (voir la chapitre IV-3).

De plus, Hinkley a cité la gestion inter-gouvernementale comme un problème de planification (impossibilité de guider la croissance, que ce soit pour des raisons légales, de mauvaise communication ou de manque de coopération). Le besoin qu'ont les municipalités régionales d'une politique cohérente du gouvernement provincial est apparent. Naturellement, le problème est aggravé par les activités passées qui ont eu lieu en l'absence totale de planification.

Selon Kreutzwiser (1978), bien que la plus grande partie de la rive des Grands Lacs inférieurs soit sujette à l'érosion, la majeure partie de la construction de chalets s'est faite sans planification. En dehors des considérations d'évacuation des égouts, on fit très peu de cas de la capacité écologique de la rive. Il met en question l'utilisation des secours publics en cas d'inondation, les programmes pour la protection de la côte ainsi que les subventions visant à compenser les mauvaises méthodes de planification, car elles ne font que répartir les pertes parmi les contribuables en général, qui n'en retirent pratiquement aucun avantage. Il conclut que "les règlements sur l'utilisation des terres concernant les dangers pourraient être appliqués plus agressivement par les municipalités et les autorités de conservation locales, le long de la rive des

which in the past were established in flood prone areas? E.g. the 1979 flood of Field in northern Ontario.

Numerous examples exist of the failure to incorporate climatology where relevant.

Perusal of many governmental and consultant reports (Ont. Minis. Industry & Tourism, 1978. D'Amore, 1976) and assessments of future tourism trends, regional tourism potential, fails to detect any significant climatological input, a fact which is startling when one considers that climate is integral to the success of the tourism-recreation industry.

In Ontario, domestic travel surveys are undertaken to determine, among other factors, income generated and expenditures. Personal communication with the Ministry of Tourism reveals that first, the surveys are not performed each year and secondly, there seems to be an apparent vagueness to the weighting of climate and weather into the survey model. In other words, the smooth linear trend growth curves of this industry may be suspect since the studies may occur in climatically anomalous years. Assuming domestic tourists will spend their money closer to home in poor weather years, the impact on regions dependent on tourism and recreation may not be adequately identified.

In recent years, there appears to be frequent references to strains on allocated road winter maintenance budgets, both municipally, e.g. City of Toronto, and provincially. Each

"Grands Lacs". La solution n'est pas facile. Quelle autre solution peut-on appliquer en dehors des fonds de secours dans le cas de communautés établies, dans le passé, dans des régions sujettes aux inondations? L'inondation de Field en 1979, dans le nord de l'Ontario, en est un exemple.

Les cas où l'on a omis d'utiliser la climatologie au moment opportun abondent.

La lecture de nombreux rapports gouvernementaux et d'experts (ministère de l'Industrie et du Tourisme de l'Ontario, 1978. D'amore, 1976) et l'examen des évaluations concernant l'impact régional futur du tourisme ne permettent de détecter aucune utilisation significative de données climatologiques; fait surprenant si l'on considère que le climat est indispensable au succès de l'industrie du tourisme et des loisirs.

En Ontario, on entreprend des enquêtes sur les voyages dans la province pour déterminer, entre autres, les revenus générés et les dépenses. Des communications personnelles avec le ministre du tourisme révèlent, d'abord, que ces sondages ne se font pas chaque année et de deuxièmement, que l'inclusion des données climatiques et météorologiques dans le modèle de sondage utilisé semble assez vague. Autrement dit, les courbes de croissance uniformément linéaires attribuées à cette industrie risquent d'être suspectes, puisqu'il se peut que les études aient lieu lors d'années climatiquement anormales. En supposant que les touristes du pays dépenseront leur argent plus près de chez eux lors des années de mauvais temps, l'impact sur les régions dépendant du tourisme et des loisirs n'est peut-être pas suffisamment identifié.

Ces dernières années, il y a eu de fréquentes références à l'insuffisance des budgets alloués pour l'entretien routier en hiver, au niveau tant municipal (ville de Toronto par exemple) que

year there is a requirement to maintain sufficient supplies of sand and salt. Another large expense is accrued through the guarantee of standby pay to private contractors on call for material spreading, snow removal. Is climatology being used correctly in planning decisions of these services or is the recent past being used as a base? The City of Toronto Public Works Department attempted to classify winter seasons subsequent to 1976-77 but there appears to be very little attempt provincially to undertake similar studies. Furthermore, in the City of Toronto report it is stated that there is no attempt to optimize salt spreading rates dependent on the temperature regime.

One does not have to tell the agriculturalist or the forester of the impact of climate and weather. They know full well what climate fluctuations in temperature and precipitation can do to their industries. But several questions have to be raised. Are they ignoring the lessons of history in order to maximize immediate returns? Are existing crop-weather models and drought codes adequate? Have they established efficient communications with meteorological services to optimize the effective use of near real time climatological information?

It is a frequent assumption of many that the Great Lakes water levels can be controlled artificially. This assumption is true to a certain extent in that water levels can be moderated; however, natural climate variation is still the major control. In that regard can we be sure that municipal water intakes, reservoirs and sewage outlets are designed to cope with prolonged water shortages such as occurred in the northeast United States in the early 1960s?

provincial. Chaque année, il est nécessaire de maintenir un stock suffisant de sable et de sel. Une autre dépense importante est occasionnée par les montants garantis aux entrepreneurs privés qui doivent se tenir à disposition pour l'épandage de sel et de sable et le déneigement. La climatologie est-elle correctement utilisée lorsqu'on planifie ces services, ou se contente-t-on d'utiliser le passé récent comme base? Le service des travaux publics de la ville de Toronto a essayé de classer les saisons d'hiver après 1976-77, mais il semble y avoir très peu d'effort provincialement pour entreprendre des études semblables. De plus, le rapport de la ville de Toronto précise que l'on n'essaie pas d'optimiser les taux d'épandage de sel selon le régime de température.

Il n'est point besoin de préciser à l'agriculteur ou au forestier quel est l'impact du climat et des conditions météorologiques. Ils savent très bien, eux, ce que les fluctuations de température ou de précipitation peuvent faire à leurs industries. On doit cependant soulever certaines questions. Ignorent-ils les leçons de l'histoire afin de maximiser les revenus immédiats? Les modèles météo/cultures et les codes de sécheresse existants conviennent-ils? A-t-on établi des communications efficaces avec les services météorologiques pour optimiser l'utilisation des renseignements climatologiques en temps quasi réel?

Il est souvent présumé que les niveaux d'eau des Grands Lacs peuvent être contrôlés artificiellement. Cela est vrai jusqu'à un certain point, c'est-à-dire que l'on peut modérer les niveaux d'eau, cependant, c'est la variation climatique naturelle qui assure le contrôle principal. A cet égard, pouvons-nous être sûrs que les adductions d'eau municipale, les réservoirs et les sorties d'égouts sont conçus pour pouvoir faire face à une pénurie prolongée d'eau, comme ce fut le cas dans le nord des États-Unis au début des années 60?

In an address to the American Association for the Advancement of Science in 1979, Charles J. Ryan of Stanford University's Engineering Economic Systems Department stated "Energy organizes society; with too little energy, man is a slave to its production; with too much, he is a slave to its consumption" (Stambler, 1979).

In 1976-77, despite adequate warnings, the eastern U.S.A. was nearly paralyzed by an unusually cold winter. Increased energy requirements and fuel shortages due to insufficient stockpiling, transportation disruptions, etc. proved to be near catastrophic. In nearby Ontario, the impact was much less. However, we are rapidly approaching an era where traditional energy resources, e.g. oil, gas, cannot meet societal needs. Are we sufficiently prepared to mitigate similar climatic extremes in the light of dwindling natural resources? Tactics and strategies have to be designed now.

3. Complexity of Climate-Societal Interaction

The implementation of climatic information into the development of tactics and strategies of climate sensitive planning and decision making is not a simplistic process for, as alluded to previously, there are many relevant complex factors and interactions to be coped with.

The brief review of the nature of climatic variability hopefully illustrates that in essence, the occurrence of 'normal' climate i.e. climate equivalent to a long term average, is highly unusual. Moreover, within Ontario dichotomous climatic events may simultaneously exist, for example, drought in northern Ontario

Dans un discours adressé en 1979 à l'American Association for the Advancement of Science, Charles J. Ryan, du Département des systèmes économiques de l'université Stanford, déclarait: L'énergie organise la société: lorsqu'il y a trop peu d'énergie, l'homme doit s'acharner à en produire; lorsqu'il y en a trop, il devient l'esclave de la consommation d'énergie" (Stambler, 1979).

En 1976-77, en dépit d'amples avertissement, l'est des États-Unis fut presque paralysé par un hiver anormalement froid. Les besoins accrus d'énergie et la pénurie de combustible due à des stocks insuffisants, aux interruptions des transports, etc. eurent des conséquences presque catastrophiques. Dans l'Ontario voisin, l'impact fut moindre. Cependant, nous approchons rapidement d'une époque où les ressources traditionnelles en énergie (pétrole, gaz) ne pourront suffire aux besoins de la société. Sommes-nous suffisamment préparés pour faire face à de telles extrêmes climatiques, compte tenu de la diminution des ressources naturelles? Les tactiques et les stratégies doivent être mises au point dès maintenant.

3. Complexité de la réaction climat-société

L'utilisation de renseignements climatiques pour le développement des tactiques et stratégies pour la planification et la prise de décisions sensibles au climat n'est pas un processus simple; comme l'on a vu précédemment, de nombreux facteurs et interactions complexes entrent en jeu.

Ce bref aperçu sur la variabilité climatique indique une l'existence d'un climat "normal", c'est-à-dire d'un climat équivalent à la moyenne à long terme, est très rare. De plus, dans l'Ontario, des événements climatiques antithétiques peuvent se produire simultanément: par exemple, sécheresse dans le nord de la province et humidité excessive dans le sud.

Ontario and excessive moisture in southern Ontario. Furthermore, climatic variability is not only the resultant of natural forces, but also the effect of man's intervention, e.g. the local urban heat island and the potentially significant global warming due to the release into the atmosphere of fossil fuel produced carbon dioxide.

In many cases the magnitude of the climatic impact is dependent on critical timing, combination and frequency of events. For example, agricultural production is particularly sensitive to the sequence of a late spring, mid-summer drought and wet harvest weather or early frost in the fall.

Climatic variations extrinsic to the Ontario region may also impart a degree of pertinency to local activities. Exportability of many agricultural commodities is contingent upon the level of success or failure in the importing regions or countries. Adverse climate in major ski areas such as the Rocky Mountains can be extremely beneficial to local ski operators.

Even if user groups recognize the consequence of climatic variability it is frequently difficult to develop optimum tactics and strategies because of the diversity of activities utilizing the same resource. For example, beneficiaries of water resources include interests in marine navigation, tourism and recreation, hydro-electric power generation, shoreline developments, agriculture, municipal reservoir systems and sewage outlets. Moreover, this resource could be utilized by interests in the United States and adjacent provinces.

The International Joint Commission was established to arbitrate and

Qui plus est, la variabilité climatique n'est pas seulement le résultat de forces naturelles, mais également l'effet de l'intervention humaine: flot thermique urbain local, d'une part, et l'échauffement global, potentiellement significatif, dû à l'injection dans l'atmosphère de gaz carbonique provenant des combustibles fossiles.

Dans de nombreux cas, l'importance de l'impact climatique dépend du respect d'un échéancier critique, de la combinaison et de la fréquence des événements. Par exemple, la production agricole est particulièrement sensible à la séquence suivante: printemps tardif, sécheresse au milieu de l'été, temps humide pendant la récolte ou gel prématuré en automne.

Les variations climatiques en dehors de l'Ontario peuvent également favoriser l'essor des activités locales. L'exportation de nombreux produits agricoles dépend du niveau du succès ou d'insuccès des régions ou pays importateurs. Des conditions météorologiques défavorables dans les stations de ski des montagnes Rocheuses peuvent s'avérer très bénéfiques pour les stations locales.

Même si les groupes d'utilisateurs reconnaissent la conséquence de la variabilité climatique, il est fréquemment difficile de développer des tactiques et des stratégies favorables à cause de la diversité des activités utilisant la même ressource. Par exemple, les bénéficiaires des ressources en eau comprennent la navigation maritime, le tourisme et les loisirs, la production d'hydroélectricité, les aménagements riverains, l'agriculture, les réservoirs municipaux et les points de rejet d'égouts. Qui plus est, cette ressource peut être utilisée aux États-Unis et dans les provinces adjacentes.

La Commission internationale mixte fut créée pour arbitrer et pour élaborer

develop pertinent guidelines. Problems develop when chaotic stress such as prolonged drought affects Great Lakes water levels. At Niagara Falls, hydro-electric power diversions of water are restricted during periods of low water flow because of an agreement that certain flow rates over the Niagara Falls must be maintained. In other words, other overriding factors may outweigh climatic concern in the development of strategies.

Again, assuming recognition of the variability of climate, does agriculture opt for high profit crops susceptible to climatic fluctuation or does it lean toward less sensitive crops with lower unit returns?

External factors such as the international value of the Canadian dollar, availability of fossil fuel energy also complicates the climate/activity interaction, e.g. the tourism and recreation industry, agriculture.

However, general societal and planning attitudes which display disinterest, ignorance or reactionary rather than anticipatory characteristics must be overcome before climatic information can be efficiently and effectively embedded into the decision making framework. It is frustrating to view the present consequences of mistakes of the past such as urbanization of good agricultural land, flood plain settlement and development, consequences which could have been mitigated or removed if climatic information had been utilized.

In the next chapter we will examine more acutely the impact of climatic variability on Ontario, in particular the effect of drought, excessive moisture and the vagaries of winter extremes.

des directives pertinentes. Les problèmes surviennent lorsque des contraintes chaotiques telles qu'une sécheresse prolongée affectent les niveaux d'eau des Grands Lacs. Aux Chutes du Niagara, les dérivations hydroélectriques de l'eau sont limitées lors des périodes de faibles débits d'eau en vertu d'un accord spécifiant que certains taux de débit doivent être maintenus aux Chutes du Niagara. Cela revient à dire que d'autres facteurs prépondérants peuvent annuler le souci climatique lors du développement de stratégies.

De nouveau, face à l'importance que revêt la variabilité du climat, l'agriculture opte-t-elle pour des cultures à grands profits mais sensibles aux fluctuations climatiques, ou préfère-t-elle des récoltes moins sensibles mais avec des revenus plus bas?

Les facteurs extérieurs tels que la valeur internationale du dollar canadien et la disponibilité de combustible fossile compliquent davantage l'interaction climat/activité dans l'industrie du tourisme et des loisirs, l'agriculture, etc.

Cependant, pour que les renseignements climatiques puissent jouer un rôle efficace dans la prise de décisions, il faut d'abord vaincre les attitudes générales de la société et des planificateurs, le manque d'intérêt, l'ignorance et la tendance à vouloir réagir plutôt que prévoir. Il est frustrant de voir les conséquences actuelles des erreurs du passé: l'urbanisation de bonnes terres agricoles, la colonisation des plaines alluviales, conséquences qui auraient pu être évitées ou contrecarrées si les renseignements climatiques avaient été utilisés.

Dans le prochain chapitre nous examinerons de manière plus approfondie l'impact de la variabilité climatique en Ontario, en particulier l'effet des sécheresses, de l'humidité excessive et des extrêmes climatiques en hiver.

III CLIMATIC IMPACTS

1. The Winter Season of 1976-77

a) Synopsis

During the winter of 1976-77 sustained unusually cold weather, which engulfed eastern North America, had a profound effect upon socio-economic-natural resource activities of southern Ontario, and in particular, the United States south of the lower Great Lakes (Figure 4). This event coupled with a concurrent intense drought in western North America appears to have shaken the nation's planners and decision makers out of a lethargic state in which weather and climate were regarded as no more than benign, sometimes unpredictable, servants of man and his society.

During the previous fall a well amplified atmospheric circulation pattern consisting of a warm ridge over western North America and a cold trough over eastern North America became established. This type of circulation pattern, although relatively common for time scales from a few days to a few weeks, was remarkable due to the fact it persisted in a quasi-stationary state for a period of almost six months.

Fall (Sept. through Nov.) temperatures in Ontario averaged 2°C to 3°C below the 1941-70 normal, a regional condition of near record proportions for the 20th century. At Toronto City it was the coldest fall since 1933.

In December temperature anomalies, i.e. departures from the 1941-70 normal, ranged from -3°C in southern Ontario to -9°C in northern Ontario. Although monthly snowfall amounts varied from normal to well

III IMPACTS CLIMATIQUES

1. L'hiver 1976-77

a) Sommaire

Lors de l'hiver 1976-77, un temps anormalement froid et prolongé qui sévit dans l'est de l'Amérique du Nord eut un profond effet sur les activités socio-économiques et celles impliquant les ressources naturelles, dans le sud de l'Ontario et surtout aux États-Unis, au sud des Grands Lacs inférieurs (Figure 4). Cet événement, allié à une forte sécheresse dans l'ouest de l'Amérique du Nord, semble avoir fait sortir de leur torpeur les planificateurs qui jusque là considéraient le temps et le climat comme un facteur peu important, quelquefois imprévisible, au service de l'homme et de sa société.

Lors de l'automne précédent, une configuration de circulation atmosphérique bien amplifiée, consistant en une crête chaude sur l'ouest de l'Amérique du Nord et en un creux froid sur l'est, s'était établie. Cette configuration de circulation, bien que d'un type relativement courant aux échelles de temps allant de quelques jours à quelques semaines, était remarquable en ce qu'elle persistait à l'état quasi stationnaire pendant une période de presque six mois.

Les températures d'automne (septembre à novembre) en Ontario atteignirent une moyenne inférieure de 2°C à 3°C à la normale de 1941-70, atteignant presque des records pour le 20ème siècle. A Toronto, cet automne fut le plus froid depuis 1933.

Les anomalies de température en décembre, c.-à-d. par rapport aux températures normales de 1941-70, furent de l'ordre de -3°C dans le sud ontarien à -9°C dans le nord. Bien que la chute de neige mensuelle varia de normale à bien

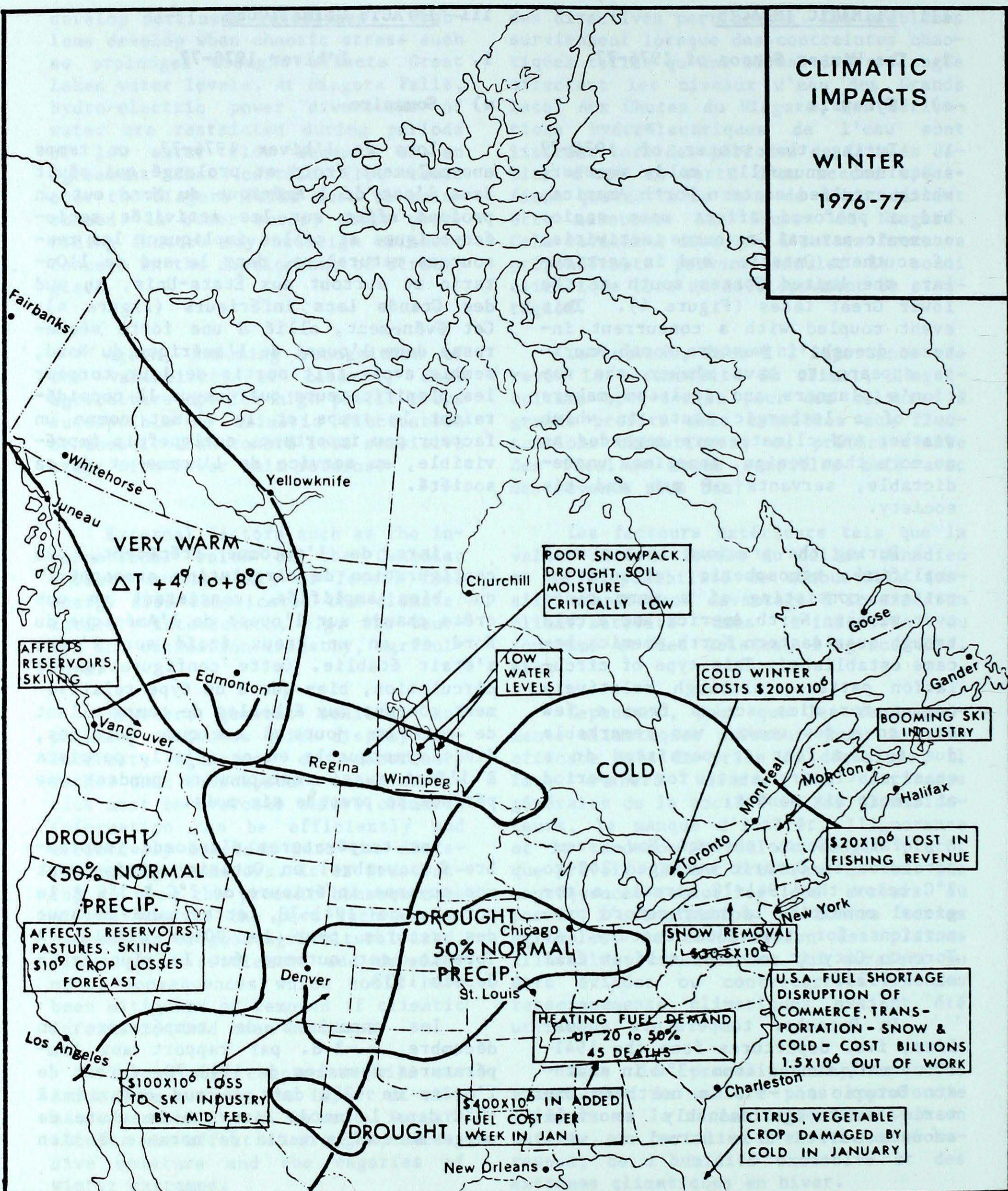
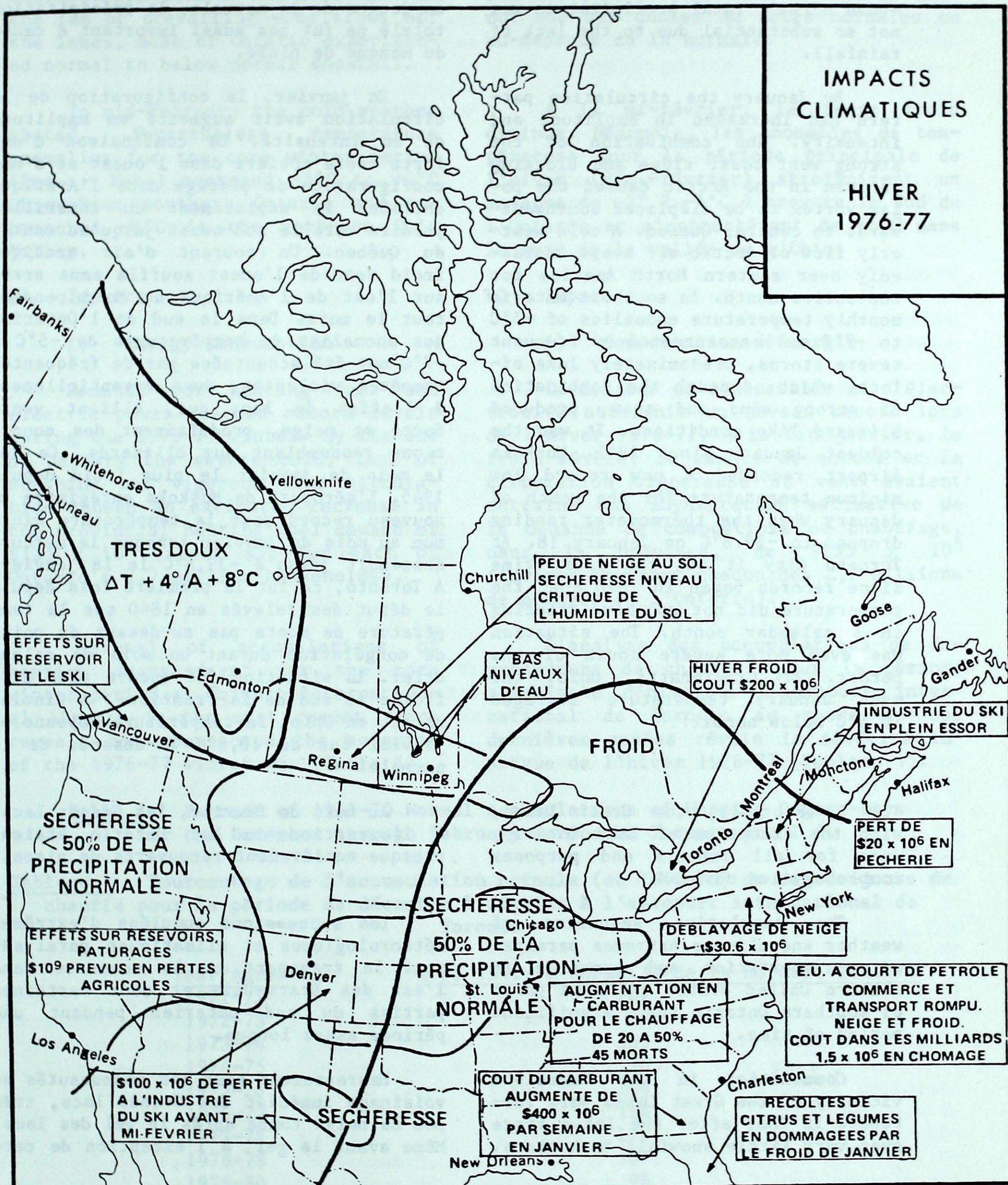


Fig. 4



above normal, total precipitation was not so substantial due to the lack of rainfall.

By January the circulation pattern had increased in amplitude and intensity. The combination of the strong west coast ridge and blocking pattern in the Arctic caused the polar vortex to be displaced southwestwards to central Quebec. A cold westerly flow of Arctic air swept unabatedly over eastern North America for the entire month. In southern Ontario monthly temperature anomalies of -5°C to -7°C were accentuated by frequent severe storms, predominately lake effect, which, through the combination of strong wind and snow, produced blizzard like conditions. It was the coldest January since 1945. Muskoka Airport recorded a new record low minimum temperature for the month of January when the thermometer reading dropped to -39.8°C on January 18. At Toronto City it was the first time since records began in 1840 that the temperature did not go above freezing in a calendar month. The situation was even more severe south of the border. At Cincinnati, Ohio, the mean January temperature averaged 10.6°C below normal!

By February, the Great Lakes, with the exception of Lake Ontario, were for all intents and purposes completely ice covered.

The cumulative sequences of weather and climate extremes paralyzed transportation and commerce in eastern United States and some parts of southern Ontario for a significant period of time.

Communities in the immediate vicinity of the Great Lakes were fortunate in that after the lakes froze over very little snowfall took place.

au-dessus de la normale, la précipitation totale ne fut pas aussi important à cause du manque de pluie.

En janvier, la configuration de la circulation avait augmenté en amplitude et en intensité. La combinaison d'une forte crête côtière dans l'ouest et d'une configuration de blocage dans l'Arctique entraîna le déplacement du tourbillon polaire vers le sud-ouest jusqu'au centre du Québec. Un courant d'air arctique froid venu de l'ouest souffla sans arrêt sur l'est de l'Amérique du Nord pendant tout le mois. Dans le sud de l'Ontario, des anomalies de températures de -5°C à -7°C ont été accentuées par de fréquentes tempêtes violentes, dues essentiellement à l'effet de lac, qui, alliant vents forts et neige, produisirent des conditions ressemblant aux blizzards. Ce fut le mois de janvier le plus froid depuis 1945. L'aéroport de Muskoka enregistra un nouveau record pour la température minimum au mois de janvier lorsque le mercure descendit jusqu'à $-39,8^{\circ}\text{C}$ le 18 janvier. A Toronto, ce fut la première fois depuis le début des relevés en 1840 que la température ne monta pas au-dessus du point de congélation durant un mois de calendrier. La situation fut encore plus difficile au sud de la frontière. A Cincinnati, en Ohio, la température moyenne en janvier fut de $10,6^{\circ}\text{C}$ en-dessous de la normale!

Au mois de février, les Grands Lacs, à l'exception du lac Ontario étaient presque entièrement recouverts de glace.

Les successions cumulées d'extrêmes météorologiques et climatiques paralysèrent le transport et le commerce dans l'est des États-Unis et dans certaines parties du sud ontarien pendant une période assez longue.

Heureusement pour les communautés au voisinage immédiat des Grands Lacs, très peu de neige tomba après le gel des lacs. Même avant le gel, à l'exception de cer-

Even previous to the freeze over, with the exception of portions of southwestern Ontario and locations in the lee of prevailing wind flows off the lakes, most of Ontario experienced normal to below normal snowfall.

In mid-February the cold weather abated. Nevertheless temperature anomalies for the core winter period (Dec. - Feb.) averaged -3°C to -4°C throughout southern Ontario and approached -6°C in the northern Ohio Valley.

b) Impacts

1) Energy Consumption

Demands for heating fuel and electric power reached record levels during the 1976-77 winter. By the end of January the severe cold, lack of sunshine and vigorous wind circulation caused an estimated increase in the provincial heating fuel demand of $\$135 \times 10^6$ (about \$50 for each of Ontario's 2.7 million households).

Perusal of accumulations of heating degree-days² for the core winter period at Toronto International Airport in the most recent years reveals how unexpected the severity of the 1976-77 winter was (Table 1).

Table 1 Percent of 1941-70 Normal Accumulations of Heating Degree-Days for the December through February Period at Toronto Int'l A.

Tableau 1 Pourcentage de l'accumulation normale (en 1941-70) de degrés-jours de chauffe pour la période de décembre à février à l'aéroport international de Toronto

Year/Année	% of 1941-70 Normal/% de la normale 1941-70
1971-72	104
1972-73	99
1973-74	103
1974-75	90
1975-76	104
1976-77	114
1977-78	110
1978-79	107
1979-80	98

² See Appendix A for explanation of heating degree-day concept./Voir l'annexe A pour l'explication du concept du degré-jour de chauffe.

taines parties du sud-ouest ontarien et d'endroits situés sous le vent dominant des lacs, la plupart de l'Ontario ne connaît que des chutes de neige normales ou au-dessous de la normale.

A la mi-février, le temps froid diminua. Néanmoins, les anomalies de température pour la période principale de l'hiver (déc.-février) atteignirent une moyenne de -3° à -4°C à travers le sud de l'Ontario et s'approchèrent de -6°C dans la nord de la vallée de l'Ohio.

b) Impact

i) Consommation d'énergie

La demande de combustible et d'électricité atteignit un niveau record lors de l'hiver 1976-77. À la fin janvier, le froid sévère, le manque de soleil et la circulation vigoureuse du vent avaient entraîné une augmentation estimative de la demande de combustible de chauffage, dans la province, de $\$135 \times 10^6$ (environ \$50 pour chacun des 2,7 millions de ménages en l'Ontario).

L'analyse des accumulations de degrés-jours de chauffe² pour la période principale d'hiver à l'aéroport international de Toronto au cours de ces dernières années révèle la sévérité imprévue de l'hiver 1976-77 (Tableau 1).

Energy conservation and increased insulation practices really took effect in 1977-78 as heating fuel demands were considerably less than expected from the heating degree-day totals.

Operating Department Statistics of the Hydro-Electric Power Commission of Ontario were collected for the period 1964 to 1978. Graphed data for the Central Region³ show a strong linear increase in Total Primary Demand throughout the period, which presumably can be attributed to population and industrial growth. Of course, there are some fluctuations in the general trend. The cold winter of 1976-77 is clearly visible as a departure from the linear trend.

Therefore, a linear least squares regression was performed on the data to derive the following equation:

$$Y = -361,714,833 + 183,565X$$

where Y = departure in average kilo-watt/hours (KWh) from the 1964-78 average

and X = the corresponding year

correlation coefficient r = .995

Since the linear trend is so strong, it is assumed that actual de-

La conservation de l'énergie et l'habitude d'isoler les maisons prirent réellement effet en 1977-78, où la demande de combustible de chauffage a été considérablement moindre que prévu d'après les totaux du nombre de degrés-jours de chauffe.

Les statistiques du service d'exploitation de la Commission de l'hydro-électricité de l'Ontario ont été recueillies pour la période de 1964 à 1978. Les graphiques pour la région centrale³ indiquent une forte augmentation linéaire de la demande primaire totale tout au long de cette période, ce qui peut probablement être attribué à la croissance démographique et industrielle. Naturellement, il y a certaines fluctuations dans la tendance générale. L'hiver froid de 1976-77 apparaît nettement comme une déviation de la tendance linéaire.

Par conséquent, une régression linéaire par moindres carrés a été appliquée aux données pour tirer l'équation suivante:

$$Y = -361\ 714\ 833 + 183\ 565X$$

où Y = déviation de la moyenne des kilo-watt/heures (KWh) par rapport à la moyenne de 1964-78

et X = l'année correspondante

coefficients de corrélation r = 0,995.

La tendance linéaire étant si forte, il est à présumer que les écarts réels

³ The Central Region of the East System envelopes an area from Burlington to Barrie to west of Oshawa, i.e. the industrial core of Ontario./La région centrale du système s'étend de Burlington à Barrie et jusqu'à l'ouest de Oshawa; elle comprend donc le cœur industriel de l'Ontario.

viations (residual error) from the regression values reflect either weather or conservation programs.

During the winter of 1976-77 the residual was +109,000 avg KWH.

In contrast during the mild winter of 1974-75 the residual was -57,854 avg KWH.

In 1977-78, a winter which approached 1976-77 in terms of anomalous temperatures, the residual was a remarkable -35,629 avg KWH. Could this be the result of conservation practices?

On January 18, 1977, at 1730 l.s.t of the coldest day of the winter, total primary demand for the entire Ontario system reached a new record 15,901,310 KWH. The total was not surpassed until 1730 l.s.t. January 10, 1978 when power demand peaked at 16,246,873 KWH.

Although the cold winter put a stress on the Ontario energy supply and demand framework the situation did not even remotely resemble the chaos which precipitated in the eastern United States where extremely cold, snowy weather created both a heavy demand for fossil fuel and also hindered its supply (Wagner, 1977). The frozen condition of the Ohio and Mississippi River systems prevented distribution of fuel oil from hundreds of ice bound barges. Moreover, it was alleged that oil rich states withheld oil and gas from stricken states because of state price restrictions. Disruption of transportation and commerce cost billions of dollars. At one point in January one and a half million people were temporarily out of work. Also, added heating fuel costs amounted to \$400,000,000 per week. In essence, the United States was not prepared

(erreur résiduelle) par rapport aux valeurs de régression reflètent les conditions météorologiques ou des programmes de conservation.

Lors de l'hiver de 1976-77, le résiduel fut de +109 000 KWh en moyenne.

Par contre, lors de l'hiver 1974-75, le résiduel n'avait été que de -57 854 KWh en moyenne.

En 1977-78, un hiver qui approcha l'hiver de 1976-77 en termes de températures anormales, le résiduel fut remarquable: -35 629 KWh en moyenne. Devrait-on attribuer ce résultat aux mesures de conservation adoptées?

Le 18 janvier 1977 à 1730 TSL du jour le plus froid de l'hiver, la demande primaire totale pour tout le réseau ontarien atteignit un nouveau record de 15 901 310 KWh. Ce total ne fut surpassé que le 10 janvier 1978 à 1730 TSL, lorsque la demande atteignit une point de 16 246 873 KWh.

Bien que l'hiver froid ait fortement sollicité le système d'alimentation en électricité de l'Ontario, la situation ne fut en rien semblable au chaos que l'on connut dans l'est des États-Unis, où le froid sévère allié au temps neigeux créa une forte demande de combustible fossile au même moment où il empêchait le transport (Wagner 1977). Le gel de la rivière Ohio et du fleuve Mississippi empêcha la distribution du mazout par les certaines de barge bloquées par la glace. De plus, on soupçonna que les États riches en pétrole se gardaient de fournir du pétrole et du gaz aux États frappés, à cause des limitations de prix selon chaque État. L'interruption des transports et du commerce coûta des milliards de dollars. A un moment donné, en janvier, un million et demi de personnes se trouvaient temporairement incapables de travailler. De plus, les frais supplémentaires de combustibles chauffants se montaient à \$400 000 000 par semaine. En

for the 1976-77 winter.

résumé, les États-Unis n'étaient pas prêts pour l'hiver 1976-77.

ii) Transportation

Marine

Sustained rapid fall cooling and the cold winter advanced and intensified the Great Lakes ice cover thickness to the extent that the ice season was the most severe since extended winter shipping began in 1971-72. When ice covered all the Great Lakes, with the exception of Lake Ontario, in February it marked the first time since 1963 that the lakes had frozen over. Marine shipping was affected accordingly.

On December 9, 1976, the 218 metre freighter Cliffs Victory went aground in the St. Mary's River while trying to avoid ice jams. The backup of nearly 70 ships in the Sault area was the worst traffic jam in 50 years.

The closing of the St. Lawrence Seaway was delayed for several days to allow foreign vessels, hampered by the severe ice conditions, to reach the Atlantic.

Marine shipping was suspended from December 12th to December 14th to allow a stable ice cover to form in order to protect hydro-electric structures from ice jam damage.

The inclement ice conditions and requirements for continuous ice breaking assistance necessitated the suspension of navigation of Lake Superior and the St. Mary's River by the iron ore industry from January 26, 1977 until March 18. The only traffic that occurred was that which transported fuel supplies from Sarnia to Thunder Bay and U.S. lakehead

Transports

Maritime

Le froidissement rapide et continu en automne, suivi de l'hiver froid que l'on sait, avança et intensifia l'épaisseur de glace recouvrant les Grands Lacs à un tel point que la saison de glace fut la plus sévère depuis le début de la navigation prolongée d'hiver en 1971-72. Lorsque la glace recouvrit en février tous les Grands Lacs, à l'exception du lac Ontario, ce fut la première fois depuis 1963 que les lacs étaient entièrement gelés. La navigation en fut évidemment affectée.

Le 9 décembre 1976, un cargo de 218 mètres, le Cliffs Victory, s'échoua dans la rivière Ste-Marie en essayant d'éviter les embâcles. L'agglomération de près de 70 navires dans la zone de Sault-Sainte-Marie créa le pire embouteillage des 50 dernières années.

La fermeture de la voie maritime du St-Laurent fut retardée de plusieurs jours pour permettre aux vaisseaux étrangers, gênés par la glace, d'atteindre l'Atlantique.

La navigation fut suspendue du 12 au 14 décembre pour permettre la formation d'une couverture glaciaire stable afin de protéger les structures hydroélectriques contre les dégâts causés par les embâcles.

A cause de l'ampleur de la glace et dû au fait qu'il fallait constamment venir à l'aide aux vaisseaux en brisant la glace, la navigation sur le lac Supérieur et la rivière Ste-Marie par l'industrie des minerais de fer fut suspendue du 26 janvier 1977 au 18 mars. Le seul trafic autorisé fut le transport de combustibles de Sarnia à Thunder Bay et aux ports américains à la tête du lac, par

ports by Canadian ships for two weeks in early February.

Ship damage escalated. On February 3 the U.S. Coastguard ice breaker Mackinaw sustained \$147,000 damage while working in the St. Mary's River. Later in February, the U.S. Coastguard tugs Kaw and Arundel suffered \$72,000 damage to rudders and propellers on Lake Erie.

Despite the ice adversities, other commerce continued throughout the lower Great Lakes. The U.S. Coastguard reported an increase by 55% in ice breaking assistance.

However, extremely mild March weather allowed the St. Lawrence Seaway to open on schedule, April 4.

Road Transportation and Maintenance

In the Report on City of Toronto Winter Services (1977) it is stated "Since winter services are essential to maintain the life of the city ...". The same statement is fully applicable to the province as a whole, for without a smoothly functioning transportation system our socio-economic activities can be thrown into disorder. Winter impacts gleaned from newspaper accounts during 1975-76 and 1976-77 confirm this view.

January 15, 1976 - High absenteeism compelled Ford of Canada to close the day shift in Talbotville when 300 to 400 workers failed to show. Loss in production was estimated at 400 cars. In Windsor, trains and buses were delayed up to two hours. Hundreds of cars were abandoned near London. The CNR passenger trains were turned back twice in

des navires canadiens, pendant deux semaines au début de février.

Les dégâts subis par les navires augmentèrent. Le 3 février, le brise-glace Mackinaw de la Garde côtière américaine subit pour \$147 000 de dégâts sur la rivière Ste-Marie. Plus tard en février, les remorqueurs Kaw et Arundel de la Garde côtière américaine subirent pour \$72 000 de dégâts de gouvernails et de propulseurs sur le lac Érie.

En dépit des problèmes posés par la glace, le commerce put continuer sur tous les Grands Lacs inférieurs. La Garde côtière américaine signala une augmentation de 55% dans l'aide nécessaire pour briser la glace.

Cependant, le mois de mars extrêmement doux permit l'ouverture de la voie maritime du St-Laurent comme prévu, le 4 avril.

Transport routier et entretien

Dans le rapport des services d'hiver de la ville de Toronto (1977), il est mentionné: "Les services d'hiver étant essentiels pour la vie de la cité ...". La même vérité s'applique pour toute la province, car sans un système de transport fonctionnant sans problèmes, nos activités socio-économiques peuvent être perturbées. Les impacts de l'hiver glanés de comptes rendus de journaux de 1975-76 et 1976-77 ne font que confirmer cette opinion.

15 janvier 1976 - Un important absentéisme oblige Ford du Canada à supprimer l'équipe de jour à Talbotville, où de 300 à 400 travailleurs ont manqué de se présenter. La perte de production est estimée à 400 voitures. A Windsor, les trains et autobus eurent jusqu'à deux heures de retard. Des centaines de voitures furent abandonnées près de London. Les trains de passagers du CN durent

one night at St. Mary's by 4 metre drifts. Many airline flights were cancelled at London and Windsor.

In metropolitan Toronto it was reported that after several years of mild winters heavy snowfalls were seriously straining snow removal budgets. In 1975-76 London spent over \$500,000 for snow removal.

1976-77

January 10 - Sections of highways in southern Ontario were closed. 20 cm of snow and 80 km/h winds forced Chrysler and Ford of Canada to close assembly plants due to high absenteeism. Metropolitan Toronto subway systems experienced their worst delays in history and mail delivery in the area came to a virtual standstill.

January 28 - Most roads in the Niagara region were blocked by snow, strong winds gusting from 80 km/h to 110 km/h. General Motors of Canada Oshawa Ltd., Ford of Canada Ltd. at Oakville, St. Thomas and Niagara Falls cancelled shifts. Shopping centres in Oshawa and St. Catharines were closed. Toronto International Airport was the scene of 78 airline cancellations.

January 31 - In the Niagara Peninsula snowplows sheared off the top of several buried cars. Highway crews were prevented by abandoned cars from opening the Queen Elizabeth Way. Snowdrifts 8 metres high stranded 2000 students at schools on the Niagara Peninsula, Elgin and Lambton Counties.

As of January 31, 1977 total loss in commerce productivity in

rebrousser chemin deux fois en une nuit à Ste-Marie à cause de congères de 4 mètres. De nombreux vols furent annulés à London et à Windsor.

A Toronto, après plusieurs hivers doux, de fortes chutes de neige sollicitaient fortement les budgets de déneigement. En 1975-76, London dépensa plus de \$500 000 pour le déneigement.

1976-77

10 janvier - Des sections d'autoroute dans le sud ontarien furent fermées. 20 cm de neige et des vents de 80 km/h forcèrent Chrysler et Ford du Canada à fermer leurs usines d'assemblage à cause de l'absentéisme élevé. Le métro de Toronto connut les pires retards de son histoire, tandis que la distribution de courrier dans la région fut pratiquement paralysée.

28 janvier - La plupart des routes dans la région de Niagara étaient bloquées par la neige, et les vents soufflaient à 80 km/h-110 km/h. General Motors du Canada Limitée à Oshawa, ainsi que Ford du Canada Limitée à Oakville, St. Thomas et Niagara Falls annulèrent des équipes. Des centres commerciaux à Oshawa et St. Catharines fermèrent leurs portes. L'aéroport international de Toronto dut annuler 78 vols.

31 janvier - Dans la péninsule de Niagara, les chasses-neige coupèrent le haut de plusieurs voitures enneigées. Les équipes de secours ne purent pas ouvrir l'autoroute Queen Elizabeth à cause des voitures abandonnées. Des congères d'une hauteur de 8 mètres bloquèrent 2000 élèves dans les écoles de la péninsule de Niagara et dans les comtés d'Elgin et de Lambton.

Au 31 janvier 1977, la perte totale en productivité commerciale dans

Ontario was estimated at 50 million dollars, primarily due to traffic disruptions. Furthermore, on February 10, Ford of Canada Ltd. announced it was affected by a parts shortage due to U.S. transportation problems.

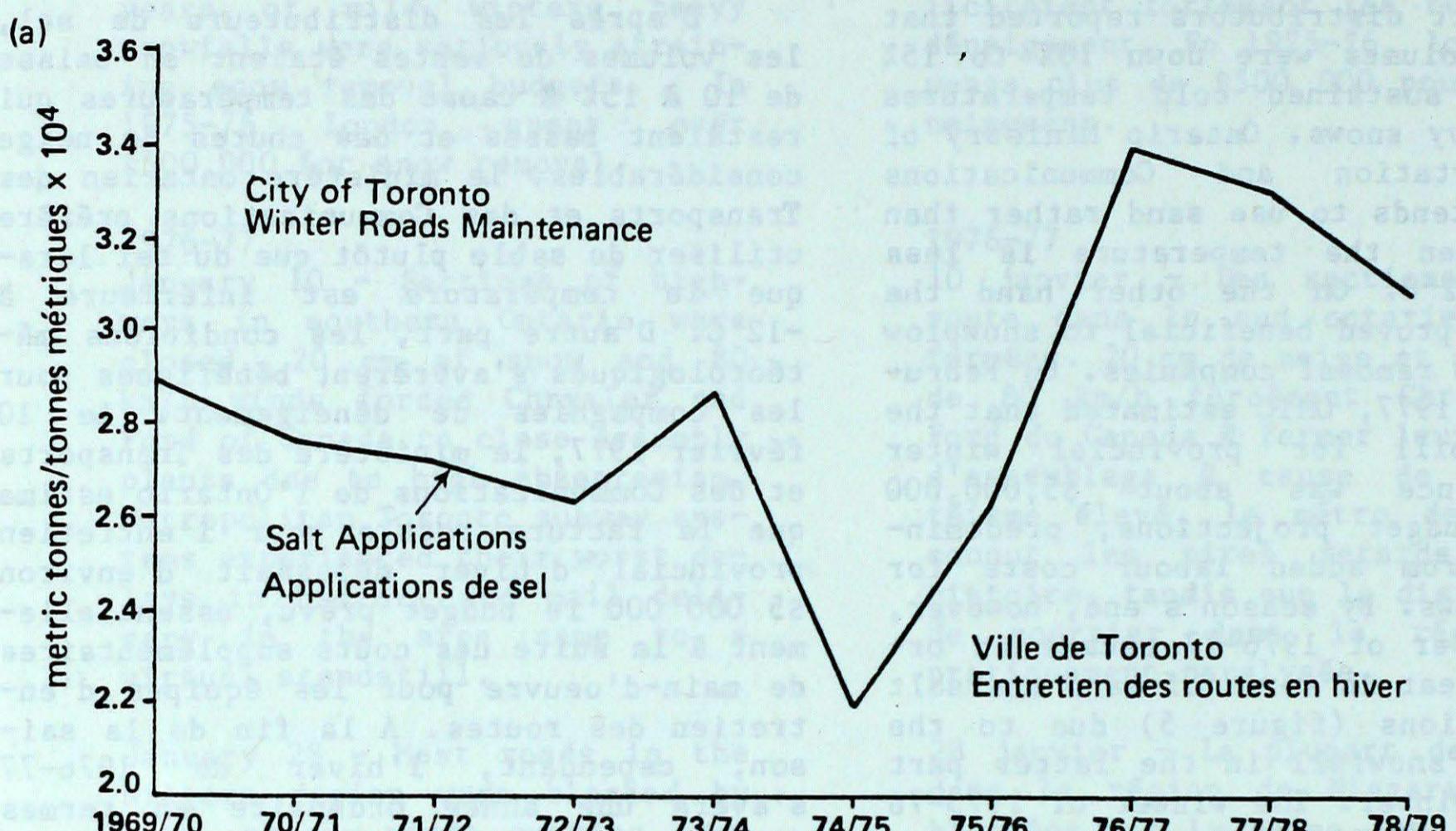
Salt distributors reported that sales volumes were down 10% to 15% due to sustained cold temperatures and heavy snows. Ontario Ministry of Transportation and Communications (OMTC) tends to use sand rather than salt when the temperature is less than -12°C . On the other hand the weather proved beneficial to snowplow and snow removal companies. On February 10, 1977, OMTC estimated that the total bill for provincial winter maintenance was about \$5,000,000 above budget projections, predominantly from added labour costs for road crews. By season's end, however, the winter of 1976-77 became an ordinary year in terms of sand and salt applications (figure 5) due to the lack of snowfall in the latter part of the winter. The winter of 1975-76 snowfalls were much greater on an areal basis. This can be identified in the time series of sand and salt applications per mile.

On the other hand, it is interesting to see the effect of the 1976-77 winter on road maintenance in the City of Toronto. The Toronto Public Works rationale is as follows: salt spreaders for icing and light snow up to 3 cm; icing and light snowfalls up to 10 cm handled by use of salt spreaders equipped with underbody plow blades; plowing necessitated by snowfalls above 10 cm. Even then, salt is spread to prevent later ice buildup.

l'Ontario fut estimée à 50 millions de dollars, essentiellement à cause de l'interruption du trafic. De plus, le 10 février, Ford du Canada Limitée annonça qu'elle était affectée par un manque de pièces dû aux problèmes de transport aux États-Unis.

D'après les distributeurs de sel, les volumes de ventes étaient en baisse de 10 à 15% à cause des températures qui restaient basses et des chutes de neige considérables. Le ministère ontarien des Transports et des Communications préfère utiliser du sable plutôt que du sel lorsque la température est inférieure à -12°C . D'autre part, les conditions météorologiques s'avèrent bénéfiques pour les compagnies de déneigement. Le 10 février 1977, le ministère des Transports et des Communications de l'Ontario estima que la facture totale pour l'entretien provincial d'hiver dépassait d'environ \$5 000 000 le budget prévu, essentiellement à la suite des coûts supplémentaires de main-d'œuvre pour les équipes d'entretien des routes. A la fin de la saison, cependant, l'hiver de 1976-77 s'avéra une année ordinaire en termes d'utilisation de sel et de sable (Fig. 5), grâce aux faibles chutes de neige de la dernière partie de l'hiver. Les chutes de neige de l'hiver 1975-76 avaient été beaucoup plus importants, en fonction des superficies couvertes, comme le montre la série chronologie des applications de sable et de sel par mille.

D'un autre côté, il est intéressant de noter l'effet de l'hiver 1976-77 sur l'entretien des routes dans la ville de Toronto. La méthode du service des travaux publics de Toronto est la suivante: épandeurs de sel pour la glace et la neige jusqu'à 3 cm; pour la glace et les chutes de neige légères jusqu'à 10 cm on utilise les épandeurs de sel équipés de lames de déneigement; des chasses-neige sont utilisés pour les chutes de neige dépassant 10 cm. Même dans ce cas on répand du sel pour éviter l'accumulation de glace plus tard.



(data courtesy of City of Toronto Dept. of Works)
(données fournies par le Serv. des trav. pub. de la ville Toronto)

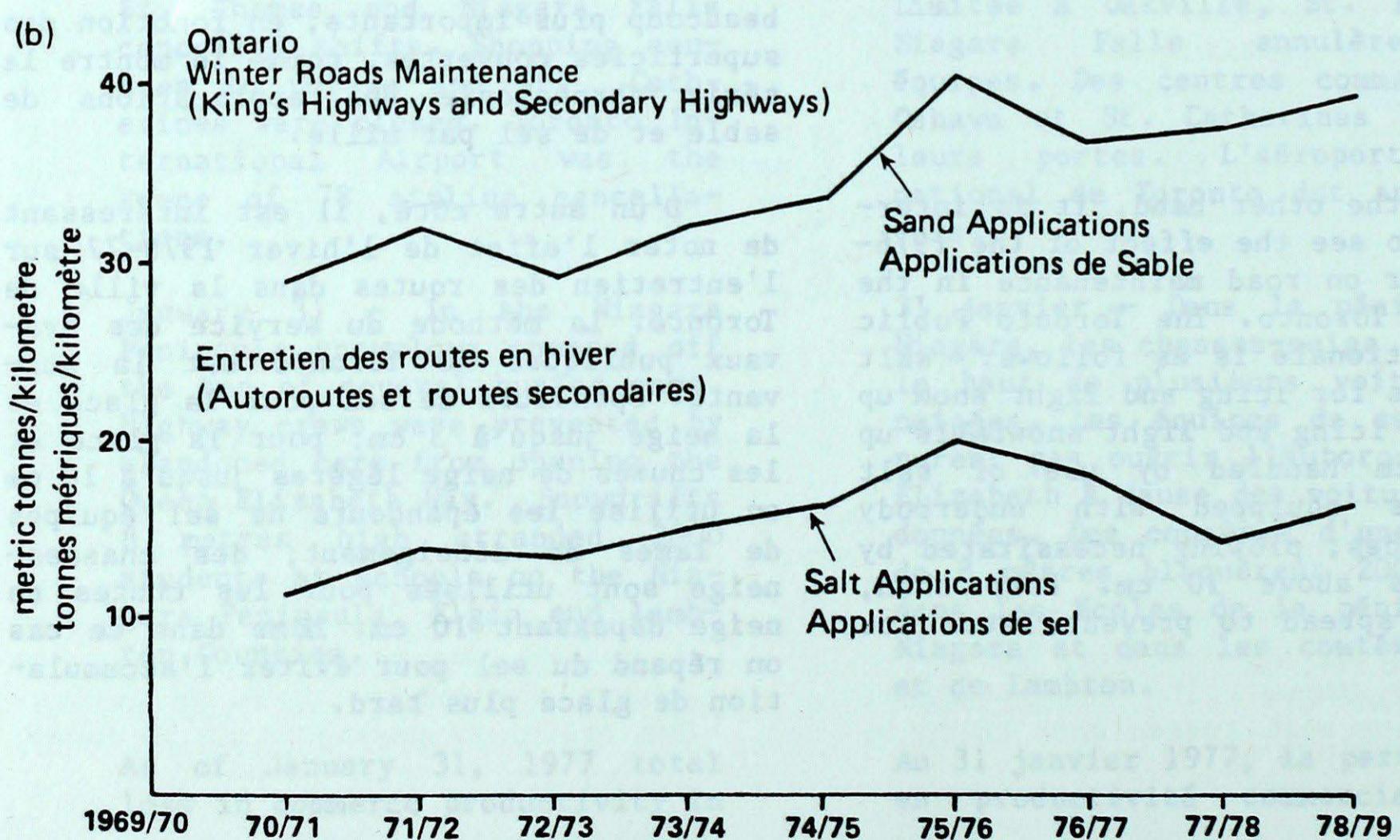


Fig. 5 (données fournies par le ministère des Transp. et Comm. de l'Ontario)

The Toronto City snowfall season of 1976-77 can be summarized thusly: one major snowstorm of 30 cm on January 10; by February there were 45-50 days with light snowfalls. Therefore, the large number of days with light snowfall stressed salting and sanding budgets (Figure 5). As of February 9, the budget for trucking of salt and sand was overspent.

In contrast, 1974-75 was a light salting year. Climatically it was a very mild winter (3rd mildest on record). The snowfall of 121.9 cm was slightly below the long term average 153.8 cm.

It is interesting to note that despite the fact that the melting ability of salt is very temperature dependent contracting agencies pay little regard to the temperature when depositing salt since application rates are apparently difficult to alter.

La saison de chute de neige pour la ville de Toronto en 1976-77 peut être résumée ainsi: une forte tempête de neige de 30 cm le 10 janvier; fin février, il y avait eu de 45 à 50 jours de légères chutes de neige. Par conséquent, le grand nombre de jours avec des chutes de neige légères sollicita les budgets de sel et de sable (Fig. 5). Au 9 février, le budget pour le transport du sel et du sable avait été dépassé.

Par contre, en 1974-75 le besoin de sel a été réduit. Climatiquement, ce fut un hiver très doux (le 3ème plus doux jamais enregistré). La chute de neige de 121,9 cm fut légèrement en-dessous de la moyenne à long terme de 153,8 cm.

Il est intéressant de noter qu'en dépit du fait que le pouvoir de fonte du sel dépend beaucoup de la température, les agences contractantes tiennent très peu compte de la température lors de l'épandage de sel car les taux d'utilisation sont apparemment difficiles à modifier.

-1	ab 825 1900 m. life	46.30	desco need red blues
-4	simplicipennis	14.40	belching 30% fine
-7	lightyellow	8.60	no des. 50% road
-10	dark brown from. 850m	6.30	old 100% rainforest
-12	Despite high cover &	4.90	100% des. vento form
-15	desco	4.10	blacktop by 100% edge
-18	dark soil 1900m	3.70	desco 70% forest 30% rain
-21	desco	3.20	desco 50% forest 50%

iii) Winter Recreation

After a series of poor snow years e.g. 1972-73, 1973-74 the winter recreation industry which includes snow-mobiling, cross country and

iii) Loisirs d'hiver

Après une série d'années sans beaucoup de neige, par exemple 1972-73, 1973-74, l'industrie des loisirs d'hiver comprenant les motoneiges, le ski de randon-

4 from/de Brenner (1977) production

dowhill skiing, thrived in the snow-belt regions of Ontario. Major ski resorts at Collingwood and Barrie began operations in late November, 1976. Record attendances during the Christmas Holidays occurred at Blue Mountain and Horseshoe Valley. The dramatic increase in attendance can best be described by comparing the percentage increase in attendance to the poor year of 1973-74.

née et le ski alpin, prospéra dans les régions neigeuses de l'Ontario. Les grandes stations de ski à Collingwood et à Barrie commencèrent leur saison à la fin novembre 1976. Des records de fréquentation lors des vacances de Noël furent établis à Blue Mountain et Horseshoe Valley. On voit mieux la hausse dramatique de la fréquentation si l'on compare l'augmentation, en pourcentage, par rapport à la mauvaise année 1973-74.

Table 3⁵ Blue Mountain Ski Resort - Collingwood
Tableau 3⁵ Station de ski de Blue Mountain - Collingwood

	% attendance increase compared to 1973-74/ augmentation de fréquentation comparée à 1973-74 (%)	open date/ date d'ouverture	close date/ date de fermeture
1974-75	37	Dec/Déc. 9	Apr/Avr. 14
1975-76	54	Dec/Déc. 8	Mar/Mars 22
1976-77	81	Nov/Nov. 24	Mar/Mars 28
1977-78	122	Dec/Déc. 2	Apr/Avr. 10
1978-79	119	Dec/Déc. 6	Mar/Mars 28
1979-80	91	Dec/Déc. 14	Mar/Mars 30

The series of climatically good years which actually began in 1975-76 are reflected in these statistics. However the poor snow conditions early in 1979-80 can also be identified. This last value is not as low as could have been possible as the result of a numbers of record daily attendance records which were broken in February of 1980.

Here we see the human factor at work: the cold February saw minimal snowfall but artificial snowmaking was extensively used; the frustration of a poor season forced many skiers to take to the hills in a last desperate attempt.

La série d'années climatiquement bonnes qui commença réellement en 1975-76 se reflète dans ces statistiques. Cependant les conditions de neige peu abondante au cours de 1979-80 sont évidentes. Ce dernier chiffre aurait été plus bas s'il n'eut été des quelques records quotidiens qui furent enregistrés au mois de février.

Cet effet est le résultat du facteur humain: les accumulations de neige ont été faibles au mois de février mais le temps froid fut propice pour la production de neige artificielle; la frustration des skieurs vers la fin de la saison les incita à fréquenter les pentes de ski malgré les conditions peu propices.

5 data courtesy of Blue Mountain Resorts Ltd.

5 données fournies par Blue Mountain Resorts Ltd.

iv) Wildlife

A provincial mean winter severity index (Figure 6) based on depth and quality and duration of snow, compiled by the Wildlife Branch of OMNR discloses that the 1976-77 winter can be classified only as a moderate one in terms of climatic conditions that threaten wildlife (deer) populations. The winter seasons of 1958-59, 1970-71 and 1977-78 ranged from severe to extreme. In 1958-59 40% to 50% of the deer population was lost and in 1977-78 15% to 18% perished primarily due to a late break-up. Only in traditional snowbelt areas did the index reach severe to extreme levels in 1976-77.

v) Agriculture

In early February 1977 dairies in the Niagara region lost 25% of their milk supplies when local farmers could not deliver their quotas due to transportation difficulties. Elsewhere heavy ice prevented ferries from transporting milk tankers and feed supplies across from Kingston to Wolfe Island.

The winter wheat crop of southern and central Ontario is highly dependent on winter conditions from January through March. Despite high winds which blew much of the snow off fields in February and March of 1977, winter wheat crops fared well predominantly due to heavy snow early in the winter and a mild March. However, in comparably cold winters of 1903-04, 1904-05, 1917-18, 1919-20 and 1933-34 heavy winter kill prevailed, probably due to adverse climatic conditions in the latter part of the winter e.g. cold temperatures, lack of snow.

Fruit orchards are also highly susceptible to winter kill. In 1977 Ontario peach and grape productions

iv) Faune

Un index de la rigueur moyenne des hivers dans la province (Figure 6) basé sur la profondeur, la qualité et la durée de la neige, élaboré par la Direction de la faune du ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, montre que l'hiver 1976-77 ne peut être classé que comme un hiver modéré en ce qui concerne la menace qu'il a posé pour la faune (chevreuils). Les hivers de 1958-59, 1970-71 et 1977-78 se classent de rigoureux à extrême. En 1958-59, 40% à 50% des chevreuils furent perdus, tandis qu'en 1977-78 15% à 18% périrent à cause d'un dégel tardif. Ce n'est que dans les régions qui connaissent traditionnellement un grand enneigement que l'index atteignit des niveaux "rigoureux à extrême" en 1976-77.

v) Agriculture

Au début de février 1977, les laiteries de la région de Niagara perdirent 25% de leur lait lorsque les fermiers locaux ne purent livrer leurs quotas à cause des difficultés de transport. Ailleurs, la glace épaisse empêcha les traversiers de transporter les cuves de lait et la nourriture du bétail entre Kingston et Wolfe Island.

La récolte de blé d'hiver dans le sud et le centre de l'Ontario dépend étroitement des conditions hivernales de janvier à mars. En dépit des vents forts qui avaient balayé la plupart de la neige des champs en février et mars 1977, la récolte de blé d'hiver fut bonne essentiellement à cause des fortes chutes de neige au début de l'hiver et à cause d'un mois de mars doux. Cependant, lors des hivers pareillement froids de 1903-04, 1904-05, 1917-18, 1919-20 et 1933-34, les pertes d'hiver furent considérables, probablement à cause des conditions climatiques défavorables vers la fin de l'hiver: températures basses, manque de neige.

Les vergers sont eux-aussi très susceptibles aux pertes d'hiver. En 1977, la production de pêches et de raisins de

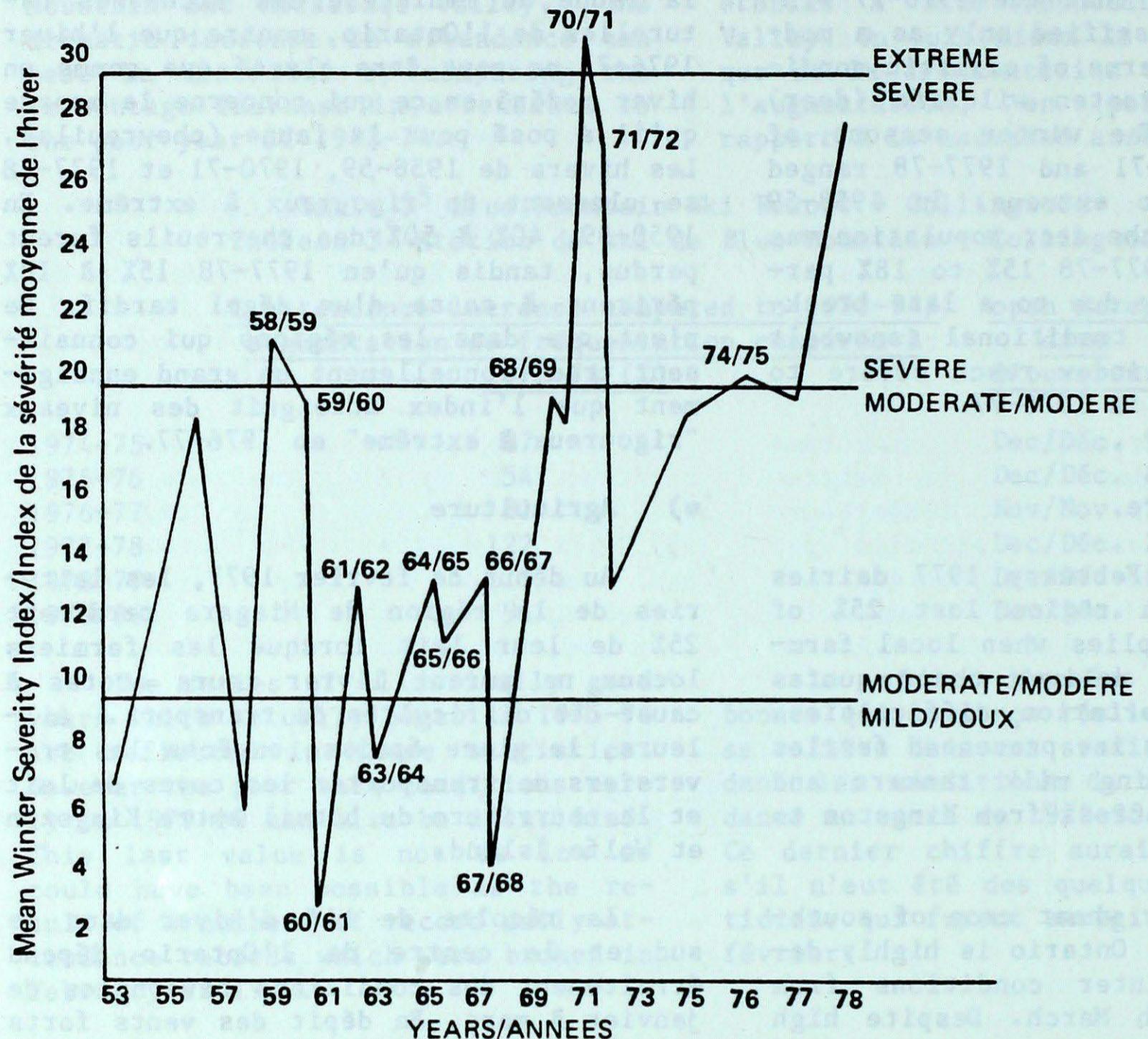


Fig. 6

(after Ontario Ministry of Natural Resources.)

(d'après le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario)

were down 16% and 13% respectively, from the 1973-76 average.

c) The Winter Season in Statistical Perspective

For the sake of facility we have chosen to statistically analyze winter temperatures during the core period December through February; however, winters can be extremely dissimilar, for example, 1976-77 preceded by a cold fall and followed by a mild spring versus 1874-75 followed by a very cold spring. Each has different socio-economic implications.

Temperature-wise the winter of 1976-77 was comparable in degree to the previous severe winters of 1933-34, 1919-20, 1917-18, 1903-04 and 1874-75 throughout central and southern Ontario. In northwestern Ontario, 1884-85 was much colder.

Temperature anomalies for 1976-77 ranged from -1.5°C to -2.0°C in the Ottawa Valley, -2°C to -2.5°C in the north, and -3°C to -4°C in southern and central Ontario. In southwestern Ontario where the largest anomalies occurred, temperatures easily surpassed 2 standard deviations. At 90-year stations in that portion of Ontario it was the fourth or fifth coldest winter on record, i.e. the probability of surpassing the anomalous temperatures was on the order of 5% to 10%. In the rest of southern, central and northern Ontario the corresponding probability was 10% to 15%. The exception was Toronto City where the probability of exceeding in magnitude the temperature anomaly of -2.7°C was 17%; however, it must be remembered that the Toronto temperature time series contains the effect of urbanization.

By removing the urban trend from the Toronto temperature time series

l'Ontario a connu une baisse de respectivement 16% et 13% par rapport à la moyenne de 1973-76.

c) Saison d'hiver en perspective statistique

Pour faciliter les choses, nous avons choisi d'analyser statistiquement les températures d'hiver lors de la période de pointe de décembre à février; cependant, les hivers peuvent être très dissemblables; par exemple, l'hiver 1976-77 fut précédé par un automne froid et suivi par un printemps doux, alors que l'hiver 1874-75 fut suivi d'un printemps très froid. Chaque hiver a des répercussions socio-économiques différentes.

Du point de vue de la température, l'hiver de 1976-77 est comparable en degré aux hivers rigoureux antérieurs: 1933-34, 1919-20, 1917-18, 1903-04 et 1874-75, dans le sud et au centre de l'Ontario. Dans le nord-ouest de l'Ontario, 1884-85 fut beaucoup plus froid.

Les anomalies de température pour 1976-77 ont varié de $-1,5^{\circ}\text{C}$ à $-2,0^{\circ}\text{C}$ dans la vallée de l'Outaouais, de -2°C à $-2,5^{\circ}\text{C}$ dans le nord et de -3°C à -4°C dans le sud et au centre de l'Ontario. Dans le sud-ouest de l'Ontario, où l'on nota les plus grandes anomalies, les températures dépassèrent facilement 2 écarts types. Dans des stations installées depuis 90 ans dans cette partie de l'Ontario, cet hiver fut enregistré comme le quatrième ou cinquième plus froid, c.-à-d. que la probabilité de surpasser les températures anormales était de l'ordre de 5 à 10%. Dans le reste du sud, du centre et du nord de l'Ontario, la probabilité correspondante était de 10 à 15%. L'exception fut Toronto, où la probabilité de dépassement de l'anomalie de température de $-2,7^{\circ}\text{C}$ était de 17%; il faut cependant remarquer que la série chronologique de températures de Toronto comprend l'effet d'urbanisation.

En supprimant la tendance d'urbanisation de la série chronologique des

the adjusted 1976-77 anomaly of -3.1°C becomes the seventh coldest on record (5% probability). The winter of 1903-04 is now equal in severity to that experienced in 1874-75. At stations which originate in the 1830s and 1840s it appears that no other year approaches these two severe winters.

The 1976-77 Ontario winter was accentuated by a prior series of above normal to normal winters, in terms of temperature (1974-75 winter was the third mildest on record at Toronto City).

In terms of five year averages the period 1883-87 or 1884-88 was the coldest on record at all stations in Ontario originating at least in the early 1880s. In contrast the 1949-53 period was the mildest.

In that portion of the United States to the south of the Great Lakes in the upper Ohio Valley, temperature departures from normal approached -6°C (Wagner, 1977). Considering that the causative atmospheric flow was northwesterly let us assume that this anomaly had the potential of occurring in Ontario, i.e. transposition. By applying that anomaly (-6°C) to the 1941-70 normal for each of the long term Ontario stations we find that the resultant temperature ranks as the coldest ever except at Iroquois Falls, Sioux Lookout, and Ottawa CDA.

As mentioned previously 1976-77 was not an exceptionally snowy year with the exclusion of the snowbelt area to the lee of the prevailing wind flow off the Great Lakes and extreme southwestern Ontario where amounts were well above normal. Perusal of other unusually cold winters will find similar results. There is an easy explanation.

températures de Toronto, l'anomalie ajustée de 1976-77 de $-3,1^{\circ}\text{C}$ devient la septième la plus froide enregistrée (probabilité de 5%). L'hiver 1903-04 égale maintenant la rigueur de celui noté en 1874-75. Aux stations créées en 1830 et 1840, il semble qu'aucune autre année n'approche la sévérité de ces deux hivers.

L'hiver de 1976-77 en Ontario fut accentué par une série antérieure d'hivers égalant ou dépassant la normale, pour ce qui est de la température (l'hiver 1974-75 fut le troisième plus doux enregistré à Toronto).

En termes de moyennes sur cinq ans, la période de 1883-87 ou 1884-88 fut la plus froide enregistrée dans toutes les stations de l'Ontario datant d'au moins le début des années 1880. En contraste, la période 1949-53 fut la plus douce.

Dans la partie des États-Unis au sud des Grands Lacs dans la haute vallée de l'Ohio, les écarts de températures par rapport à la normale approchèrent -6°C (Wagner, 1977). Considérant que le courant atmosphérique en cause venait du nord-ouest, nous pouvons supposer que cette anomalie peut se produire en Ontario (transposition). En appliquant cette anomalie (-6°C) à la normale de 1941-70 pour chacune des stations à long terme de l'Ontario, on voit que la température résultante se classe comme la plus froide jamais enregistrée, sauf à Iroquois Falls, Sioux Lookout et Ottawa CDA.

Comme mentionné précédemment, 1976-77 ne fut pas une année exceptionnellement neigeuse, à l'exclusion de la ceinture neigeuse sous le vent dominant des Grands-Lacs et à l'extrême sud-ouest de l'Ontario où les quantités furent bien au-dessus de la normale. L'examen des autres hiver anormalement froids donne des résultats semblables, ce qui s'explique sans difficulté.

The Great Lakes Basin is on a migration track for low pressure systems. Much of the snowfall to the north is the result of moist mild air aloft mixing with the cold surface air. In 1976-77 the prevailing storm track was depressed southwards, consequently dry arctic air dominated northern Ontario. In the immediate Great Lakes area the prevailing wind flow was from the northwest; however, the cyclonic circulation was so intense and displaced that southwesterly winds actually advected cold air into the lower Great Lakes. The cold arctic air picked up moisture from the Lakes, became saturated and deposited snow downstream. When the Great Lakes froze over in late winter most of the moisture source was cut off and very little precipitation occurred. In extreme southern Ontario the very cold air which prevailed prevented any precipitation in the form of rain. Overall total precipitation (water equivalent) was in fact, near normal for the winter.

Snow patterns are complex. 1952-53 is the lightest snow year on record at many stations in eastern and southern Ontario; in contrast the same year is the snowiest on record in northeastern Ontario. In conclusion, with a few exceptions, 1974-78 is a relatively ordinary period of snowfall.

In general, unusually cold winters and heavy snow years are not coincident in most of Ontario. Each has profound impact upon the socio-economic activities of Ontario. Considering potential global crises in fossil fuel energy supply, severely cold winters in the future will impose great hardship on the residents of the province.

On the other hand consider the effect of a particularly snowy winter

Le bassin des Grands Lacs se trouve sur une voie de migration pour les systèmes à basse pression. La plupart des chutes de neige au nord résultent du mélange d'air chaud et humide en altitude avec l'air froid en surface. En 1976-77, la trajectoire dominante des tempêtes ayant été défléchie vers le sud, l'air arctique sec dominait le nord de l'Ontario. Au voisinage immédiat des Grands Lacs, le courant de vent dominant venait du nord-ouest; cependant, la circulation cyclonique était si intense et si déplacée que les vents du sud-ouest amenaient en fait de l'air froid, par advection, vers les Grands Lacs inférieurs. L'air arctique froid absorbait de l'humidité à partir des lacs, devenait saturé et déposait de la neige en aval. Lorsque les Grands Lacs gelèrent à la fin de l'hiver, la plus grande partie de la source d'humidité fut supprimée et il y eut très peu de précipitation. Dans l'extrême sud ontarien l'air très froid empêchait toute précipitation sous la forme de pluie. La précipitation totale (équivalent en eau) fut en fait presque normale pour l'hiver.

Pour ce qui est des chutes de neige, la situation est assez complexe. 1952-53, l'année la moins neigeuse enregistrée par de nombreuses stations dans l'est et le sud de l'Ontario, est aussi l'année record de chutes de neige dans le nord-est de l'Ontario. En conclusion, avec quelques exceptions, 1974-78 est une période relativement ordinaire en ce qui concerne les chutes de neige.

En général, les hivers anormalement froids et les années à fortes chutes de neige ne coïncident pas dans la plupart de l'Ontario. Or, tous les deux facteurs ont un grand impact sur les activités socio-économiques de la province. Vu la possibilité d'une crise globale d'alimentation en combustible fossile, les hivers très froids, à l'avenir, seront très durs pour les habitants de l'Ontario.

D'un autre côté, considérons l'effet d'un hiver particulièrement neigeux sem-

similar to that which occurred in Illinois in 1977-78. During a four month period from November through February, 18 severe winter storms, predominantly not lake effect, struck the state. Record snow totals accumulated and ground snow cover was prolonged. The total cost to individuals and households was estimated at one billion dollars. Cost to industries, commercial establishments, communications, utilities, transportation systems, and to government entities aggregated to another billion dollars (Changnon, 1978). There were 62 fatalities and another 2000 were injured. Climatologically, it is entirely possible that a similar occurrence could happen in the industrial and heavily populated regions of Ontario.

2. The Effect of Extended Drought

The threat of severe drought probably captivates the attention of a weather sensitive society more quickly than any other climatological phenomena. Depending on its duration, and expanse and degree of intensity, its incidence has far reaching ramifications upon agriculture, forestry, production of hydro-electric power, marine transportation, and other activities dependent on adequate water or precipitation resources. It would be time wasting to attempt a rigorous definition of drought. Each user sector has different susceptibilities. Therefore, we will define drought as a prolonged period of dryness which produces a profound socio-economic impact.

Drought occurrences are omnipresent in varying frequency and intensity in our climatological history and there is no reason to believe that a severe lengthy drought won't occur again. Imagine the past scenario during the period from April to

blable à celui de 1977-78 en Illinois. Pendant une période de quatre mois, de novembre à février, 18 fortes tempêtes de neige, essentiellement sans effet de lac, frappèrent cet État. Les totaux de neige enregistrés établirent un record, tandis que la durée de la couverture nivale fut prolongée. Le coût total pour les individus et les ménages fut estimé à 1 milliard de dollars. Le coût subi par l'industrie, les établissement commerciaux, les communications, les services publics, les systèmes de transport et le gouvernement se chiffra à un autre milliard de dollars (Changnon, 1978). Il y eut 62 décès et 2000 blessés. Climatologiquement, il est fort possible qu'un événement semblable se produise dans les régions industrielles, très peuplées, de l'Ontario.

2. L'effet d'une sécheresse prolongée

La menace d'une forte sécheresse attire probablement l'attention d'une société sensible aux conditions météorologiques beaucoup plus rapidement que tout autre phénomène climatologique. Selon sa durée, son étendue et son intensité, un sécheresse peut avoir de vastes répercussions sur l'agriculture, la silviculture, la production d'énergie hydroélectrique, les transports maritimes et les autres activités dépendant de ressources en eau suffisantes. Ce serait un perte de temps que d'essayer de donner une définition rigoureuse d'une sécheresse. Chaque secteur utilisateur a différentes susceptibilités. Par conséquent, nous définirons la sécheresse comme un période prolongée de siccité ayant un profond impact socio-économique.

Notre histoire climatologique révèle d'innombrables sécheresses se produisant plus ou moins fréquemment, avec une force variable. Il n'y a aucune raison de penser qu'une sécheresse longue et sévère ne se reproduira plus. Rappelons la période d'avril à septembre 1881, où une séche-

September 1881 when a drought of immense proportions enclosed an area of approximately 3,880,000 square kilometres from central Texas in the southwest to Montreal in the northeast. An excerpt from the September 1881 issue of the U.S. Monthly Weather Review states "Canada, September 1881 - great fires raging in the vicinity of Kingston, Ottawa, Gravenhurst, Odessa, and Belleville on the 3rd. At Kingston, smoke very dense and business on the river almost at a standstill, boats being afraid to move".

a) Agriculture

The historical agricultural statistics are rife with the effect of drought of varying degree. The following descriptive accounts are not exhaustive but hopefully should give a clearer picture of drought frequency and effect.

1916 - After late seeding due to a cold wet spring, a summer drought hit grain and fodder corn crops. Grain corn yields were only 32.8 bu/acre compared to the 1912-21 average of 45.9 bu/acre; fodder corn 7.46 tons/acre (1912-21 average 10.16 tons/acre). White beans dropped to 9.7 bu/acre (1917-21 average 13.7 bu/acre).

1921 - Summer drought plus several storms reduced some grain yields, e.g. spring wheat 12.5 bu/acre (1912-21 average 22.3 bu/acre) and dry pastures and low cheese and butter prices caused heavy culling of cattle (hay and clover yielded 1.11 tons/acre compared to 1912-21 average of 1.41 tons/acre).

resse d'immenses proportions toucha une région d'environ 3 880 000 km², s'étendant du centre du Texas, au sud-ouest, jusqu'à Montréal, dans le nord-est. Un extrait du numéro de septembre 1881 du U.S. Monthly Weather Review précise: "Canada, septembre 1881 - de vastes incendies font rage dans le voisinage de Kingston, Ottawa, Gravenhurst, Odessa et Belleville le 3 septembre. A Kingston, la fumée est très dense et les activités sur la rivière sont presque arrêtées, les bateaux craignant de se déplacer".

a) Agriculture

Les statistiques de l'histoire agricole abondent d'information sur l'effet de la sécheresse. Les comptes rendus suivants, non limitatifs, ont pour but de donner un meilleur aperçu de la fréquence et de l'effet de la sécheresse.

1916 - Après un ensemencement tardif dû à un printemps froid et humide, une sécheresse d'été frappa les récoltes de grains et de maïs fourrager. Les rendements en maïs en grain ne furent que de 32,8 boisseaux/acre comparés à la moyenne de 1912-21 de 45,9 boisseaux/acre; pour le maïs de fourrage, 7,46 tonnes/acre (moyenne 1912-21: 10,16 tonnes/acre). Le rendement d'haricots blancs chuta à 9,7 boisseaux/acre (moyenne de 1917-21: 13,7 boisseaux/acre).

1921 - La sécheresse d'été, ainsi que plusieurs tempêtes, réduisirent certains rendements en grain, par exemple celui du blé de printemps à 12,5 boisseaux/acre (moyenne de 1912-21: 22,3 boisseaux/acre), tandis que les pâturages désséchés, alliés aux bas prix du fromage et du beurre entraînèrent une tri éliminatoire du bétail, sur une grande

However, the corn crop was excellent.

1933 - Hot and dry weather affected all crops and farmers had difficulty in watering stock.

1934 - Regional drought reduced provincial hay and clover yields to only 1.06 tons/acre.

1936 - Precipitation in May and July totalling only 50% of normal and severe heat stress reduced spring crop yields by 25%. Fodder corn yields were only 8.05 tons/acre (1932-41 average 9.46 tons/acre).

1949 - A hot dry summer produced poor hay crops (1.29 tons/acre; 1946-50 average 1.72 tons/acre), mixed grains (35.3 bu/acre; 1946-50 average 41.3 bu/acre), and oats (34.5 bu/acre; 1946-50 average 39.9 bu/acre).

1954-55

Local droughts had variable effect on several crop types. For example:

1954-oats 38.5 bu/acre
(1951-55 average 41.8 bu/acre)

fodder corn 9.1 tons/acre
(1951-55 average 10.0 tons/acre)

potatoes 134-75 lb bags/acre
(1951-55 average 147-75 lb bags/acre)

échelle (rendement de foin et de trèfle de 1,11 tonnes/acre comparés à une moyenne de 1,41 tonnes/acre en 1912-21). Cependant, la récolte de maïs fut excellente.

1933 - Le temps chaud et sec affecta toutes les récoltes et les fermiers eurent des difficultés à abreuver le bétail.

1934 - La sécheresse régionale réduisit les rendements provinciaux de foin et trèfle à seulement 1,06 tonnes/acre.

1936 - Des précipitations en mai et juillet, totalisant seulement 50% de la normale, et de sévères contraintes thermiques réduisirent les récoltes de printemps de 25%. Les rendements de maïs de fourrage furent seulement de 8,05 tonnes/acre (moyenne de 1932-41, 9,46 tonnes/acre).

1949 - Un été sec et chaud donna de mauvaises récoltes de foin (1,29 tonnes/acre; moyenne de 1946-50, 1,72 tonnes/acre), de grains mélangés (35,3 boisseaux/acre; moyenne de 1946-50, 41,3 boisseaux/acre), et d'avoine (34,5 boisseaux/acre; moyenne de 1946-50, 39,9 boisseaux/acre).

1954-55

Des sécheresses locales eurent divers effets sur différents types de récoltes. Par exemple:

1954-avoine 38,5 boisseaux/acre
(moyenne 1951-55: 41,8 boisseaux/acre)

maïs de fourrage 9,1 tonnes/acre
(moyenne 1951-55: 10,0 tonnes/acre)

pommes de terre 134 sacs de 75 lbs/acre
(moyenne 1951-55: 147 sacs de 75 lbs/acre)

1955-spring wheat 19.9 bu/acre
(1951-55 average 24.9 bu/acre)

fodder corn 9.3 tons/acre

Furthermore, white bean yields were approximately 2 cwt/acre below average in 1954, 1955.

1963 - A severe summer drought in southern Ontario (the probability of receiving less summer precipitation was only 25% or less at many localities) drastically reduced provincial soybean and grain corn crop production.

soybeans 21.9 bu/acre;
1961-65 average 28.8 bu/acre

grain corn 65.7 bu/acre;
1961-65 average 76.0 bu/acre

However, most other crops fared well.

1973 - A very warm summer of near record proportions and local drought impacted heavily on potato and apple production.

potatoes 207-75 lb bags/acre;
1966-70 average 254-75 lb bags/acre

apples provincial production 205×10^6 lbs compared to 292.3×10^6 lbs 1968-72 average.

Corn yield was good but there were some instances of reduced corn moisture.

1975 - A midsummer drought in eastern Ontario caused heavy crop losses.

1978 - A summer drought, similar to 1963, encompassed most of the southern, western, and portions

1955-blé de printemps 19,9 boisseaux/acre)
(moyenne 1951-55: 24,9 boisseaux/acre)

maïs de fourrage 9,3 tonnes/acre

De plus, les rendements en haricots blancs furent inférieures d'environ 200 lb/acre à la moyenne en 1954 et en 1955.

1963 - Une forte sécheresse d'été dans le sud de l'Ontario (la probabilité de recevoir moins de précipitation d'été était seulement de 25% ou moins dans de nombreuses localités) réduisit de façon dramatique les récoltes de soya et de maïs en grains.

soy 21,9 boisseaux/acre;
moyenne 1961-65 = 28,8 boisseaux/acre

maïs en grains 65,7 boisseaux/acre;
moyenne 1961-65 = 76,0 boisseaux/acre

Cependant, la plupart des autres récoltes furent bonnes.

1973 - Un été très chaud atteignant presque des records et une sécheresse locale eurent un impact important sur la production de pommes de terre et de pommes.

pommes de terre, 207 sacs de 75 lbs/acre; moyenne de 1966-70, 254 sacs de 75 lbs/acre

production provinciale de pommes 205×10^6 lbs, comparée à la moyenne 1968-72 de $292,3 \times 10^6$ lbs.

Le rendement en maïs fut bon, mais dans certains cas l'humidité du maïs a été réduite.

1975 - Une sécheresse au milieu de l'été dans l'est de l'Ontario entraîna d'importantes pertes se récoltes.

1978 - Une sécheresse d'été, semblable à celle de 1963, frappa la plupart du sud, de l'ouest, et des

of the central Ontario agricultural districts. For example, the chance of receiving less than the total summer precipitation measured at London was only 6.3%. Despite a good provincial average, grain corn yields were 10 to 15 bushels below average in southern Ontario.

However, the 1974 agricultural season strikingly reveals how agriculture is extremely susceptible to a combination or sequence of adverse climatic or weather events.

That particular crop year was the worst on record since the inception of crop insurance in 1966/67. First of all, there was a delay in spring planting due to excessive rains. Then a dry cool summer ensued. Hail storms damaged fruit and tobacco crops in southwestern Ontario. The final blow was a killing frost on September 23, towards the end of the growing season, which destroyed a substantial amount of corn, tomatoes, soybeans and tobacco in southern Ontario. Early season crops generally fared well but grain corn production was only 70 bu/acre compared to the 1971-75 average of 81 bu/acre. Crop insurance claims for corn losses totalled approximately \$6,170,000; for spring grains \$1,080,000, tobacco \$930,000. Sweet cherry production was 28% below 1973 levels due to poor pollination.

Despite the contributions technology has made to vastly improving yields there still exists the climatic risk factor.

b) Forestry

As stated earlier, present weather conditions do not alone determine the incidence and severity of

parties des districts agricoles du centre de l'Ontario. Par exemple, la chance de recevoir moins que la précipitation totale d'été mesurée à London n'était que de 6,3%. En dépit d'une bonne moyenne provinciale, les rendements de maïs en grains furent inférieures de 10 à 15 boisseaux à la moyenne dans le sud de l'Ontario.

Cependant, la saison agricole de 1974 révèle de façon frappante combien l'agriculture est susceptible à une combinaison ou suite d'événements climatiques ou météorologiques défavorables.

La récolte de 1974 fut la plus mauvaise enregistrée depuis la création des assurances-récolte en 1966/67. D'abord, la plantation fut retardée, au printemps, par des pluies excessives. Puis il y eut un été froid et sec. Des orages de grêle endommagèrent les récoltes de fruits et de tabac dans le sud-ouest ontarien. Le coup de grâce fut un gel meurtrier le 23 septembre, vers la fin de la saison de croissance; il détruisit une quantité substantielle de maïs, de tomates, de soya et de tabac dans le sud de l'Ontario. Les récoltes en début de saison donnèrent généralement bien, mais la production de maïs en grain ne fut que de 70 boisseaux/acre, comparé à la moyenne 1971-75 de 81 boisseaux/acre. Les réclamations d'assurance pour les pertes de maïs totalisèrent environ \$6 170 000; pour les grains de printemps, \$1 080 000, et \$930 000 pour le tabac. La production de cerises fut de 28% inférieure au niveau de 1973 par suite d'une mauvaise pollinisation.

En dépit des apports de la technologie, qui a grandement amélioré les rendements, le facteur de risque climatique existe toujours.

b) Silviculture

Répétons-le: les conditions météorologiques actuelles ne permettent pas, à elles seules, de déterminer l'incidence

forest fire activity. The potential for such activity to exist is highly dependent upon the degree of past and/or present accumulated precipitation deficiencies.

A rather complete study of meteorological conditions associated with significant Ontario forest fire outbreaks was completed by AES' Ontario Region Scientific Service Unit in 1977 (Lawford, 1977). Adopting from this study we will briefly review outstanding forest fire seasons for which we have readily available climatological statistics. Precipitation totals are categorized by season. The number in brackets indicates the percent probability of receiving less precipitation than that which actually fell during the season.

i) 1916 - Forest fires in the Matheson area largely destroyed Kelso, Val Gagne, Porquis Junction, Iroquois Falls. The 224 lives lost made this the worst fatality producing fire ever recorded in Canada.

<u>Station</u>	<u>Fall/automne</u> 1915	<u>Snowfall/Chute de neige</u> 1915-16	<u>Spring/printemps</u> 1916	<u>Summer/été</u> 1916
Iroquois Falls	305.1 mm (90.6)	335.1 cm (92.3)	126.8 mm (21.9)	172.2 mm (10.9)

ii) 1938 - Fort Frances fires caused the death of 17 people and burned almost 40,500 hectares.

<u>Station</u>	<u>Fall/automne</u> 1937	<u>Snowfall/Chute de neige</u> 1937-38	<u>Spring/printemps</u> 1938	<u>Summer/été</u> 1938
Fort Frances	126.2 mm (21.0)	115.8 cm (23.8)	253.8 mm (93.5)	172.0 mm (6.5)

iii) 1948 - Two large fires broke out in late May in the Mississagi Forest to the northeast of Sault Ste. Marie. Provincial total burnt was 411,737 hectares.

<u>Station</u>	<u>Fall/automne</u> 1947	<u>Snowfall/Chute de neige</u> 1947-48	<u>Spring/printemps</u> 1948	<u>Summer/été</u> 1948
Sault Ste. Marie (U.S.A./E.U.)	163.4 mm (12.2)	242.4 cm (52.0)	162.9 mm (41.1)	157.5 mm (13.3)

et la sévérité des incendies de forêt. Ce qui prédispose les forêts à l'incendie, c'est la pénurie de précipitation.

Une étude assez complète des conditions météorologiques associées à l'éruption des grands incendies de forêt en Ontario a été effectuée par la Sous-section des services scientifiques de la région ontarienne du SEA, en 1977 (Lawford, 1977). A partir de cette analyse, nous étudierons brièvement les saisons d'incendies de forêt notables pour lesquelles nous avons des statistiques climatologiques. Les précipitations totales sont classées par saison. Le chiffre entre parenthèses indique la probabilité, en pourcentage, de recevoir moins de précipitations que celles qui sont réellement tombées durant la saison.

i) 1916 - Feux de forêt dans la région de Matheson ayant largement détruit Kelso, Val Gagne, Porquis Junction, Iroquois Falls. Les 224 pertes de vies humaines ont fait de cet incendie le plus terrible jamais enregistré au Canada.

ii) 1938 - Les incendies de Fort Frances causèrent la mort de 17 personnes et brûlèrent presque 40 500 hectares.

iii) 1948 - Deux incendies importants se déclarèrent fin mai dans la forêt de Mississagi au nord-est de Sault-Sainte-Marie. Le total d'hectares brûlés dans la province fut de 411 737.

iv) 1955 - Large fires occurred in Cochrane and Kapuskasing Districts. Provincial total burnt was 160,433 hectares and damage was estimated at \$3,591,680.

iv) 1955 - D'importants incendies se déclarèrent dans les districts de Cochrane et Kapuskasing. Le total d'hectares brûlés dans la province fut de 160 433 et les dégâts furent estimés à \$3 591 680.

<u>Station</u>	<u>Fall/automne</u> <u>1954</u>	<u>Snowfall/Chute de neige</u> <u>1954-55</u>	<u>Spring/printemps</u> <u>1955</u>	<u>Summer/été</u> <u>1955</u>
Iroquois Falls	264.2 mm (67.2)	236.5 cm (35.4)	125.8 mm (20.3)	116.9 mm (3.1)
Kapuskasing CDA	324.2 mm (93.4)	323.3 cm (83.6)	201.4 mm (85.0)	159.6 mm (9.8)

v) 1961 - Losses of over 405,000 hectares of timber in the Sioux Lookout District during June, predominantly due to lightning strikes. Provincially, 479,459 hectares were burnt with fire losses totalling \$31,989,802.

v) 1961 - Perte de plus de 405 000 hectares de bois dans le district Sioux Lookout en juin, essentiellement à la suite de coups de foudre. Provincialement, 479 459 hectares furent brûlés avec des dégâts d'incendie totalisant \$31 989 802.

<u>Station</u>	<u>Fall/automne</u> <u>1960</u>	<u>Snowfall/Chute de neige</u> <u>1960-61</u>	<u>Spring/printemps</u> <u>1961</u>
Sioux Lookout	141.7 mm (18.4)	199.1 cm (28.6)	134.2 mm (43.8)

From 1962 to 1973 Ontario forests went through a benign period where minimal fire activity took place. However, in 1974, 1976, 1977 and 1980 severe forest fires broke out across the north lands, causing considerable damage to timber starts, private property and resulting in mounting fire suppression costs.

De 1962 à 1973, les forêts de l'Ontario traversèrent une période où il y eut relativement peu d'incendies. Cependant, en 1974, 1976, 1977 et 1980 d'importants feux de forêt se déclarèrent dans le nord de la province, causant des dégâts considérables au bois et à la propriété privée et entraînant l'escalade des coûts de la lutte contre l'incendie.

vi) 1974 - Extensive forest fire damage beset the Red Lake - Dryden Districts, predominantly in July. Area burnt totalled 524,000 hectares; damage was \$12,063,428; fire suppression costs were \$5,000,000. May to July precipitation was less than 50% of the 1941-70 normal with two weeks of exceptionally dry weather in late June. The surface burn character of the fire is supported by seasonal precipitation data prior to forest fire activily.

vi) 1974 - D'importants dégâts d'incendie dans les districts de Red Lake et Dryden, surtout en juillet. La surface brûlée totalisa 524 000 hectares; les dégâts furent de \$12 063 428; les coûts de la lutte contre les incendies, de \$5 000 000. La précipitation de mai à juillet fut inférieure de 50% à la normale de 1941-70, avec deux semaines de temps exceptionnellement sec fin juin. Le caractère de brûlure en surface de l'incendie est confirmé par les données de précipitations saisonnières antérieures au feu de forêt.

<u>Station</u>	<u>Fall/automne</u> <u>1973</u>	<u>Snowfall/Chute de</u> <u>neige 1973-74</u>	<u>Spring/printemps</u> <u>1974</u>
Dryden	224.3 mm (77.4)	172.1 cm (50.9)	357.6 mm (80.8)

vii) 1976 - 544,126 hectares were destroyed in the Ignace, Red Lake, Sioux Lookout, Geraldton Districts, by deep burning fires predominantly during May 24 - June 14 and August 15 - August 30 periods. Damages totalled \$28,839,738. In addition to basic provincial budget allocations, \$21,500,000 in extra fire fighting funds were expended. Wood, mining and tourist industries were seriously disrupted due to travel restrictions and forest closures.

vii) 1976 - 544 126 hectares furent détruits dans les districts de Ignace, Red Lake, Sioux Lookout et Geraldton par des incendies en profondeur, surtout pendant les périodes du 24 mai-14 juin et 15 août-30 août. Les dégâts totalisèrent \$28 839 738. En plus des allocations budgétaires provinciales de base, \$21 500 000 supplémentaires furent dépensés dans la lutte contre les incendies. Les industries du bois, minières et touristique furent sérieusement touchées par suite des restrictions de circulation et de la fermeture de certaines forêts.

<u>Station</u>	<u>Fall/automne</u> <u>1975</u>	<u>Snowfall/Chute de</u> <u>neige 1975-76</u>	<u>Spring/printemps</u> <u>1976</u>	<u>Summer/été</u> <u>1976</u>
Sioux Lookout	158.1 mm (26.5)	188.2 cm (22.4)	114.6 mm (27.1)	187.9 mm (16.7)
Kenora	112.0 mm (23.8)	152.2 cm (23.8)	75.7 mm (8.1)	197.8 mm (27.0)

viii) 1977 - Forest fires in the Red Lake - Sioux Lookout - Geraldton Districts destroyed 416,331 hectares. Damage was estimated at \$11,190,000. The fire activity was generally finished by the end of May due to heavy rains.

viii) 1977 - Les feux de forêts dans les districts de Red Lake, Sioux Lookout et Geraldton détruisirent 416 331 hectares. Les dégâts furent estimés à \$11 190 000. Les incendies prirent généralement fin à la fin mai à cause de fortes pluies.

<u>Station</u>	<u>Fall/automne</u> <u>1976</u>	<u>Snowfall/Chute de</u> <u>neige 1975-76</u>	<u>Spring/printemps</u> <u>1976</u>
Sioux Lookout	129.7 mm (8.2)	200.1 cm (30.6)	152.8 mm (62.5)*note May rain. noter la pluie en mai.

ix) 1980 - Total of 1778 forest fires destroying 560,323 hectares of which 1623 fires destroyed 557,453 hectares prior to July 31. This was the worst fire year on record not only in Ontario but for Canada as a whole (8,973 fires burnt 4,823,488 hectares). In the Red Lake District, 5400 people were evacuated as forest fires threatened their communities; this was the largest air

ix) 1980 - 1778 feux de forêts ont brûlé 560 323 hectares desquels 557 453 hectares furent brûlés par 1 623 feux avant de 31 juillet. Cette année fut la pire pour les feux de forêts non seulement en Ontario mais pour tout le Canada (8 973 feux ont détruit 4 823 488 hectares). Dans la région de Red Lake, 5 400 personnes ont été évacuées quand les feux ont menacé leurs communautés; ce fut la plus grosse évacuation effectuée en

evacuation in the history of the province. In addition to basic provincial budget allocation, \$35,000,000 were expended in extra fire suppression costs.

Station	Fall/automne	Snowfall/Chute de neige 1979-80	Spring/printemps
	1979	1980	1980
Kenora	156.4 mm (52.4)	148.9 cm (22.2)	57.5 mm (3.2)
Dryden	209.1 mm (66.0)	115.3 cm (11.3)	54.5 mm (new record low)
Sioux Lookout	205.8 mm (52.0)	188.4 cm (22.4)	57.4 mm (new record low)

c) Water Resources

To a great extent, the availability of adequate water supplies from large water bodies, rivers and streams, groundwater sources, determines the degree of success of activities in agriculture, forestry, recreation, marine navigation, production of hydro-electric power and allows municipalities to function without restraints, e.g. water restrictions. Prolonged drought correlates highly with inadequate water availability, although depending on the size of the water body, there may be some lag between cause and effect.

Three extensive drought periods, 1925-26, 1933-36, and 1963-65 can be identified from a Great Lakes Water Level archive which began in the 1860s.

The resultant effects were far reaching and consequential.

In 1934 several communities on Lake Huron were compelled to extend water works farther into the lake because of a marked recession of the shoreline. Sewer outlets were left high and dry. Great Lakes shipping vessels had to lighten cargoes because of channel travel restrictions (Bull. Amer. Meteor. Soc., 1934).

Ontario par moyen aérien. On dépensa \$35 000 000 de plus que ce que le budget alloue normalement pour combattre les feux de forêts.

c) Ressources en eau

Jusqu'à un certain point, la disponibilité de réserves en eau suffisantes provenant d'importants plans d'eau, de grandes rivières, cours d'eau et sources souterraines détermine le degré de succès des activités en agriculture, silviculture, loisirs, navigation, production d'énergie hydroélectrique, et permet aux municipalités de fonctionner sans contraintes telles que les restrictions d'eau. Il y a une forte corrélation entre une sécheresse prolongée et le manque d'eau, bien que, selon la grandeur du plan d'eau, il puisse y avoir un certain décalage entre la cause et l'effet.

Les relevés des niveaux d'eau des Grands Lacs qui commencèrent dans les années 1860 permettent de mettre en évidence trois périodes de sécheresse prolongée: 1925-26, 1933-36 et 1963-67.

Leurs répercussions eurent d'importantes conséquences.

En 1934, plusieurs communautés sur le lac Huron furent obligées de prolonger leurs prises d'adduction et de distribution d'eau plus loin dans le lac à cause d'une récession marquée de la rive. Les sorties d'égout furent laissées découvertes, loin de l'eau. Les navires de transport des Grands Lacs durent alléger leur cargo à cause des restrictions de circulation sur les canaux (Bull. Amer. Meteor. Soc., 1934).

The lowering of water levels affects both the volume and unit cost of cargo movements (Great Lakes Basin Commission, 1975). A water level deficiency of 2.54 cm means ships must reduce their loads up to 90 tonnes on most freighters and 180 plus tonnes on ships 244 to 305 metres in length. In 1964 vessels carrying grain and iron ore from Lake Superior to the lower Great Lakes were 725 to 1360 tonnes below capacity in order to clear the bottom in the St. Clair River connecting Lakes Huron and Erie. Insufficient water depths in the Sault Canal between Lakes Superior and Huron caused further inconveniences. Navigation through locks became more congested because depths in some of the more shallow locks were not sufficient to handle the usual traffic, resulting in added operating costs from frequent delays.

The combined carrying loss due to low lake levels for the Lake Carriers Association and Canadian bulk fleets for the 1964 season was estimated at:

Iron ore/Minerai de fer	-
coal/charbon	-
grain/grain	-
limestone/calcaire	-
total/total	-

In addition, Collingwood shipyards on Georgian Bay had difficulty in launching ships in 1964. If water levels receded further the jobs of 1000 men could have been affected (Mariners Weather Log, 1964).

The Recreation and Tourism industry suffered as many resort docks were left high and dry, local channels were inaccessible that year, and the aesthetic quality of beaches were diminished by rotting vegetation.

L'abaissement des niveaux d'eau affecte le volume et le coût unitaire des mouvements de marchandises (Commission des bassins des Grands Lacs, 1975). Une insuffisance de 2,54 cm du niveau d'eau signifie que les navires doivent réduire leur charge de jusqu'à 90 tonnes sur la plupart des cargos et de 180 tonnes sur les navires d'une longueur de 244 à 305 mètres. En 1964, des navires transportant du grain et du minerai de fer du Lac Supérieur vers les Grands Lacs inférieurs transportaient de 725 à 1360 tonnes de moins que leur capacité afin de ne pas s'échouer dans la rivière St-Clair reliant les lacs Huron et Érié. Une profondeur d'eau insuffisante dans le canal Sault entre les lacs Supérieur et Huron aggravait encore la situation. Le passage à travers les écluses se faisait plus lentement, car la profondeur d'eau dans certaines écluses moins profondes n'était pas suffisante pour le trafic habituel, entraînant des frais d'exploitation supplémentaires dus aux fréquents retards.

Les pertes de transport combinées, dues au faible niveau des lacs, pour la flotte de transport en vrac canadienne et celle de l'Association des transporteurs des lacs pendant la saison de 1964 furent estimées à:

- 4.2×10^6 tonnes
- 1.1×10^6 tonnes
- 2.1×10^6 tonnes
- 1.2×10^6 tonnes
- 8.6×10^6 tonnes

De plus, les chantiers navals de Collingwood sur la Baie Georgienne eurent des difficultés à lancer des navires en 1964. Si les niveaux d'eau avaient baissé un peu plus, l'emploi de 1000 hommes aurait pu être affecté (Mariners Weather Log, 1964).

L'industrie des loisirs et du tourisme souffrit car de nombreux docks de plaisance se retrouvèrent à sec, les canaux locaux restèrent inaccessible et la végétation en décomposition défigura les plages.

Pollution problems were aggravated, the decay of sub-structures was accelerated, dredging activities were increased, all by low water levels. The Great Lakes Basin Commission reported that the low water levels of 1964-65 caused significant problems to water intakes, sewage outfalls of municipalities along the Great Lakes shoreline.

The International Great Lakes Levels Board (1973) reported to the International Joint Commission that extreme low water levels could damage productive marshlands and threaten fish spawning areas.

Hydro-electric power generation on the Niagara and St. Lawrence River Systems was significantly reduced by low water flow rates from 1963 to 1965.

In 1964, the Niagara system generated only 8,776,041 megawatt hours (MWh) or 73.8% of the 1960-78 average when the mean flow rate dropped to 4,588 cubic metres per second (cms) or 78.7% of the 1950-75 mean flow. It must be kept in mind that the generation reduction also reflects an international agreement which allots a first priority to the flow rate over Niagara Falls. Thus, tourism requirements accentuated the impact of a low water period on hydro-electric power generation.

Downstream at the Saunders (Cornwall) plant, generation decreased to 5,313,165 MWH or 81.7% of the 1960-78 average when the mean flow rate fell to 5,607 cms (81% of the 1959-75 average).

Our dependency on hydro-electric power has diminished considerably since the early 1960s. Hydro-electric sources provided 80.04% of electric energy in 1961; in 1971, the total dropped to 48.25% and today it is

A cause des bas niveaux d'eau, les problèmes de pollution devinrent plus sérieux, le délabrement des structures s'accéléra et il fallut augmenter les activités de dragage. Selon la Commission du bassin des Grands Lacs, les faibles niveaux d'eau de 1964-65 ont causé des problèmes sérieux aux prises d'eau et aux bouches d'égout des municipalités, le long de la rive des Grands Lacs.

La Commission internationale des niveaux des Grands Lacs (1973) fit savoir à la Commission mixte internationale que de faibles niveaux d'eau pouvaient endommager les terrains marécageux productifs et menacer les zones de frai des poissons.

La production d'énergie hydroélectrique sur la rivière Niagara et sur le St-Laurent fut énormément réduite par les faibles débits d'écoulement d'eau de 1963 à 1965.

En 1964, le système de la Niagara ne produisit que 8 776 041 mégawatt-heures (MWh) soit 73,8% de la moyenne 1960-78, alors que le débit moyen tombait à 4 588 mètres cubes par seconde (mcs), soit 78,7% du débit moyen de 1950-75. Il ne faut pas perdre de vue que la réduction de production reflète aussi un accord international qui accorde la première priorité au débit des chutes Niagara. Par conséquent, les exigences touristiques accentuèrent l'impact de cette période de bas niveaux d'eau sur la production d'énergie hydroélectrique.

En aval, à la centrale de Saunders (Cornwall), la production tomba à 5 313 165 MWh, soit 81,7% de la moyenne 1960-78, alors que le taux de débit moyen était de 5 607 mcs (81% de la moyenne 1959-75).

Notre dépendance de l'énergie hydroélectrique a considérablement diminué depuis le début des années 60. Les centrales hydroélectriques fournissaient 80,04% de l'énergie électrique en 1961. En 1971, le total avait passé à 48,25%, tandis

close to 27% and still decreasing as alternate sources are developed. In 1961, fossil and nuclear generation accounted for less than 2% of total power generation. Today, fossil and nuclear fuels provide 52% and 18.5%, respectively, of the electric energy in Ontario⁶.

Although the percentage contribution of hydro generated power is decreasing, the low cost, renewability and environmentally clean aspects of the source will maintain it as a valuable commodity.

Today, over 35 million MWh are obtained from hydro generation in Ontario compared to only 26 million MWh in 1963. Ontario Hydro has enough generation capacity to compensate for a similar reduction but only through the use of costlier and non-renewable sources which are environmentally controversial.

An excerpt from the article 'Low Great Lakes Water Level Affect Shipping' (Mariners Weather Log, 1964) states "Low water levels on the Great Lakes this year could cost U.S. lake shipping companies 13 million dollars in iron ore trade alone. Adding the losses sustained by Canadian vessels and by other carriers of grain, coal, petroleum products, limestone, and other general cargo plus losses suffered by fishing, recreation and hydro-electric power interests, the estimated figures may run well above 100 million dollars for this year alone". (Rate: 100 million 1964 dollars equates to 266 million 1980 dollars).

qu'aujourd'hui il est proche de 27% et toujours en baisse, à mesure que l'on développe d'autres sources. En 1961, la production d'électricité à partir de combustibles fossiles et nucléaires comptait pour moins de 2% du total. Aujourd'hui, les carburants fossiles et nucléaires fournissent respectivement 52% et 18,5% de l'énergie électrique en Ontario⁶.

Bien que la proportion de l'énergie hydroélectrique soit en diminution, son faible coût, sa renouvelabilité et sa propreté écologique en feront toujours une source d'énergie de valeur.

Aujourd'hui, l'hydroélectricité fournit plus de 35 millions de MWh en Ontario par rapport à seulement 26 millions de MWh en 1963. Hydro-Ontario a une capacité de production suffisante pour compenser une réduction semblable, mais uniquement par l'utilisation de sources plus coûteuses et non renouvelables, qui présentent un problème environnemental.

D'après un extrait de l'article intitulé "Les faibles niveaux d'eau des Grands Lacs affectent la navigation" (Mariners Weather Log, 1964), "les faibles niveaux d'eau des Grands Lacs cette année pourraient coûter aux compagnies maritimes américaines 13 millions de dollars rien que pour le commerce du minerai de fer. Si l'on ajoute les pertes subies par les navires canadiens et par d'autres transporteurs de grain, charbon, produits pétroliers, calcaire et autres marchandises générales, plus les pertes qu'ont essuyées les industries de la pêche, des loisirs et de l'hydroélectricité, les chiffres estimatifs peuvent largement dépasser 100 millions de dollars rien que pour cette année". (Taux: 100 millions de dollars 1964 équivalent à 266 millions de dollars 1980).

6 Energy statistics courtesy of Ontario Hydro.

6 Données sur l'énergie fournies par Hydro-Ontario.

Interests dependent on ground-water and small water body sources were also affected.

In 1963, agriculture in southwestern Ontario was similarly afflicted by the drying up of wells. "Tank cars and trucks were used extensively to supply water for domestic and livestock use". (McMullen and Sporns, 1964).

During 1961-66 a drought of major proportions struck the U.S. northeast. In the report 'Living With Climatic Change' (Science Council of Canada, 1976) it is stated "some cities in the northeast were without sufficient storage reservoir capacity and had to bring water by truck. This was in sharp contrast to those cities (e.g. Baltimore) which had planned for adequate reservoir capacity to smooth out the fluctuations in water supply during extreme drought periods and, consequently, were not inconvenienced during this period".

3. Excessive Moisture

The mere mention of the word 'drought' is enough to capture the attention of the general public; however, less appreciated is the fact that a prolonged period of abundant precipitation can also have significant impact, some positive and some negative.

In the Ontario Region excessive moisture occurs with a frequency similar to drought or extended dry conditions; in other words, the precipitation probability distribution curve displays very little skewness on time scales of a season or longer. Of course, some sub-periods are wetter or drier than others.

Abundant precipitation is not adverse to all climate sensitive

Les usagers des ressources d'eau souterraines et des petits plans d'eau furent également affectés.

En 1963, l'agriculture dans le sud-ouest de l'Ontario a été affectée par l'assèchement des puits. "Des wagons et des camions-citernes furent largement utilisés pour la distribution d'eau à usage domestique et pour le bétail". (McMullen et Sporns, 1964).

Pendant la période 1961-66, une sécheresse très forte frappa le nord-est des États-Unis. Dans la rapport "Vivre avec les changements climatiques" (Conseil canadien des sciences, 1976) on précise: "Certaines villes dans le nord-est, n'ayant pas de réservoir d'une capacité suffisante, durent faire venir l'eau par camion, à l'encontre des villes comme Baltimore, qui avaient prévu des réservoirs suffisamment grands pour pallier aux fluctuations de la distribution d'eau lors des périodes de sécheresse extrême".

3. Humidité Excessive

La simple mention du mot "sécheresse" suffit pour attirer l'attention du grand public; cependant, une période prolongée de précipitation abondante peut, elle aussi, avoir des répercussions considérables, qui peuvent être soit positives soit négatives.

En Ontario, on retrouve l'humidité excessive à peu près aussi souvent que la sécheresse ou les conditions prolongées de temps sec; autrement dit, la courbe de distribution de probabilité de précipitation présente très peu de dissymétrie à l'échelle d'une saison ou d'une période plus longue. Naturellement, certaines sous-périodes sont plus humides ou plus sèches que d'autres.

La précipitation abondante n'est pas préjudiciable à toutes les activités sen-

activities. For example, during periods of moisture surplus the incidence of forest fires is low. Winter recreation and peripheral industries thrive (see winter scenario). Even in agriculture, dependent on timing, some crops may flourish, e.g. hay. However, for the most part, excessive moisture during the spring or fall seasons may spell the ruin of many agricultural activities. Above normal precipitation may also equate to flooding of lowlands and attendant communities, shoreline erosion and property damage. It can also determine whether or not traditional regional vacation areas such as Georgian Bay have a successful year in terms of accrued revenues. Although there are no statistics to support it, a cool wet summer or a successive occurrence of the alike obviously must have some effect.

a) Agriculture

There are many examples from past agricultural seasons which clearly illustrate that abundant precipitation is not always conducive to successful production.

1916 - A cold wet spring which delayed or curtailed seeding was subsequently followed by a summer drought. Grain corn production was only 32.8 bu/acre (1912-21 average 45.9 bu/acre). Similarly fodder corn yields were 7.46 tons/acre (1912-21 average 10.16 tons/acre). On the other hand, hay and clover thrived.

1927 - A cool wet summer had a similar detrimental effect on grain and fodder corn production.

1933 - A very wet September followed by an exceptionally cold winter proved disastrous to winter wheat production.

sibles au climat. Par exemple, lors des périodes de surplus d'humidité, l'incidence des feux de forêt est faible. Les loisirs d'hiver et les industries connexes prospèrent (voir scénario d'hiver). Même en agriculture, selon le moment où se produit la précipitation, certaines récoltes peuvent s'en trouver favorisées (foin, par exemple). Cependant, pour la plupart, l'humidité excessive lors du printemps ou en automne peut entraîner la ruine de nombreuses activités agricoles. Des précipitations au-dessus de la normale peuvent également entraîner l'inondation des terres basses et des communautés attenantes, l'érosion de la rive et des dégâts matériels. La précipitation peut également déterminer si les centres de villégiature régionaux traditionnels tels que la Baie Georgienne auront une année profitable sur le plan des revenus. Bien qu'il n'y ait aucune statistique pour étayer ce fait, un ou plusieurs étés humides et froids auront, de toute évidence, un certain effet.

a) Agriculture

De nombreux exemples de saisons agricoles passées illustrent clairement qu'une précipitation abondante ne veut pas toujours dire bonne production.

1916 - Un printemps froid et humide qui retarda ou coupa courts l'ensemencement fut suivi par une sécheresse d'été. La production de maïs en grain ne fut que de 32,8 boisseaux/acre (moyenne 1912-21: 45,9 boisseaux/acre). De même, les rendements de maïs fourrager furent de 7,46 tonnes/acres (moyenne 1912-21; 10,16 tonnes/acre). Par contre, la récolte de foin et de trèfle fut excellente.

1927 - Un été humide et froid eut un effet défavorable du même genre sur la production de maïs en grain et fourrager.

1933 - Un mois de septembre très humide, suivi d'un hiver exceptionnellement froid, s'avéra désastreux pour la production de blé d'hiver.

harvested acreage	425,594
1932-41 average acreage	612,200 acres
yield	15.8 bu/acre
1932-41 yield	25.9 bu/acre

Excessive moisture during the 1942, 1943, 1945, 1947 agricultural years had similar effect.

1943 - A cool wet April followed by a cool wet growing season substantially lowered production in many major crops.

grain corn	36.5 bu/acre
1941-45 average	45.8 bu/acre
oats	23.8 bu/acre
1941-45 average	35.3 bu/acre
mixed grains	22.8 bu/acre
1941-45 average	35.8 bu/acre
flue cured tobacco	983 lbs/acre
1946-50 average	1162 lbs/acre

1945 - The incidence of a cold wet spring and a very wet September affected not only 1945 crop production but also the 1946 winter wheat crop.

tobacco yield	982 lbs/acre
1946-50 average	1162 lbs/acre
fodder corn	7.7 tons/acre
1941-45 average	9.6 tons/acre
dry beans	7.8 cwt/acre
1941-45 average	9.6 cwt/acre
1946 winter wheat acreage	484,000
1946-50 average	649,000 acres

1947 - Agricultural production was diminished by a very wet summer.

grain corn	38.8 bu/acre
1946-50 average	47.2 bu/acre
fodder corn	8.5 tons/acre
1946-50 average	9.7 tons/acre
oats	32.2 bu/acre
1946-50 average	39.9 bu/acre

surface cultivée	425 594 acres
surface moyenne	1932-41 612 200 acres
rendement	15,8 boisseaux/acre
1932-41 rendement	25,9 boisseaux/acre

L'humidité excessive durant les années agricoles 1942, 1943, 1945 et 1947 eut un effet similaire.

1943 - Un mois d'avril humide et froid suivi par une période végétative humide et froide réduisit considérablement la production de nombreuses récoltes importantes.

maïs en grain	36,5 boisseaux/acre
moyenne 1941-45	45,8 boisseaux/acre
avoine	23,8 boisseaux/acre
moyenne 1941-45	35,3 boisseaux/acre
grains mélangés	22,8 boisseaux/acre
moyenne 1941-45	35,8 boisseaux/acre
tabac séché	983 lbs/acre
moyenne 1946-50	1162 lbs/acre

1945 - L'incidence d'un printemps humide et froid et d'un mois de septembre très humide affectèrent non seulement la production de 1945 mais également la récolte de blé d'hiver de 1946.

rendement de tabac	982 lbs/acre
moyenne 1946-50	1162 lbs/acre
maïs fourrager	7,7 tonnes/acre
moyenne 1941-45	9,6 tonnes/acre
haricots secs	7800 lbs/acre
moyenne 1941-45	9600 lbs/acre
blé d'hiver en 1946,	484 000 acres
moyenne 1946-50	649 000 acres

1947 - La production agricole fut réduite par un été très humide.

maïs en grains	38,8 boisseaux/acre
moyenne 1946-50	47,2 boisseaux/acre
maïs fourrager	8,5 tonnes/acre
moyenne 1946-50	9,7 tonnes/acre
avoine	32,2 boisseaux/acre
moyenne 1946-50	39,9 boisseaux/acre

winter wheat	24.9 bu/acre
1946-50 average	29.7 bu/acre
tobacco	848 lbs/acre
1946-50 average	1162 lbs/acre

On the other hand hay and clover production was excellent.

Excessive moisture was characteristic of the 1967-1977 period.

1967 - High spring water levels reduced winter wheat production by 11%. Wet weather during the spring and harvest time seriously affected potato production. Of 12,300 acres planted in Simcoe County 3,100 acres were completely lost. Another 500 acres were abandoned at harvest. 1967 potato yields were only 204 75-lb bags/acre. Dry beans production was also lowered by delayed harvesting.

1969 - A cool wet spring which delayed planting and excessive growing season precipitation reduced yield in many crops such as winter wheat, spring grain, grain corn and soybeans. 11% of intended corn acreage was not planted. Furthermore, provincial yields were only 75.1 bu/acre. In the prime corn growing districts of Essex and Kent Counties, corn yields were only 60 and 79 bu/acre respectively. In addition, several thousand acres in Kent were too poor to harvest. Hot humid weather also lowered winter wheat quality as premature sprouting took place.

blé d'hiver	24,9 boisseaux/acre
moyenne 1946-50	29,7 boisseaux/acre
tabac	848 lbs/acre
moyenne 1946-50	1162 lbs/acre

D'un autre côté, la production de foin et de trèfle fut excellente.

Une humidité excessive a caractérisé la période 1967-77.

1967 - Des niveaux élevés d'eau au printemps réduisirent de 11% la récolte de blé d'hiver. Un temps humide au printemps et pendant la récolte affectèrent sérieusement la production de pommes de terre. Des 12 300 acres plantés dans la comté de Simcoe, 3 100 furent complètement perdus. 500 autres acres furent abandonnés au moment de la récolte. Les rendements de pommes de terre en 1967 ne furent que de 204 sacs de 75 lb par acre. La production de haricots secs a également baissé à cause de la récolte tardive.

1969 - Un printemps humide et froid qui retarda la plantation et une précipitation excessive lors de la période de végétation réduisirent le rendement de récoltes tels que le blé d'hiver, le grain de printemps, le maïs en grains et le soya. 11% de la surface de maïs prévue ne fut pas plantée. De plus, les rendements de la province ne furent que de 75,1 boisseaux/acre. Dans les districts grands producteurs de maïs, Essex et Kent, les rendements de maïs ne furent respectivement que de 60 et 79 boisseaux/acre. De plus, plusieurs milliers d'acres dans le Kent furent trop mauvais pour être récoltés. Le temps chaud et humide nuisit également à la qualité du blé d'hiver, car il y eut une repousse prématuée.

1972 - Another cold wet spring delayed seeding by 2 weeks in southern Ontario. Cold, wet weather in June plus frost in mid-month did considerable damage to tobacco, corn, tomatoes. The Ontario flue cured tobacco industry set a production target of 200 million pounds to be grown on 88,225 acres. The crop did not exceed 170 million pounds because 75% was damaged by frost, necessitating replanting. Frost also reduced grain corn yield to 76 bu/acre. Grape production also suffered due to the cool, wet weather.

1975 - Excessive harvest time rains west of Toronto caused large crop losses. Crop insurance claims for tobacco and corn totalled \$2,450,000 and \$3,140,000 respectively.

1976 - Spring planting delayed by 2 weeks due to cool wet weather contributed to poor soybean and dry white bean crop production. Tobacco production was only 159 million pounds.

1977 - A cool rainy August and excessive September precipitation of record proportions hampered harvesting activities for corn, tobacco and soybeans. Poor field conditions, mould and sprouting resulted in the greatest white bean failure since the depression (a yield of 6.0 cwt/acre; 1971-75 average 13.4 cwt/acre). In addition early summer drought reduced hay crop production. Total insurance claims for the two crops totalled almost \$13,000,000.

1972 - Un autre printemps humide et froid retarda de 2 semaines l'ensemencement dans le sud ontarien. Un temps froid et humide en juin, plus du gel au milieu du mois, causèrent des dégâts considérables au tabac, au maïs et aux tomates. L'industrie du tabac en Ontario avait prévu un objectif de 200 millions de livres sur 88 225 acres. La récolte ne dépassa pas 170 millions de livres, car 75% fut endommagé par le gel et il fallut replanter. Le gel réduisit également le rendement de maïs en grain à 76 boisseaux/ acre. La production de raisins souffrit également à cause d'un temps froid et humide.

1975 - Des pluies excessives au moment de la récolte à l'ouest de Toronto entraînèrent d'importantes pertes de récolte. Les réclamations de dédommagement d'assurance-récolte pour le tabac et les maïs totalisèrent respectivement \$2 450 000 et \$3 140 000.

1976 - La plantation de printemps, retardée de deux semaines à cause d'un temps froid et humide, contribua à une mauvaise production de soya et de haricots blancs secs. La production de tabac ne fut que de 159 million de livres.

1977 - Un mois d'août froid et pluvieux et une précipitation excessive qui batta le record en septembre générèrent les récoltes de maïs, de tabac et de soya. Le mauvais état des champs, la moisissure et la repousse eurent pour résultat la plus mauvaise récolte de haricots blancs depuis la dépression (rendement de 600 lbs/acre; moyenne de 1971-75, 13 400 lbs/acre). De plus, une sécheresse au début de l'été réduisit la production de foin. Les réclamations totales au titre de l'assurance pour les deux récoltes totalisèrent presque \$13 000 000.

The wet fall greatly reduced the 1978 winter wheat production as yields were only 41 bu/acre on 335,000 acres compared to 52 bu/acre on 590,000 acres the previous year.

b) Water Resources

Nearly every year flooding occurs somewhere in Ontario. In many cases local damage is extensive. Most flooding incidents are usually due to singular event storms or rapid snowmelt runoff complicated by ice jams during the spring. For example, after severe thunderstorms on May 16, 1974 in southern Ontario, heavy runoff conditions in the Grand River basin caused severe flooding in the Cambridge area for the next few days as floodwaters crested waist deep in the city's business section.

In March 1979, 3200 hectares of prime farmland were flooded near Chatham as melting snow and ice jams combined to cause the Thames River to overflow.

In April 1979, river basins already saturated with spring melt water received heavy rains that resulted in flooding along the Thames River, Grand River systems early in April and in the Mississagi and Sturgeon Rivers in northern Ontario after the 25th. The downtown core of the community of Field near North Bay was completely inundated.

However, long term precipitation excesses in the Great Lakes Basin, when associated with seiche effects due to storms, can prove to be equally damaging (Kreutzwiser, 1978).

L'automne humide réduisit fortement la production de blé d'hiver en 1978, car les rendements ne furent que de 41 boisseaux/acre sur 335 000 acres comparés à un rendement de 52 boisseaux/acre sur 590 000 acres l'année précédente.

b) Ressources en eau

Presque chaque année il y a des inondations quelque part en Ontario. Dans de nombreux cas, les dégâts locaux sont très importants. La plupart des inondations sont généralement dues à des orages isolés ou à un écoulement rapide des eaux de ruissellement, compliqués par des embâcles au printemps. Par exemple, après plusieurs orages le 16 mai 1974 dans le sud ontarien, un fort ruissellement dans le bassin de la rivière Grand causa des sérieuses inondations dans la région de Cambridge lors des jours suivants, lorsque les eaux de crue atteignirent une hauteur d'un mètre au centre-ville.

En mars 1979, 3200 hectares de bonnes terres agricoles furent inondées près de Chatham lorsque la neige fondu, alliée aux embâcles, fit déborder la rivière Thames.

En avril 1979, les bassins de rivières déjà saturés avec l'eau de fonte du printemps reçurent de fortes pluies, ce qui entraîna une inondation le long des rivières Thames et Grand au début d'avril et le long des rivières Mississagi et Sturgeon, dans le nord de l'Ontario, après le 25. Le centre de la communauté de Field, près de North Bay, fut complètement inondé.

Cependant, les excès de précipitations à long terme dans le bassin des Grands Lacs, associés aux effets de seiches dus aux orages, peuvent s'avérer tout aussi nuisibles (Kreutzwiser, 1978).

In more recent times, high water levels recurred on the Great Lakes in 1951-52, and 1972-75.

Shoreline erosion ensued and trees fringing marsh areas were damaged or killed.

From November 1972 to November 1973 total lower Great Lakes shore damages exceeded \$14,000,000. Damage to holiday homes approached \$6,000,000 half of which was sustained by properties on Lake Erie, predominantly to those developed in flood plains during previous low water periods (Nelson et al, 1975).

On a more positive note, during high water periods commercial navigation and hydro-electric power production peaked at the Saunders generation station near Cornwall. The mean flow rate, 8,723 cms, was greater than the maximum capacity, 8,638, of the Cornwall plant.

4. The mild January 1980

Of no lesser significance to various sectors of our economy is the occurrence of a mild winter such as was experienced in southern Ontario in early 1980. Seasonal snowfall amounts were low but not unusually so. The winter snowfall was strongly concentrated in early months but a strong warming and rain in late December 1979 eliminated most of the snow cover until its return in February.

On the positive side, fuel bills for space heating decreased significantly during this warm period and snow clearing and salting budgets received a boost. However, a number of negative factors were also prevalent: ski operators in the affected area suffered considerably and petitioned the Ontario government for assis-

A des époques plus récentes, des hauts niveaux d'eau ont été notés dans les Grands Lacs en 1951-52 et 1972-75.

Il s'ensuivit l'érosion de la rive et les arbres en bordure des marécages furent endommagés ou détruits.

De novembre 1972 à novembre 1973, les dégâts totaux sur les rives des Grands Lacs dépassèrent \$14 000 000. Les dégâts aux maisons de vacances approchèrent \$6 000 000, dont la moitié subis par les propriétés sur le lac Érié, essentiellement par les maisons bâties dans les plaines alluviales lors des précédentes périodes de faibles niveaux d'eau (Nelson et al, 1975).

Sur une note plus positive, lors des périodes de hauts niveaux d'eau, la navigation commerciale et la production d'énergie hydroélectrique connurent une période de pointe à la centrale de Saunders, près de Cornwall. Le débit moyen de 8 723 mcs fut plus important que la capacité maximale de 8 638 de la centrale de Cornwall.

4. Le mois doux de janvier 1980

Un mois doux tel que celui de janvier 1980 est aussi important pour notre économie qu'un temps anormalement froid. Les accumulations de neige au cours de cet hiver ont été faibles mais pas exceptionnelles. De fortes chutes de neige au commencement de l'hiver ont cédé aux pluies et un réchauffement vers la fin de décembre 1979. La couverture de neige n'a pas été renouvelée avant le mois de février.

Parmi les effets positifs, on observa de fortes réductions dans le coût du chauffage et dans le coût de l'épandage de sel et sable et du déneigement. Cependant on observa plusieurs effets négatifs. Les opérateurs d'emplacement de ski alpin ont été grandement affectés et ont demandé de l'assistance du gouvernement de l'Ontario. Les fabricants et les détail-

tance; winter recreation equipment manufacturers and retailers suffered heavily as inventories remained unsold; winter enthusiasts benefited from frequent sales of winter sports equipment but this offered too few returns to some retailers who were forced to file for bankruptcy; road repair costs escalated beyond the savings achieved for snow clearing when the rain and freezing temperatures took their toll on the roadways; the mild January weather caused great concern to the Ontario fruit and vegetable growers since the mild weather can cause an awakening of the buds which could be severely damaged when freezing temperatures returned in February, however, these fears did not materialize; little or no snow cover in combination with cold February temperatures forced the ground frost to unprecedented depths causing residential water mains to freeze where they never had before.

5. Tornadoes

One of the most devastating forces of nature is the tornado. Although tornadoes have received greater publicity since they struck the Woodstock area in 1979, they are not a new event. The remainder of this section is taken from Newark (1980) and provides basic information on the frequency of tornadoes in Ontario.

Until the late 1950's the academic literature concerning tornadoes in Canada was practically non-existent. People in meteorological circles believed that there were only one or two across the prairies each year, and another one or two in Ontario and Quebec. In the early 1960's, a landmark study (Lowe and McKay, 1962) concerning the tornadoes of western Canada shed new light and revealed that as many as nine or ten days during the season produced tornadoes, with multiple outbreaks (several individual tornadoes the same

lants d'équipement de sport hivernal ont subi de fortes pertes en ventes. Les sportifs ont profité de ventes fréquentes mais ceci n'a pas empêché la faillite de certains détaillants. Le coût des réparations routières a dépassé l'économie obtenue par la réduction du déblayage de la neige quand les pluies et les températures froides ont attaqué les routes. Les cultivateurs de fruits de légumes ont connu de fortes inquiétudes à cause des températures douces du mois de janvier, celles-ci étant propices au bourgeonnement; si un tel bourgeonnement se produit, les arbres peuvent en être gravement endommagés quand les températures s'abaissent de nouveau sous le point de congélation en février; cependant cela ne se produisit pas. La combinaison des basses températures au mois de février et le manque de couverture nivale a causé le gel du sol à des profondeurs anormales, gelant les tuyaux d'eau souterrains à des endroits où on avait jamais observé ce phénomène auparavant.

5. Les tornades

La tornade est une des plus fortes puissances dévastatrices naturelles. Le public a accordé plus d'attention à ce phénomène depuis que quelques tornades ont frappé Woodstock en 1979. Le reste de cette section fournit quelques informations sur la fréquence des tornades en Ontario; il est tiré de Newark (1980).

Vers la fin des années 50, on trouvait peu de littérature touchant le sujet des tornades au Canada. Auparavant, on croyait que seulement une ou deux tornades se formaient dans les prairies de même qu'en Ontario et au Québec chaque saison. Au début des années 60, une étude importante sur les tornades dans les régions occidentales du Canada (Lowe et McKay, 1962) indiqua qu'il peut en avoir jusqu'à neuf ou dix fois au cours d'une saison (y compris des événements multiples, i.e. plusieurs tornades individuelles au cours d'une journée). Une étude, présentement en cours, de Newark et Peter

day) on many occasions. A study currently in progress, conducted by Michael Newark and a colleague, Peter Elms, indicates that in portions of eastern Canada tornadoes are even more prevalent and damaging than in the west. During 1978 for example, there was a total of 77 known tornadoes across the country, of which 49 (64%) struck east of the Ontario-Manitoba border. In the 1979 season, the total number across Canada fell to 38, but still the majority were in the east. In 1980, the number in Ontario alone has been about 40. Of the 24 tornadoes topping the "worst ever" (most deaths and damage) list, 15 (63%) were in eastern Canada.

In order to prepare for, and establish mechanisms to cope with tornado disasters it is essential to know how many to expect, and where they are most likely to occur. Table 4 summarizes the preliminary tornado statistics for Ontario during the 15 years from 1966 to 1980. It shows that there have been at least 263 tornadoes during this time, a total of 24 fatalities and 398 injured. On the average this is a ratio of 17 injuries for each death.

The values in the table are considered preliminary because not all the tornadoes which occurred during the period have been found. The numbers in the years from 1971 to 1975 inclusive are obviously too low, and this is due to an incomplete search for the data. It is believed that the values for the years from 1977 to 1980 inclusive are more representative of the true number of tornadoes which actually occurred in the settled portions of the province. Therefore, in deriving the annual averages, the figures have been weighted to agree more closely with the statistics of the last four years.

On an annual basis then, excluding the years of poor data, the ad-

Elms, indique que les tornades sont plus fréquentes et dévastatrices dans certaines régions orientales du pays que dans l'ouest. Par exemple, en 1978, 49 (64%) des 77 tornades rapportées à travers le Canada ont frappé les régions à l'est du Manitoba. On observa seulement 38 tornades au Canada en 1979 mais la majorité ont été observées dans l'est du pays. Par contre, en 1980, on dénombra environ 40 tornades seulement en Ontario. En tout, 15 (63%) des 24 tornades les plus dévastatrices en termes de morts et de dommages matériels ont frappé dans les régions orientales du pays.

Il est essentiel de savoir le nombre de tornades possible et les endroits susceptibles d'être affectés afin d'établir les mécanismes d'urgence en temps de désastres. Le tableau 4 présente les statistiques préliminaires de ces événements en Ontario pour la période de 1966 à 1980. Nous y voyons que pendant cette période, on a enregistré au moins 263 tornades, 24 morts et 398 blessés; ce qui donne environ 17 blessés pour chaque décès.

Le tableau 4 est préliminaire car tous les événements de tornades au cours de cette période ne sont pas connus. Les nombres d'événements dans la période allant de 1971 à 1975 sont sous-estimés à cause de recherches non complétées. Nous croyons que les nombres d'événements dans la période allant de 1977 à 1980 sont une meilleure indication de la fréquence de tornades dans les régions peuplées de la province. C'est la raison pour laquelle nous avons ajusté les chiffres selon les statistiques des quatre dernières années en calculant les moyennes annuelles.

Quand on exclut les années pour lesquelles on possède peu d'informations, on

TABLE 4. Preliminary Tornado Statistics for Ontario during the 15-year period 1966 to 1980. The quantities in parenthesis have not been used in the calculation of the total or annual averages.

TABLEAU 4. Statistiques préliminaires des tornades en Ontario pour la période de 1966 à 1980. Les quantités entre parenthèses n'ont pas été utilisées en calculant les totaux et les moyennes.

Year/ Année	Number of tornadoes/ Nombre de tornades	Number of tornado days/ Nombre de jours avec tornades	Number of fatalities/ Nombre de morts	Number injured/ Nombre de blessés	Number of days with an F3 or stronger tornado/ Nombre de jours avec une tornade de force F3 ou plus	Number of days with an F2 or stronger tornado/ Nombre de jours avec une tornade de force F2 ou plus	Begin-end season/ Commencement- fin de la saison	Number of days in season/ Longueur de la saison en jours
1980	39	16	0	4	0	0	Apr. 8 - Sep. 25 8 avr. - 25 sep.	171
1979	19	12	3	130	1	1	Apr. 5 - Sep. 6 5 avr. - 6 sep.	155
1978	46	21	0	3	0	1	May 6 - Oct. 6 6 mai - 6 oct.	154
1977	18	11	0	2	0	1	May 31 - Oct. 8 31 mai - 8 oct.	131
1976	10	10	0	2	0	0	June 28 - Sep. 23 28 juin - 23 sep.	88
1975	(5)	(2)	0	0	0	0	(June 6 -?) (6 juin -?)	?
1974	(3)	(3)	9	40	1	1	(Apr. 3 -?) (3 avr. -?)	?
1973	(10)	(7)	0	1	0	0	(June 31 - Oct. 13) (31 juin - 13 oct.)	?
1972	(3)	(2)	0	0	0	0	(Apr. 13 -?) (13 avr. -?)	?
1971	(6)	(5)	0	0	0	0	(June 16 -?) (16 juin -?)	?
1970	13	8	10	192	1	2	May 25 - Sep. 26 25 mai - 26 sep.	125
1969	31	16	0	2	0	1	July 11 - Sep. 26 11 juil. - 26 sep.	78
1968	33	15	1	22	0	3	(? - Sep. 24) (? - 24 sep.)	?
1967	11	6	1	0	1	1	(Apr. 17 -?) (17 avr. -?)	?
1966	16	11	0	0	0	0	(May 6 -?) (6 mai -?)	?
TOTAL	236	126	24	398	4	11		902
Annual average/ Moyenne annuelle	24	13	1.6	27	0.3	0.7		129
Adjusted annual average/Moyenne annuelle ajustée	27	14	1.6	27	0.3	0.7		141

justed average number of tornadoes is 27, the number of tornado days is 14, the number of fatalities is 1.6 and the number of injuries is 27. The annual average number of tornadoes with potential to cause emergencies (F2), and disasters (F3), have been included in the table, but a more useful way of expressing these figures is by their return period. In these terms, F2 tornadoes had a return period of 1.4 years, and F3 tornadoes 3.75 years. F2 tornadoes (or stronger) represent only 2.6% of the total number which occurred, and F3 tornadoes (or stronger) represent only 1% of the total. In other words, nearly all the tornadoes during the 15-year period were too weak to cause (in relative terms of course) more than minor damage.

The statistics of the two tornadoes which ravaged the area between Stratford and Waterford on August 7, 1979 are now history. There were actually six tornadoes that day, but these two, rated as F4, were the worst in Ontario since the tornado on August 20th, 1970 in Sudbury. They damaged or demolished more than 600 houses or farm buildings (over 350 houses in southwest Woodstock alone), as well as scores of industrial or commercial premises, 9 churches, 3 schools and 28 hydroelectric transmission towers (Newark, 1979). Crops and orchards were flattened and hundreds of domestic animals were either killed or injured so badly that they had to be destroyed. Saddest of all, 3 people lost their lives.

voit que nous avons en moyenne 27 tornades, 14 jours avec tornade, 1,6 décès et 27 blessés par année. Le tableau indique également la moyenne du nombre annuel de tornades qui peuvent causer des urgences (F2) et des désastres (F3). Ces derniers chiffres sont souvent plus utiles quand on parle de périodes de retour. Les tornades F2 ont une période de retour de 1,4 années et les tornades F3 en ont une de 3,75 années. Les tornades de force F2 ou plus comptent pour seulement 2,6% du total tandis que celles de force F3 ou plus comptent pour seulement 1% du total. C'est à dire que presque toutes les tornades observées au cours des dernières 15 années ont causé des dommages minimes.

Nous connaissons maintenant les détails des événements lorsque deux tornades ont dévasté la région entre Stratford et Waterford le 7 août 1979. Des six tornades qui se sont produites cette journée, deux d'entre elles, de force F4, étaient les plus violentes qui aient été enregistrées en Ontario depuis que Sudbury fut frappé le 20 août 1970. Ces deux tornades ont endommagé ou détruit au delà de 600 maisons et bâtisses rurales (au delà de 350 maisons dans le quartier sud-ouest de Woodstock) de même que des dizaines d'immeubles industriels et commerciaux, neuf églises, trois écoles et 28 pylônes (Newark, 1979). Les cultures et les vergers ont été écrasés et des centaines d'animaux domestiques ont été tués ou si sérieusement blessés qu'on devait les abattre. Le plus déplorable est que trois personnes aient perdu la vie.

IV PREDICTABILITY VERSUS THE ALTERNATIVE OF CLIMATOLOGY

1. Current Predictive Skills

We have already stated that even if periodicities are detected in past climate the relative magnitude of the explained data variance compared to that unexplained, i.e. the power of the detected periodicity, precludes their effective use as predictors. Therein lies the crux of the matter. How do we separate the true climate signal from that which is essentially unpredictable 'noise'?

Investigations into the predictability of climate has been and continues to be one of the key goals of climatological research. Sophisticated computerized climate models, still in an early stage of development, incorporate ocean-air-land interactions and specific forcing functions such as atmospheric carbon dioxide concentrations to investigate positive and negative feedback mechanisms of the climate system.

In essence, the assessment and diagnosis of climate are based on predescribed external conditions, i.e. the models are used to simulate.

Computer models, using initial state conditions, are used to operationally forecast short range weather; however, it has been found that their predictive value deteriorates rapidly after a few days. Leith (1979) emphasized that "Studies indicate there exists a limit of a week or so in the range of useful prediction even for a perfect prediction model because of the unstable nature of the atmosphere and the inevitable inadequacies in observations of its detailed initial state". These views are supported by the 1976 policy statement of the American Meteorological Society on weather forecasting.

IV PRÉVISIBILITÉ OU CLIMATOLOGIE

1. Compétences actuelles de prévision

Nous avons déjà établi que même si l'on parvient à déceler des périodicités dans le climat passé, l'importance relative de la variance des données expliquée comparée à celle inexplicable, c.-à-d. la puissance de la périodicité détectée, empêche son utilisation efficace à des fins prévisionnelles. C'est là le cœur du problème. Comment séparons-nous le vrai signal de climat de celui qui est essentiellement du "bruit" imprévisible?

Les enquêtes sur la prévision des climats ont été et continuent d'être l'un des objectifs essentiels de la recherche climatologique. Des modèles climatiques informatiques complexes, encore au stade du développement, incorporent les interactions océan-air-terre et les fonctions de forçage précises telles que les concentrations de gaz carbonique dans l'atmosphère, pour étudier les mécanismes de réaction positive ou négative du système climatique.

En esence, l'évaluation et le diagnostic du climat sont basés sur des conditions extérieures déjà décrites, c.-à- d. les modèles sont utilisées pour la simulation.

Les modèles informatiques, utilisant des conditions initiales, servent à prévoir les conditions météorologiques à court terme; cependant on s'est aperçu que leur valeur prévisionnelle se détériore rapidement après quelques jours. D'après Leith (1979), "les études indiquent qu'il existe une limite d'une semaine à peu près pour la gamme de prévisions utiles, même pour un modèle parfait, à cause de la nature instable de l'atmosphère, d'une part, et des inévitables incertitudes d'observation de son état initial". Ces vues sont confirmées par la déclaration de 1976 de la American Meteorological Society sur la prévision météorologique.

Operational extended range forecasts, varying from 2 weeks to 3 months, based mainly on statistical relationships, have been developed by the meteorological services of the U.S.A., Canada, United Kingdom (Bowen, 1976) and the U.S.S.R. All forecast classes, e.g. above normal, normal, below normal, rather than day to day values. In general, all show marginal skill over chance or persistence, predominantly in forecasting temperatures.

$$\text{Skill score} = \frac{cf - cp}{af - cp}$$

where:

cf = number of correct forecasts,
cp = number correct by either chance
or persistence,
af = all forecasts.

The Canadian Meteorological Centre, a component of the AES, produces a 15-day analogue-type temperature forecast based on the hypothesis that past situations similar to the present one, through reference to their known outcome, can provide useful indications of what is likely to happen in the near future. Results show that the forecasts are marginally better than persistence; however, the forecast technique inherently underforecasts extreme ranges and is slow to react to rapidly changing atmospheric flow patterns.

The Long Range Prediction Group of the U.S.A. National Oceanic and Atmospheric Administration uses statistical regressions, climatology, contingency tables and parameters such as sea surface temperatures, hemispheric snow and ice fields to ascertain predicted atmospheric circulation patterns which in turn are related to surface patterns. Essentially, their 1 and 3 month predictions are a potpourri of objective

Des prévisions opérationnelles à long terme, variant de 2 semaines à 3 mois, basées essentiellement sur des rapports statistiques, ont été développées par les services météorologiques des États-Unis, du Canada, du Royaume-Uni (Bowen, 1976) et de l'URSS. Tous ces modèles prévaient des classes, par exemple au-dessus de la normale, normale inférieure à la normale, plutôt que les valeurs jour après jour. En général, tous ont des pouvoirs prévisionnels marginaux par rapport au hasard ou à la persistance, surtout la prévision des températures.

$$\text{Score de compétence} = \frac{pc - hp}{tp - hp}$$

où:

pc = nombre de prévisions correctes,
hp = nombre correct par hasard ou
persistance,
tp = toutes les prévisions.

Le Centre météorologique canadien, un service du SEA, produit une prévision de température du type analogue sur 15 jours, basée sur l'hypothèse que des situations passées semblables à celles actuelles, avec comme référence leurs conséquences connues, peuvent fournir des indications pratiques sur ce qui risque d'arriver dans un proche avenir. Les résultats indiquent que les prévisions sont marginalement meilleures que la persistance; cependant, cette technique de prévision sousestime les gammes extrêmes et réagit lentement aux configurations de circulation atmosphérique qui évoluent rapidement.

Le groupe de prévision à long terme de la National Oceanic and Atmospheric Administration des États-Unis utilise des régressions statistiques, la climatologie, des tableaux de contingence et des paramètres tels que les températures de la surface des mers ainsi que les champs de neige et de glace hémisphériques pour prédire des configurations de circulation atmosphérique apparentées aux configurations de surface. Essentiellement, leurs prévisions sur 1 et 3 mois sont un pot-

and subjective forecasting techniques. Their results show 1 month temperature forecasts to have marginal skill over persistence; however, 1 month precipitation forecasts and forecasts based on persistence are almost equal in skill. Seasonally, temperature and precipitation forecasts are not significantly different in skill from persistence. Forecasts appear to be slightly better during the winter than in any other season.

The important fact to note is that statistical-empirical forecasts are not new developments. Basically, techniques are the same now as those used a decade ago. Therefore, there appears to be very little imminent hope of significant breakthroughs in statistical based extended range forecasting.

2. Future Climate

We have briefly discussed the state of the art in predicting short term climate variability on the order of a year or less. However, in light of increasing populations, agricultural production limitations, availability of renewable energy resources and energy consumption rates, climatic variations on time scales of a decade or longer should be of concern to federal and provincial planners and decision makers. We cannot, with full confidence, predict what our climate will be several decades into the future; on the other hand, there are several possible future climate scenarios which could profoundly influence man and his society (Flohn, 1979).

The simplest alternative is that climate in the next few decades, for all intents and purposes, will remain essentially the same as that which we have experienced in the last 50 years.

pourri de techniques de prévisions objectives et subjectives. Les résultats indiquent que leur prévisions de température sur 1 mois ont un pouvoir marginal par rapport à la persistance; cependant, les prévisions de précipitation sur 1 mois et les prévisions basées sur la persistance ont un pouvoir presque équivalent. A l'échelle des saisons, l'exactitude des prévisions de température et de précipitation ne diffère pas de façon significative de celles de la persistance. Les prévisions paraissent être légèrement meilleures pour l'hiver que pour les autres saisons.

Il faut remarquer que les prévisions statistique-empiriques ne sont pas un fait nouveau. A la base, les techniques sont les mêmes aujourd'hui que celles utilisées il y a une décennie. Par conséquent, il y aurait très peu d'espoir de voir se réaliser, dans l'immédiat, de grands progrès dans la prévision à long terme basée sur la statistique.

2. Le climat futur

Nous avons examiné brièvement la prévision de la variabilité climatique à court terme - un an ou moins. Cependant, à la lumière de la croissance démographique, des limitations de production agricole, de la pénurie de ressources énergétiques renouvelables et des taux de consommation d'énergie, les variations climatiques sur les échelles de temps d'une décennie ou plus devraient être prises en considération par les planificateurs fédéraux et provinciaux et ceux qui doivent prendre des décisions. Nous ne pouvons pas en toute confiance prédire quel sera notre climat dans plusieurs décennies; par contre, il existe plusieurs scénarios possibles du climat futur pouvant profondément influencer l'homme et sa société (Flohn, 1979).

La possibilité la plus simple est que le climat au cours des prochaines décennies restera, à toutes fins utiles, essentiellement le même que celui des 50 dernières années.

The second alternative is that, primarily due to volcanic activity, there is a 10% to 20% chance of cooling similar to that which occurred during the 'little ice age'.

"Based on the assumption that there will be no worldwide effort to curb the use of fossil fuels and that the rate of carbon dioxide release to the atmosphere will continue to increase at a quasi-exponential rate" (Kellogg, 1977), the third and most probable scenario is that of man induced global warming. Of course, if fossil fuel consumption goes unchecked the probability of such a scenario increases with time (Flohn, 1979).

Based on climate models "a best estimate of the resultant warming of the Earth due to human activities is about 1°C by 2000 A.D. (75 per cent increase in atmospheric carbon dioxide) and about 3°C by 2050 A.D. (doubling of atmospheric carbon dioxide), with an uncertainty of roughly a factor of two. Warming of the polar regions is expected to be 3 to 5 times greater than the global average," (Kellogg, 1977).

The scant information known about similar past warm periods in our climatic history suggest that although there was, globally, more rainfall, especially in the sub-tropics, there were some mid-latitude regions drier than the present.

Moreover, although the risk of a sub-period cooling similar to the 'little ice age' decreases with increased global warming, it will never disappear (Flohn, 1979).

La seconde possibilité est que, surtout à cause du volcanisme, il y a de 10 à 20% de chances pour un refroidissement semblable à celui qui s'est produit lors du "petit âge glaciaire".

"En supposant qu'il n'y aura pas d'effort à l'échelle mondiale pour ralentir l'utilisation de carburants fossiles et que la quantité de gaz carbonique dégagée dans l'atmosphère continuera d'augmenter à un taux quasi exponentiel" (Kellogg, 1977), le troisième et plus probable scénario est celui d'un réchauffement général provoqué par l'homme. Naturellement, si la consommation de carburant fossile n'est pas contrôlée, la probabilité d'un tel scénario augmente avec le temps (Flohn, 1979).

Basé sur des modèles climatiques "la meilleure estimation du réchauffement de la terre dû aux activités humaines est d'environ 1°C d'ici l'an 2000 (augmentation de 75 pour cent du gaz carbonique dans l'atmosphère) et d'environ 3°C d'ici l'an 2050 (quantité double de gaz carbonique dans l'atmosphère), avec un facteur d'incertitude d'à peu près 2. On s'attend à ce que le réchauffement des régions polaires soit de 3 à 5 fois plus important que la moyenne globale" (Kellogg, 1977).

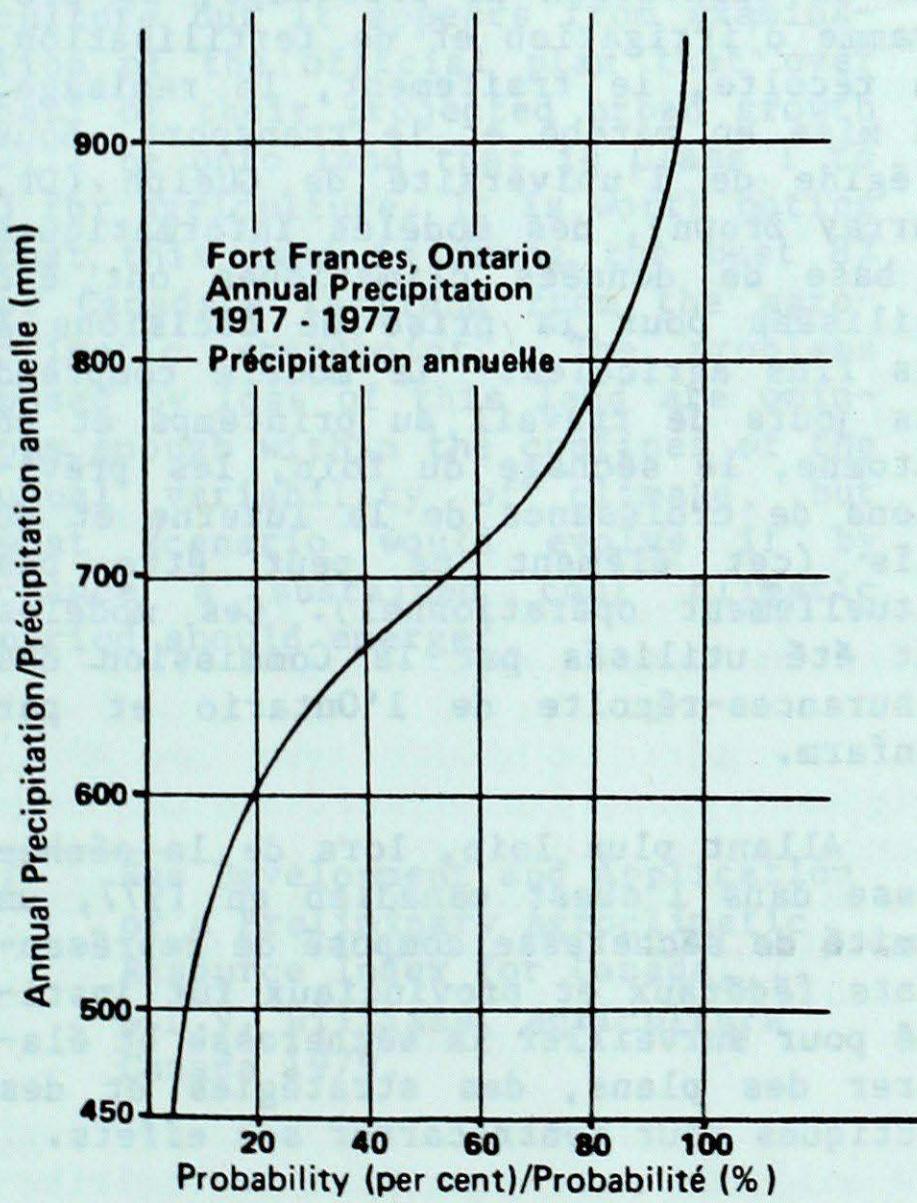
D'après les informations limitées dont on dispose au sujet de périodes de réchauffement semblables dans notre histoire climatique, il semblerait que s'il y a eu, globalement, davantage de pluie, surtout dans les régions subtropicales, certaines régions à moyenne latitude étaient plus sèches qu'aujourd'hui.

De plus, bien que le risque d'un refroidissement semblable à celui du "petit âge glaciaire" diminue à mesure qu'avance le réchauffement global, il ne disparaîtra jamais (Flohn, 1979).

3. The Alternative - The Use of Climatic Information in Planning and Decision Making

It is apparent that current extended range forecast capabilities are inadequate to cope with the needs of Ontario's social, economic, and natural resource sectors affected by weather and climate variations. However, a wealth of climatic information presently exists, which, if used properly, can aid planners and decision makers in mitigating adverse climate and exploiting its benefits.

Historical climatic information can be transformed into probability risk statistics (Figure 7), extreme value probabilities, functional relationships and indices etc. tuned to the critical requirements of users.



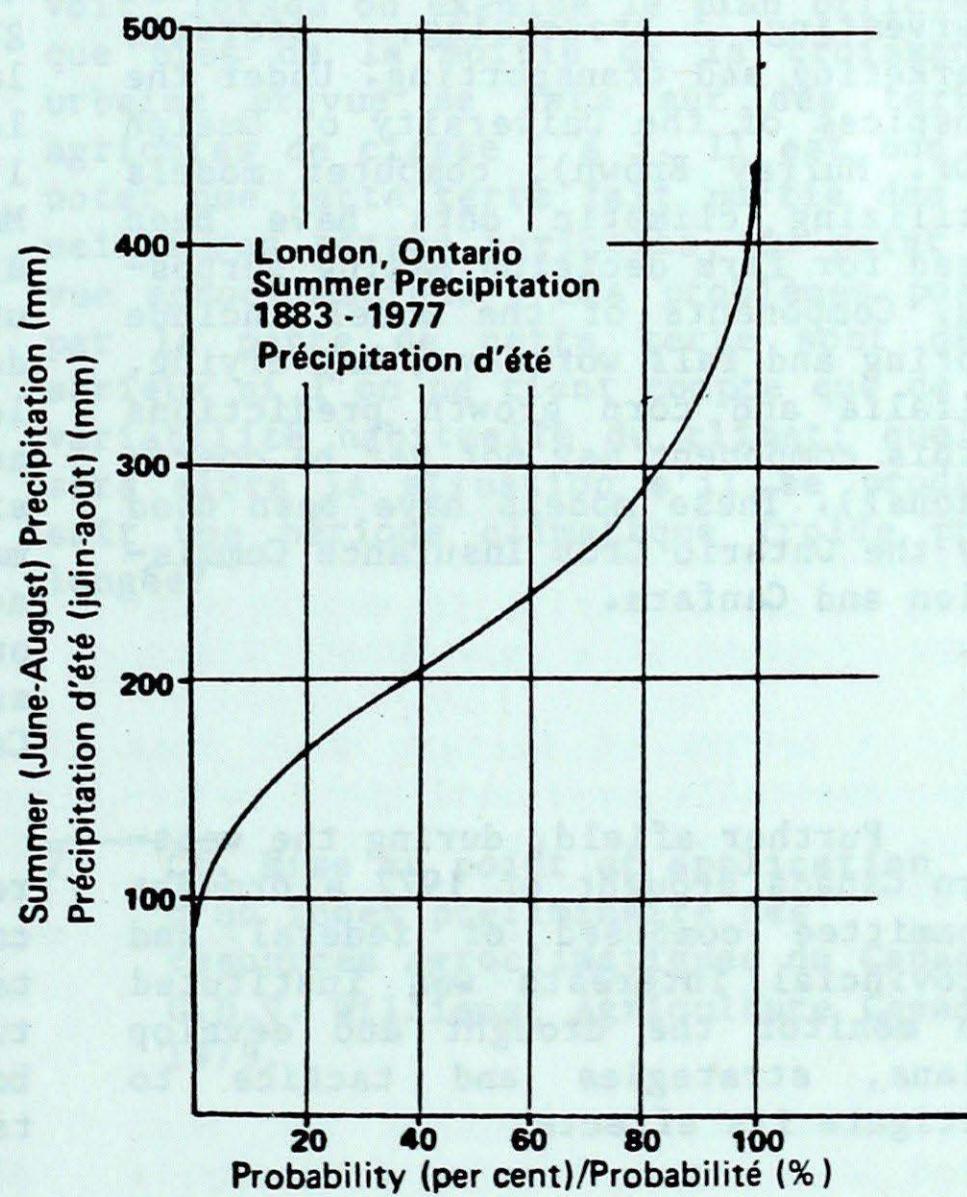
Probability that the annual precipitation is less than the indicated amount.
Probabilité que la précipitation annuelle soit moins que la quantité indiquée

Fig. 7

3. L'alternative - Utilisation des renseignements climatiques pour la planification et la prise de décisions

Il est évident que les possibilités actuelles de la prévision à long terme sont insuffisantes pour les besoins des secteurs social, économique et des ressources naturelles de l'Ontario affectés par les variations météorologiques et climatiques. Cependant, une masse de renseignements climatiques existe actuellement, laquelle, utilisée correctement, peut aider les planificateurs et les preneurs de décisions à contrecarrer le climat défavorable et à exploiter ses avantages.

Les renseignements climatiques historiques peuvent être transformés en statistiques de risque probabilistiques (Figure 7), en probabilités de valeurs extrêmes, en rapports et indices fonctionnels, etc, mis au point selon les exigences des utilisateurs.



Probability that the summer precipitation is less than the indicated amount.
Probabilité que la précipitation d'été soit moins que la quantité indiquée

Cumulative climatological data obtained by near real time monitoring supplemented by historical statistics, e.g. means, standard deviations, probabilities, can be used to place current climatic conditions into proper statistical perspective with regard to duration and intensity.

In the long term, plausible future climate scenarios should be developed in order to evaluate agricultural land capabilities and production, energy consumption and renewable energy production, water resource availability, impacts on tourism, reforestation, industry and commerce, our lifestyle.

Climatic information can and has been used in agricultural crop selections, evaluation of plant growth, development and yield, field operations such as spring planting, irrigation and fertilizer scheduling, harvesting, processing, storage, marketing and transporting. Under the auspices of the University of Guelph (Dr. Murray Brown), computer models utilizing climatic data have been used for farm decision making purposes. Components of the model include spring and fall workdays, hay drying, alfalfa and corn growth predictions (this component may not yet be operational). These models have been used by the Ontario Crop Insurance Commission and Canfarm.

Further afield, during the western Canada drought of 1977 a drought committee composed of federal and provincial interests was instituted to monitor the drought and develop plans, strategies and tactics to mitigate its effects.

Les données climatologiques cumulatives obtenues par une surveillance en temps quasi réel, alliées aux données statistiques telles que moyennes, écarts type et probabilités, peuvent être utilisées pour placer les conditions climatiques du moment dans la bonne perspective statistique en ce qui concerne la durée et l'intensité.

A long terme, il faut développer des scénarios de climats futurs plausibles afin d'évaluer les possibilités et la production des terres agricoles, la consommation d'énergie et la production d'énergie renouvelable, la disponibilité de ressources en eau, les impacts sur le tourisme, le reboisement, l'industrie et le commerce, notre style de vie.

Les renseignements climatiques peuvent être utilisés pour le choix de culture agricoles, l'évaluation de la croissance des plantes, de leur développement et rendement, les travaux des champs tels que la plantation de printemps, le programme d'irrigation et de fertilisation, la récolte, le traitement, le remisage, la mise en marché et le transport. Sous l'égide de l'université de Guelph (Dr. Murray Brown), des modèles informatiques à base de données climatiques ont été utilisées pour la prise de décisions à des fins agricoles. Le modèle comprend les jours de travail au printemps et en automne, le séchage du foin, les prévisions de croissance de la luzerne et du maïs (cet élément ne peut être pas actuellement opérationnel). Ces modèles ont été utilisés par la Commission des assurances-récolte de l'Ontario et par Canfarm.

Allant plus loin, lors de la sécheresse dans l'ouest canadien en 1977, un comité de sécheresse composé de représentants fédéraux et provinciaux fut institué pour surveiller la sécheresse et élaborer des plans, des stratégies et des tactiques pour contrecarrer ses effets.

A large proportion of southern Ontario's farmland is developed on much of Canada's best agroclimate and soil resource base⁷, ideal for crop diversification. As mentioned previously there is great competition with urban development interests for this fertile land. From 1966 to 1971, 11,755 hectares of prime farmland were converted to urban use in the Toronto Metropolitan census area.

There has been considerable hue and cry from private, provincial and federal representatives over the conversion of provincial farmland to urban and industrial uses; however, it is obvious that strict legislative action at the provincial level is needed to invoke these sentiments. As Williams (1978) states "Ottawa-Carleton, for example, has large areas that are unsuitable for agriculture but it appears from examination of the official plan that over half of their projected urban growth will be onto land that is Class 1 to 3 for agriculture. It is worth noting that this land is among the best 8% of Canada's farmland from the agro-climatic standpoint". The problems posed by loss of this land are ominous enough within the confines of the usual variability of climate, but what scenario would evolve if by chance a sustained cool climatic period should emerge?

Une importante partie des terres agricoles du sud ontarien présente les meilleures conditions du pays pour ce qui est de l'agroclimat et des sols⁷, conditions idéales pour la diversification des cultures. Comme mentionné précédemment, la concurrence avec le développement urbain, visant à accaparer cette terre fertile, est arachnée. De 1966 à 1971, 11 755 hectares de bonne terre agricole furent convertis à l'usage urbain, dans la région cadastrale de Toronto.

Il y a eu de nombreux tollés de la part des représentants privés, provinciaux et fédéraux au sujet de la transformation des terres agricoles à des fins urbaines et industrielles; cependant, il est évident qu'une législation stricte au niveau provincial est nécessaire pour faire respecter ces sentiments. Selon Williams (1978), "Ottawa-Carleton, par exemple, a d'importantes zones ne convenant pas pour l'agriculture mais on voit, lorsqu'on examine le plan officiel, que plus de la moitié de la croissance urbaine prévue se fera sur des terres agricoles de classe 1 à 3. Il est bon de noter que cette terre fait partie des 8% meilleures terres agricoles, du point de vue agroclimatique". Les problèmes posés par la perte de cette terre sont déjà sérieux si l'on ne tient compte que de la variabilité habituelle du climat; quelle sera alors la situation s'il se produisait une période climatique froide prolongée?

⁷ See Development and Application of a Preliminary Agroclimatic Resource Index for Canada, G.D.V. Williams, Agriculture Canada 1979.

⁷ Cf. Mise au point et application d'un index préliminaire des ressources agroclimatiques du Canada, G.D.V. Williams, Agriculture Canada 1979.

Examples abound concerning the input of climatologically related information into planning and decision making.

The International Joint Commission manages Great Lakes water resources taking into account prioritization of commercial navigation, recreation, hydroelectric power generation, flood control, municipal water supplies, etc.

Hydrometeorologically, during the northeastern U.S. drought in the early 1960s, the city of Baltimore coped by planning and developing adequate water reservoir systems.

Hurricane Hazel in 1954 prompted the design and construction of flood control systems on watersheds in the Metropolitan Toronto area. At present, the Ontario government in co-operation with AES is developing provincial flood plain risk mapping.

The City of Toronto Public Works Department (Brenner, 1977) classified past winters climatologically as input into their winter maintenance budget planning.

The Ontario Ministry of Natural Resources evaluates wildlife population susceptibilities to severe winters by means of a Snow Hazard Index.

A series of winters with less than desirable snow conditions motivated ski operators to promote the design of artificial snow makers, equipment now being used in most North American major ski areas.

Climatic information has been used in planning heating fuel supply

Les exemples abondent concernant l'importance des renseignements climatologiques pour la planification et la prise de décisions.

La Commission mixte internationale gère les ressources en eau des Grands Lacs en tenant compte de la priorité de la navigation commerciale, des loisirs, de la production d'énergie hydroélectrique, du contrôle des inondations, et de la distribution d'eau pour les municipalités, etc.

Du point de vue hydrométéorologique, lors de la sécheresse dans le nord-est des États-Unis au début des années 60, la ville de Baltimore en sortit indemne en planifiant et en construisant un nombre suffisant de réservoirs d'eau.

L'ouragan Hazel en 1954 amena la conception et la construction de systèmes de contrôle des inondations sur les bassins de drainage dans la région de Toronto. Actuellement, le gouvernement ontarien coopère avec le SEA pour cartographier les risques d'inondation des plaines alluviales de la province.

Le service des travaux publics de la ville de Toronto (Brenner, 1977) a classé climatologiquement les hivers passés, pour s'en servir comme données de base dans la planification de son budget d'hiver.

Le ministère ontarien des Richesses naturelles évalue la sensibilité de la faune aux hivers rigoureux, à l'aide d'un index des dangers de la neige.

Une série d'hivers avec peu d'enneigement amena les exploitants des stations de ski à promouvoir la conception d'appareils fabriquant de la neige artificielle. Cet équipement est maintenant utilisé dans la plupart des régions de ski de l'Amérique du Nord.

Les renseignements climatiques ont été utilisés pour planifier la distribu-

and need for residential and commercial establishments. Furthermore, a national inventory of potential renewable energy resources, i.e. solar and wind, is being produced by the federal government, with AES as the lead agency.

Building designs have, through climatic data, incorporated such factors as snow loads, building orientation, insulation standards, etc.

On June 11, 1979, the city of Brampton passed bylaw 139-79. This bylaw, affecting a soon to be developed subdivision, requires developers to erect homes which will incorporate some of the aspects of passive solar heating. Hopefully, similar and more stringent bylaws will become part of the framework of all municipal planning in light of dwindling non-renewable energy resources.

tion et les besoins en carburant de chauffage pour les résidences et les établissements commerciaux. De plus, un répertoire national des ressources potentielles en énergie renouvelable, c'est-à-dire énergie solaire et énergie éolienne, est en train d'être élaboré par le gouvernement fédéral, sous la direction du SEA.

Certains plans de construction, grâce aux données climatiques, ont incorporé des facteurs tels que les charges de neige, l'orientation des bâtiments, les normes d'isolation, etc.

Le 11 juin 1979, la ville de Brampton adoptait le règlement 139-79. Ce règlement affectant une subdivision devant être aménagée, exigeait que les promoteurs construisent des maisons incorporant certains aspects du chauffage solaire passif. Il est à espérer que des règlements semblables, voire plus strictes, feront partie de la planification de toutes les municipalités, étant donné la diminution des ressources énergétiques non renouvelables.

V FUTURE ACTIONS

We believe that it is safe to conclude that, based on examples outlined in this report, climatological information, when used properly, definitely has utility when incorporated into the planning and development of tactics and strategies of many climate and weather sensitive sectors. Many disciplines, e.g. agriculture, forestry, water resources, have been traditional experienced users of this type of information and are fully aware of its benefits; in contrast, plentiful examples exist where climatology and the threat of climatic variability has been either ignored because of the user's lack of expertise in incorporating it into strategies or because it has not been deemed to be useful, e.g. flood plain development, water supply, tourism, loss of good agricultural land to urban development, etc.

The solutions are clouded by many inherent, detrimental societal and planning attitudes such as immediate optimization of capital investments, the belief that man can do what he desires with his property, mistrust of governmental agencies, and lack of inter-governmental cooperation. Moreover, many past mistakes are irreversible, at least within the immediate future, e.g. flood plain development, urbanization of agricultural land. However, to reiterate, in many cases climatology can be used to eliminate or more realistically mitigate present and future climatic variability stresses on our social and economic activities.

V ACTIONS FUTURES

A notre avis, il serait juste de conclure que, en se basant sur les exemples donnés dans ce rapport, les informations climatologiques correctement utilisées sont d'une utilité certaine lorsqu'elles sont incorporées dans la planification et le développement de tactiques et de stratégies concernant les secteurs sensibles au climat et aux conditions météorologiques. De nombreux domaines: l'agriculture, la silviculture, les ressources en eau, ont été traditionnellement des utilisateurs de ce type d'informations et connaissent ses avantages; par contre, la climatologie et la menace de la variabilité climatique ont été ignorées dans de nombreux cas à cause du manque d'expertise de l'utilisateur pour les incorporer dans ses stratégies, ou parce qu'on ne les a pas estimées utiles, par exemple pour le développement des plaines alluviales, la distribution d'eau, le tourisme, la perte de bonnes terres agricoles en faveur du développement urbain, etc.

Les solutions sont minées par de nombreuses attitudes de planification et de la société, telles que le désir d'une rentabilité immédiate des investissements, la croyance que l'homme peut faire ce qu'il veut de sa propriété, la méfiance envers les organismes gouvernementaux et le manque de coopération entre gouvernements. De plus, beaucoup d'erreurs du passé sont irréversibles, au moins dans le futur immédiat (développement des plaines alluviales, urbanisation de terres agricoles). Cependant, pour nous répéter, dans de nombreux cas la climatologie peut être utilisée pour éliminer ou, plus objectivement, contrecarrer les contraintes que la variabilité climatique présente et future impose à nos activités sociales et économiques.

Future actions should evolve in two separate phases. The first phase should emphasize communications, education and technical training and development.

The overriding problem is lack of communication between pure and applied research spheres of expertise and the climate sensitive sector. Increased emphasis on user workshops and seminars would be beneficial not only to the climate sensitive industry or discipline but also to the climate information provider in order to reap full benefits in prioritizing needs, determining what and where information is available, developing useful functional relationships and establishing effective communication channels.

The workshops should involve grass roots organizations, associations, all levels of government and increased emphasis should be placed on developing expertise in non-traditional climatic information user groups. Pure and applied research groups should recognize that they too can benefit from these workshops. A few seminars and workshops with emphasis on, for example, agriculture, tourism and recreation, have been organized in the past by the Ontario Regional office of AES and have proved to be worthwhile.

The AES/Ministry of State for Science and Technology seminar on Climatic Information and Decision Making held in Ottawa September, 1978 (Allsopp and McKay, 1979) proved to be invaluable in establishing a dialogue between research and climate

Les actions futures doivent évoluer en deux phases distinctes. La première phase doit insister sur la communication, l'éducation et la formation technique.

Le problème fondamental est le manque de communication entre les milieux de recherche pure et appliquée et le secteur sensible au climat. Une insistence sur l'intérêt d'ateliers et de colloques pour les utilisateurs serait bénéfique, non seulement pour les industries ou disciplines sensibles au climat, mais également aux fournisseurs d'informations climatiques, permettant de mieux cerner les besoins prioritaires, de déterminer quelles sont les informations disponibles et où le sont-elles, de développer des rapports fonctionnels utiles et d'établir des voies de communication efficaces.

Les ateliers doivent impliquer toutes les organisations et associations de base, tous les paliers gouvernementaux; il faut insister sur la nécessité de développer l'expertise des groupes d'utilisateurs non traditionnels des informations climatiques. Les groupes de recherche pure et appliquée doivent reconnaître qu'ils peuvent eux aussi bénéficier de ces ateliers. Un certain nombre de colloques et d'ateliers portant par exemple sur l'agriculture, le tourisme et les loisirs, organisés dans le passé par le bureau régional ontarien du SEA, se sont avérés fort utiles.

Le colloque conjoint du Ministère pour la Science et la Technologie et du SEA, concernant l'information climatique et la prise de décisions, tenu à Ottawa en septembre 1978 (Allsopp et McKay, 1979) joua un rôle inestimable pour l'établissement d'un dialogue entre les

sensitive disciplines and organizations involved in socio-economics, capital intensive planning and exploitation of natural resources. However, that and similar meetings are mere catalysts. The many workshops held under the auspices of the Canadian Climate Program serve as forums for the exchange of ideas between research and the many user disciplines.

Subsequently, the next phase is the establishment of timely, practical and integrated climatic information and advisory systems. The systems should be tailored to specific users. In other words the information must be packaged in terms that the user discipline comprehends. Therefore, the establishment of the systems should be accomplished under the auspices of the consolidated efforts of climatologists, technical experts in the user discipline and, of course, representatives of the user group. For example, an agriculturally oriented climatic information and advisory system should be developed by climatologists or agrometeorologists, agronomists and farm representatives.

With regard to short term climatic variability (time scale of a year or less), the system should contain the following components:

- a) near real time computerized climatic monitoring to identify and statistically evaluate current climatic situations with a view towards diagnosing present and future impacts
- b) climatological risk statistics, extreme value probabilities or return periods, functional relationships and indices tuned to user needs

chercheurs, d'une part, et d'autre part les domaines sensibles au climat et les organismes socio-économiques, ceux qui s'occupent de la planification de projets exigeant de gros capitaux et de l'exploitation des ressources naturelles. Cependant, ce colloque et d'autres encore ne sont que de simples catalyseurs. Les ateliers du Programme climatologique canadien déjà tenus à travers le pays forment des échanges utiles d'idées entre les scientifiques et les usagers.

Par la suite, il faudra mettre sur pied des systèmes d'information et de consultation climatique intégrés, fonctionnant de façon pratique et rapide. Ces systèmes doivent être conçus pour des utilisateurs précis. En d'autres mots, les renseignements doivent être exprimés en termes pouvant être compris par l'utilisateur. Par conséquent, l'établissement de ces systèmes doit se faire par l'effort combiné des climatologues, des experts techniques dans le domaine de l'utilisateur, et naturellement des représentants de l'utilisateur. Par exemple, un système d'informations et de conseils climatiques axés sur l'agriculture doivent être développés par les climatologues ou agrométéorologues, les agronomes et les représentants agricoles.

En ce qui concerne la variabilité climatique à court terme (échelle de temps d'un an ou moins), le système doit comprendre les éléments suivants:

- a) surveillance climatique informatisée en temps quasi réel pour identifier et évaluer statistiquement les situations climatiques afin de déterminer les impacts actuels et futurs.
- b) statistiques des risques climatologiques, probabilité de valeurs extrêmes ou périodes de retour, rapports et indices fonctionnels conçus pour les besoins des utilisateurs.

Alternative means of disseminating information in an expeditious manner have to be explored. Currently, 'Climatic Perspectives', a weekly review of Canadian climate is published on an operational basis; however, specialized advisory systems using telecommunications, computers etc. need to be established.

On time scales of a decade or longer, the information and advisory system must develop future climate and perceived impact scenarios in view of increased regional, national, global stresses related to food production, water supply and energy availability. Scenarios should be based not only on global warming, but on the less probable cool or increased variable climates in order to develop alternative tactics and strategies.

The gist of it all is that we must anticipate future events and not react haphazardly when they occur.

"Thinking about the future is not just crystal ball gazing or predicting events. It is creating, designing and expanding options. It is internal team building, as well as external consensus building. It is a management strategy as well as 'scientific analysis'." (Priscoli, 1979).

Il faudra analyser les moyens alternatifs pour une dissémination rapide des informations. Actuellement, "Perspective climatiques", un hebdomadaire sur le climat canadien, est publié sur une base opérationnelle; cependant, des services consultatifs spécialisés utilisant les télécommunications, les ordinateurs, etc, doivent être établis.

Sur des échelles de temps d'une décennie ou plus, les systèmes d'information et de consultation doivent développer des scénarios sur le climat futur et sur l'impact perçu, compte tenu des contraintes croissantes à l'échelle régionale et nationale en ce qui concerne la production alimentaire, la distribution d'eau et la disponibilité d'énergie. Pour pouvoir mettre au point une variété de tactiques et de stratégies, des scénarios devraient être basés non seulement sur le réchauffement global, mais aussi sur un refroidissement moins probable ou sur l'augmentation de la variabilité climatique.

L'essentiel, c'est que nous devons anticiper les événements futurs et non pas réagir brusquement lorsqu'ils se produisent.

"Penser au sujet de l'avenir, ce n'est pas consulter une boule de cristal ou prédire des événements. C'est créer, concevoir et élargir les options. C'est créer une équipe compétente aussi bien qu'un consensus externe. C'est une stratégie de gestion aussi bien qu'une analyse scientifique". (Priscoli, 1979).

REFERENCES

- Allsopp, T.R. and G.A. McKay (ed), 1979. Summary Report of the Working Groups - Seminar on Climatic Information and Decision Making. Ottawa, Sept. 22 1978. Sponsored by the Atmospheric Environment Service and the Ministry of State for Science and Technology. Canadian Climate Centre Report 79-2. 45 p.
- American Meteorological Society, 1976. Policy statement of the American Meteorological Society on weather forecasting. Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 57 #12. p 1460-1461.
- Armstrong, J. and R.G. Vines, 1973. Possible periodicities in weather patterns and Canadian forest fire seasons. Forest Fire Research Institute, Canadian Forestry Service, DOE. Information Report, FF-X-39, 23 p.
- Boyce, D. and B. DeWitt, 1977. Great Lakes ice season. Mariners Weather Log, Vol. 21, No. 6. p 372-378.
- Bowen, D., 1976. Long range weather forecasting. Water Power and Dam Construction. p 31-35.
- Brenner, R.M., 1977. Report on City of Toronto Winter Services, 73 p.
- Bulletin of the American Meteorological Society, 1934. Low water levels on the Great Lakes, Vol. 15. p 304.
- Changnon, S.A. and D. Changnon, 1978. Winter Storms and the record-breaking winter in Illinois Vol. 31, p 218-225. Weatherwise, Dec. 1978.
- D'Amore, 1976. The Significance of Tourism to Canada. The Business Quarterly. Vol. 41, #3. p 9-15.
- D'Arge, R., 1979. Climate and economic activity. World Climate Conference Overview paper, #24, 30 p.
- Drysdale, R.J., 1977. Preparing for Ontario's 1977 Forest Fire Season. Forest Fire News. 4 p.
- Flohn, H., 1979. A scenario of possible future climates, natural and man-made. World Climate Conference Overview paper, #10, 24 p.
- Foster, W.T., 1960. Forest protection in Ontario. Canadian Geographical Journal. Vol. LX #2, p 38-57.
- Gilchrist, A., 1978. Numerical simulation of climate and climatic change. Nature. Vol. 276, 23 Nov. 1978. p 342-345.
- Great Lakes Basin Commission, 1975. Great Lakes Basin Framework Study Appendix C9. Commercial Navigation. Prepared by the Commercial Navigation Task Group of the Navigation Work Group. Public Information Office, Ann Arbor, Michigan. 154 p.
- Hare, F.K., 1979. Climatic variation and variability, empirical evidence from meteorological and other sources. World Climate Conference. Overview paper #3, Geneva 12 - 23 Feb. 1979, 37 p.

Hinkley, J.R., 1974. 'A States' approach to land use. Water Spectrum, Vol. 6, No. 2, p 23-31.

International Great Lakes Levels Board, 1973. Regulation of Great Lakes Water Levels. Report to the International Joint Commission. 294 p.

Kellogg, W.W., 1977. Effects of Human Activities on Global Climate. W.M.O. Tech. note #156. 47 p.

Kreutzwiser, 1978. Might 'management' save Great Lakes shores? Canadian Geographic, Vol. 97 #2. p 60-65.

Lachapelle, P.A., 1977. Modern Spectral Methods with Applications to Alberta Climatic Data. Masters Thesis. Dept. of Geography, University of Alberta. 139 p.

Lawford, R.G., 1977. Applications of meteorological information in planning forest fire fighting strategies in northwestern Ontario in the spring of 1977. AES - Ontario Region internal report SSU-77-3. 45 p.

Leith, C.E., 1978. Predictability of climate. Nature, Vol. 276, 23 Nov. 1978. p 352-355.

Lowe, A.B. and G.A. McKay, 1962. The Tornadoes of Western Canada. Queen's Printer, Ottawa.

Mariners Weather Log, 1964. a) Great Lakes water levels drop. Vol. 8. p 115-116. b) Low Great Lakes water levels affect shipping. Vol. 8. p 158-160

Mariners Weather Log, 1965. Great Lakes Levels Conference. Vol. 9. p 202-203.

McQuigg, J.D., 1979. Climate Variability and Agriculture in the Temperate regions. World Climate Conference Overview paper M.15, Geneva, 14 Feb. 1979, 20 p.

McMullen, D.N. and U. Sporns, 1964. Drought in southwestern Ontario - 1963. Hydrometeorological Research Series No. 2, Canada Dept. of Energy and Resources Management. 14 p.

Monthly Weather Review, 1881. Miscellaneous phenomena. Vol. 9, September, 26 p.

Munn, R.E., 1966. Descriptive Micrometeorology. Supplement 1 - Advances in Geophysics. Academic Press, New York, 245 p.

Nelson, J.G. et al., 1975. The fall 1972 Lake Erie Floods and their significance to resources management. The Canadian Geographer, Vol. XIX #1, p. 35-39.

Newark, M.J., 1979. The Woodstock Tornado. Chinook, Vol. 2, #1, pp. 8-10.

Newark, M.J., 1980. Tornado Disasters. Proceedings of Emergency Preparedness for the Eighties, Toronto, November 16-19. to be published.

Ontario Ministry of Agriculture and Food. Agricultural Statistics for Ontario. Statistics Section, Economics Branch.

Ontario Ministry of Industry and Tourism, 1978. The importance of tourism to the Ontario economy. Tourism Policy and Research Section. 31 p.

Ontario Ministry of Transportation and Communications. Annual Reports.

Ontario Ministry of Treasury, Economics and Intergovernmental Affairs, 1976. Ontario Statistics 1976, Vol. 2, Economic Series. 730 p.

Pearson, E.S. and H.O. Hartley, 1962. Biometrika Tables for Statisticians, Volume I. Cambridge University Press. 240 p.

Priscoli, J.D., 1979. Future Thinking: Fad or Necessity? Water Spectrum, Vol. 11, #2. p.9-15.

Rennie, J.C., 1978. Ontario and climate. Unpublished report Ontario Ministry of Agriculture and Food.

Robinson, E.A., 1967. Multichannel Times Series Analysis with Digital Computer Programs. Holden-Day, San Francisco. 298 p.

Science Council of Canada, 1976. Living With Climatic Change. Proceedings of the Toronto Conference Workshop. Nov. 17-22, 1975. 105 p.

Stambler, I., 1979. Link energy, society problems. Industrial Research/Development, June. p.88-90.

Stommel, H. and E. Stommel, 1979. The year without a summer. Scientific American, June, p 176-185.

Van Loon, H. and J. Williams, 1978. The association between mean temperature and inter-annual variability. Monthly Weather Review, 106, p.1012-1017.

Wagner, A.J, 1977. The record breaking winter of 1976-77. Weatherwise, Vol. 30, April. p.65-69.

Williams, G.D.V. et al, 1978. The spatial association of agroclimatic resources and urban population in Canada. Readings in Canadian Geography, 3rd edition. Editor R.M. Irving. Holt, Rinehart and Winston of Canada Ltd. p 165-179.

Williams, G.D.V, 1979. Development and application of a preliminary agroclimatic resource index for Canada. Contribution #34 of the Land Resource Research Institute, Agriculture Canada, Ottawa (unpublished).

Wilson, E.G., 1977a. Severe weather halts most Great Lakes Traffic. Mariners Weather Log, Vol. 21, No. 2. p.79.

1977b. Great Lakes navigation season, 1976. Mariners Weather Log, Vol. 21, No. 3. p 155-158.

Wilson, E.E., 1978. Great Lakes navigation season, 1977. Mariners Weather Log, Vol. 22, No. 3. p.167-169.

World Meteorological Organization, 1966. Climatic Change. Report of a working group of the Commission for Climatology. Technical Note 79. 79 p.

Appendix A

a) List of Tables

1. Five Year Mean Total Annual Precipitation (mm)
2. Two Year Mean Total Annual Precipitation (mm)
3. Total Annual Precipitation (mm)
4. Spring Precipitation (mm)
(March - May)
5. Summer Precipitation (mm)
(June - August)
6. Autumn Precipitation (mm)
(September - November)
7. Seasonal Snowfall (cm)
8. Summer Temperatures ($^{\circ}\text{C}$)
(June - August)
9. Winter Temperatures ($^{\circ}\text{C}$)
(December - February)

b) Explanation of Heating Degree-Days

Although the heating degree-day (HDD) statistic assumes a mean condition for climatic parameters such as wind, humidity, bright sunshine, the facility in calculating the HDD statistic makes it a useful tool in determining a fairly reliable estimate of domestic and industrial heating fuel demand.

Daily HDD values are obtained by subtracting the daily mean temperature from a base temperature of 18°C , a temperature at which heating is usually required. Whenever the daily mean temperature is 18°C or greater, the HDD value is taken to be zero.

On January 18, 1977, the mean temperature at Toronto International Airport was -20.3 . The corresponding HDD total was $18.0 - (-20.3) = 38.3$.

Annexe A

a) Liste des tableaux

1. Précipitation annuelle totale moyenne sur 5 ans (mm)
2. Précipitation annuelle totale moyenne sur 2 ans (mm)
3. Précipitation annuelle totale (mm)
4. Précipitation de printemps (mm)
(mars - mai)
5. Précipitation d'été (mm)
(juin - août)
6. Précipitation d'automne (mm)
(septembre - novembre)
7. Chute de neige saisonnière (cm)
8. Températures d'été ($^{\circ}\text{C}$)
(juin - août)
9. Températures d'hiver ($^{\circ}\text{C}$)
(décembre - février)

b) Explication de degrés-jours de chauffe

Bien que les statistiques degrés-jours de chauffe présument une condition moyenne pour les paramètres climatiques tels que le vent, l'humidité, le soleil, la facilité de calcul de ces degrés-jours en fait un outil de valeur pour estimer, de façon relativement fiable, la demande de carburant de chauffage domestique et industriel.

Les valeurs quotidiennes des degrés-jours de chauffe s'obtiennent en soustrayant la température moyenne quotidienne d'une température de base de 18°C , température à laquelle le chauffage est généralement nécessaire. Lorsque la température moyenne quotidienne est de 18°C ou plus, on considère que le nombre de degrés-jours de chauffe est nul.

Le 18 janvier 1977, la température moyenne à l'aéroport international de Toronto fut de $-20,3$. Le total de degrés-jours de chauffe correspondant fut de $18^{\circ}\text{C} - (-20,3) = 38,3$.

Seasonal HDD's are simply accumulations of the daily values. Assuming no energy conservation practices, the heating fuel demand is roughly proportional to the seasonal accumulation of HDD's. This statistic is quite useful in making comparisons between years, i.e. as an index.

Les degrés-jours de chauffe saisonniers sont simplement des accumulations des valeurs quotidiennes. En l'absence de mesures de conservation d'énergie, la demande en carburant de chauffage est à peu près proportionnelle à l'accumulation saisonnière de degrés-jours de chauffe. Cette statistique est très utile pour faire des comparaisons entre les années, c'est-à-dire à titre d'index.

TABLE/TABLEAU A.1

**5 YEAR MEAN TOTAL ANNUAL PRECIPITATION (mm)/
PRÉCIPITATION TOTALE ANNUELLE MOYENNE SUR 5 ANS (mm)**

Period of Record
Période d'enregistrement

Probability precipitation is less than indicated
amount/Probabilité que la précipitation sera
moindre que la quantité indiquée

Station/Station	From De	To A	Mean Moy.	S.D. É.T.	Extreme Min Extême Min	Years Années	25%	50%	75%	Extreme Max Extême Max	Years Années
Beatrice	1877	1978	1040.0	76.9	847.3	1921-25	986.4	1040.9	1087.7	1257.3	1880-84
Brockville	1916	1979	895.1	114.9	661.1	1920-24	806.7	901.5	987.5	1109.7	1950-54
Dryden	1927	1979	682.5	49.9	556.4	1927-31	649.9	695.8	718.9	756.0	1962-66
Fort Frances	1917	1979	691.4	65.2	577.2	1917-21	629.2	700.1	742.4	834.5	1933-37
Gore Bay	1916	1979	837.2	88.4	675.1	1922-26	767.6	836.7	917.2	1028.4	1941-45
Guelph OAC	1899	1979	805.7	74.8	622.7	1908-12	757.0	817.8	861.1	926.5	1923-27
Harrow CDA	1918	1979	745.6	119.2	438.5	1930-34	692.8	765.4	837.6	945.9	1965-69
Iroquois Falls	1915	1979	815.4	55.0	678.1	1953-57	780.6	827.8	850.9	901.2	1934-38
Kapuskasing CDA	1919	1979	763.3	86.6	569.4	1922-26	712.1	767.3	819.4	949.5	1964-68
Kenora A	1917	1979	638.2	55.7	528.9	1950-54	594.1	643.7	679.7	743.9	1941-45
Kitchener	1915	1977	850.7	76.9	646.5	1934-38	797.4	865.2	907.7	987.6	1973-77
Leamington	1917	1978	788.0	64.2	663.4	1918-22	742.8	777.8	843.1	913.0	1954-69
London A	1884	1979	951.5	71.5	782.4	1960-64	908.1	947.3	1000.1	1113.1	1926-30
Lucknow	1885	1979	968.0	92.0	787.1	1930-34	872.9	988.6	1024.6	1172.5	1973-77
Madawaska	1916	1979	774.6	113.7	572.5	1937-41	703.6	766.2	852.9	1046.6	1919-23
Moosonee	1936	1979	762.8	83.6	601.9	1969-73	718.7	763.7	832.1	908.2	1949-53
Morrisburg	1914	1979	954.6	99.4	720.6	1960-64	910.9	966.7	1029.9	1139.2	1916-20
North Bay A	1940	1979	975.1	72.9	814.8	1961-65	955.1	997.7	1027.6	1084.5	1940-44
Orono	1924	1979	868.2	49.4	763.8	1961-65	836.3	861.7	909.8	956.2	1941-45
Ottawa CDA	1890	1979	868.1	61.0	737.3	1960-64	825.7	872.9	915.3	979.9	1898-02
Parry Sound	1875	1975	1006.7	77.9	840.4	1946-50	944.6	997.1	1048.1	1185.6	1970-74
Peterborough	1892	1979	785.5	59.0	664.6	1958-62	748.8	792.8	829.8	898.6	1925-29
Ridgetown	1924	1979	829.5	46.8	742.8	1960-64	788.5	826.3	861.8	968.1	1975-79

TABLE/TABLEAU A.1 cont'd

**5 YEAR MEAN TOTAL ANNUAL PRECIPITATION (mm)/
PRÉCIPITATION TOTALE ANNUELLE MOYENNE SUR 5 ANS (mm)**

Station/Station	Period of Record Période d'enregistrement			S.D. É.T.	Extreme Min Extême Min	Years Années	Probability precipitation is less than indicated amount/Probabilité que la précipitation sera moindre que la quantité indiquée			Extreme Max Extême Max	Years Années
	From De	To A	Mean Moy.				25%	50%	75%		
St. Thomas	1926	1979	892.1	55.4	794.5	1959-63	851.6	897.1	924.5	1090.8	1975-79
Sioux Lookout A	1931	1979	725.1	39.3	622.0	1936-40	694.9	729.7	751.4	801.4	1941-45
Smoky Falls	1934	1979	804.8	88.7	625.4	1972-76	755.6	824.3	884.1	942.9	1964-68
Southampton	1873	1979	892.1	66.4	779.3	1962-66	842.0	881.0	921.5	1040.4	1947-51
Thunder Bay A	1879	1979	655.3	87.6	502.1	1917-21	585.2	644.8	738.9	848.4	1947-51
Toronto	1846	1979	810.0	53.5	691.9	1933-37	770.1	802.8	850.4	967.0	1866-70
Trenton A	1940	1979	851.0	62.1	753.2	1960-64	816.1	842.9	871.7	974.3	1951-55
Trenton Ont. Hydro	1916	1979	835.7	50.5	722.8	1960-64	802.1	835.6	874.0	934.8	1947-51
Vineland Station	1929	1979	797.3	53.3	696.9	1934-38	754.7	794.3	843.5	893.7	1951-55
Welland	1893	1979	883.1	65.4	739.6	1930-34	824.5	899.8	928.6	1068.6	1975-79
White River	1889	1975	749.4	93.6	541.0	1920-24	667.7	769.5	821.7	891.9	1935-39
Woodstock	1871	1979	838.8	69.1	677.0	1950-54	799.8	831.1	889.1	958.6	1973-77

TABLE/TABLEAU A.2

2 YEAR MEAN TOTAL ANNUAL PRECIPITATION (mm)/
PRÉCIPITATION TOTALE ANNUELLE MOYENNE SUR 2 ANS (mm)

Station/Station	Period of Record Période d'enregistrement					Probability precipitation is less than indicated amount/ Probabilité que la précipitation sera moindre que la quantité indiquée	Extreme Max Extême Max				
	From De	To A	Mean Moy.	S.D. É.T.	Extreme Min Extême Min		25%	50%	75%	Years Années	
Beatrice	1877	1978	1043.2	109.1	777.6	1922-23	969.3	1042.5	1106.7	1312.9	1883-84
Brockville	1916	1979	892.6	131.5	585.4	1920-21	799.7	899.1	978.0	1145.4	1950-51
Dryden	1927	1979	679.0	77.8	496.3	1939-40	633.6	680.7	743.9	817.0	1964-65
Fort Frances	1917	1979	689.6	88.1	483.5	1917-18	621.0	697.1	757.5	907.9	1941-42
Gore Bay	1916	1979	836.8	105.0	626.4	1922-23	751.4	838.4	907.3	1052.5	1943-44
Guelph OAC	1899	1979	805.1	95.8	569.2	1911-12	733.2	820.2	874.1	1007.2	1926-27
Harrow CDA	1918	1979	748.0	144.0	388.5	1930-31	652.9	759.7	850.9	1047.3	1968-69
Iroquois Falls	1915	1979	813.8	77.2	602.5	1956-57	775.4	817.3	865.5	952.5	1938-39
Kapuskasing CDA	1919	1979	757.0	104.1	527.2	1919-20	686.9	771.4	823.6	967.4	1968-69
Kenora A	1917	1979	636.2	84.7	458.0	1951-52	582.2	623.1	680.8	860.1	1969-70
Kitchener	1915	1977	854.1	104.3	590.4	1934-35	791.4	886.1	928.4	1031.5	1976-77
Leamington	1917	1978	787.3	94.5	602.9	1922-23	726.9	790.2	852.4	1013.1	1968-69
London A	1884	1979	953.3	101.9	663.9	1962-63	880.8	964.6	1020.8	1196.0	1928-29
Lucknow	1885	1979	973.0	116.0	658.7	1930-31	883.6	989.4	1046.2	1258.1	1976-77
Madawaska	1916	1979	778.7	133.0	551.5	1939-40	686.5	769.3	861.0	1178.3	1921-22
Moosonee	1936	1979	759.0	100.4	521.9	1972-73	693.9	760.1	823.4	1000.7	1952-53
Morrisburg	1914	1979	958.3	124.7	642.6	1963-64	871.9	964.4	1066.8	1175.9	1918-19
North Bay A	1940	1979	978.3	97.3	749.6	1962-63	909.8	989.4	1055.9	1170.0	1940-41
Orono	1924	1979	867.6	76.6	700.6	1930-31	816.6	863.5	923.3	1027.5	1932-33
Ottawa CDA	1890	1979	869.8	89.3	656.0	1930-31	809.3	867.0	922.7	1096.6	1972-73
Parry Sound	1875	1975	1008.2	104.2	799.1	1914-15	925.5	997.4	1095.2	1213.3	1901-02
Peterborough	1892	1979	788.1	82.6	609.6	1961-62	728.8	788.4	855.3	982.4	1892-93
Ridgetown	1924	1979	835.6	87.8	636.1	1952-53	769.5	847.9	898.1	1040.9	1975-76

MEAN TOTAL ANNUAL PRECIPITATION (mm)
MÉTÉOROLOGIQUE MÉTÉOROLOGIQUE (mm)

EVENEMENTS 5% - 25%

TABLE/TABLEAU A.2 cont'd

2 YEAR MEAN TOTAL ANNUAL PRECIPITATION (mm)/
PRÉCIPITATION TOTALE ANNUELLE MOYENNE SUR 2 ANS (mm)

Station/Station	Period of Record Période d'enregistrement				Probability precipitation is less than indicated amount/Probabilité que la précipitation sera moindre que la quantité indiquée							
	From De	To A	Mean Moy.	S.D. É.T.	Extreme Min Extême Min	Years Années	25%	50%	75%	Extreme Max Extême Max	Years Années	
St. Thomas	1926	1979	900.9	95.7	703.4	1962-63	835.7	892.2	959.7	1167.3	1975-76	
Sioux Lookout A	1931	1979	723.0	70.1	579.6	1975-76	673.1	713.9	774.9	863.9	1934-35	
Smoky Falls	1934	1979	793.3	111.4	501.9	1935-36	725.7	800.4	902.5	965.5	1952-53	
Southampton	1873	1979	891.2	93.3	685.1	1907-08	824.7	889.0	939.5	1038.4	1927-28	
Thunder Bay A	1879	1979	656.0	106.7	446.6	1917-18	570.8	645.9	722.6	960.9	1950-51	
Toronto	1846	1979	811.3	80.0	616.2	1933-34	769.5	799.8	871.2	1092.7	1869-70	
Trenton A	1940	1979	853.1	83.2	672.8	1963-64	804.1	846.5	901.6	1099.3	1951-52	
Trenton Ont.Hydro	1916	1979	838.5	71.3	664.6	1963-64	784.6	846.2	887.2	993.2	1972-73	
Vineland Station	1929	1979	797.2	86.9	618.2	1934-35	735.2	792.7	855.8	1007.8	1954-55	
Welland	1893	1979	887.4	97.2	655.3	1933-34	817.7	880.5	946.4	1185.6	1976-77	
White River	1889	1975	749.3	115.1	458.1	1891-92	678.9	770.8	839.2	967.8	1937-38	
Woodstock	1871	1979	839.9	99.6	591.8	1952-53	759.0	839.0	915.8	1059.3	1878-79	

TABLE/TABLEAU A.3

TOTAL ANNUAL PRECIPITATION (mm)/
PRÉCIPITATION ANNUELLE TOTALE (mm)

Station/Station	Period of Record Période d'enregistrement					Year Année	Probability precipitation is less than indicated amount/ Probabilité que la précipitation sera moindre que la quantité indiquée				
	From De	To A	Mean Moy.	S.D. É.T.	Extreme Min Extême Min		25%	50%	75%	Extreme Max Extême Max	Year Année
Beatrice	1877	1978	1043.2	143.4	765.5	1922	927.7	1028.5	1152.9	1397.0	1928
Brockville	1916	1979	893.3	153.4	561.0	1920	805.9	892.1	975.4	1276.5	1954
Dryden	1927	1979	679.7	114.5	407.7	1940	598.3	678.7	768.1	908.2	1941
Fort Frances	1917	1979	689.3	117.0	455.6	1952	605.3	686.8	759.3	965.2	1941
Gore Bay	1916	1979	835.7	129.6	595.8	1925	742.9	829.2	952.0	1132.0	1970
Guelph OAC	1899	1979	804.3	126.9	510.8	1911	721.6	793.5	888.9	1107.6	1945
Harrow CDA	1918	1979	749.3	177.4	331.1	1930	642.6	750.2	875.3	1113.4	1957
Iroquois Falls	1915	1979	813.5	101.6	555.1	1956	752.5	814.3	891.7	1048.1	1934
Kapuskasing CDA	1919	1979	756.0	133.5	431.2	1920	677.0	742.3	842.4	1102.7	1964
Kenora A	1917	1979	637.1	118.0	383.3	1976	558.0	624.8	686.0	987.7	1970
Kitchener	1915	1977	857.9	140.2	493.4	1934	758.5	835.3	968.1	1174.9	1940
Leamington	1917	1978	789.2	132.0	518.4	1922	686.4	786.6	906.5	1130.2	1957
London A	1884	1979	954.1	137.4	534.0	1963	870.9	963.9	1060.0	1274.6	1929
Lucknow	1885	1979	975.4	142.4	656.4	1931	883.1	974.1	1069.5	1316.0	1977
Madawaska	1916	1979	780.0	149.9	491.7	1930	671.5	764.8	879.1	1201.7	1921
Moosonee	1936	1979	757.6	128.5	505.6	1972	683.6	758.5	847.4	1109.7	1952
Morrisburg	1914	1979	958.0	151.3	613.2	1964	852.3	954.6	1087.4	1276.1	1947
North Bay A	1940	1979	980.9	127.6	716.9	1962	848.8	983.6	1074.5	1184.4	1970
Orono	1924	1979	867.9	117.8	621.7	1963	784.1	867.3	938.5	1144.7	1932
Ottawa CDA	1890	1979	870.1	115.2	620.9	1931	795.5	868.1	947.3	1174.3	1972
Parry Sound	1875	1975	1008.3	134.8	772.7	1915	903.4	997.2	1106.8	1315.0	1965
Peterborough	1892	1979	789.1	107.4	564.0	1958	712.4	776.5	865.7	1126.5	1893
Ridgetown	1924	1979	836.7	129.6	601.0	1963	743.6	842.0	924.5	1073.2	1975

TABLE/TABLEAU A.3 cont'd

TOTAL ANNUAL PRECIPITATION (mm)/
PRÉCIPITATION ANNUELLE TOTALE (mm)

Period of Record
Période d'enregistrement

Probability precipitation is less than indicated amount/Probabilité que la précipitation sera moindre que la quantité indiquée

Station/Station	From De	To A	Mean Moy.	S.D. É.T.	Extreme Min Extême Min	Year Année	25%	50%	75%	Extreme Max Extême Max	Year Année
St. Thomas	1926	1979	905.7	144.4	659.9	1963	789.4	894.2	1035.8	1232.1	1977
Sioux Lookout A	1931	1979	725.2	117.2	461.6	1940	644.8	717.1	801.0	1048.4	1941
Smoky Falls	1934	1979	793.7	140.6	440.4	1935	712.5	782.3	885.1	1067.3	1966
Southampton	1872	1979	891.6	121.3	641.3	1966	814.1	882.1	961.1	1326.5	1951
Thunder Bay A	1879	1979	658.2	135.5	379.2	1917	563.5	638.0	740.9	1046.0	1977
Toronto	1845	1979	812.7	117.6	605.4	1933	732.6	804.6	876.5	1233.2	1878
Trenton A	1940	1979	853.9	111.9	668.9	1963	794.8	840.1	908.0	1228.7	1951
Trenton Ont.Hydro	1915	1979	840.5	101.5	662.6	1963	765.5	831.5	900.4	1083.3	1972
Vineland Station	1929	1979	799.5	123.4	564.3	1941	717.2	778.8	892.3	1117.8	1954
Welland	1892	1979	891.4	137.2	614.9	1934	803.5	870.5	967.2	1291.0	1977
White River	1889	1975	750.1	137.0	412.6	1914	664.1	754.1	846.1	1065.8	1968
Woodstock	1870	1979	840.3	131.5	548.8	1963	746.3	833.8	936.9	1192.5	1878

PRECIPITATION QUINQUENNIAL TOTAL (mm)
TOTAL PLUVIÉT QUINQUENNIAL (mm)

INTERVALLE 4"

TABLE/TABLEAU A.4

SPRING PRECIPITATION (mm)/PRÉCIPITATION DE PRINTEMPS (mm)
(March - May)/(mars - mai)

Station/Station	Period of Record Période d'enregistrement				Probability precipitation is less than indicated amount/Probabilité que la précipitation sera moindre que la quantité indiquée							
	From De	To A	Mean Moy.	S.D. É.T.	Extreme Min Extême Min	Year Année	25%	50%	75%	Extreme Max Extême Max	Year Année	
Beatrice	1876	1978	217.0	55.1	91.3	1915	176.6	217.8	256.9	376.9	1929	
Brockville	1916	1980	219.8	59.7	89.9	1920	185.5	219.0	262.4	369.5	1947	
Dryden	1927	1980	135.9	36.9	54.4	1980	106.6	132.9	168.6	215.2	1977	
Fort Frances	1917	1980	150.3	52.3	35.9	1917	115.4	139.2	168.4	286.2	1937	
Gore Bay	1916	1980	186.7	53.4	81.7	1958	157.9	177.1	231.4	321.9	1943	
Guelph OAC	1899	1980	200.5	60.2	95.6	1962	154.7	195.9	231.7	300.2	1979	
Harrow CDA	1918	1980	202.8	64.8	75.7	1930	158.0	187.6	267.4	315.3	1978	
Iroquois Falls	1915	1980	166.2	44.0	94.9	1924	130.1	161.0	204.7	274.4	1922	
Kapuskasing CDA	1919	1980	157.2	47.3	55.4	1923	117.5	163.3	186.5	310.0	1979	
Kenora A	1917	1980	129.6	43.7	21.6	1917	90.3	135.5	158.3	257.0	1927	
Kitchener	1915	1977	210.9	68.1	86.3	1958	167.4	204.8	260.7	360.4	1956	
Leamington	1916	1978	212.5	60.9	105.4	1962	171.6	197.9	257.0	344.2	1956	
London A	1883	1980	227.0	64.4	90.7	1958	182.7	221.3	272.9	385.3	1929	
Lucknow	1885	1980	200.9	60.6	74.4	1958	154.8	199.2	243.5	364.0	1953	
Madawaska	1916	1980	185.7	78.5	59.7	1939	135.5	173.2	212.2	528.2	1921	
Moosonee	1936	1980	148.6	45.4	40.2	1972	110.7	146.7	176.1	263.4	1952	
Morrisburg	1914	1980	232.0	67.2	98.1	1915	188.9	229.4	274.4	409.0	1919	
North Bay A	1939	1980	204.7	57.3	74.9	1958	163.4	214.3	240.0	296.7	1940	
Orono	1924	1980	215.9	61.2	79.1	1958	178.0	215.1	262.3	323.6	1942	
Ottawa CDA	1890	1980	199.3	62.5	79.2	1903	152.8	184.7	244.6	363.2	1947	
Parry Sound	1875	1976	203.5	54.3	70.5	1958	164.3	202.1	245.0	309.8	1921	
Peterborough	1891	1980	193.1	62.4	71.9	1962	151.1	183.2	238.1	327.7	1942	
Ridgetown	1924	1980	221.5	59.2	102.9	1962	177.6	219.1	262.5	381.2	1947	

TABLE/TABLEAU A.4 cont'd

SPRING PRECIPITATION (mm)/PRÉCIPITATION DE PRINTEMPS (mm)
(March - May)/(mars - mai)

Station/Station	Period of Record Période d'enregistrement				S.D. É.T.	Extreme Min Extême Min	Year Année	Probability precipitation is less than indicated amount/Probabilité que la précipitation sera moindre que la quantité indiquée			Extreme Max Extême Max	Year Année
	From De	To A	Mean Moy.	E.T.				25%	50%	75%		
St. Thomas	1926	1980	230.9	62.4	108.5	1962	183.3	235.3	268.8	392.7	1947	
Sioux Lookout A	1931	1980	142.8	39.0	57.4	1980	111.2	147.1	172.8	225.0	1974	
Smoky Falls	1934	1980	153.7	44.2	37.6	1935	136.7	155.3	175.0	301.5	1979	
Southampton	1872	1980	192.9	56.7	76.0	1978	147.9	193.6	220.6	428.9	1929	
Thunder Bay A	1879	1980	139.7	55.8	29.2	1900	95.9	134.6	169.9	294.7	1964	
Toronto	1846	1980	202.2	58.9	73.5	1962	157.7	203.5	246.1	360.7	1945	
Trenton A	1940	1980	223.9	64.2	85.9	1941	185.5	222.8	281.4	341.6	1953	
Trenton Ont.Hydro	1916	1980	209.7	58.4	88.1	1941	167.7	204.4	258.7	325.1	1945	96
Vineland Station	1929	1980	208.8	61.1	85.7	1962	164.4	204.5	240.0	276.9	1976	
Welland	1893	1980	222.6	59.6	94.0	1962	180.8	225.0	266.9	365.5	1942	
White River	1889	1975	158.3	48.4	16.5	1892	129.3	159.0	189.3	276.0	1964	
Woodstock	1870	1980	201.9	59.5	72.9	1958	157.4	199.3	229.7	371.6	1945	

TABLE/TABLEAU A.5

SUMMER PRECIPITATION (mm)/PRÉCIPITATION D'ÉTÉ (mm)
 (June - August)/(juin - août)

Station/Station	Period of Record Période d'enregistrement				Probability precipitation is less than indicated amount/Probabilité que la précipitation sera moindre que la quantité indiquée							
	From De	To A	Mean Moy.	S.D. É.T.	Extreme Min Extême Min	Year Année	25%	50%	75%	Extreme Max Extême Max	Year Année	
Beatrice	1876	1978	233.7	64.3	111.8	1931	183.2	232.7	286.5	353.1	1897	
Brockville	1916	1979	218.5	55.3	129.6	1960	183.6	210.3	248.1	403.1	1959	
Dryden	1927	1979	270.9	78.7	111.5	1936	211.3	265.7	331.1	429.8	1964	
Fort Frances	1917	1979	286.9	79.4	137.7	1970	228.9	275.0	338.1	563.4	1935	
Gore Bay	1916	1979	187.3	53.6	84.1	1916	148.3	187.0	215.9	294.4	1970	
Guelph OAC	1899	1979	235.4	68.9	66.0	1907	176.3	235.3	284.7	437.4	1917	
Harrow CDA	1917	1979	207.2	80.5	58.7	1930	136.7	215.4	267.0	381.4	1969	
Iroquois Falls	1915	1979	260.0	70.6	98.9	1956	220.2	249.1	301.3	459.5	1938	
Kapuskasing CDA	1918	1979	243.9	73.1	117.6	1926	194.1	224.2	295.6	416.9	1964	
Kenora A	1916	1979	258.1	78.6	113.0	1933	186.6	253.5	310.9	430.3	1962	
Kitchener	1915	1977	242.1	82.6	123.9	1934	181.3	224.8	274.5	561.6	1915	
Leamington	1916	1978	218.6	75.1	84.3	1922	157.5	225.3	272.0	378.7	1957	
London A	1883	1979	235.4	77.6	74.6	1894	177.8	224.3	289.6	454.4	1892	
Lucknow	1885	1979	220.2	66.3	88.1	1933	169.1	220.2	253.1	432.4	1961	
Madawaska	1916	1979	227.8	61.3	117.0	1949	188.8	223.5	269.2	454.2	1967	
Moosonee	1936	1979	255.8	55.5	154.5	1955	217.4	260.6	298.1	402.3	1968	
Morrisburg	1913	1979	242.6	66.6	93.0	1960	202.9	241.5	284.5	411.0	1952	
North Bay A	1940	1979	281.3	80.6	123.4	1942	234.0	281.9	327.4	486.9	1970	
Orono	1923	1979	213.7	56.4	80.7	1937	171.2	209.4	255.8	322.4	1951	
Ottawa CDA	1890	1979	255.1	71.5	112.3	1931	202.4	252.0	293.9	467.9	1972	
Parry Sound	1875	1976	215.7	66.2	75.9	1942	165.6	208.6	257.3	391.7	1901	
Peterborough	1891	1979	208.5	53.0	113.5	1952	167.9	199.4	241.0	360.4	1967	
Ridgetown	1923	1979	220.6	65.1	83.3	1954	175.0	211.0	252.6	453.8	1975	

TABLE/TABLEAU A.5 cont'd

SUMMER PRECIPITATION (mm)/PRÉCIPITATION D'ÉTÉ (mm)
 (June - August)/(juin - août)

Period of Record
 Période d'enregistrement

Probability precipitation is less than indicated
 amount/Probabilité que la précipitation sera
 moindre que la quantité indiquée

Station/Station	From De	To A	Mean Moy.	S.D. É.T.	Extreme Min	Year Année	25%	50%	75%	Extreme Max Extême Max	Year Année
St. Thomas	1926	1979	234.3	71.0	127.1	1933	180.3	221.5	281.5	465.0	1975
Sioux Lookout A	1931	1979	266.9	73.3	111.5	1940	205.3	267.8	324.6	395.9	1964
Smoky Falls	1934	1979	239.4	81.8	71.6	1936	191.5	231.6	257.0	420.0	1964
Southampton	1872	1979	191.8	62.7	66.2	1907	148.1	185.7	238.4	333.3	1951
Thunder Bay A	1879	1979	236.9	65.0	121.7	1886	187.7	227.9	282.4	460.4	1944
Toronto	1845	1979	213.0	66.2	49.8	1899	163.0	204.2	252.7	371.9	1878
Trenton A	1940	1979	194.4	57.6	93.7	1946	155.9	186.2	212.8	379.8	1951
Trenton Ont.Hydro	1916	1979	189.4	46.8	110.4	1978	157.8	180.1	206.0	355.6	1947
Vineland Station	1929	1979	205.5	48.8	119.4	1935	163.3	210.8	241.1	304.7	1956
Welland	1892	1979	212.8	63.6	97.6	1909	167.4	196.1	254.8	391.4	1904
White River	1889	1975	228.3	65.4	96.6	1914	182.1	222.7	256.3	473.0	1968
Woodstock	1870	1979	233.3	78.6	66.0	1899	181.9	228.3	283.5	473.4	1870

TABLE/TABLEAU A.6

AUTUMN PRECIPITATION (mm)/PRÉCIPITATION D'AUTOMNE (mm)
(September - November)/(septembre - novembre)

Station/Station	Period of Record Période d'enregistrement				Probability precipitation is less than indicated amount/Probabilité que la précipitation sera moindre que la quantité indiquée							
	From De	To A	Mean Moy.	S.D. É.T.	Extreme Min Extême Min	Year Année	25%	50%	75%	Extreme Max Extême Max	Year Année	
Beatrice	1876	1978	305.6	72.8	162.3	1923	251.0	298.3	342.0	594.9	1880	
Brockville	1915	1979	233.9	64.6	69.3	1930	192.4	230.1	278.9	384.8	1977	
Dryden	1926	1979	180.1	67.8	65.0	1976	129.8	176.1	221.6	370.3	1926	
Fort Frances	1917	1979	170.5	60.2	42.2	1976	129.0	168.2	205.7	359.7	1965	
Gore Bay	1916	1979	248.6	71.7	98.9	1923	194.2	242.5	296.8	436.4	1941	
Guelph OAC	1899	1979	200.6	63.5	52.3	1908	148.8	192.1	246.9	364.6	1945	
Harrow CDA	1917	1979	171.0	56.0	71.3	1964	121.2	179.3	199.2	293.3	1926	
Iroquois Falls	1915	1979	231.9	59.0	122.7	1962	183.2	221.3	278.9	374.3	1966	
Kapuskasing CDA	1918	1979	215.3	62.6	92.1	1943	165.7	218.8	253.2	411.2	1966	
Kenora A	1916	1979	157.9	59.6	30.3	1976	113.4	151.4	194.9	335.0	1941	
Kitchener	1915	1977	213.6	66.3	81.1	1937	165.9	212.1	256.5	368.4	1942	
Leamington	1916	1978	182.7	57.8	72.3	1960	140.8	181.3	211.8	390.4	1926	
London A	1883	1979	239.1	64.8	85.1	1963	202.9	241.3	284.2	414.3	1926	
Lucknow	1885	1979	272.9	69.9	123.0	1908	231.4	268.7	329.3	466.0	1954	
Madawaska	1915	1979	204.3	65.3	72.4	1939	160.0	201.2	246.1	271.3	1965	
Moosonee	1936	1979	220.7	61.3	125.2	1947	172.4	211.6	256.3	366.8	1942	
Morrisburg	1913	1979	241.8	63.8	100.9	1930	198.7	235.6	273.7	272.7	1946	
North Bay A	1939	1979	284.9	73.5	151.7	1963	222.8	289.8	339.8	435.4	1957	
Orono	1923	1979	216.8	65.1	98.8	1961	169.2	217.9	262.4	363.0	1940	
Ottawa CDA	1890	1979	215.3	55.0	99.3	1897	172.7	206.0	259.3	338.0	1918	
Parry Sound	1875	1975	300.7	70.0	184.0	1922	247.7	290.3	343.9	517.1	1957	
Peterborough	1891	1979	203.5	56.8	87.2	1908	158.7	200.2	252.0	315.7	1967	
Ridgetown	1923	1979	204.5	68.4	78.7	1964	160.1	194.5	244.9	424.9	1926	

TABLE/TABLEAU A.6 cont'd

AUTUMN PRECIPITATION (mm)/PRÉCIPITATION D'AUTOMNE (mm)
(September - November)/(septembre - novembre)

Station/Station	Period of Record Période d'enregistrement				Probability precipitation is less than indicated amount/Probabilité que la précipitation sera moindre que la quantité indiquée							
	From De	To A	Mean Moy.	S.D. É.T.	Extreme Min Extême Min	Year Année	25%	50%	75%	Extreme Max Extreme Max	Year Année	
St. Thomas	1926	1979	225.6	72.3	70.4	1964	172.9	231.0	270.6	444.7	1926	
Sioux Lookout A	1930	1979	208.4	69.1	113.1	1938	153.5	199.1	254.0	452.4	1941	
Smoky Falls	1934	1979	227.1	62.3	93.5	1947	171.0	232.8	268.3	366.2	1966	
Southampton	1872	1979	243.8	59.4	117.9	1908	197.3	242.9	286.3	381.0	1928	
Thunder Bay A	1879	1979	192.6	71.5	43.2	1976	151.9	178.0	229.1	424.9	1931	
Toronto	1845	1979	202.3	55.9	99.6	1908	164.1	195.6	242.0	379.3	1878	
Trenton A	1940	1979	221.6	59.1	102.1	1964	183.9	222.3	266.2	370.4	1955	
Trenton Ont.Hydro	1915	1979	214.9	60.0	91.4	1961	170.7	213.9	257.6	345.0	1977	
Vineland Station	1929	1979	190.9	65.3	83.0	1964	141.6	187.9	222.0	405.7	1945	
Welland	1892	1979	223.0	72.1	71.1	1964	180.1	210.2	253.8	454.0	1977	
White River	1889	1975	223.7	62.5	98.5	1922	177.8	220.8	268.2	365.2	1941	
Woodstock	1870	1979	218.2	62.3	67.5	1963	172.0	221.4	260.0	405.2	1977	

TABLE/TABLEAU A.7

SEASONAL SNOWFALL (cm)/CHUTE DE NEIGE SAISONNIÈRE (cm)

Station/Station	Period of Record Période d'enregistrement				Probability precipitation is less than indicated amount/Probabilité que la précipitation sera moindre que la quantité indiquée							
	From De	To A	Mean Moy.	S.D. É.T.	Extreme Min Extême Min	Year Année	25%	50%	75%	Extreme Max Extême Max	Year Année	
Beatrice	1877	1978	321.4	88.4	144.5	1878	263.9	312.9	373.4	670.1	1883	
Brockville	1916	1980	186.1	69.7	63.4	1921	137.2	175.6	243.0	370.2	1947	
Dryden	1927	1980	176.6	48.6	85.9	1940	150.4	170.2	208.5	294.1	1934	
Fort Frances	1917	1980	142.7	42.9	67.1	1929	115.9	130.2	177.8	245.2	1966	
Gore Bay	1916	1980	233.7	76.4	78.5	1961	187.7	225.4	269.8	566.3	1943	
Guelph OAC	1899	1980	138.7	35.7	58.2	1907	112.0	136.8	162.9	220.9	1952	
Harrow CDA	1918	1980	99.4	38.1	14.5	1919	74.4	98.8	129.9	192.8	1976	
Iroquois Falls	1915	1980	259.3	50.6	146.0	1973	222.1	260.0	301.0	356.0	1934	
Kapuskasing CDA	1919	1980	259.9	62.8	112.9	1919	212.5	249.4	296.4	422.1	1953	
Kenora A	1917	1980	190.2	50.4	99.1	1924	154.3	186.9	216.9	303.5	1934	
Kitchener	1915	1977	149.1	42.7	68.6	1953	123.2	147.8	171.4	245.3	1924	
Leamington	1917	1975	87.6	32.3	19.0	1919	60.9	84.0	114.4	153.6	1954	
London A	1884	1980	216.7	64.3	72.1	1933	165.7	205.8	257.4	427.0	1911	
Lucknow	1886	1980	297.0	83.2	126.7	1933	237.4	294.2	341.6	576.5	1977	
Madawaska	1916	1980	191.2	66.7	59.6	1953	149.8	185.3	227.3	481.3	1923	
Moosonee	1937	1980	261.8	69.2	135.5	1978	210.0	246.4	328.2	425.8	1953	
Morrisburg	1914	1980	221.5	68.6	91.7	1964	165.8	212.1	261.1	405.2	1926	
North Bay A	1940	1980	283.0	50.0	197.9	1961	242.9	281.3	320.1	428.2	1943	
Orono	1924	1980	159.9	62.0	64.4	1953	112.8	145.0	196.0	365.0	1941	
Ottawa CDA	1890	1980	215.8	56.4	69.9	1953	173.8	216.3	248.1	388.1	1971	
Parry Sound	1875	1976	311.8	82.8	87.6	1878	258.5	306.0	365.9	541.8	1959	
Peterborough	1892	1980	177.8	49.0	70.1	1961	135.9	179.9	213.6	302.5	1912	
Ridgetown	1924	1980	109.5	42.4	25.4	1932	76.1	106.7	142.0	203.5	1954	

TABLE/TABLEAU A.7 cont'd

SEASONAL SNOWFALL (cm)/CHUTE DE NEIGE SAISONNIÈRE (cm)

Period of Record
Période d'enregistrement

Probability precipitation is less than indicated
amount/Probabilité que la précipitation sera
moindre que la quantité indiquée

Station/Station	From De	To A	Mean Moy.	S.D. É.T.	Extreme Extême	Min Min	Year Année	25%	50%	75%	Extreme Max Extême Max	Year Année
St. Thomas	1926	1980	134.0	47.1	54.5	1932	101.0	132.1	154.2	252.1	1978	
Sioux Lookout A	1931	1980	239.4	73.5	134.2	1940	194.7	223.3	264.0	589.9	1931	
Smoky Falls	1934	1980	307.9	61.4	213.1	1980	256.8	301.9	341.5	470.8	1953	
Southampton	1873	1980	276.6	78.7	91.9	1980	212.8	276.7	328.7	353.3	1943	
Thunder Bay A	1880	1980	153.6	80.3	37.1	1902	98.6	134.9	206.8	429.6	1956	
Toronto	1844	1980	153.8	46.9	46.8	1953	121.5	152.0	181.5	313.7	1870	
Trenton A	1941	1980	178.1	44.1	104.3	1980	143.8	167.7	213.6	278.1	1978	
Trenton Ont.Hydro	1916	1980	173.3	46.9	90.9	1953	134.0	175.5	204.1	292.0	1947	
Vineland Station	1930	1980	122.5	38.1	44.7	1953	97.4	123.0	146.7	218.5	1960	
Welland	1893	1980	176.4	65.8	59.1	1919	131.9	163.4	199.7	404.5	1901	
White River	1890	1975	259.1	76.8	52.7	1892	202.2	253.4	315.5	447.4	1934	
Woodstock	1871	1980	145.1	54.3	46.4	1897	107.3	132.8	175.3	374.5	1883	

TABLE/TABLEAU A.8

SUMMER TEMPERATURES (°C)/TEMPÉRATURES D'ÉTÉ (°C)
(June - August)/(juin - août)

Station/Station	Period of Record Période d'enregistrement				S.D. É.T.	Largest Neg. temp. anomaly /Plus grande anomalie neg. de temp.	Year Année	Probability anomaly is less than indicated/ Probabilité que l'anomalie sera moindre qu'indi- quée			Largest Pos. temp. anomaly /Plus grande anomalie pos. de temp.	Year Année
	From De	To A	Mean Moy.	25%				50%	75%			
Beatrice	1878	1978	17.1	0.9	-2.3	1927	-0.8	-0.3	0.6	2.3	1955	
Brockville	1916	1979	20.0	0.9	-1.8	1965	-0.5	-0.1	0.6	2.6	1955	
Brucefield	1903	1979	18.8	1.0	-2.5	1927	-0.9	-0.4	0.5	2.3	1955	
Dryden	1914	1979	17.1	1.2	-2.7	1924	-0.9	0.1	0.8	2.9	1921	
Fort Frances	1917	1979	17.9	1.2	-2.4	1924	-0.5	0.2	1.1	3.4	1937	
Gore Bay	1916	1979	17.4	1.0	-1.7	1965	-0.6	0.1	0.6	3.1	1955	
Harrow CDA	1917	1979	21.3	0.9	-2.1	1927	-0.6	-0.1	0.6	1.9	1949	
Iroquois Falls	1915	1979	16.0	1.2	-2.2	1965	-0.6	0.1	1.1	3.0	1921	
Kapuskasing CDA	1918	1979	15.6	1.1	-2.4	1965	-0.6	0.0	0.8	3.3	1955	
Kenora A	1916	1979	17.9	1.1	-1.9	1950	-0.4	0.2	1.0	2.4	1933	
Kitchener	1915	1977	19.5	0.9	-2.7	1927	-0.8	-0.2	0.5	2.2	1955	
Leamington	1916	1978	21.3	0.8	-1.6	1927	-0.3	0.3	0.8	1.9	1933	
London A	1883	1979	19.5	0.9	-2.0	1965	-0.7	0.0	0.7	2.2	1921	
Lucknow	1886	1979	18.5	1.0	-2.7	1927	-0.8	-0.1	0.7	2.3	1955	
Madawaska	1916	1979	16.3	0.9	-2.3	1927	-0.7	-0.2	0.3	1.8	1955	
Morrisburg	1913	1979	18.9	1.0	-2.3	1914	-0.9	-0.2	0.4	2.1	1955	
Ottawa CDA	1890	1979	19.3	0.9	-1.7	1927	-0.6	0.0	0.6	2.5	1955	
Ridgetown	1923	1979	20.6	0.9	-1.9	1927	-0.6	0.0	0.6	2.1	1949	
Sioux Lookout A	1914	1979	16.7	1.2	-2.8	1928	-0.9	0.0	0.8	2.4	1955	
Southampton	1874	1979	17.7	1.0	-2.1	1926	-0.9	-0.4	0.4	2.6	1949	
Thunder Bay A	1878	1979	15.8	0.9	-1.9	1883	-0.9	-0.3	0.4	2.6	1955	
Toronto	1840	1979	19.6	1.2	-3.7	1851	-2.2	-1.0	-0.2	2.2	1949	
Turbine	1914	1979	17.4	1.2	-2.6	1927	-1.0	-0.3	0.5	2.6	1955	
Vineland Station	1929	1979	20.4	0.8	-1.5	1965	-0.5	0.0	0.7	2.2	1949	
Welland	1892	1979	20.3	0.9	-2.5	1927	-0.7	-0.3	0.5	2.5	1949	
Woodstock	1873	1979	19.9	0.9	-2.3	1927	-0.6	-0.2	0.5	2.2	1955	

Temperature anomaly is based on 1941-70 normal/Les anomalies de températures sont basées sur les normales de 1941 à 1970

TABLE/TABLEAU A.9

WINTER TEMPERATURES (°C)/TEMPÉRATURES D'HIVER (°C)
(December - February)/(décembre - février)

Station/Station	Period of Record Période d'enregistrement				S.D. É.T.	Largest Neg. temp. anomaly /Plus grande anomalie neg.	Year de temp. Année	Probability anomaly is less than indicated/ Probabilité que l'anomalie sera moindre qu'indi- quée			Largest Pos. temp. anomaly /Plus grande anomalie pos.	Year de temp. Année
	From De	To A	Mean Moy.	E.T.				25%	50%	75%		
Beatrice	1879	1979	- 9.2	1.9	-5.0	1904	-1.4	0.1	0.9	4.1	1932	
Brockville	1916	1980	- 7.1	2.0	-4.0	1918	-1.7	0.0	1.1	4.3	1933	
Brucefield	1904	1980	- 5.5	1.9	-5.3	1904	-1.3	0.0	0.7	4.9	1932	
Dryden	1915	1980	-16.4	2.4	-6.0	1917	-1.8	-0.5	1.6	4.7	1931	
Fort Frances	1917	1980	-13.9	2.3	-4.4	1917	-1.9	-0.5	1.1	5.9	1931	
Gore Bay	1916	1980	- 8.7	2.0	-4.8	1918	-0.9	0.1	1.1	5.4	1917	
Harrow CDA	1918	1980	- 2.9	1.9	-4.6	1918	-0.6	0.0	1.0	5.7	1932	
Iroquois Falls	1915	1980	-16.1	2.2	-7.7	1918	-1.8	-0.3	1.6	4.5	1919	
Kapuskasing CDA	1919	1980	-16.3	2.0	-5.2	1934	-1.7	-0.1	1.2	3.7	1932	
Kenora A	1917	1980	-15.5	2.3	-5.5	1917	-1.7	-0.3	1.5	5.4	1931	
Kitchener	1915	1977	- 5.5	1.7	-3.9	1918	-0.8	0.2	0.9	4.9	1932	
Leamington	1917	1978	- 3.1	1.7	-4.2	1918	-0.9	0.1	0.8	4.4	1932	
London A	1884	1980	- 5.1	1.8	-3.9	1904	-0.9	0.2	1.0	4.9	1890	
Lucknow	1887	1980	- 5.6	1.8	-5.5	1918	-1.3	-0.4	0.7	4.3	1890	
Madawaska	1916	1980	-10.9	2.1	-5.0	1920	-1.7	-0.2	1.0	3.9	1932	
Morrisburg	1914	1980	- 8.4	2.0	-5.1	1918	-1.7	-0.4	0.9	4.7	1933	
Ottawa CDA	1890	1980	- 9.8	1.9	-6.5	1934	-1.6	-0.4	1.0	4.0	1953	
Ridgetown	1924	1980	- 3.5	1.7	-3.8	1963	-0.8	0.3	0.8	5.1	1932	
Sioux Lookout A	1915	1980	-16.8	2.3	-8.1	1917	-2.0	-0.2	1.1	4.9	1931	
Southampton	1874	1980	- 5.2	1.8	-5.0	1918	-1.6	-0.1	0.8	3.9	1932	
Thunder Bay A	1878	1980	-12.6	2.3	-4.9	1885	-1.4	0.4	1.5	7.4	1878	
Toronto	1841	1980	- 4.2	1.8	-5.3	1875	-2.1	-0.8	0.2	3.8	1932	
Turbine	1915	1980	-10.9	2.0	-6.6	1918	-1.9	-0.6	1.1	3.9	1932	
Vineland Station	1930	1980	- 2.6	1.6	-3.4	1977	-0.9	0.1	0.7	4.5	1932	
Welland	1893	1980	- 3.8	1.8	-4.7	1904	-1.4	-0.4	0.4	4.4	1932	
Woodstock	1874	1980	- 5.4	1.9	-4.6	1904	-1.6	-0.1	0.7	4.9	1932	

Temperature anomaly is based on 1941-70 normal/Les anomalies de températures sont basées sur les normales de 1941 à 1970