



Second Session  
Thirty-seventh Parliament, 2002

SENATE OF CANADA

---

*Proceedings of the Standing  
Senate Committee on*

**Agriculture  
and Forestry**

*Chair:*

The Honourable DONALD H. OLIVER

---

Thursday, November 21, 2002

---

**Issue No. 2**

**First meeting on:**

The impact of climate change

---

WITNESS:  
(See back cover)

Deuxième session de la  
trente-septième législature, 2002

SÉNAT DU CANADA

---

*Délibérations du Comité  
sénatorial permanent de l'*

**Agriculture  
et des forêts**

*Président:*

L'honorable DONALD H. OLIVER

---

Le jeudi 21 novembre 2002

---

**Fascicule n° 2**

**Première réunion concernant:**

L'impact du changement climatique

---

TÉMOIN:  
(Voir à l'endos)

THE STANDING SENATE COMMITTEE ON  
AGRICULTURE AND FORESTRY

The Honourable Donald H. Oliver, *Chair*

The Honourable Jack Wiebe, *Deputy Chair*

and

The Honourable Senators:

* Carstairs, P.C. (or Robichaud, P.C.) Chalifoux Day Fairbairn, P.C. Gustafson Hubley	LaPierre LeBreton * Lynch-Staunton (or Kinsella) Moore Tkachuk
---	---

\* *Ex Officio Members*

(Quorum 4)

*Changes in membership of the committee:*

Pursuant to rule 85(4), membership of the committee was amended as follows:

The name of the Honourable Senator Wiebe was substituted for that of the Honourable Senator Smith (*November 8, 2002*).

LE COMITÉ SÉNATORIAL PERMANENT DE  
L'AGRICULTURE ET DES FORÊTS

*Président:* L'honorable Donald H. Oliver

*Vice-président:* L'honorable Jack Wiebe

et

Les honorables sénateurs:

* Carstairs, c.p. (ou Robichaud, c.p.) Chalifoux Day Fairbairn, c.p. Gustafson Hubley	LaPierre LeBreton * Lynch-Staunton (ou Kinsella) Moore Tkachuk
---	---

\* *Membres d'office*

(Quorum 4)

*Modification de la composition du comité:*

Conformément à l'article 85(4) du Règlement du Sénat, la liste des membres du comité est modifiée, ainsi qu'il suit:

Le nom de l'honorable sénateur Wiebe est substitué à celui de l'honorable Smith (*le 8 novembre 2002*).

**MINUTES OF PROCEEDINGS**

OTTAWA, Thursday, November 21, 2002  
(3)

[*English*]

The Standing Senate Committee on Agriculture and Forestry met this day in room 705, Victoria Building, at 8:30 a.m., the Chair, the Honourable Senator Donald H. Oliver, presiding.

*Members of the committee present:* The Honourable Senators Chalifoux, Day, Fairbairn, P.C., Gustafson, Hubley, LeBreton, Oliver, Tkachuk and Wiebe (9).

*In attendance:* From the Research Branch of the Library of Parliament: Lori Srivastava and Frédéric Forge; Keli Hogan from the Senate Committees and Private Legislation Directorate.

*Also in attendance:* The official reporters of the Senate.

Pursuant to the Order of Reference adopted by the Senate on Thursday, October 31, 2002, the committee began to consider the impact of climate change on Canada's agriculture, forests and rural communities and the potential adaptation options focusing on primary production, practices, technologies, ecosystems and other related areas. (*For a complete text of Order of Reference see proceedings of the committee, Issue No. 1.*)

**WITNESS:**

*From Environment Canada:*

Henry Hengeveld, Chief Science Advisor, Climate Change.

The Chair made an opening statement.

Henry Hengeveld made a presentation and answered questions.

At 10:26 a.m., the committee adjourned to the call of the Chair.

**ATTEST:****PROCÈS-VERBAL**

OTTAWA, le jeudi 21 novembre 2002  
(3)

[*Traduction*]

Le Comité sénatorial permanent de l'agriculture et des forêts se réunit aujourd'hui à 8 h 30, dans la salle 705 de l'édifice Victoria, sous la présidence de l'honorable sénateur Donald H. Oliver (*président*).

*Membres du comité présents:* Les honorables sénateurs Chalifoux, Day, Fairbairn, c.p., Gustafson, Hubley, LeBreton, Oliver, Tkachuk et Wiebe (9).

*Également présents:* De la Direction de la recherche parlementaire, de la Bibliothèque du Parlement: Lori Srivastava et Frédéric Forge; Keli Hogan de la Direction des comités et de la législation privée du Sénat.

*Aussi présents:* Les sténographes officiels du Sénat.

Conformément à l'ordre de renvoi adopté par le Sénat le jeudi 31 octobre 2002, le comité entreprend son examen de l'impact du changement climatique sur l'agriculture, les forêts et les collectivités rurales au Canada et les stratégies d'adaptation à l'étude axées sur l'industrie primaire, les méthodes, les outils technologiques, les écosystèmes et d'autres éléments s'y rapportant. (*Voir le texte intégral de l'ordre de renvoi dans les délibérations du comité, fascicule n° 1.*)

**TÉMOIN:**

*D'Environnement Canada:*

Henry Hengeveld, conseiller scientifique principal, Changements climatiques.

Le président fait une déclaration d'ouverture.

Henry Hengeveld fait un exposé et répond aux questions.

À 10 h 26, le comité s'ajourne jusqu'à nouvelle convocation de la présidence.

**ATTESTÉ:**

*Le greffier du comité,*

Daniel Charbonneau

*Clerk of the Committee*

## EVIDENCE

OTTAWA, Thursday, November 21, 2002

The Standing Senate Committee on Agriculture and Forestry met this day at 8:30 a.m. to examine the impact of climate change on Canada's agriculture, forests and rural communities and the potential adaptation options focusing on primary production, practices, technologies, ecosystems and other related areas.

**Senator Donald H. Oliver** (*Chairman*) in the Chair.

[*English*]

**The Chairman:** I would like to call this third meeting of the Standing Senate Committee on Agriculture and Forestry to order. I would like to welcome all senators, and I would like to particularly welcome senators to the beginning of our study into the impact of climate change and the necessary adaptation that will be required. I would like to welcome Canadians watching and listening to our hearings in Ottawa on CPAC and on the Internet.

On October 31, this committee received a specific mandate from the Senate of Canada to review the impact that climate change is having on Canada's agriculture, its forests and its rural communities.

Over the last few years, we have seen clear and sometimes dramatic evidence that our climate is changing. Unfortunately, climate change is here and will be with us for a very long time.

This committee is now undertaking an intensive study on how our farming and forestry practices across this country must adapt to such potential effects as less rainfall, longer growing periods and much hotter temperatures. We will examine the potential adaptation options, focusing on primary production, practices, technology and ecosystems.

As we continue our examination, with our given mandate, other issues may also require a closer look. The committee is to table its final report at the end of December 2003. This is not a study of the Kyoto accord. Our study goes beyond the scope of one international treaty. As a country, we need to examine the impact of climate change, and the adaptation to it, not just in 10 years, but 20 and 50 years, for farmers and those involved in forestry.

What needs to change today in order to sustain our industries and our communities tomorrow? We will be inviting experts, practitioners, community leaders and other interested parties to hear our views.

Since our time is limited during our hearings, I encourage Canadians to participate in this process by making their views known to us. Their opinions and views can be expressed by writing to the committee members by way of electronic mail at

## TÉMOIGNAGES

OTTAWA, le jeudi 21 novembre 2002

Le Comité sénatorial permanent de l'agriculture et des forêts se réunit aujourd'hui à 8 h 30 pour examiner l'impact du changement climatique sur l'agriculture, les forêts et les collectivités rurales au Canada et les stratégies d'adaptation à l'étude axées sur l'industrie primaire, les méthodes, les outils technologiques, les écosystèmes et d'autres éléments s'y rapportant.

**Le sénateur Donald H. Oliver** (*président*) occupe le fauteuil.

[*Traduction*]

**Le président:** Cette troisième séance du Comité sénatorial permanent de l'agriculture et des forêts est ouverte. Je souhaite la bienvenue à tous les sénateurs, et plus particulièrement à cette première séance de notre étude sur l'impact du changement climatique et les stratégies d'adaptation qu'il faudra adopter. Je souhaite aussi la bienvenue aux Canadiens et Canadiennes qui nous regardent et qui nous écoutent sur CPAC et Internet.

Le 31 octobre, le comité s'est vu confier par le Sénat un mandat précis. C'est d'examiner l'impact du changement climatique sur l'agriculture, les forêts et les collectivités rurales au Canada.

Depuis quelques années, nous sommes témoins de signes évidents, et parfois troublants, du changement de notre climat. Malheureusement, le changement climatique est une réalité et continuera de l'être pendant longtemps.

Notre comité entreprend donc une étude intensive de la façon dont les pratiques forestières et agricoles du pays devront être adaptées aux effets éventuels comme des pluies moins abondantes, des périodes de croissance écourtées et des températures plus élevées. Nous examinerons les stratégies possibles d'adaptation en mettant l'accent sur l'industrie primaire, les pratiques, la technologie et les écosystèmes.

Compte tenu de notre mandat, il est possible qu'au cours de notre examen, d'autres questions nécessitent une étude plus approfondie. Notre comité doit déposer son rapport à la fin de décembre 2003. Il ne s'agit pas ici d'une étude de l'accord de Kyoto. Notre étude va bien au-delà d'un seul traité international. Notre pays se doit de se pencher sur l'impact du changement climatique et sur ce qui doit être fait pour s'y adapter, pas seulement pour les 10 prochaines années, mais pour les 20 et 50 prochaines années, dans l'intérêt des secteurs agricoles et forestiers.

Que faut-il changer dès aujourd'hui pour soutenir nos industries et nos collectivités de demain? Nous inviterons des experts, des praticiens, des leaders communautaires et d'autres intéressés à nous faire part de leurs vues.

Étant donné que le temps dont nous disposons pendant nos audiences est limité, j'encourage les Canadiens à participer à notre étude en nous faisant parvenir leurs observations. Ils peuvent le faire en écrivant aux membres du comité par voie électronique à

agfo@sen.parl.gc.ca. For those who use conventional mail, they can write to us at the Standing Senate Committee on Agriculture and Forestry, the Senate, Ottawa, Ontario, K1A 0A4.

Honourable senators, our witness today is Mr. Henry Hengeveld, senior science adviser on climate change from Environment Canada. He is a graduate from the University of Toronto in the fields of mathematics, physics and meteorology, and he has published numerous reports on the science of climate change.

I would like to advise senators that next Tuesday, we will hear from the assistant deputy minister about government policies.

Mr. Hengeveld will speak to us today on the scientific questions of our changing climate. Welcome.

**Mr. Henry Hengeveld, Chief Science Advisor, Climate Change, Environment Canada:** Mr. Chairman, it is a pleasure to be here to testify on the science of climate change. I think anyone who has read the media accounts on the science of climate change recently will appreciate that it is very complex. I just want to spend a few minutes talking about the nature of the science to put that issue into context.

First of all, I think trying to understand how the climate system works is a little like trying to understand how the planet ticks. It is somewhat arrogant to suggest that we will ever fully understand that, but it does mean that it involves many different scientific disciplines, almost all the science disciplines under the sun. It also means that there are many scientists involved and that many science papers are published. In fact, at the moment there are several thousand papers published in peer-reviewed journals every year. The total science research package is estimated globally to be U.S. \$3 billion a year, partly because of the costly effort of monitoring the climate system through satellites and other means.

I draw the analogy that trying to understand climate change is a bit like putting together a huge jigsaw puzzle. If we think of each paper as one piece in the puzzle, this is a jigsaw puzzle with 10,000 or more pieces, with each scientist having a few of the pieces to bring to the table. It means that no single scientist can hope to give you the picture. It means there is a need for collaboration among scientists to do comprehensive international assessments involving all the disciplines, involving all the historical research, as well as the more recent, to put the picture together, much like we might want to do with a very large jigsaw puzzle.

The United Nations General Assembly already recognized this need in 1988 and at that time asked two of its science agencies to put together a process that would allow the scientists from all the different disciplines to do this. It is a process known as the

agfo@sen.parl.gc.ca ou par courrier ordinaire au Comité sénatorial permanent de l'agriculture et des forêts, le Sénat, Ottawa(Ontario) K1A 0A4.

Mesdames et messieurs les sénateurs, nous accueillons aujourd'hui M. Henry Hengeveld, conseiller scientifique principal sur les changements climatiques à Environnement Canada. C'est un diplômé de l'Université de Toronto dans les domaines des mathématiques, de la physique et de la météorologie et il a publié de nombreux rapports sur les aspects scientifiques du changement climatique.

Prenez également note que mardi prochain, nous accueillerons le sous-ministre adjoint qui nous entretiendra des politiques du gouvernement.

M. Hengeveld nous parlera aujourd'hui des aspects scientifiques liés au changement climatique. Soyez le bienvenu.

**M. Henry Hengeveld, conseiller scientifique principal, Changements climatiques, Environnement Canada:** Monsieur le président, je suis très heureux de venir témoigner sur la science sous-jacente à la question du changement climatique. Tous ceux qui ont lu ou entendu ce que disent les médias depuis quelque temps sur les aspects scientifiques du changement climatique savent que c'est un dossier très complexe. J'aimerais d'abord vous expliquer quelques notions scientifiques pour bien cerner le contexte.

Premièrement, tenter de comprendre le fonctionnement du système climatique, c'est un peu comme tenter de comprendre ce qui fait tourner la planète. Il est un peu arrogant de croire que nous saurons tout à ce sujet un jour, mais il est certain qu'il faut mettre à contribution bon nombre de disciplines scientifiques différentes, en fait, presque toutes les disciplines scientifiques. Cela signifie aussi que sont mis à contribution de nombreux scientifiques et que des articles tout aussi nombreux sont publiés dans les revues spécialisées. De fait, à l'heure actuelle, plusieurs milliers d'articles évalués par des pairs sont publiés chaque année. À l'échelon mondial, on estime que cette recherche scientifique coûte 3 milliards de dollars américains chaque année, surtout en raison de la surveillance du système climatique par satellite et autrement, qui est très coûteuse.

Essayer de comprendre le changement climatique c'est un peu comme essayer de mettre en place toutes les pièces d'un gigantesque casse-tête. Si nous considérons chaque étude publiée comme une pièce du casse-tête, c'est un casse-tête de plus de 10 000 pièces, chaque scientifique apportant quelques pièces à cet ensemble. Cela veut dire qu'aucun scientifique ne peut à lui seul espérer vous donner tout l'ensemble. Cela signifie qu'il est indispensable que les scientifiques collaborent pour faire des évaluations internationales exhaustives faisant appel à toutes les disciplines, à toute la recherche historique, ainsi qu'à la plus récente, pour composer l'ensemble, tout comme pour réaliser un gigantesque casse-tête.

L'Assemblée générale des Nations Unies avait déjà reconnu cette nécessité en 1988 et avait demandé à deux de ses agences scientifiques de mettre en place un processus permettant de rassembler les recherches des scientifiques de toutes les différentes

Intergovernmental Panel on Climate Change, which issued its first report in 1990. It was a rather cautious statement about what we do and do not know about climate change.

Within two years, the Framework Convention on Climate Change was adopted at Rio. There is a connection in that the sound science from the first report was a significant input into the political process that led to the Framework Convention on Climate Change. Through the second and third report, confidence increased, both because we acquired thousands more pieces to the puzzle in the 10-year time lapse and because we have watched the climate evolve for 10 more years. Therefore, by the third report, which was released almost two years ago, there was increasing confidence in our knowledge. We can also see a parallel progression, not unlinked, on the political side in terms of developing the Kyoto Protocol and, more recently, some of the processes for implementing it.

There are, of course, skeptics and critics of the IPCC process. It is not surprising that science, by its nature, is adversarial. It is like courtroom law, in that scientists are trained to try to pick holes in each other's theories. Therefore, there will always be those, especially when you deal with several thousand scientists, who say, "I do not believe it."

This also happened with IPCC's third report. Different groups advised President Bush of the U.S., for example, that he should not believe the IPCC report. The President therefore asked the U.S. National Research Council, under the National Academy of Sciences, to do its own assessment and to comment on the IPCC report.

It came back with a rather ringing endorsement, referring primarily to this volume, which is the first part of the report. You can see that there has been a lot of effort. This is like a Senate report. A lot of work goes into it. They concluded that this was an admirable summary of research activities in climate science.

Around the same time, 17 academies of science from 17 other countries also came onboard and said the work of the IPCC "represents the consensus of the international science community on climate change science. We recognize IPCC as the world's most reliable source of information...and endorse its method of achieving this consensus." Clearly, the science community believes that this, while imperfect, is still the best source of information available. It will be the primary source that I will use to present some of the fundamental, underlying facts about climate change science.

The first one we need to understand is the very principle of the greenhouse effect itself. This was already hypothesized in 1827 by a French mathematician, Jean Fourier, who pointed out that trace gases in the atmosphere work, in his view, like the glass in a

disciplines. Ce processus a un nom, c'est le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat qui a publié son premier rapport en 1990. C'était un énoncé assez prudent de ce que nous savions et ne savions pas sur le changement climatique.

Dans les deux ans qui ont suivi, la Convention-cadre sur les changements climatiques a été adoptée à Rio. Il y a un lien dans la mesure où les résultats scientifiques du premier rapport ont grandement servi le processus politique qui a mené à la Convention cadre sur les changements climatiques. Dans le deuxième et le troisième rapports, la confiance s'est accrue, tant parce que nous avons acquis des milliers de pièces supplémentaires pour le casse-tête dans les 10 ans qui s'étaient écoulés que parce que nous avons observé l'évolution du climat pendant 10 ans de plus. En conséquence, dans le troisième rapport, qui a été publié il y a près de deux ans, la confiance dans nos connaissances avait augmenté. Nous pouvons également constater une progression parallèle, concomitante, sur le plan politique avec l'élaboration du Protocole de Kyoto et, plus récemment, certaines des procédures de son application.

Bien entendu, le processus du GIEC a ses sceptiques et ses détracteurs. Ce n'est pas surprenant puisque par nature, la science est conflictuelle. C'est comme dans un tribunal, les scientifiques essaient de démolir mutuellement leurs théories. Par conséquent, il y aura toujours ceux, surtout quand on a affaire à plusieurs milliers de scientifiques, qui diront: «Je ne vous crois pas».

C'est également ce qui est arrivé au troisième rapport du GIEC. Par exemple, différents groupes ont conseillé au président Bush des États-Unis, de ne pas croire ce que disait le rapport du GIEC. En conséquence, le président a demandé au Conseil national de recherche des États-Unis, sous l'égide de l'Académie nationale des sciences, de faire sa propre évaluation et de commenter le rapport du GIEC.

Ils lui ont accordé les félicitations du jury, en se référant principalement à ce volume, qui est la première partie du rapport. Vous pouvez voir qu'il est le résultat de beaucoup d'efforts. C'est comme un rapport du Sénat. Beaucoup d'efforts y sont consacrés. Ils ont conclu que c'était un admirable résumé des activités de recherche en science climatique.

À peu près à la même époque, 17 académies des sciences de 17 autres pays ont également déclaré que le travail du GIEC «représente le consensus des milieux scientifiques internationaux sur la science du changement climatique. Nous voyons dans le GIEC la source mondiale la plus fiable d'information... et nous appuyons sa méthode d'obtention de ce consensus». Il est clair que la communauté scientifique croit que, même imparfaite, cela reste toujours la meilleure source d'information disponible. Ce sera la source principale que j'utiliserai pour présenter certains des faits inhérents et fondamentaux concernant la science du changement climatique.

Le premier fait qu'il nous faut comprendre c'est le principe même de l'effet de serre lui-même. Cette hypothèse avait déjà été avancée en 1827 par un mathématicien français, Jean Fourier, qui avait déterminé que les gaz dans l'atmosphère, selon lui, jouent le

greenhouse. Perhaps more relevant would be comparing it to an insulating blanket around the planet that prevents heat from escaping into space.

The atmosphere is a very valuable resource. It is a significant part of the life support system of the earth. First of all, it contains the air that we breathe, which is 21 per cent oxygen. Very few other planets have that. It is one of the reasons why life can exist on earth. It also has a stratospheric ozone layer that protects us from harmful ultraviolet rays from the sun, which is why we are concerned about the depletion of the ozone layer. Finally, it has a suitable, stable climate and weather on which we rely. It is the latter that we want to focus on today.

If we look at the vertical profile of the earth's atmosphere and try to understand how this natural greenhouse effect works, we can look at it as the sun providing the energy that drives this climate engine. It is incoming solar radiation that provides the heat that drives photosynthesis and evaporation, warms the earth's surface, and drives the winds and ocean currents. That is the energy that drives the climate system.

About 31 per cent of the sun's incoming energy is reflected back into space by clouds and aerosols, and by reflection from the surface of the earth itself. However, we cannot just keep pumping more energy into a system without releasing energy, because then we would have an overheating system. We must have a means of releasing this energy back into space, and that happens through outgoing heat energy. It is here that the natural greenhouse effect becomes important because greenhouse gases absorb much of the energy and re-radiate it in all directions, much of it back down. Without this effect, the earth's temperature would be 33 degrees colder than it is today. It would be unliveable, so this is a very critical aspect of the life support system and of the debate about climate change.

Greenhouse gas comprises a very low concentration of less than 1 per cent of the atmosphere. We can change this concentration, which is like removing or adding blankets to our bed at night to affect the temperature underneath.

This is a graph that shows how the concentration of CO<sub>2</sub>, or carbon dioxide, one of the key gases, has changed over the last 1,000 years. We can use ice cores that have fossilized air bubbles imbedded within them, representing marvellous little samples of what the atmosphere has been like over the last 400,000 years. When we look at these ice core records from Antarctica and Greenland, we find the concentrations of CO<sub>2</sub> have been remarkably stable, at slightly below 0.3 per cent of the atmosphere throughout the last 1,000 years. In fact, if we look at the 400,000-year record, the highest concentration we can detect is about 300 parts per million; yet in the last 200 years, it has increased to the point where today the concentrations are

même rôle que le verre qui entoure une serre. Il serait peut-être encore plus pertinent de le comparer à une couverture isolante autour de la planète qui empêche la chaleur de s'échapper dans l'espace.

L'atmosphère est une ressource très précieuse. C'est un élément important du système qui entretient la vie sur terre. Pour commencer, elle contient l'air que nous respirons qui est composé à 21 p. 100 d'oxygène. Très peu d'autres planètes ont ça. C'est une des raisons pour lesquelles la vie peut exister sur la terre. Elle contient également une couche stratosphérique d'ozone qui nous protège des rayons ultraviolets nocifs émis par le soleil, raison pour laquelle nous nous inquiétons tellement de l'amincissement de la couche d'ozone. Enfin, elle est à la base d'un climat et de conditions météorologiques appropriées et stables sur lesquels nous comptons. C'est à ces dernières que nous prêterons notre attention aujourd'hui.

Si nous observons le profil vertical de l'atmosphère de la terre et si nous essayons de comprendre comment cet effet naturel de serre fonctionne, nous pouvons prendre comme point de départ que c'est le soleil qui fournit l'énergie qui alimente ce moteur climatique. Ce sont les rayons du soleil qui fournissent la chaleur et qui provoquent la photosynthèse et l'évaporation, réchauffent la surface de la terre et alimentent les vents et les courants océaniques. C'est l'énergie qui alimente le système climatique.

Environ 31 p. 100 du rayonnement solaire est réfléchi vers l'espace quand elle touche les nuages et les aérosols et par la surface de la terre elle-même. Cependant, nous ne pouvons continuer à alimenter le système en énergie sans en relâcher une partie, autrement il y a surchauffe du système. Il nous faut le moyen de renvoyer cette énergie dans l'espace et cela se fait sous la forme de cette chaleur qui est dégagée. C'est là que l'effet de serre naturel devient important car les gaz à effets de serre absorbent une grande partie de l'énergie et la rediffusent de nouveau dans toutes les directions, y compris vers la terre. Sans cet effet, la température de la terre serait de 33 degrés inférieure à ce qu'elle est aujourd'hui. Ce serait invivable, ce qui en fait donc un aspect vital du système qui entretient la vie et du débat sur le changement climatique.

Les gaz à effet de serre comprennent une très faible concentration de moins de 1 p. 100 de l'atmosphère. Nous pouvons modifier cette concentration, ce qui revient à enlever ou à ajouter des couvertures sur notre lit le soir pour modifier la température sous ces couvertures.

Ceci est un graphique qui vous montre l'évolution de la concentration de CO<sub>2</sub>, ou de gaz carbonique, un des gaz clés, au cours des dernières 1 000 années. Nous pouvons utiliser des carottes de glace qui ont fossilisé les bulles d'air qu'ils contiennent, représentant de merveilleux petits échantillons de ce qu'a été l'atmosphère au cours des 400 000 dernières années. Lorsque nous examinons les données sur ces carottes de glace de l'Antarctique et du Groenland, nous constatons que les concentrations en CO<sub>2</sub> sont restées remarquablement stables, à un peu moins de 0,3 p. 100 de l'atmosphère au cours des dernières 1 000 années. De fait, si nous consultons les données pour les 400 000 années, la concentration la plus forte que nous puissions

31 per cent above pre-industrial levels. They are certainly the highest at any time in the last 400,000 years and are likely the highest they have ever been in the last 20 million years. There is a clear indication that humans have caused the change in concentrations.

In 1957, a few scientists first raised the alarm about this, saying that we are conducting a huge geographic experiment with the planet Earth, and it is the only planet we have. This was the initial warning from the science community that we needed to understand this issue much better, and it has precipitated quite intense research over the last 45 years.

The first thing that we need to ask is, if we have already seen a large increase in CO<sub>2</sub> and a number of other greenhouse gases like methane and nitrous oxide, where is the evidence that this is beginning to affect the climate? There are two factors here. One is that the climate is naturally very noisy. There are a lot of oscillations and fluctuations. We see that year to year and decade to decade, and there is evidence that this happens on longer time scales.

We have to have a signal, if you will, that is loud enough to get beyond the background noise. It is like trying to listen to Bach when your son is playing rock music next door. If he has the rock music turned up, you have to crank up your Bach signal. That is what we are doing here. The other issue, of course, is that there is a lag in the system. It takes a long time for the oceans to warm up and respond to the pressures toward higher temperatures that are occurring. Despite this, when we look at all the different temperature records and ocean data over the last 140 years, we do see a consistent warming pattern that suggests that the earth has warmed by about six-tenths of a degree over the last century. There is some uncertainty because of potential error in the data, so the range is somewhere between 0.4 and 0.8. Again, uncertainty works both ways, in the sense that we may have underestimated as well as overestimated.

There are those who will argue that this may be part of a natural trend, whereby we see climate variations on century time scales, so the science community has also looked at possible factors that may have caused it. First of all, if we look at the last 140 years, there are natural sources like changes in the intensity of sunlight reaching the earth. We talk about a "solar constant," but the "constant" is not quite constant. It does fluctuate. On top of that, we have volcanic eruptions putting dust into the air and increasing the amount of sunlight that is reflected back into space. When we look at these two factors over the last 140 years, we see that, based on model projections of how the climate system should have responded to these natural forces, with the observed shown in red in this diagram and the model results in grey, some of the changes in the first part of the 20th century could be explained by solar and volcanic eruptions, both because the solar

détecter est d'environ 300 parties par million; pourtant au cours des 200 dernières années, elle a augmenté au point où aujourd'hui les concentrations sont de 31 p. 100 supérieures aux niveaux de l'époque préindustrielle. Elles sont certainement au point le plus élevé qui ait jamais existé au cours des 400 000 dernières années et sont vraisemblablement au point le plus élevé qu'elles ont jamais été au cours des 20 derniers millions d'années. Les indices montrent clairement que les humains sont à l'origine de ce changement de concentrations.

En 1957, quelques scientifiques ont été les premiers à tirer la sonnette d'alarme, disant que nous étions en train de nous livrer à une énorme expérience géographique avec la planète terre, notre seule planète. C'était le premier avertissement de la communauté scientifique nous disant qu'il était indispensable de mieux comprendre cette question et c'est ce qui a précipité les recherches assez intensives des 45 dernières années.

La première chose que nous devons nous demander, si nous avons déjà constaté une grosse augmentation du CO<sub>2</sub> et d'un certain nombre d'autres gaz à effet de serre comme le méthane et l'oxyde nitreux, c'est où se trouve la preuve que cela commence à affecter le climat? Il y a ici deux facteurs. Premièrement, le climat, naturellement, est très bruyant. Il y a beaucoup d'oscillations et de fluctuations. Nous le constatons année après année, décennie après décennie, et nous avons la preuve que cela se déroule sur des échelles de temps plus longues.

Il nous faut pour ainsi dire un signal qui soit suffisamment clair pour se détacher du bruit de fond. C'est comme essayer d'écouter du Bach quand votre fils joue du rock dans la pièce d'à côté. Si le volume de sa musique est trop fort, vous devez relever le volume de votre Bach. C'est ce que nous tentons de faire ici. Il y a aussi le décalage dans le système. Les océans mettent longtemps à se réchauffer sous l'effet des pressions à la hausse qui s'exercent sur les températures. Malgré cela, quand nous analysons les différents records de températures et les données relatives aux océans pour les 140 dernières années, nous constatons une tendance constante vers le réchauffement qui laisse croire que la terre s'est réchauffée d'environ six dixièmes de un degré au cours des 100 dernières années. Une certaine incertitude persiste en raison de la possibilité de données erronées, de sorte que la fourchette se situe quelque part entre 0,4 et 0,8. Je précise toutefois que cette incertitude peut résulter d'une sous-estimation aussi bien que d'une surestimation.

Certains diront que tous ces changements s'inscrivent à l'intérieur d'un cycle naturel puisque nous enregistrons des variations climatiques sur des périodes de 100 ans. Voilà pourquoi les chercheurs ont examiné divers facteurs susceptibles d'en être la cause. D'abord, si nous prenons les 140 dernières années, nous repérons des causes naturelles tels que les changements dans l'intensité des rayons solaires qui atteignent la terre. Nous parlons de la «constante solaire», mais cette «constante» n'est pas tout à fait constante. Il y a des fluctuations. En outre, nous avons des éruptions volcaniques qui rejettent des poussières dans l'atmosphère, ce qui fait augmenter la quantité de rayonnement solaire réfléchi vers l'espace. Quand nous analysons ces deux facteurs sur cette période de 140 ans, nous constatons, grâce aux projections modélisées de la réaction attendue du système climatique à ces forces naturelles — les changements



intensity increased and the number of volcanic eruptions decreased, putting less dust into the air. In the last 50 years, however, the reverse is true. Increasing volcanic eruptions have added more dust to the air and the climate system should have cooled, based on those two factors alone. Instead, it warmed quite rapidly.

If we add the human element into it and the change in greenhouse gas concentrations, when the model looks at all three of these factors, volcanic, solar and human, we find a very good reproduction of what is actually observed. That suggests that what we are seeing is consistent with human influences that have been very substantial in the last 50 years.

The final factor is that when we look at the recent changes in comparison to reconstructed climate over the last millennium, we find that the 20th century was the warmest of the millennium. The 1990s was the warmest decade and 1998 was the single warmest year. 2001 was the second warmest, and 2002 will likely be between the two. The three warmest years will probably be within the last five years.

There are also many other ways, other than temperature, in which the world's climate is changing quite dramatically. We are seeing receding glaciers all over the world. I just saw a paper a couple of weeks ago stating that Mount Kilimanjaro, which has had ice caps on it for the last 10,000 years, will likely have no ice on it within 20 years. That is just one example. There are tremendous changes in glaciers in Europe, Asia, the Himalayas and North America.

We also see sea levels rising, although not dramatically yet. It has been about 20 centimetres over the last century, but we are seeing evidence in certain areas of the world of crumbling coastlines. We also see a dramatic retreat of Arctic Sea ice, where the coverage of multi-year ice in the Arctic is about 13 per cent less now than it was 30 years ago.

These are all trends — although fairly short term, so we need to be careful how we use them — that are consistent with the concept of a warmer world. This led the IPCC to conclude in 2001 “that there is now new and stronger evidence that most of the warming observed over the last 50 years is attributable to human activity.”

That tells us a little about what has happened until now. The main concern is what will happen over the next century. It is here that the science gets a little more uncertain, because we now have two problems with which to deal. One is predicting future human behaviour and how that will affect greenhouse gas emissions. That is not a scientific uncertainty; it is a demographic one related

observés sont indiqués en rouge dans le diagramme et les résultats modélisés en gris — que certains des changements enregistrés au cours de la première partie du XX<sup>e</sup> siècle peuvent être attribuables aux éruptions solaires et volcaniques, tant parce que l'intensité solaire s'est accrue et que le nombre d'éruptions volcaniques a diminué et que moins de poussières ont été rejetées dans l'atmosphère. Au cours des 50 dernières années, toutefois, l'inverse s'est avéré vrai. En raison de l'augmentation, les éruptions volcaniques ont rejeté davantage de poussières dans l'atmosphère et le climat aurait dû se refroidir, en réaction à ces deux facteurs à eux seuls. Au lieu de cela, il s'est réchauffé très rapidement.

Si nous ajoutons à cela l'élément anthropique et le changement enregistré dans les concentrations de gaz à effet de serre, quand le modèle examine les trois facteurs — volcanique, solaire et anthropique — nous obtenons des résultats qui correspondent de très près aux observations de changements réels. Cela nous permet de croire que nos observations confirment des influences anthropiques très considérables au cours des 50 dernières années.

Enfin, si nous comparons les changements récents aux modélisations climatiques pour le dernier millénaire, nous constatons que le XX<sup>e</sup> siècle a été le plus chaud de tout le millénaire. Les années 90 ont été la décennie la plus chaude et 1998 a été l'année la plus chaude de cette période. La deuxième année la plus chaude a été 2001 et 2002 se situera sans doute entre les deux. Les trois années les plus chaudes auront sans doute été enregistrées au cours des cinq dernières années.

Le climat de la planète change aussi de façon spectaculaire selon des indicateurs autres que la température. Dans le monde entier, la taille des glaciers diminue. Il y a quelques semaines, j'ai lu une étude qui révèle que le Kilimanjaro, recouvert d'une calotte glaciaire depuis 10 000 ans, sera vraisemblablement libre de glace d'ici 20 ans. Ce n'est là qu'un exemple. Nous enregistrons aussi des changements phénoménaux dans les glaciers d'Europe, d'Asie, de l'Himalaya et de l'Amérique du Nord.

Le niveau des mers augmente aussi, mais pas de façon aussi spectaculaire. L'augmentation a été d'environ 20 centimètres au cours des 100 dernières années, mais nous voyons dans certaines régions du monde certains littoraux s'effriter. Il y a aussi eu un recul spectaculaire des glaces pluriannuelles de l'Arctique, la superficie des glaces étant aujourd'hui de 13 p. 100 inférieure à ce qu'elle était il y a 30 ans.

Toutes ces tendances semblent confirmer qu'il y a bel et bien un réchauffement de la planète, mais nous devons les utiliser avec prudence puisqu'elles n'ont encore été enregistrées que sur de courtes périodes. Toutefois, elles ont amené le GIEC à conclure, en 2001, que «l'essentiel du réchauffement observé au cours des 50 dernières années est imputable à l'activité humaine.»

Ces données nous permettent de comprendre un peu les changements survenus jusqu'à maintenant. Ce qui est plus préoccupant, c'est de savoir ce qui se produira au cours des 100 prochaines années. C'est là où l'interprétation des données scientifiques est quelque peu plus incertaine, car nous avons maintenant deux problèmes. Le premier consiste à prédire les

to population changes, how economic development and energy efficiency in our society will change, and the kind of energy we will use over the next century.

Demographic, energy and other experts have gotten together and developed a number of plausible scenarios on how that will evolve over the next 100 years. It covers quite a range, from a society that has modest growth and goes to a green economy using renewable energies, to a society that has more rapid growth and sticks with a coal-based economy. You can see that the emissions would be very different.

In addition, there is some uncertainty about how sensitive the global climate system is to changing greenhouse gas emissions. When we add these together, the IPCC estimated that we would almost certainly see a warming of at least 1.4 degrees Celsius within the next century. We could see something in the order of 5.8 degrees. That range sort of captures the combined uncertainty about human demographic changes, as well as the scientific uncertainty inherent in the analysis.

An increase of 1.4 degrees would be unprecedented in human history. At a minimum, we will see something that is unprecedented in at least the last 10,000 years. At the upper end, we will see something comparable to the change between the last Ice Age, when there were several kilometres of ice over this spot, and today, except that the process of deglaciation took 5,000 years and this will happen in 100 years. The rate of change is far more dramatic than anything that humans have been exposed to in the past. That raises huge concerns.

The Canadian model projection of how the climate will change year by year over the next century is one of the most respected in the world. About five years ago, when the Americans decided to do an impact assessment of their country in terms of climate change, they selected two models to use for the scenario: the Canadian model and the United Kingdom model, even though the Americans themselves have three modelling groups. That is a testament to the quality of the Canadian model.

There are many differences among models as to the details in the projections, and hence some of the uncertainties related to local climate change. However, there are common features that all of the models show. Land will warm more than oceans. That is simply because oceans are tremendous heat sinks and take longer to warm up. It is no different from pouring a glass of water and leaving it in this room and watching how much longer that would take to warm up than the air around it. The warming will be far greater in high latitudes than low latitudes, particularly in the winter season. The explanation for this phenomenon is that as we warm the system, we melt the snow and ice. When we melt the snow and ice, we change how much sunlight is reflected back into

comportements humains et leur incidence sur les émissions de gaz à effet de serre. Il ne s'agit pas là d'incertitude scientifique, mais bien d'une inconnue démographique qui influera sur le développement économique et l'efficacité énergétique dans notre société et sur les quantités d'énergie que nous consommerons au cours du prochain siècle.

Des spécialistes de la démographie et du secteur de l'énergie et d'autres experts ont ensemble élaboré un certain nombre de scénarios plausibles sur l'évolution de la situation au cours des 100 prochaines années. Ces scénarios couvrent une large gamme, d'une société à taux de croissance modeste jusqu'à une économie qui utilise des énergies renouvelables, en passant par une société qui enregistre un taux de croissance plus rapide qui repose sur la consommation de charbon. Comme vous pouvez le constater, les émissions varieraient énormément d'un scénario à l'autre.

Par ailleurs, on ne sait pas avec certitude à quel point le climat de la planète est sensible aux variations dans les émissions de gaz à effet de serre. Tout cela pris ensemble amène le GIEC à estimer que nous verrons probablement un réchauffement d'au moins 1,4 degré Celsius au cours du prochain siècle. Le réchauffement pourrait être de l'ordre de 5,8 degrés. Cette fourchette reflète à la fois l'incertitude à l'égard des changements dus à des facteurs démographiques et l'incertitude scientifique due à la marge d'erreur inhérente à l'analyse.

Une augmentation de 1,4 degré serait sans précédent dans l'histoire du monde. Nous verrons à tout le moins un changement sans précédent dans les 10 000 années écoulées. À la limite supérieure de la fourchette, le changement sera comparable à celui enregistré entre la dernière période glaciaire, quand cet endroit même était recouvert de plusieurs kilomètres de glace, et aujourd'hui, sauf que la déglaciation s'est produite sur 5 000 ans tandis que ces changements surviendront sur une période de 100 ans. Le rythme du changement est beaucoup plus rapide que tout ce qu'ont connu les êtres humains dans le passé. C'est un rythme de changement excessivement inquiétant.

Le modèle canadien de prévision des changements climatiques qui surviendront année après année au cours du prochain siècle est l'un des plus respectés au monde. Il y a cinq ans environ, quand les Américains ont décidé de faire une évaluation de l'incidence du changement climatique sur leur pays, ils ont choisi deux modèles, à savoir celui du Canada et celui du Royaume-Uni bien qu'ils comptent eux-mêmes trois groupes qui font de la modélisation. Cela témoigne de la qualité du modèle canadien.

Il existe de nombreuses différences entre les modèles pour ce qui est des détails des prévisions, ce qui explique certaines des incertitudes liées aux changements climatiques locaux. Toutefois, tous les modèles permettent de tirer certaines conclusions communes. La masse terrestre sera plus chaude que les océans. C'est dû tout simplement au fait que les océans sont des puits à chaleur énormes et qu'ils mettent plus de temps à se réchauffer. C'est un peu comme verser un verre d'eau que l'on laisse dans une pièce afin de déterminer combien de temps devra s'écouler pour que l'eau se réchauffe autant que l'air ambiant. La plus grande partie du réchauffement surviendra aux latitudes élevées et particulièrement pendant l'hiver. L'explication de ce phénomène

space, and the sunlight is amplified. There is a significant amount of noise in the system. The climate system is noisy. Thus, we will have natural fluctuations superimposed on an underlying upward trend. While it shakes back and forth, there is a progressive change in colour in the map.

There will also be large changes in precipitation. However, the confidence here is far less than on the temperature. Greenhouse gases and the greenhouse effect cause changes in temperature, but it is non-uniform. That then changes wind circulation, and that changes where our rain goes. We then have multiplying uncertainties. The uncertainty and disagreement among models on precipitation are far greater than on temperature. However, this model suggests that the world in general will have more rain because we will have more evaporation, and what goes up comes down. The model also suggests that some parts of the world will see less rain. Add that supposition to the increased evaporation, and we will see a significant drying out. One of the reasons why some Americans do not like the Canadian model results is that Florida is shown as drying out tremendously. That is a greater challenge to Americans than anything that armed countries around the world might throw at them.

Ironically, the U.K. model shows an increase in precipitation. That is a reminder that we still must be very cautious about the regional impacts. In general, the model shows that interior parts of the continents of the northern hemisphere will become dryer in the summer. That is a key piece of information to keep in mind.

Climate change will also change the kind of weather we can expect. One of the most robust conclusions that we can draw is that the frequency of extremely cold days will decrease. For example, if we look at the frequency of what we now consider the one-in-ten-year extreme cold event in Canada, on average, in the 1980s, that was somewhere around minus 33 degrees Celsius; if we project to the 2050s, that temperature is approximately minus 26, and by the 2080s it would be minus 18. We expect the climate to become less cold. The extremes would become less severe.

That change has both benefits and adverse effects. For example, some crops will survive better in the wintertime if we do not have extreme cold. On the other hand, extremely cold temperatures in the winter also kill many pests. We see that with the mountain pine beetle in B.C., where the lack of cold winter days has caused major infestations.

tient au fait que la neige et la glace fondent au fur et à mesure que le climat se réchauffe. Quand nous faisons fondre la neige et la glace, nous changeons la quantité de rayonnement solaire qui est réfléchi vers l'espace et le rayonnement solaire est amplifié. Il y a une quantité significative de bruit dans le système. Le système climatique est bruyant. Ainsi, des fluctuations naturelles se surimposent à la tendance à la hausse sous-jacente. Bien qu'il y ait des fluctuations à la hausse et à la baisse, la tendance à la hausse est marquée par un changement progressif de couleur sur la carte.

Les régimes de précipitation connaîtront également d'importants changements. Toutefois, ils sont beaucoup plus difficiles à prévoir que les changements de température. Les gaz à effet de serre et l'effet de serre entraînent des changements de température qui ne sont pas uniformes. Cela modifie la circulation des vents et les régimes de précipitation. Les incertitudes se multiplient. L'incertitude et les incohérences entre les divers modèles de précipitation sont beaucoup plus importantes que pour les modèles de température. Toutefois, notre modèle indique que la planète en général recevra plus de précipitations en raison d'une plus grande évaporation; ce qui monte doit redescendre. Ce modèle indique également que certaines régions du monde recevront moins de pluie. Lorsqu'on ajoute à cela l'hypothèse d'une évaporation accrue, le résultat est un assèchement considérable. L'une des raisons pour lesquelles certains Américains n'aiment pas le modèle canadien, c'est qu'il indique un assèchement extrême de la Floride. Cela est bien plus menaçant pour les Américains que tous les pays armés du monde.

Fait ironique, le modèle britannique indique une augmentation des précipitations. Cela nous rappelle que nous devons faire preuve d'une grande prudence lorsque nous évaluons les répercussions régionales. De manière générale, le modèle indique que les parties centrales des continents de l'hémisphère nord seront plus sèches en été. C'est un élément d'information essentiel qu'il convient de ne pas oublier.

Le changement climatique entraînera également une modification des conditions météorologiques auxquelles nous pouvons nous attendre. L'une des conclusions les plus solides que nous tirons de ce modèle est que les jours de froid extrême deviendront moins fréquents. Par exemple, les épisodes de froid extrême qui se produisent à l'heure actuelle environ une fois tous les dix ans au Canada étaient d'environ moins 33 degrés Celsius dans les années 80. Pour les années 2050, nous prévoyons que cette température extrême sera d'environ moins 26 degrés Celsius et qu'elle ne sera plus que de moins 18 degrés Celsius dans les années 2080. Nous prévoyons que le climat deviendra moins froid et que les températures extrêmes seront moins basses.

Ce changement comporte des avantages et des inconvénients. Par exemple, certaines cultures survivront mieux à l'hiver en l'absence de froid extrême. Par contre, les froids extrêmes ont pour effet de tuer de nombreux ravageurs. Ainsi, nous avons constaté des infestations majeures de dendroctones du pin en Colombie-Britannique lorsque l'hiver n'avait pas été assez froid.

The reverse scenario is true in the summertime: The extremely hot days will become hotter. Again, this is the one-in-ten-year extreme event that in the 1980s was around plus 31.5 degrees; by the 2050s, it is around 34 degrees; and by the 2090s, it is a little over 35 degrees.

Not only would the number of hot days become more frequent, as we saw in Ontario this summer, but we would also expect the intensity to go up as well.

The other factor that is important to both agriculture and forestry is precipitation. Again, it is not the averages that count; it is the extremes. A good comparison is what happened this summer in Alberta or in Western Canada. On average, we saw more precipitation than normal on the prairies. However, many of us would understand that that is not the way the farmers see it. Lethbridge got a tremendous downpour in the early part of the summer, and other parts of the prairies dried out. Averages hide many facts that are very important to ecosystems. One of those factors is intense precipitation and the other is intense drought.

One of the studies that the British did with their model shows that for central North America, the extreme drought events that today might happen once in 50 years — and this is where a large area of the central part of the continent would have 30 consecutive days in the summer without rain — would happen about once every 17 years by 2070.

When we get drought, we can expect it to be more severe, partly because when you do not have rain and you have higher temperatures, whatever moisture is in the soil will evaporate more quickly.

On the other hand, when it does rain, we expect it to be heavier rain. Again, we need to look south of us to see the kind of rain they get in Texas or in the southern U.S. today. A thunderstorm with several inches of rain is actually quite a common occurrence in those areas, much more so than in Canada.

For example, the extreme event that now happens once every 80 years would happen about once every 50 years by 2050 and about once every 25 years by 2090. Likewise, the event that happens once every 40 years would happen about once every 23 years or so by 2050 and once every 14 years by 2090.

Ironically, we would have both more frequent intense droughts and more frequent intense precipitation. That means that coping with precipitation variability becomes a bigger challenge.

Then there is the issue of many other kinds of extreme events. There is much more uncertainty about these events, particularly when it comes to individual storms. This is now beyond where models are capable of doing good work. However, independent studies show linkages between climate conditions and extremes that suggest that there are likely to be, certainly for some kinds of

L'été, c'est le contraire qui se produit: les journées extrêmement chaudes deviendront plus chaudes. Ainsi, les épisodes de chaleur extrême qui se produisent une fois tous les dix ans ont été d'environ 31,5 degrés Celsius dans les années 80; dans les années 2050, cette température extrême sera d'environ 34 degrés et d'un peu plus de 35 degrés dans les années 2090.

Non seulement les journées chaudes deviendront plus fréquentes, comme en Ontario l'été dernier, mais nous pouvons nous attendre à ce qu'elles soient également plus chaudes.

Les précipitations sont l'autre facteur important tant pour l'agriculture que pour l'exploitation forestière. Encore une fois, ce qui compte ce ne sont pas les moyennes mais les extrêmes. Nous en avons eu un bon exemple l'été dernier en Alberta et dans l'Ouest canadien en général. En moyenne, il y a eu plus de précipitations qu'en temps normal dans les Prairies. Cependant, nous comprenons bien que ce n'est pas ainsi que les agriculteurs ont vu la chose. Lethbridge a reçu des pluies diluviennes au début de l'été alors que d'autres régions des prairies s'asséchaient. Les moyennes masquent des faits qui sont très importants pour les écosystèmes. L'un de ces facteurs, ce sont les précipitations intenses et l'autre, la sécheresse intense.

L'une des études que les Britanniques ont réalisées en appliquant leur modèle montre que les épisodes de sécheresse extrême qui se produisent à l'heure actuelle tous les 50 ans au centre de l'Amérique du Nord — c'est-à-dire lorsque de vastes régions de la partie centrale du continent ne reçoivent aucune précipitation pendant 30 jours d'été consécutifs — se produiraient environ tous les 17 ans d'ici l'an 2070.

Lorsque se produiront des sécheresses, nous pouvons nous attendre à ce qu'elles soient plus graves, l'une des raisons étant que l'humidité qui se trouve dans le sol s'évaporera plus rapidement lorsque l'absence de pluie s'accompagnera de températures plus élevées.

Par contre, lorsqu'il pleuvra, nous pouvons nous attendre à des pluies plus abondantes. Il suffit de voir le genre de précipitations qui tombent au sud de nous au Texas ou dans le sud des États-Unis. Un orage avec plusieurs pouces de pluie est en fait très courant dans ces régions, beaucoup plus qu'au Canada.

Par exemple, l'épisode extrême qui se produit à l'heure actuelle tous les 80 ans pourrait se produire une fois tous les 50 ans en 2050 et une fois tous les 25 ans en 2090. De la même manière, l'épisode qui se produit une fois tous les 40 ans pourrait se produire environ une fois tous les 23 ans en 2050 et une fois tous les 14 ans en 2090.

Curieusement, nous pourrions avoir à la fois des sécheresses extrêmes plus fréquentes et des précipitations extrêmes plus fréquentes. Cela veut dire qu'il deviendra plus difficile de faire face à la variabilité des précipitations.

Il y a également la question de tous les autres genres d'épisodes extrêmes qui sont entourés d'une plus grande incertitude, surtout en ce qui concerne les tempêtes. Les modèles que nous utilisons actuellement sont incapables de donner de bons résultats. Toutefois, des études indépendantes ont établi des liens entre les conditions atmosphériques et les épisodes extrêmes qui nous

extreme events, more frequent occurrences. For example, studies suggest that lightning will become more frequent as the temperature goes up. That is partly because the thunderstorms become more intense. Likewise, in parts of the country, we might expect more frequent tornadoes because the climate that we will experience will be more like the one we now see to the south of us today.

Certain studies also show an increased risk of forest fires because of the drying out during the drought spells. Honourable senators will hear more about this next week when other witnesses will discuss impacts and adaptation.

I would be happy to entertain any questions that honourable senators may have.

**Senator Wiebe:** I have three quick questions. The first may be difficult for you to answer. To give you a bit of background to the question, IPCC was formed in 1988 by the world meteorological organizations and the United Nations environmental programs. The reason I mention this is that our committee will be hearing a tremendous number of witnesses in the next six months. We will have a lot of interested groups wanting to appear. There will be many scientists involved and scientific reports prepared by people with special interests. Which ones do we believe? That is the difficult question. Can you give us some insight?

**Mr. Hengeveld:** I am delighted to respond to that question because it is a key one. I believe it is no different than when we ask whom to believe on many other issues. First, we have to ask what are the credentials of the witness? Because we are dealing with complex science, most witnesses, and I include myself in this, tend to come from a particular discipline and a particular expertise area. It is one of the reasons the IPCC process has been so critical in terms of putting the puzzle pieces together, because if you have just one witness who has a few puzzle pieces and tries to paint a picture from those, you will not get the right picture. In general, the science community says one of the first criteria is that you have done research and published it in peer-reviewed literature. That is the first question we need to ask, has this individual published in the peer-reviewed literature on the topic he is speaking on?

The other problem we often run into, and it is a temptation we all experience, is that many of them speak and critique outside of their own expertise area. It is like taking the opinion of a gynecologist about your brain tumour versus that of a neurologist. They are both experts and they are both doctors. I think we need to put witnesses into context.

permettent de supposer que certains genres d'épisodes extrêmes à tout le moins seront probablement plus fréquents. Par exemple, des études indiquent que les éclairs deviendront plus fréquents à mesure que les températures augmenteront. Cela s'explique en partie par le fait que les orages deviendront plus intenses. En outre, dans certaines régions du pays, nous pouvons nous attendre à des tornades plus fréquentes puisque notre climat deviendra plus semblable au climat actuel des régions situées plus au sud.

Certaines études indiquent également un accroissement des risques d'incendie de forêts en raison des périodes de sécheresse. Honorables sénateurs, la semaine prochaine vous recevrez d'autres témoins qui vous parleront des impacts et des stratégies d'adaptation et qui vous parleront plus longuement de ce phénomène.

Je serai heureux de répondre aux questions des honorables sénateurs.

**Le sénateur Wiebe:** J'aurais trois questions rapides à vous poser. Vous aurez peut-être du mal à répondre à la première. Je dirai pour la mettre en contexte que le GIEC a été créé en 1988 par les organisations météorologiques mondiales et les programmes des Nations Unies pour l'environnement. Je mentionne cela car notre comité entendra un grand nombre de témoins au cours des six prochains mois. Un grand nombre de groupes intéressés ont demandé à comparaître. Nous entendrons de nombreux scientifiques et nous recevrons les rapports scientifiques préparés par des personnes qui défendent des intérêts particuliers. Qui devons-nous croire? C'est la question difficile. Pouvez-vous nous éclairer?

**M. Hengeveld:** Je suis ravi de répondre à cette question car elle est essentielle. Je crois que nous devons la poser tout comme nous nous demandons qui croire dans bien d'autres dossiers. Premièrement, nous devons déterminer quelles sont les compétences du témoin. Comme il s'agit de questions scientifiques complexes, la plupart des témoins, et j'en suis, appartiennent à une certaine discipline et ont des connaissances dans un domaine particulier. C'est l'une des raisons pour lesquelles le processus du GIEC a joué un rôle essentiel en nous permettant de rassembler les pièces du puzzle. Si un témoin qui détient quelques pièces du puzzle essaye de dresser pour vous un tableau général, ce tableau sera faussé. En général, les milieux scientifiques posent comme premier critère que quelqu'un ait fait de la recherche et publié les résultats dans un article évalué par ses pairs. C'est la première question qu'il faut poser, est-ce que ce témoin a publié un article évalué par ses pairs sur le sujet dont il parle?

L'autre problème que nous rencontrons souvent, et c'est une tentation à laquelle nous faisons tous face, c'est que bon nombre de personnes formulent des opinions et des critiques sur des questions qui ne relèvent pas de leur champ de spécialisation. C'est comme demander à un gynécologue son avis sur la tumeur que vous avez au cerveau plutôt que de vous adresser à un neurologue. Les deux sont spécialistes et les deux sont médecins. Je pense qu'il faut interroger les témoins sur ce qu'ils connaissent.

The other thing that we must be cautious about is that every time someone waves a paper and says, "This one does not agree," he is waving one puzzle piece. We must put that paper into the context of the greater mass of information. I have been studying this for 20 years, and I am still learning. That is why you need a process like the IPCC to put it all together. Some will argue that IPCC was influenced by politics. I have been involved with all three assessments. At the science level, what they do is ask the lead experts, based on their publication record, to write the documents with other lead experts, invite input from experts who have something to contribute on that particular topic, and then submit the paper to extensive peer review twice. It is the most extensively peer-reviewed document.

This report was submitted to the panel as evidence not to be tampered with, so the panel accepts this as evidence. It does not change it. The panel, working with the scientists, then develops a summary for policy-makers that attempts to bridge the gap between their language and the language of scientists. It is here where you have the potential influence of vested interests, but it is also here that scientists have the veto power to accept certain kinds of work.

In the three processes I have been through, the only lobbying I have seen has been from lawyers from Saudi Arabia and Kuwait. They were not lobbying for stronger language; they were lobbying for weaker language.

**Senator Wiebe:** Thank you for that explanation. It provides me with more comfort as to what direction to go.

For my next question, I would like to refer to slide 13. In there, you state:

There is new and stronger evidence that most of the warming observed over the last 50 years is attributable to human activities.

I have no argument with the statement. The argument I have is with the word "human," because the general public has a tendency to think that means what you and I are doing, but that definition also includes industry. Does it include livestock, this kind of thing?

**Mr. Hengeveld:** Indirectly, yes. It implies human activity, directly and indirectly, which includes agriculture, mining, driving cars and deforestation. If humans were not there, the IPCC is saying, we would not have seen these effects.

It is not a major contributor, but one source of methane is belching cows, and the cattle population has increased tremendously. Another is rice paddies in Asia and other tropical regions. Agriculture is certainly not the largest part. It is one of the stakeholders. The most significant contributor is still the combustion of fossil fuels for energy.

**The Chairman:** On a supplementary question, on page 7 of your report, you say:

Il ne faut pas oublier que chaque fois que quelqu'un brandit un document en disant: «Celui-ci n'est pas d'accord», c'est une pièce du puzzle qu'il montre. Nous devons situer ce document par rapport à l'ensemble de l'information disponible. J'étudie cette question depuis 20 ans et je continue à apprendre. C'est pourquoi il nous faut un processus comme celui du GIEC pour tout rassembler. Certains diront que le GIEC a été influencé par des questions politiques. J'ai participé aux trois évaluations qui ont été faites. Au niveau scientifique, on demande aux meilleurs experts, choisis en fonction de leurs publications, de rédiger des documents en coopérant avec d'autres experts reconnus, de solliciter l'avis d'experts qui ont quelque chose à contribuer sur cette question puis de soumettre un document qui fait l'objet de deux examens approfondis par des pairs. Aucun autre document n'est soumis à un examen par les pairs aussi rigoureux.

Ce rapport a été soumis au groupe en tant que témoignage à prendre tel quel et le groupe l'a accepté sans y apporter de modifications. En collaboration avec les scientifiques, le groupe prépare alors un résumé pour les décideurs en essayant de combler l'écart entre leur discours et celui des scientifiques. Et c'est à ce moment du processus que les intérêts acquis peuvent peut-être exercer une certaine influence, mais les scientifiques ont un droit de veto qui leur permet d'accepter ou de rejeter certains travaux.

Pendant les trois processus auxquels j'ai participé, les seuls efforts de lobbying dont j'ai été témoin ont été ceux des conseillers juridiques de l'Arabie Saoudite et du Koweït. Ils ne demandaient pas un libellé plus ferme mais plutôt un libellé édulcoré.

**Le sénateur Wiebe:** Merci de cette explication. Cela me rassure quant à l'orientation que nous devrions prendre.

Pour ma prochaine question, je vous renvoie à la diapositive numéro 13 où vous dites:

Des observations récentes plus convaincantes indiquent que le réchauffement constaté au cours des 50 dernières années est attribuable aux activités humaines.

Je ne conteste pas cette affirmation. Ce que je conteste c'est le choix du mot «humain» car le grand public croit en général que cela veut dire vous et moi, alors que cela inclut aussi l'industrie. Est-ce que cela inclut aussi le bétail?

**M. Hengeveld:** Indirectement, oui, cela implique toute activité humaine, directe et indirecte, ce qui comprend l'agriculture, l'exploitation minière, l'utilisation de véhicules et le déboisement. Ce que dit le GIEC, c'est que ces effets n'existeraient pas si les humains n'existaient pas.

Les éructations des vaches sont une source de méthane qui, en soi, n'est pas importante, mais le nombre de bovins a considérablement augmenté. Les rizières d'Asie et d'autres régions tropicales constituent une autre source. L'agriculture n'est certainement pas la principale source. C'est l'un des intervenants. Le principal facteur reste la combustion des combustibles fossiles pour la production d'énergie.

**Le président:** J'aurais une question complémentaire. À la page 7 de votre rapport, vous dites:

There is clear evidence that these increases are due to human emissions, primarily from combustion of fossil fuels for energy purposes and due to deforestation.

You did not mention the clear evidence of that.

**Mr. Hengeveld:** Again, it is a convergence of evidence. There are a number of pieces of evidence, but much of it deals with the isotopes of carbon. Carbon has three isotopes, carbon 12, carbon 13 and carbon 14, which relates to the number of neutrons in the carbon atom.

Carbon 14 is a radioactive carbon that decays with time, and so fossil fuels, which have been in the crust of the earth for millions of years, have no carbon 14. One of the pieces of evidence we have is that there has been a decline in carbon 14 concentration in the atmosphere over time, which is consistent with us putting fossilized carbon without carbon 14 into the atmosphere. Another piece of evidence is the ratio of carbon 13 to carbon 12, which varies in ocean waters versus in land biomass versus in carbon fuels. Again, these are consistent with what we would expect to happen as humans are releasing fossil fuels.

The third piece of evidence is the relevant concentration of carbon dioxide in the northern hemisphere versus the southern hemisphere, suggesting that the primary source of added carbon is in the northern hemisphere, where most of the emissions occur.

Those are just three. This is not a debate in the science community. It is universally accepted.

**Senator Wiebe:** This is my final question for the first go-round. Many have suggested, and I think you suggested here, that climate change might not be all that bad. I should not use the term "all that bad." I should say that not necessarily all regions in Canada will be equally affected by climate change. As it relates to agriculture, some regions may experience net gains, while others will experience net losses. I take my own province as an instance. I farm in what was known as the Palliser Triangle, which was declared a desert at one time. Yet, this year we had more rain than we have had in 30 years. However, 20 miles north of me, the prairie fields were as bare as the top of this table. The farmers in Central Saskatchewan are telling me that this is the first crop failure they have ever had.

Are there ways in which we can predict what will be happening within a short period as a management tool for farmers? Will there be a gradual change, or is it just the extremes in weather that we will be experiencing during the next 25 to 30 years?

**Mr. Hengeveld:** Honourable senators will be hearing more about the issue of adaptation in future sessions with other witnesses. This is a very important question. Climate change does not need to be bad. We have seen a global warming of 0.6 degrees

Il est clairement prouvé que ces augmentations sont attribuables aux émissions produites par les humains, surtout par la combustion des combustibles fossiles pour la production d'énergie et au déboisement.

Vous n'avez pas mentionné quelles sont ces preuves évidentes.

**M. Hengeveld:** Encore une fois, il s'agit d'une convergence de preuves. Il y a un certain nombre d'éléments de preuve, mais la plupart proviennent de l'analyse isotopique du carbone. Le carbone a trois isotopes, le carbone 12, le carbone 13 et le carbone 14, qui ont un rapport avec le nombre de neutrons dans l'atome.

Le carbone 14 est un carbone radioactif qui se détériore au fil du temps; ainsi, les combustibles fossiles, qui se trouvent dans la croûte terrestre depuis des millions d'années, ne contiennent pas de carbone 14. L'un des éléments de preuve dont nous disposons, c'est la diminution des concentrations de carbone 14 dans l'atmosphère au fil du temps, ce qui est compatible avec des émissions de carbone fossilisé sans carbone 14. Un autre élément de preuve, c'est le rapport entre le carbone 13 et le carbone 12 qui n'est pas le même dans les océans, dans la biomasse terrestre et dans les hydrocarbures. Encore une fois, c'est un effet tout à fait prévisible de l'utilisation de combustibles fossiles par les humains.

Le troisième élément de preuve est la concentration de dioxyde de carbone dans l'hémisphère Nord comparativement aux concentrations qu'on trouve dans l'hémisphère Sud, ce qui laisse supposer que l'hémisphère Nord, qui produit le plus d'émissions, est la principale source de carbone additionnel dans l'atmosphère.

Ce ne sont là que trois éléments de preuve que les milieux scientifiques ne remettent pas en question. Ce sont des preuves universellement acceptées.

**Le sénateur Wiebe:** Ce sera ma dernière question pour ce premier tour. De nombreuses personnes ont dit, et je pense que vous l'avez laissé entendre aujourd'hui, que le changement climatique ne sera pas entièrement mauvais. Je ne devrais peut-être pas dire «pas entièrement mauvais». Je devrais plutôt dire que les régions du Canada ne seront pas nécessairement touchées de la même manière par le changement climatique. Dans le secteur de l'agriculture, certaines régions en profiteront peut-être alors que d'autres régions seront perdantes. Prenons l'exemple de ma propre province. J'ai une ferme dans ce qu'on appelle le Triangle Palliser qui, à une époque, était considéré comme un désert. Or, cette année, nous avons reçu plus de pluie que nous n'en avons eu depuis 30 ans. Cependant, à 20 milles au nord de chez moi, la prairie était aussi nue que cette table. Les agriculteurs du centre de la Saskatchewan me disent que c'est la première fois qu'ils font une mauvaise récolte.

Existe-t-il des moyens de prédire ce qui arrivera à court terme afin d'aider les agriculteurs à gérer leurs exploitations? Le changement sera-t-il graduel ou est-ce que nous connaissons des épisodes extrêmes au cours des 25 ou 30 années à venir?

**M. Hengeveld:** Honorables sénateurs, d'autres témoins que vous entendrez plus tard vous parleront davantage de l'adaptation. C'est une question très importante. Le changement climatique n'est pas nécessairement mauvais. Nous avons connu

and we have done all right. Warmer temperatures in a country such as Canada that has cold limitations has positive implications: Longer growing seasons mean higher CO<sub>2</sub>, which has benefits for plant nutrients. If we can keep climate change down to a moderate rate, the ability to adapt is something that may allow us to take advantage of the benefits and to help mitigate some of the negative aspects.

The concern arises when the change happens rapidly, which does not allow for the time to adapt. Both the ecosystem and the human infrastructure take time to change. Climate change shakes up the weather basket; it sends everyone the wrong weather. In a sense, we see examples of that during extreme El Niño years when the average weather around the world has not changed that much. However, suddenly people who are used to having dry weather get wet weather and those who are used to having wet weather get dry weather.

In a sense, that is what climate change will do. If it happens slowly we can adjust. However, trees cannot get up and move. When this change happens rapidly there will be a mismatch between the climate in which that those trees can grow well versus the climate that they are getting. In certain areas, you will see dieback.

I believe that the biggest stress for Canada will be changes in precipitation and extreme events. Warmer, longer growing seasons and more CO<sub>2</sub> are fine for crops, but they would much rather have enough water. If they do not get enough water, those other benefits will not help.

In many respects Canada is trying to become more resilient to extreme weather. That helps us today, in terms of coping with the extreme weather we have today, but also it will certainly help prepare us for the future.

In regard to the global community, the concern is that poorer countries in tropical regions where there are no benefits from warmer temperatures, will see the most negative impact. These countries have the least ability to adapt because they do not have the resources. They do not have insurance companies to help protect them.

Even a one-degree change will be problematic for those countries. Canada may not hit real trouble until the change is two to three degrees. We hope that we will never get to a change of four to five degrees. However, it will likely be decisions by politicians and human beings that will determine whether we will see a change of that magnitude. At such a point, we would move into areas of potential catastrophe that would have major implications for future generations.

**Senator Gustafson:** The impact of this study is climate change on agriculture and forestry.

un réchauffement planétaire de 0,6 degré et nous ne nous en portons pas plus mal. Des températures plus chaudes dans un pays comme le Canada dont le froid limite le potentiel peuvent avoir des effets bénéfiques: des saisons de croissance plus longues se traduisent par une augmentation du CO<sub>2</sub>, ce qui est bon pour les éléments nutritifs des végétaux. Si nous pouvions modérer le taux de changement climatique, notre faculté d'adaptation nous permettrait peut-être d'en tirer des avantages tout en atténuant certains des aspects négatifs.

Le problème se pose lorsque le changement survient rapidement sans nous laisser le temps de nous adapter. L'écosystème et l'infrastructure humaine ont toutes deux besoin de temps pour s'adapter. Le changement climatique bouleverse les régimes météorologiques de sorte que tout le monde reçoit des mauvaises conditions. En un sens, nous en avons vu des exemples lors des années El Niño extrêmes alors que les conditions météorologiques moyennes n'ont pas beaucoup changé dans le monde. Toutefois, les gens qui ont l'habitude de vivre dans un climat sec reçoivent de la pluie et ceux qui ont l'habitude de vivre dans un climat humide connaissent des périodes de sécheresse.

C'est en quelque sorte le résultat du changement climatique. Si cela se produit lentement, nous pouvons nous adapter. Toutefois, les arbres ne peuvent pas se déraciner et aller s'installer ailleurs. Lorsque le changement est rapide, les arbres se trouveront dans un climat qui n'est pas du tout propice à leur croissance. Dans certaines régions, il y aura un dépérissement des forêts.

Je crois que la plus grande difficulté pour le Canada proviendra des changements des régimes de précipitations et des épisodes extrêmes. Des saisons de croissance plus chaudes et plus longues accompagnées d'un taux plus élevé de CO<sub>2</sub> sont favorables aux cultures, mais il est de loin préférable qu'elles aient assez d'eau. Si elles n'ont pas assez d'eau, les effets bénéfiques ne seront d'aucune utilité.

À de nombreux égards, le Canada essaie de mieux résister aux conditions atmosphériques extrêmes. Cela nous aide à faire face aux extrêmes que nous connaissons aujourd'hui, mais cela nous aidera certainement à nous préparer pour l'avenir.

En ce qui concerne la planète, la crainte c'est que les pays pauvres des régions tropicales qui ne tireront aucun avantage du réchauffement des températures subiront les effets les plus négatifs. Ces pays sont ceux qui auront le plus de mal à s'adapter car ils n'ont pas les ressources nécessaires. Ils n'ont pas de compagnies d'assurance pour les protéger.

Même une hausse d'un degré posera des problèmes dans ces pays. Au Canada, il faudra peut-être attendre que la hausse soit de deux ou trois degrés avant que de vrais problèmes se posent. Nous espérons ne jamais en arriver à une augmentation de quatre ou cinq degrés. Toutefois, ce sont les politiques et les êtres humains qui décideront probablement si les changements prendront cette ampleur. Arrivé là, il pourrait se produire des catastrophes qui pourraient avoir des conséquences majeures pour les générations futures.

**Le sénateur Gustafson:** Le sujet de notre étude est l'impact du changement climatique sur l'agriculture et l'exploitation forestière.



Things are happening on the Prairies. On our farm, we have gone to continuous cropping in quite a massive way. We do not have the summer fallow and black on the ground that draws the sun. In your opinion, is there an advantage in continuous cropping, or is there a disadvantage?

**Mr. Hengeveld:** The main concern about summer fallowing versus continuous cropping is the loss of carbon from the soil, which is then a source of carbon dioxide in the atmosphere. Farm management techniques that would help build up carbon in the soil that would be good for the soil would also be good for the climate system.

**Senator Gustafson:** You would support continuous cropping; is that correct?

**Mr. Hengeveld:** Yes, I would also support minimum tillage.

**Senator Gustafson:** My second question relates to urban sprawl. We find that we are talking about global warming and in many cases we are not doing much about it.

The Americans, for instance, are dealing with urban sprawl. In fact, a good deal of the \$190 billion additional support to farmers deals with urban sprawl. People are moving out of the cities, buying 10 or 15 acres, and farmland is lost. The same thing is happening in Canada to a certain extent. Do you have any comment in that regard?

**Mr. Hengeveld:** This matter goes beyond science, but certainly from the perspective of reducing human emissions of carbon dioxide per capita, transportation is a key. Urban sprawl increases demand for transportation. From an emissions point of view, increasing urban density and reducing urban sprawl would be good.

**Senator Gustafson:** My third question relates to water. There is a significant amount of discussion about water. How does water impact a country like Canada? Does the water that we use come back into use again or are we losing water?

**Mr. Hengeveld:** Future witnesses will talk about the impacts and adaptation of water. However, much of the water we use is in an active cycle. When we use the water and return it to the system, as long as it is not too contaminated, we are not displacing water. However, we must become more conscious, as some other countries, in terms of using water wisely in terms of competing interests. This is particularly so if resources become less abundant in the future.

**Senator Gustafson:** As a scientist, do you think there is a clear indication of the universe evolving and changing, or is it all human impact?

**Mr. Hengeveld:** The 400,000-year-old ice core records provide us with a good book on how the universe has behaved in the last 400,000 years. That is only a very short part of the total history. For our purposes, time scales of centuries and millennia are probably long enough to consider. These indicators suggest that,

Il y a déjà des problèmes dans les Prairies. Nos entreprises agricoles ont été exploitées de façon massive pendant nombre d'années. Il n'y a pas de jachères d'été et de sols nus qui puissent attirer le soleil. À votre avis, est-ce un avantage ou un inconvénient de pratiquer la culture continue?

**M. Hengeveld:** Le problème des jachères d'été, comparativement à la culture continue, c'est que le carbone du sol devient une source de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Toute technique de gestion agricole qui favoriserait la séquestration du carbone dans le sol serait non seulement avantageuse pour le sol mais aussi pour le climat.

**Le sénateur Gustafson:** Vous appuyez donc la culture continue?

**M. Hengeveld:** Oui, tout comme j'appuie le travail réduit du sol.

**Le sénateur Gustafson:** Ma deuxième question porte sur l'expansion urbaine. On parle beaucoup de réchauffement de la planète et, dans bien des cas, on ne fait pas grand-chose pour améliorer la situation.

Par exemple, les Américains essayent de régler le problème de l'expansion urbaine. En fait, une large part des 190 millions de dollars d'aide financière supplémentaire aux agriculteurs vise à contrer l'expansion urbaine. Les gens partent des villes, ils achètent 10 à 15 acres de terre, et c'est autant de terres agricoles de perdues. Le problème existe également au Canada dans une certaine mesure. Qu'en pensez-vous?

**M. Hengeveld:** C'est une question qui dépasse le cadre de la science, mais si on veut réduire les émissions de dioxyde de carbone produites par chaque habitant, le transport est un élément essentiel de la solution. L'expansion urbaine provoque une augmentation du transport. Du point de vue des émissions, il vaudrait mieux augmenter la densité démographique dans les villes et réduire l'expansion urbaine.

**Le sénateur Gustafson:** Ma troisième question porte sur l'eau. C'est un sujet dont on parle beaucoup. Comment cette question de l'eau touche-t-elle un pays comme le Canada? L'eau que nous utilisons est-elle réutilisée de nouveau ou est-elle perdue?

**M. Hengeveld:** D'autres témoins vous parleront des effets et de l'adaptation de l'eau. Toutefois, une bonne partie de l'eau que nous utilisons participe à un cycle. Lorsque nous utilisons de l'eau et qu'elle retourne dans ce cycle, il n'y a pas de perte d'eau, à moins qu'elle soit trop contaminée. Nous devons toutefois être plus consciencieux dans notre utilisation de l'eau, comme cela se fait déjà dans d'autres pays, compte tenu de différents intérêts en concurrence. Cela sera particulièrement vrai si les ressources étaient moins abondantes à l'avenir.

**Le sénateur Gustafson:** À titre d'homme de science, existe-t-il un indice clair de ce que l'univers évolue ou le problème est-il entièrement d'origine anthropique?

**M. Hengeveld:** Les carottes de glace âgées de plus de 400 000 ans constituent de bonnes archives de l'évolution de l'univers durant cette période. Ce n'est toutefois qu'une très brève période de toute l'histoire. Les siècles et les millénaires sont probablement des durées suffisamment longues aux fins

over the last 10,000 years, our global climate has been remarkably stable. The concentrations of greenhouse gases have been remarkably stable. We expect this current interglacial period to last for at least a millennium longer. We would expect under natural variability and evolution to see what we have now in the last 10,000 years.

**Senator Gustafson:** I have one more observation. I called a gentleman in Assiniboia. He said that from the end of July to the harvest time they received 26 inches of rain. That is twice the normal amount.

In the Medicine Hat-Lethbridge, which is a very dry place usually, they had as much rain as they had had in the past five years. The extreme is certainly there. At Assiniboia, they were gutting stuck with their combines, they could not harvest. Just north of them, as Senator Wiebe said, it dried right out. There certainly have been extreme cases.

**Mr. Hengeveld:** I would point out that the weather we have had in the last 100 years is not necessarily representative of natural variability. When we look at the evidence from lake sediments on the kind of climate we have had in the southern Prairies over the last 2,000 years, there have been periods when there have been far more intense droughts than we have had in the last 100 years. There is also evidence that extreme wet periods can be more frequent.

On the one hand, we must be cautious about attributing these extremes to anything but natural variability. On the other hand, in many respects, they are consistent with what we have been suggesting will happen more frequently under a warmer climate. In short, maybe but not necessarily.

**The Chairman:** I have a follow-up question to one of the three questions Senator Gustafson asked about water. He asked about rain and how some of that rain goes back into the clouds, then comes back as rain again. You said that cycle takes place, provided the water is not too polluted. He then asked if there is a concern that we will start running out of fresh water and your response was perhaps, as resources become less abundant in the future. To what resources were you referring?

**Mr. Hengeveld:** On a global scale, we will get more evaporation and more precipitation. Everyone has agreed to that. We will also get a change in the distribution of precipitation. The models disagree somewhat on the details of that, particularly when you get into the regional scale. In general, in Canada we will likely see more precipitation in winter and less in the summer, at least in the interior part of the continent. Sorry, I should not say necessarily less precipitation, but the increase in precipitation will not be enough to offset the increase in evaporation. You could get increased precipitation, but you may end up with fewer water resources.

humaines. D'après ces indices, on constate que le climat de la planète est remarquablement stable depuis 10 000 ans. Les concentrations de gaz à effet de serre ont été remarquablement stables. Nous croyons que la période interglaciaire actuelle devrait durer encore au moins un millénaire. En fonction d'une évolution et de variables naturelles, le climat devrait demeurer ce qu'il a été au cours des 10 000 dernières années.

**Le sénateur Gustafson:** J'ai une autre observation à faire. J'ai parlé à quelqu'un d'Assiniboia. Il m'a dit qu'entre la fin du mois de juillet et le temps des récoltes, il y avait eu 26 pouces de pluie dans sa région. C'est le double des quantités normales.

Dans la région de Medicine Hat-Lethbridge, un endroit qui est généralement très sec, on a reçu autant de pluie qu'au cours des cinq dernières années. On constate qu'il y a là un extrême. À Assiniboia, les moissonneuses-batteuses étaient immobilisées, on ne pouvait pas faire les récoltes. Juste au nord de là, comme l'a dit le sénateur Wiebe, c'était la sécheresse. Il y a eu des cas extrêmes.

**M. Hengeveld:** Je ferai remarquer que les conditions climatiques des 100 dernières années ne correspondent pas nécessairement à la variabilité naturelle. D'après ce que révèlent les sédiments lacustres sur le climat des 2 000 dernières années dans le sud des Prairies, il y a eu des sécheresses bien plus intenses que celles qui ont frappé cette région au cours des 100 dernières années. On constate également que les périodes humides extrêmes peuvent être plus fréquentes.

Par contre, il faudrait éviter d'attribuer ces extrêmes à d'autres facteurs que la variabilité naturelle. D'autre part, ces extrêmes correspondent à bien des égards à ce que nous avons prévu dans un climat plus chaud, avec une plus grande fréquence. Bref, c'est peut-être le cas, mais pas nécessairement.

**Le président:** J'ai une question à poser dans la même veine que les trois questions du sénateur Gustafson au sujet de l'eau. Il parlait du cycle de l'eau, de la façon dont la pluie s'évapore, retourne dans les nuages et retombe de nouveau. Vous avez dit que ce cycle fonctionne tant que l'eau n'est pas trop polluée. Il a ensuite demandé si nous pourrions manquer d'eau douce et vous avez dit que c'était possible, si les ressources étaient moins abondantes à l'avenir. De quelles ressources parlez-vous?

**M. Hengeveld:** À l'échelle mondiale, il y aura plus d'évaporation et plus de précipitations. Tout le monde s'entend là-dessus. Il y aura également un changement dans la distribution des précipitations. Il y a certaines différences dans les modèles quant aux détails à ce sujet, surtout au niveau de la distribution régionale. D'une façon générale, il y aura probablement plus de précipitations en hiver et moins en été, du moins dans les terres intérieures du continent. Pardon, je ne devrais pas dire nécessairement qu'il y aura moins de précipitations, mais plutôt que l'augmentation des précipitations ne sera pas suffisante pour contrer l'augmentation de l'évaporation. Malgré des précipitations accrues, les ressources aquatiques pourraient être moins abondantes.

Again, I think to protect us against problems we can have today due to natural variability and against what we might expect in the future, wise use of water is the prudent response.

**The Chairman:** Where do the water resources you refer to come from? Is it groundwater, water from brooks and streams or water from other sources?

**Mr. Hengeveld:** It is mainly water from the clouds, from the active hydrological cycle. The U.S. does use ground aquifers for their water resources, but I do not think we do a lot of that in Canada. In the case of aquifers, you are still mining water so this is not part of an active cycle. The active cycle will continue. If, on a local scale, we use more water and return it to the system, we are not removing it from that active cycle. However, if the climate system were to change the distribution of water, then we would have another concern. I guess it is the difference between our human use of water and the cycling versus what nature will do as well. I am not sure whether that is clear.

**Senator Gustafson:** As a supplementary to that question, in Arizona, I am told that, because of irrigation, the water level has gone down some 40 feet. Is there any indication of that happening anywhere in Canada?

**Mr. Hengeveld:** I am not sure. I am not an expert on ground hydrology, and I would have to defer that to other experts.

**Senator Wiebe:** Am I safe in assuming that, as far as the globe is concerned, we are not losing any water? If we are, where is it going? Secondly, the problem will be in areas where we used to have water and not as much heat to evaporate it, other areas will be having an excess of water. In other words, is our planet losing moisture and if it is, where is it going?

**Mr. Hengeveld:** The planet is not losing moisture. The oceans have a tremendous amount of moisture. The distribution between land and ocean may change, where more of the moisture may fall in the oceans. The concern about precipitation is both the regional distribution of moisture, where some regions will get more than they have now and others less. There is also concern about the timing. I think that the example is this summer in Lethbridge, where that rain that fell happened in a very short period of time. That is not always helpful.

**The Chairman:** With that response, we will turn to someone from Lethbridge.

**Senator Fairbairn:** I have been listening carefully to what you said. For those of us who are not scientists, this is a very difficult issue to understand. I will use Lethbridge as an example, as it has a semi-arid history that has been changed profoundly by irrigation in the last century.

Je répète qu'une meilleure utilisation de l'eau serait une solution prudente, tant pour nous protéger des problèmes que nous avons aujourd'hui en raison de la variabilité naturelle que contre les problèmes auxquels nous pouvons nous attendre à l'avenir.

**Le président:** D'où viennent ces ressources aquatiques dont vous parlez? S'agit-il d'eau souterraine, de l'eau des ruisseaux et des cours d'eau ou d'eau provenant d'autres sources?

**M. Hengeveld:** Il s'agit principalement de l'eau des nuages, celle du cycle hydrologique. Aux États-Unis, les aquifères souterrains font partie des ressources aquatiques, mais je ne crois pas que ce soit vraiment le cas au Canada. Dans le cas des aquifères, on exploite des mines souterraines d'eau qui ne font donc pas partie du cycle actif. Mais le cycle actif continue. Si nous utilisons plus d'eau à l'échelle locale et que nous la remettons dans le système, cette eau n'est pas éliminée du cycle actif. Mais si le climat provoquait un changement dans la distribution de l'eau, la préoccupation serait différente. C'est la différence entre l'utilisation d'eau par les humains et le cycle hydrologique par rapport aux effets que la nature aura également. Je ne sais pas si je me suis exprimé clairement.

**Le sénateur Gustafson:** J'ai une question supplémentaire à ce sujet. On m'a dit qu'en Arizona l'irrigation avait provoqué une baisse du niveau d'eau d'une quarantaine de 40 pieds. Est-ce un indice de ce qui se passe également quelque part au Canada?

**M. Hengeveld:** Je n'en suis pas certain. Je ne suis pas un expert de l'hydrologie terrestre et il faudrait que je demande l'opinion d'autres experts.

**Le sénateur Wiebe:** Peut-on supposer que la planète ne perd pas d'eau? Si elle en perd, où va-t-elle? Deuxièmement, les problèmes se poseront là où il y avait auparavant de l'eau mais une insuffisance de chaleur pour l'évaporer. Dans d'autres cas, il y aura trop d'eau. Autrement dit, notre planète perd-elle de l'eau et, si oui, où cette eau va-t-elle?

**M. Hengeveld:** La planète ne perd pas d'humidité. Les océans conservent d'énormes quantités d'eau. La distribution entre les terres et les océans pourrait changer, par exemple, si davantage d'eau allait dans les océans. L'inquiétude au sujet des précipitations concerne la distribution régionale de l'eau, c'est-à-dire que certaines régions pourraient en recevoir davantage qu'elles n'en ont maintenant, d'autres moins. Il y a également une inquiétude au sujet des périodes de distribution. La situation de cet été à Lethbridge en est un exemple, puisque toute cette pluie est tombée sur une période relativement courte. Ce n'est pas toujours utile.

**Le président:** Après cette réponse, nous allons donner la parole à quelqu'un de Lethbridge.

**Le sénateur Fairbairn:** J'ai bien écouté ce que vous avez dit. C'est une question difficile à comprendre pour ceux d'entre nous qui ne sont pas des scientifiques. Je vais donner l'exemple de Lethbridge, puisqu'il s'agit d'une zone historiquement semi-aride qui a été profondément transformée par l'irrigation au cours du dernier siècle.

At the farm level, there are always two areas of thought, the first being that something terrible is happening in terms of our climate and the second being that this is just part of the great web and this is the regular cycle. I am no spring chicken and, based on my lifetime, what is happening now has not been the regular cycle we have gone through. In that area, there were four years of incredible drought. When the scientists from the research station were doing the hydrology tests to see where there was any water, there was none. It came up dust. That was not so far off from what happened in the middle of the 1980s. It is compacting, it would seem, in its time frame. Then the rain came suddenly this year, but it came at peculiar times and the heat that we usually have was not there for that final push of the growing season — particularly for some special crops like corn or sugar beets. Although the reservoirs filled up, there was yet another unfortunate fallout from that.

We have also heard, and this has been painfully reflected on television and newspapers in recent weeks, that while we have been focused on rain and crops, we are looking this year at the tremendous difficulty for our ranchers, who have been in large numbers having to get rid of their herds and now their horses.

For someone who is trying to decide whether or not to stay in business or the other point that all of this reaches to, to stay in town, how can we have a sense of anticipation to keep those extremes from happening? We are talking about not just our farms, not just our agriculture and water; we are talking about the very existence of our rural towns. In the middle of this larger web of scientific and climatic history, we have a very person-driven history.

How do we plan? Can we plan better? Some of your numbers are quite disturbing over a length of thousands of years, but there have been quite disturbing figures over a short period of time. How do we protect against that? How do farmers themselves anticipate a Lethbridge of two years ago, which was evidently the worst in anyone's memory, or a Lethbridge of this year, where the rain came in some cases so heavily and at such times that it created its own problems?

It is a conundrum, whereas people who had not been in the drought cycles in the other parts of Lethbridge Centre-North have had one the worst droughts ever. That is a short period of time and a short sense of the distance in which this happens.

**Mr. Hengeveld:** There is no simple answer. I think I have already alluded to the fact that the predictions or projections for future climate are the least confident when it comes to the details of precipitation. There is evidence to suggest that both drought and extreme precipitation may become more frequent. That does not suggest that what happened over the last couple of years in Lethbridge is already due to that phenomenon, although it could be. It could also be, as I mention from the paleo climate data, there is evidence that there were much drier periods a few hundred

Dans le monde agricole, il y a toujours deux écoles de pensée, une première selon laquelle notre climat est dans un état catastrophique et une seconde selon laquelle tout cela fait partie du cycle normal. Je suis loin d'être jeune et, d'après mon expérience, ce qui se produit maintenant ne fait pas partie du cycle habituel que nous avons connu. Dans cette région, il y a eu quatre années de sécheresse épouvantable. Les scientifiques de la station de recherche ont fait des tests hydrologiques pour voir s'il y avait de l'eau; il n'y en avait pas. Il n'y avait que de la poussière. C'est un peu ce qui s'était produit également au milieu des années 80. Il semble que les périodes sont plus courtes. Puis il s'est mis à pleuvoir cette année, mais à des périodes inhabituelles, et nous n'avons pas profité de la chaleur que nous avons habituellement à cette période pour le dernier sprint de croissance — surtout dans le cas de denrées spéciales comme le maïs ou la betterave à sucre. Les réservoirs se sont remplis, mais les récoltes n'ont rien donné à cause de ces facteurs.

On nous a également dit, comme on a pu d'ailleurs malheureusement le voir au cours des dernières semaines à la télévision et dans les journaux, que pendant que nous mettions l'accent sur la pluie et les récoltes, les éleveurs traversaient cette année une période extrêmement éprouvante car un grand nombre d'entre eux ont dû se débarrasser de leurs troupeaux et maintenant de leurs chevaux.

Comment ceux qui essaient de décider s'ils conserveront leurs entreprises ou non ou, à l'autre extrême, s'ils resteront au village, peuvent-ils avoir une idée de la façon dont on peut éviter ces extrêmes? Il ne s'agit pas seulement de nos fermes, pas seulement de notre agriculture et de l'eau; il s'agit de l'existence même de nos villes rurales. Au coeur de cette histoire scientifique et climatique, il y a avant tout des êtres humains.

Comment pouvons-nous planifier? Comment pouvons-nous planifier mieux? Les chiffres sont peut-être troublants sur une durée de mille ans, mais les chiffres actuels sur une courte période sont également très troublants. Comment pouvons-nous nous protéger? Comment les agriculteurs peuvent-ils prévoir une situation comme celle de Lethbridge il y a deux ans, la pire période dont on puisse se souvenir, ou la situation de Lethbridge cette année, alors que les pluies ont été si abondantes, à de telles périodes, que cela a posé d'autres problèmes?

C'est une énigme. Des gens qui n'avaient pas connu les sécheresses cycliques dans d'autres parties de Lethbridge Centre-Nord ont traversé les pires sécheresses jamais vues. Ces situations se produisent sur une période très courte et à de très courtes distances.

**M. Hengeveld:** Il n'y a pas de réponse simple. Comme je l'ai déjà dit, c'est au niveau des détails des précipitations que les prévisions sur les conditions climatiques futures sont le moins fiables. D'après certaines preuves, les sécheresses et les précipitations extrêmes pourraient être plus fréquentes. Cela ne veut pas dire que la situation des deux dernières années à Lethbridge est déjà due à ce phénomène, même si cela pourrait être le cas. Mais comme je l'ai déjà dit, il existe des preuves de ce qu'il y a eu des périodes bien plus sèches, il y a quelques centaines

years ago, prior to human settlement. There have also been wet periods, so we are not always sure whether this is natural — which it could be — or whether this is already the “canary” that is warning us of what is to come. In many respects, it may be both.

Other witnesses will talk about adaptation; however, it certainly seems that plans for the future should incorporate the ability to deal with problems, more frequent drought and more frequent, intense precipitation. How to achieve that is beyond my expertise.

It is not a very satisfying answer, but I believe that goes as far as the science can go today.

**Senator Fairbairn:** Thank you.

**Senator Gustafson:** On that point, in the mid-1980s, I chaired the task force on drought for Western Canada. We went through the West with John Wise, the then-minister. At Bengough, Saskatchewan, there was not one leaf left on a caragana tree; the highways were slick with grasshoppers. We went to Medicine Hat; the same thing was there.

There was irrigation foliage in the area of Lethbridge, but that drought was just as severe, only it was in the southern part of the province and across the southern part of Alberta as opposed to the north. That occurred in a period of a little over 10 years.

**Senator Tkachuk:** I am intrigued by climatology. I cancel golf games because of what the weatherman said would happen in two days, and, of course, it has turned out to be a beautiful day. To me, trying to explain the weather is like trying to explain God. I find it complicated. Mind you, I am not a scientist. I try and keep up with what is going on.

You did mention a temperature change of 1.4 degrees. There is a lot of disagreement on what causes temperature change, whether it is a natural cycle or whether it is fossil fuels. In the last 2,000 years there have been times of warmth and times of coolness, have there not?

**Mr. Hengeveld:** In the last 10,000 years there have been.

**Senator Tkachuk:** Let us just do 2,000 years.

**Mr. Hengeveld:** We have fairly good information for the northern hemisphere for the past 1,000 years. Beyond that, we start getting into cruder information that becomes a 10,000-year window. When one goes back 2,000 years, they would be getting into the same range. The peak of the current interglacial was 5,000 or 6,000 years ago, and that was about one degree warmer than today.

We also have evidence every 1,500 years of a little ice age. Although it is theoretical, it seems to be solar-driven; there is a change in the solar intensity, but it is all within the one-degree range. The medieval warm period is something that people talk of often; however, it appears to be a circum-North Atlantic phenomenon, because we do not see the effects throughout the entire hemisphere. Therefore, the warm period we saw in

d'années, avant que les humains s'établissent dans la région. Il y a eu également des périodes humides et nous ne savons donc jamais vraiment si cette situation est naturelle — comme ce pourrait être le cas — ou s'il s'agit d'un signe avant-coureur du climat à venir. À bien des égards, ce pourrait être les deux.

D'autres témoins vous parleront d'adaptation; toutefois, les plans d'avenir devraient certainement prévoir des moyens de faire face aux problèmes comme les sécheresses plus fréquentes et les précipitations plus intenses et plus fréquentes. Comment faire? Je crains que cela ne relève pas de ma compétence.

Je sais que ce n'est pas une réponse très satisfaisante, mais c'est là où en est rendue la science.

**Le sénateur Fairbairn:** Merci.

**Le sénateur Gustafson:** À ce sujet, au milieu des années 80, j'ai présidé un groupe de travail sur la sécheresse dans l'Ouest canadien. Accompagné de John Wise, qui était alors ministre, nous avons parcouru les provinces de l'Ouest. À Bengough, en Saskatchewan, un caraganier avait perdu toutes ses feuilles et les autoroutes étaient recouvertes de sauterelles. À Medicine Hat, c'était la même chose.

À Lethbridge, les arbres avaient des feuilles grâce à l'irrigation, mais la sécheresse était tout aussi grave. Cette fois-là, elle avait sévi dans le sud de la Saskatchewan et de l'Alberta plutôt que dans le nord. Cela s'est produit sur une période d'un peu plus de 10 ans.

**Le sénateur Tkachuk:** Je trouve la climatologie intéressante. Il m'arrive d'annuler des parties de golf après avoir entendu les météorologues donner leurs prévisions pour le surlendemain et, bien sûr, le surlendemain est une journée ensoleillée. À mes yeux, expliquer la météo, c'est comme tenter d'expliquer Dieu. Je trouve cela très compliqué. Il est vrai que je ne suis pas une scientifique. Je me contente d'essayer de comprendre ce qui se passe autour de moi.

Vous avez parlé d'un changement de température de 1,4 degré. Mais on ne s'entend pas sur ce qui cause les changements de température, si c'est un cycle naturel ou si ce sont les combustibles fossiles. Au cours des 2 000 dernières années, il y a eu des périodes de chaleur et des périodes de froid, n'est-ce pas?

**M. Hengeveld:** Il y en a eu au cours des 10 000 dernières années.

**Le sénateur Tkachuk:** limitons-nous aux 2 000 dernières années.

**M. Hengeveld:** Nous avons d'assez bonnes informations sur l'hémisphère Nord pour les 1 000 dernières années. Pour la période qui a précédé, nos informations sont rudimentaires; ce sont celles relatives à la période des 10 000 années précédentes. Si on revient aux 2 000 années précédentes, c'est essentiellement la même chose. Le pic de la phase interglaciaire actuelle s'est produit il y a 5 000 ou 6 000 ans et à cette époque, la température était d'environ un degré supérieur à celle d'aujourd'hui.

Nous avons aussi des preuves indiquant qu'il y a une petite ère glaciaire tous les 1 500 ans. Tout ça est encore théorique, mais il semble que ce soit attribuable aux changements de l'intensité solaire, mais ça se limite à des changements de température d'un degré. On parle souvent, par exemple, de la période de réchauffement médiévale. Toutefois, il semble qu'il s'agisse d'un phénomène circum-Atlantique nord, car ces effets ne se sont pas

England, in Iceland when the Vikings came out west, Greenland and North America, centred on the North Atlantic, was probably linked to a fluctuation in the ocean currents. We now see that that was less warm than we saw in the last century. The last century was the warmest.

We do not have adequate records for the northern hemisphere as a whole to compare the current century with 2,000 years ago. The records only go back 1,000 years. That is partly because we rely heavily on tree rings. For the high latitudes, we rely on ice cores for those records. For mid-latitudes, we rely on tree rings. For tropical regions, we rely on ocean corals. The tree rings do not go back further than about a thousand years.

**Senator Tkachuk:** We hear the causes of the increases in temperature as being the two causes you named today — deforestation and fossil fuel emissions. We hear it in the news all the time. Let us try to narrow that down. When we talk about fossil fuels, are we talking about coal?

**Mr. Hengeveld:** Coal, oil and gas.

**Senator Tkachuk:** Coal, oil and gas, people driving their four-wheelers and trucks, and deforestation.

Of that 30 per cent increase that we are talking about, how much is attributable to deforestation and how much is attributable, according to what the scientists would say, to the fossil fuel emissions?

**Mr. Hengeveld:** In terms of the rate of emissions of the last decade, the ratios change with time. Deforestation 100 years ago was far larger than fossil fuels — at that time, it was a significant problem in North America. However, today most of the deforestation is happening in the tropics. The estimate is that this releases about 1.7 billion tonnes of carbon in the form of carbon dioxide in the atmosphere.

The fossil fuel emissions are now at about 6.5, so it is about four-to-one. Therefore, 20 per cent would come from deforestation, and the other 80 per cent would come from fossil fuel emissions.

**Senator Tkachuk:** You say the deforestation is coming from the tropical climates. When we had deforestation in the northern climates, would not the same thing have happened as is happening now in the tropical climates? Is that what happened?

**Mr. Hengeveld:** Yes. We are talking about land use change, where you have taken the forests, removed the trees and used it for agriculture or urban development.

**The Chairman:** This is mainly in the rain forests, is it?

fait sentir dans tout l'hémisphère. Par conséquent, la période de réchauffement qui a été observée en Angleterre, en Islande, à l'époque où les Vikings se sont aventurés vers l'ouest, au Groenland et en Amérique du Nord, plus particulièrement dans l'Atlantique nord, est probablement liée à une fluctuation des courants marins. Nous savons maintenant que, pendant cette période de réchauffement, les températures n'ont pas été aussi élevées qu'elles l'ont été au siècle dernier. C'est le siècle dernier qui a été le plus chaud.

Nous n'avons pas suffisamment de données pour l'hémisphère Nord dans son ensemble pour comparer le siècle actuel à l'époque d'il y a 2 000 ans. Nos informations ne remontent qu'à il y a 1 000 ans. Nous nous fions surtout aux cercles des arbres. Pour les latitudes élevées, nous nous fions aux carottes de glace; pour les latitudes moyennes, aux cercles des arbres et, pour les régions tropicales, aux coraux des océans. Les cercles des arbres ne nous ramènent pas beaucoup plus loin que 1 000 ans en arrière.

**Le sénateur Tkachuk:** On entend dire que les deux principales causes de l'augmentation de la température sont celles que vous avez données aujourd'hui, soit le déboisement et les gaz produits par la combustion des combustibles fossiles. C'est ce que disent toujours les médias. Soyons un peu plus précis. Lorsqu'on parle de combustibles fossiles, s'agit-il seulement du charbon?

**M. Hengeveld:** C'est le charbon, le pétrole et le gaz.

**Le sénateur Tkachuk:** Le charbon, le pétrole et le gaz, ceux qui conduisent des véhicules à quatre roues motrices, et le déboisement.

Sur cette augmentation de 30 p. 100 dont vous avez fait mention, quel pourcentage est attribuable au déboisement et quel pourcentage est attribuable, selon les scientifiques, à la combustion de combustibles fossiles?

**M. Hengeveld:** Pour ce qui est du taux des émissions des dix dernières années, les proportions ont changé. Il y a un siècle, le déboisement comptait pour plus que les combustibles fossiles et représentait alors un problème important en Amérique du Nord. À l'heure actuelle, le déboisement se fait surtout dans les tropiques. On estime que cela entraîne l'émission dans l'atmosphère d'environ 1,7 milliard de tonnes de carbone sous forme de dioxyde de carbone.

Le niveau des émissions provenant de combustibles fossiles est d'environ 6,5, soit un ratio d'environ quatre à un. Cela signifie donc que 20 p. 100 de la hausse de la température serait attribuable au déboisement et 80 p. 100, aux émissions de combustion des combustibles fossiles.

**Le sénateur Tkachuk:** Vous dites que le déboisement se fait surtout dans les tropiques. Mais il y a aussi eu du déboisement dans les régions nordiques. Ce qui se passait alors chez nous ne se produit-il pas actuellement dans les régions tropicales? Est-ce qui se produit?

**M. Hengeveld:** Oui. Il s'agit en fait d'un changement dans l'utilisation des sols; les arbres ont été congés pour que ces terres servent à l'agriculture ou au développement urbain.

**Le président:** Cela se fait surtout dans les forêts tropicales humides, n'est-ce pas?

**Mr. Hengeveld:** Right now the main changes are in the rain forests of the tropics where they are being converted for agricultural use. If you are harvesting and replanting, it is part of a long-term, active cycle. That is not a problem.

In North America, 100, 200 years ago, we were contributing net emissions to the atmosphere in the same way they are in the tropics now. That still occurs in Canada; we are losing 50,000 to 80,000 hectares per year from forest-type classification to other classification — whether that is roads or agriculture or urban development. There is some deforestation going on in Canada. Canada does emit some effects from that. Most of the deforestation emissions are now from the tropics.

**Senator Tkachuk:** Is there a way to halt that from happening, or is it something that is going to go on until it is all gone?

**Mr. Hengeveld:** There are obviously ways to halt that. Again, it is a complex topic and it gets into sovereignty issues. There are major programs around the world to protect forests from deforestation, to protect the remaining forests that are still there. That is being done for other reasons. There are international conventions on forests that are trying to deal with it as well.

It is a tough challenge when you have poor peasants who need land to develop. In some cases, they blame McDonald's for the deforestation of Brazil because they want the large plantations to produce the beef. There are complex, international trade reasons. That is an issue in itself, and it is being worked on.

**Senator Tkachuk:** If the Kyoto accord is adopted and the world meets its targets, what effects will that have on climate change?

**Mr. Hengeveld:** It would delay the critical thresholds that we see ahead by about a decade. Therefore, by itself, the Kyoto Protocol will not solve the problem. It will have only a minor delay.

The U.N. Framework Convention on Climate Change has its ultimate objective of stabilizing concentrations at a level that would avoid dangerous human interference. That is the end goal. What the global community tried to do initially was develop a long-term strategy of which Kyoto is only the first step. One of my concerns with the debate over Kyoto is that many people fail to recognize that this is a critical first step in a long process.

**Senator Tkachuk:** This is the kind of evidence we do not have. People talk about Kyoto as if it will be the solution to the problem. It will solve environmental problems, cool the Earth, and solve all of this scary stuff that has come out about global warming where our coast lines will be ravaged, New York will fall into the ocean and that kind of thing.

**M. Hengeveld:** À l'heure actuelle, les principaux changements se font en effet dans les forêts tropicales humides qui sont converties en terres agricoles. Si vous coupez les arbres mais que vous en plantez d'autres, cela s'inscrit dans un cycle actif à long terme et ne pose pas de problème.

En Amérique du Nord, il y a 100 ou 200 ans, notre contribution nette aux émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère était équivalente à celle des tropiques aujourd'hui. Ça se fait encore au Canada; nous perdons chaque année de 50 000 à 80 000 hectares de forêts qui sont déboisées pour la construction de routes, l'agriculture ou le développement urbain. Le déboisement se pratique encore au Canada. Certaines émissions de gaz à effet de serre au Canada y sont attribuables, mais ce sont les tropiques qui en sont la principale source.

**Le sénateur Tkachuk:** Y a-t-il une façon d'empêcher cela, ou est-ce une pratique qui se poursuivra jusqu'à ce qu'on ait éliminé toutes les forêts?

**M. Hengeveld:** Il y a bien sûr des façons de freiner cette pratique. Mais c'est un sujet complexe qui soulève notamment des questions de souveraineté. Il y a un peu partout dans le monde de grands programmes pour éviter le déboisement des forêts et pour protéger les forêts qui restent. Mais ces programmes ont été créés pour d'autres motifs. Il y a aussi des conventions internationales sur les forêts.

C'est un enjeu délicat, car les paysans pauvres ont besoin de terres à cultiver. Dans certains cas, on blâme McDonald pour le déboisement du Brésil, parce qu'on veut remplacer les grandes plantations par des prairies où on élèvera du bétail. Cela soulève toutes sortes de questions complexes de commerce international et c'est un dossier auquel on travaille.

**Le sénateur Tkachuk:** Si l'accord de Kyoto est ratifié et que le monde atteint ses objectifs, quels seront les effets sur le changement climatique?

**M. Hengeveld:** Cela retarderait d'environ dix ans l'atteinte des seuils critiques. Par conséquent, le Protocole de Kyoto seul ne résoudra pas le problème. Il ne fera que retarder un peu l'échéance.

L'objectif ultime de la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques est de stabiliser les concentrations à un niveau qui permettra d'éviter une ingérence humaine dangereuse. C'est là l'objectif ultime. Au départ, la communauté internationale a tenté de se doter d'une stratégie à long terme dont le Protocole de Kyoto n'est que la première étape. Je crains toutefois que le débat sur l'accord de Kyoto n'amène bien des gens à oublier que ce n'est qu'une première étape cruciale d'un long processus.

**Le sénateur Tkachuk:** C'est là le genre d'information qui nous manque. Les gens parlent de Kyoto comme s'il s'agissait de la solution au problème. Tous les problèmes de l'environnement seront réglés, la terre se refroidira et on évitera toutes les conséquences catastrophiques du réchauffement de la planète telles que la disparition de nos littoraux et de la ville de New York.

Are there not better ways? Is technology not the solution? If we say fossil fuels are the problem or coal is a problem, surely we have to get people to stop using coal to produce energy and get them to use something else. Would not that be a big help? How do we stop people from using it except by charging more money for it?

**Mr. Hengeveld:** Again, this gets outside of the issue of science and beyond my expertise. From the literature I've read, there are geo-engineering solutions, but it may be a question of jumping from the pan into the fire.

For example, one solution might be to take CO<sub>2</sub> from smokestacks, liquefy it and dump it into the deep ocean. However, that alone may have a large ecological impact into the regions in which it is dumped because it changes the acidity of the ocean. Furthermore, oceans circulate. What you put down there may come back; it may take a long time. It is also very expensive. There are far cheaper options in terms of energy efficiency that we would explore first.

Down the road, we may have to consider some of those geo-engineering options. Another suggested option is sprinkling fine dust particles into the upper atmosphere to reflect more sunlight. Again, it is a question of doing a geophysical experiment with the whole planet to try to solve another problem. You may have, without knowing it, created another problem. Furthermore, it would require a tremendous number of aircraft to go up and do this on a continuous basis because gravity takes it back out. The aircraft alone would emit a lot of CO<sub>2</sub>.

The international community, in terms of trying to find solutions to this, is focusing first on reducing the energy use per economic unit of production and making ourselves more efficient. There are also many other benefits of doing that.

The second focus is to gradually move from fossil fuels to renewable energies, whether that will be biomass, wind, solar, or thermal power.

**Senator Tkachuk:** Would that include nuclear power?

**Mr. Hengeveld:** It is one of the options. There is a debate around that in its own right.

**Senator Tkachuk:** We mine it in Saskatchewan, although we are afraid to use it. It is a conundrum of ours.

**Mr. Hengeveld:** This is a challenge for the global community in terms of meeting the most effective way of reducing the emissions. The portfolio for each country is different. What works for Canada may not work for the U.S. or Australia. That is why the international community has left it up to the individual countries to decide how to do it.

N'y a-t-il pas de meilleures solutions? La technologie, par exemple? Si les combustibles fossiles ou le charbon sont à blâmer, n'est-il pas évident qu'il faut que les gens cessent de brûler du charbon pour produire de l'énergie et les amener à employer une autre méthode. Est-ce que cela ne serait pas d'un grand secours? Comment amener les gens à ne pas utiliser le charbon si ce n'est en exigeant plus pour ce combustible?

**M. Hengeveld:** Encore une fois, la question dépasse le cadre de la science et mes compétences particulières. D'après mes lectures, il existe des solutions de génie géologique, mais peut-être qu'on ne fait que tomber de Charybde en Scylla.

Par exemple, il y aurait une solution qui consisterait à capter le gaz carbonique des cheminées, à le liquéfier et à le déverser dans les parties profondes de l'océan. Toutefois, cette seule pratique pourrait avoir des retombées environnementales importantes dans la région du déversement puisque cela modifierait l'acidité de l'océan. En outre, l'eau circule dans les océans. Ce que l'on déverse dans les fonds marins peut réapparaître; cela peut prendre du temps. Par ailleurs, c'est une pratique très coûteuse. Il y a des solutions beaucoup plus économiques sur le plan de l'efficacité énergétique que nous devrions explorer d'abord.

À terme, nous devons peut-être envisager certaines de ces solutions de génie géologique. Il y a une autre solution possible, il s'agit de répandre de fines particules de poussière dans les couches supérieures de l'atmosphère dans le but de refléter davantage les rayons du soleil. Encore une fois, il est question de procéder à une expérience de géophysique à l'échelle planétaire pour essayer de régler un autre problème. Sans le savoir, on pourrait créer un autre problème. J'ajouterais qu'il faudrait un nombre ahurissant d'avions pour assurer ce processus en continu parce que la pesanteur retirerait cette poussière de l'atmosphère. Les avions eux-mêmes dégageraient beaucoup de gaz carbonique.

Dans le but de trouver des solutions, la communauté internationale se concentre d'abord sur la réduction de la consommation d'énergie par unité de fabrication et des pratiques plus économes en énergie. Cet effort comporte d'ailleurs bien d'autres avantages.

Le deuxième domaine d'intervention consiste à progressivement s'éloigner des combustibles fossiles pour se diriger vers les énergies renouvelables, soit la biomasse, l'énergie éolienne, l'énergie solaire ou l'énergie thermique.

**Le sénateur Tkachuk:** Cela comprend-il l'énergie nucléaire?

**M. Hengeveld:** C'est l'une des solutions. Il y a tout un débat à ce sujet.

**Le sénateur Tkachuk:** Nous exploitons des mines combustibles nucléaires en Saskatchewan, même si nous avons peur d'en faire usage. C'est l'un de nos dilemmes.

**M. Hengeveld:** La communauté mondiale fait face au défi de trouver le moyen le plus efficace de réduire ses émissions. Chaque pays a des caractéristiques différentes. Ce qui fonctionne pour le Canada ne fonctionne peut-être pas pour les États-Unis ou l'Australie. C'est pourquoi la communauté internationale laisse le soin à chaque pays de choisir sa démarche.



**The Chairman:** In relation to Senator Tkachuk's question, you answered that it was an 80/20 split, with the 20 per cent being deforestation and the 80 per cent from fossil fuels. Which way has that formula been going? Was it 70/30 before? Which way do you see that going in terms of the two contributing to the climate change?

**Mr. Hengeveld:** A hundred years ago, the emissions from deforestation were greater than those from fossil fuels. It crossed over eventually, perhaps around mid-century. The deforestation emissions are fairly constant. With the political pressure to reduce that, I would see that decreasing, partly because we are running out of forests as well.

We would expect that to be at somewhere in the range of today's level, perhaps decreasing but not increasing, whereas the fossil fuel emissions are rapidly increasing with time. Eventually, the deforestation component will be marginal.

**Senator Day:** Could I have a clarification on that? Could you explain deforestation emissions?

**Mr. Hengeveld:** When we cut trees and burn them, and do not replace them through regrowth, or when we simply go in there and slash and burn as often happens, then the carbon that is stored in those trees are released into the atmosphere's carbon dioxide and are not taken out again through photosynthesis. Whereas, if we harvest trees and replant them, then the new trees take the carbon back up again through photosynthesis. The difference is that sustainable forest use is an active cycle, whereas land-use change, where you convert from forests that have a lot of stored carbon, liquidates that storage and puts it into the air, but does not take it out again down the road.

**Senator Day:** For my own clarification, when you talk about the 20 per cent emissions, does that include for the lack of trees to do the reverse cycle through photosynthesis, or is this figure more the emissions through slashing and burning and the release of the carbon that was in these trees?

**Mr. Hengeveld:** Well, it is the latter. It is the release of the carbon in the trees. We would argue that if you are replanting it, then we could forgive you that, because over the next 100 years it is going to be taken out. As long as you do that on a rotational basis, the average carbon content in your forest should stay the same. In fact, we have the option of trying to use methods to increase the carbon content of a forest so it becomes a net sink. However, if we cut the trees and pave over that land, or if we use it only for agriculture or grazing, then we are not returning the carbon back into that landscape.

**Le président:** Vous avez répondu au sénateur Tkachuk que la proportion s'établissait à 80/20, ou 20 p. 100 des changements climatiques sont attribuables au déboisement, et 80 p. 100 aux combustibles fossiles. Comment évolue ce rapport? Est-ce qu'il s'établissait à 70/30 dans le passé? Dans quel sens, d'après vous, évoluera le rapport des facteurs qui contribuent au changement climatique?

**M. Hengeveld:** Il y a 100 ans, les émissions provenant du déboisement étaient plus importantes que celles produites par les combustibles fossiles. À un certain moment, peut-être au milieu du siècle, le rapport s'est inversé. Les émissions dues au déboisement sont relativement stables. Compte tenu de la pression politique qui s'exerce pour réduire cette pratique, je crois que les émissions diminueront de ce côté, en partie aussi parce que nous épuisons nos ressources forestières.

Nous prévoyons que, à l'avenir, les émissions dues au déboisement se situeront à peu près à des niveaux comparables aux niveaux actuels, nous pouvons peut-être même prévoir une réduction mais pas d'augmentation, tandis que les émissions dues aux combustibles fossiles augmentent rapidement. À terme, l'élément déboisement deviendra négligeable.

**Le sénateur Day:** Pouvez-vous clarifier cela? Pouvez-vous expliquer l'origine les émissions dues au déboisement?

**M. Hengeveld:** Lorsque nous abattons et brûlons des arbres et que ceux-ci ne sont pas remplacés par la revenue, ou encore lorsque l'on détruit tout simplement la forêt par la coupe à blanc ou en l'incendiant, comme cela se produit souvent, alors le gaz carbonique emmagasiné dans ces arbres est libéré dans l'atmosphère et n'est plus absorbé par le processus de la photosynthèse. En revanche, si nous abattons les arbres et que nous procédons ensuite à la plantation de nouveaux arbres, ces derniers absorberont à nouveau le gaz carbonique libéré par voie de photosynthèse. La différence, c'est qu'une exploitation forestière viable représente un cycle actif tandis que le changement d'affectation des terres, c'est-à-dire la conversion d'une forêt où est stockée une quantité importante de gaz carbonique, libère dans l'atmosphère tout ce qui était stocké, sans le reprendre plus tard.

**Le sénateur Day:** Je voudrais une précision: vous avez dit que les émissions de gaz à effet de serre comptaient pour 20 p. 100 dans le réchauffement des températures. Est-ce que cela tient compte du manque d'arbres nécessaires au cycle inverse de la photosynthèse, ou s'agit-il simplement du carbone qui a été émis dans l'atmosphère au moment de la coupe et du brûlage des arbres?

**M. Hengeveld:** C'est plutôt cela. C'est l'émission du carbone contenu dans les arbres. Si vous reboisez, on pourrait peut-être ne pas tenir compte de ces émissions, puisque sur les 100 prochaines années, ça s'équivaldra. Tant qu'il y a une rotation, le contenu moyen de carbone de la forêt devrait rester le même. En fait, on peut même tenter d'utiliser des méthodes visant à accroître le contenu en carbone d'une forêt de façon à en faire un puits de carbone. Toutefois, si on coupe des arbres pour paver ensuite ces terres, ou si on en fait des terres agricoles ou des pâturages, le carbone est émis dans l'atmosphère.

**Senator Day:** Is the problem that we have fewer trees and are therefore not getting the oxygen and carbon dioxide cycle through photosynthesis, or is the problem the harvesting of the trees and the releasing of the carbon that was in the sink? Which is the problem?

**Mr. Hengeveld:** It is really both. The bottom line is that we have fewer trees.

**Senator Day:** Yes. That is the photosynthesis issue.

**Mr. Hengeveld:** Right.

**Senator Day:** Thank you. That is what I had always thought but then when you said releasing emissions, I began to think otherwise. I wanted to clarify that.

**Mr. Hengeveld:** If we think of it as a bank account, the carbon in the forest is like an amount of money in your bank account. If we emptied that account and a year later put it back in, on average we are still fine. That is what we are doing when we harvest and replant.

However, if we empty it and do not replace it, then we are doing what we do through deforestation; we have not returned it.

**Senator Hubley:** I would like to discuss the coastal regions in Canada. I come from the Atlantic Provinces. I am not sure, but the weather patterns seem to be more intense. I will use Prince Edward Island as the example, but I am sure all coastlines experience erosion. We have had storm surges, although I do not know if they have just recently been identified as that. They might have been ongoing and it was not something for which we had a concern. Nevertheless, we are seeing erosion of our farmland. The weather has a direct effect on our land in that way.

The storms that we get up the Atlantic coast often come from the south. I wonder if you can tell me whether we can expect more and more severe storms. Will they come further north, and will they have that kind of an effect on our coastlines? That is my first question.

**Mr. Hengeveld:** The problem with storm surges on the East Coast of Canada is due to three factors.

The eastern part of Canada is still sinking, due to tectonic actions from the melting of the icecap 5,000 years ago. It is a very slow process. Land in the Hudson's Bay region is rising and, like a cantilever, the land on the coast is sinking. There is a geological sinking of the land in the area, which is slow but steady.

In addition to that, we have had a global increase in sea levels. Both of these factors act to cause a rise in the sea level relative to the land in PEI and also in the eastern U.S.

The third factor is the question of the storms. In the future, we expect the sea level to rise. There is a lot of uncertainty, because we are trying to estimate how the ice caps in the poles behave, but

**Le sénateur Day:** Est-ce que le problème, c'est qu'il y a moins d'arbres et, du coup, qu'il y a moins d'oxygène produit par la photosynthèse, ou est-ce que la récolte des arbres entraîne l'émission du carbone qui était dans ce puits? Où se situe le problème?

**M. Hengeveld:** Ces deux problèmes sont présents. Mais ce qui compte, c'est qu'il y a moins d'arbres.

**Le sénateur Day:** Oui, c'est donc une question de photosynthèse.

**M. Hengeveld:** C'est exact.

**Le sénateur Day:** Merci. C'est ce que je croyais, mais j'ai eu un doute lorsque vous avez parlé des émissions de carbone. Je voulais en être sûr.

**M. Hengeveld:** Voyons cela comme un compte en banque: le carbone dans la forêt est un peu comme l'argent qui est dans votre compte en banque. Si vous videz votre compte mais que vous le regarnissez l'année suivante, en moyenne, il n'y a pas de problème. C'est ce que nous faisons lorsque nous coupons les arbres mais que nous faisons aussi du reboisement.

Toutefois, si nous vidons notre compte sans le regarnir, nous avons la situation équivalente à celle qu'entraîne le déboisement.

**Le sénateur Hubley:** J'aimerais parler des régions côtières du Canada. Moi, je viens de l'Atlantique. Ce n'est qu'une impression, mais il me semble que les conditions atmosphériques sont plus intenses. Je prends l'exemple de l'Île-du-Prince-Édouard, mais je suis certaine que toutes les régions côtières subissent une certaine érosion. Nous avons connu des vagues de tempête, ou peut-être les a-t-on qualifiées ainsi récemment, je l'ignore. Peut-être que nous en avons toujours eu et qu'elles ne nous ont jamais préoccupé auparavant, mais il n'en reste pas moins qu'il y a érosion de nos terres arables. Le climat a un effet direct sur nos terres.

Les tempêtes qui viennent sur la côte Atlantique proviennent souvent du sud. Pourriez-vous me dire si nous pouvons nous attendre à une recrudescence de ces fortes tempêtes? Le feront-elles sentir plus au nord et quel effet auront-elles sur nos régions côtières? C'est ma première question.

**M. Hengeveld:** Le problème des vagues de tempête sur la côte est du Canada est attribuable à trois facteurs.

La partie occidentale du Canada s'enfonce dans la mer en raison de mouvements tectoniques provoqués par la fonte de la calotte glaciaire il y a 5 000 ans. C'est un processus très lent. Les terres dans la région de la Baie d'Hudson montent et, comme une poutre en porte-à-faux, les terres de la côte s'enfoncent. Il y a donc un affaissement géologique du sol dans cette région, affaissement lent mais constant.

De plus, le niveau des mers augmente sur toute la planète. Ces deux facteurs ensemble ont entraîné une hausse du niveau de la mer autour de l'Île-du-Prince-Édouard et sur la côte est des États-Unis.

Le troisième facteur est lié à votre question sur les tempêtes. À l'avenir, nous anticipons une hausse du niveau de la mer. Il y a encore beaucoup d'incertitude, car nous tentons de prévoir le

it could be anywhere from about 9 centimetres to 88 centimetres over the next century. It is a broad range but, in the middle, somewhere around 45 centimetres would be added to what we already have and to future subsiding of the land. That in itself is already a problem.

There is some suggestion that the intensity of storms may increase. There was a study done recently on the East Coast to see how that would change the frequency of storm surges in Prince Edward Island. I believe that it found that the 1-in-100-year storm surge could occur in about every 7 to 10 years by the end of the century. What we can anticipate is that the combination of land sinking, of sea levels rising and the possible risk of more intense storms could cause more storm surges.

With hurricanes, it is more complex. The science community does not have a conclusive answer as to how hurricanes may change. There is evidence that the Atlantic hurricanes have become more intense in the last 10 years relative to the mid-century, but there is also a suggestion that they were more intense in the early part of the century. It could be part of a long-term natural cycle, so it is inconclusive at this point.

**Senator LeBreton:** On the issues of storm surges and seemingly increasing intensity of hurricanes, is that directly related to the deforestation problem in the tropics? Is that causing more heat to be concentrated on the oceans and therefore creating the storms in the centre of the ocean that come in along the Eastern Seaboard?

**Mr. Hengeveld:** I think the short answer is no. Deforestation can cause local climate effects. For example, the Brazilian deforestation can change the hydrology and the climate in the region of Brazil. There could be some global implications — every little change adds up to global implications — but it is not a major global impact at this point. The key is when you change from forest cover to grasslands or farming, you have changed the reflective property of the Earth's surface, but you have also changed the hydrological cycle significantly. This does add up to a local or regional effect, but to my knowledge there is no linkage to ocean circulation at this point.

**Senator LeBreton:** Would it not increase the temperature in those areas where the storms develop?

**Mr. Hengeveld:** Well, most of the storms develop over the tropical ocean, quite often off the coast of Africa. That is where a lot of the cyclogenesis begins. It then moves across the ocean, so it is largely ocean temperatures that become the key factor, rather than land temperatures. In fact, when you go over land, hurricanes usually decline.

It is complex. Fast-moving hurricanes have a greater potential to develop into intense ones than slow ones, because hurricanes also mix up the ocean water underneath. When cooler water comes up, that tends to cool down the hurricane so it moves more

comportement des calottes glaciaires aux pôles, mais cette élévation pourrait aller de 9 centimètres à 88 centimètres au cours du prochain siècle. C'est une grande fourchette, mais on estime que ce chiffre se situera au milieu soit à environ 45 centimètres, ce qui accentuera l'affaissement du sol. C'est déjà un problème en soi.

On laisse aussi entendre que l'intensité des tempêtes pourrait augmenter. Une étude a été menée récemment sur la côte Est afin de déterminer quel effet cela aurait sur la fréquence des vagues de tempêtes dans l'Île-du-Prince-Édouard. Je crois qu'on a constaté que l'onde ou la vague de tempêtes qui se produisait auparavant une fois tous les 100 ans pourrait se produire une fois tous les 7 à 10 ans d'ici la fin du siècle. On prévoit donc que, ensemble ces facteurs, soit l'affaissement des sols, la hausse du niveau de la mer et le risque possible de tempêtes plus intenses, pourraient entraîner des vagues de tempêtes plus fréquentes.

Le cas des ouragans est plus complexe. La communauté scientifique n'a pas encore trouvé de réponse concluante à la question de savoir si les ouragans se comporteront autrement. On a la preuve que les ouragans de l'Atlantique sont plus intenses depuis 10 ans par rapport aux années 50, mais on est aussi porté à croire qu'ils étaient plus intenses au début du siècle dernier. C'est peut-être un long cycle naturel, les données restant inconcluantes.

**Le sénateur LeBreton:** Les vagues de tempêtes et les ouragans qui semblent le plus intenses sont-elles directement liées au déboisement dans les Tropiques? Est-ce que cela n'entraîne pas une concentration accrue de chaleur dans les océans créant par conséquent, des tempêtes le long du littoral est?

**M. Hengeveld:** En bref, non. Le déboisement peut avoir des effets sur le climat local. Par exemple, le déboisement au Brésil peut modifier l'hydrologie et le climat de la région du Brésil où il se fait. Il peut aussi avoir certaines répercussions globales — chaque petit changement s'ajoute à d'autres qui ont ensemble un impact global — mais cet impact n'est pas majeur pour le moment. Ce qu'il faut savoir, c'est que lorsqu'on transforme des forêts en pâturages ou en terres arables, on modifie les propriétés réfléchissantes de la surface terrestre et, de façon plus significative, le cycle hydrologique. Cela a une incidence locale ou régionale, mais que je sache, n'a pas de lien avec la circulation océanique.

**Le sénateur LeBreton:** Mais est-ce que cela n'entraîne pas une hausse de la température dans les régions d'où les tempêtes émanent?

**M. Hengeveld:** La plupart des tempêtes naissent dans les mers tropicales, très souvent au large de l'Afrique. C'est là que se fait la majeure partie de la cyclogénèse. La tempête se déplace ensuite à travers l'océan et c'est la température de la mer qui devient le facteur le plus important, et non pas la température du sol. En fait, lorsqu'ils passent au-dessus des océans, les ouragans perdent de leur intensité habituellement.

C'est très complexe. Les ouragans qui se déplacent rapidement sont plus susceptibles d'augmenter en intensité que les ouragans plus lents, parce que les ouragans brassent aussi l'eau de la mer. En s'élevant, l'eau fraîche refroidit l'ouragan qui se déplace alors

rapidly. It does not have time to have the ocean waters mix. If it is moving slowly, it tends to have what we call a “negative feedback” that cools it down.

**Senator Hubley:** Are we looking at a season change of summer/spring/spring? Has our winter become shorter and more intense? Do we still have the same amount of snow coming down every year, within reason? How have our winters changed?

**Mr. Hengeveld:** Certainly in the last decade, and that is what is freshest in most of our memories, our winters have become much milder through most of Canada than they were in preceding decades. In fact, young people I talk to do not seem to realize that we are getting warmer because they do not remember the cold years.

Our winters have become shorter mainly because of earlier springs, not because of later falls. Particularly in Eastern Canada, the fall has actually been somewhat cooler in the last 50 years. The main changes have been in winter and spring.

In terms of higher precipitation, I do not believe that there is an obvious trend as yet. However, most models suggest that our winters will become wetter. During the cold period, that means snow. We could therefore have shorter winters, but more intense precipitation during that time. The total amount of snow and the intensity of winter storms may not change.

One Canadian study suggests that the intense winter storms will increase. Again, I do not think there is a global consensus on that yet.

**Senator Hubley:** Thank you.

**The Chairman:** It might be rain rather than snow in the winter?

**Mr. Hengeveld:** It could be that, or freezing rain.

**Senator Chalifoux:** I find this very interesting. I have a couple of questions relating to the Arctic. I have heard from people up there that, because of the warming trend and the melting of the permafrost, that the elders are now hearing sounds that they have never heard in their lives such as frogs and crickets. I come from northern Alberta, and we have a very serious problem there regarding the Arctic, boreal forests, clear-cutting and the fuel situation. Our farmers and our ranchers up there are really in a dilemma as to what to do.

We are all talking about value added, changing the crop situation and that sort of thing. Where does all of that fit in? Because of the rapid changing, how can the agricultural industry change to adapt to the changing of the weather?

**Mr. Hengeveld:** I believe future witnesses will spend more time on this.

The number one rule is learning to live with extremes, which helps us today as well as with future changes. However, in the northern climates, the situation may be somewhat different than further south. First of all, the longer daylight hours are a real

plus rapidement. Il n'a donc plus le temps d'absorber l'eau froide de la mer. Si l'ouragan se déplace plus lentement, il se produit ce que nous appelons une rétroaction négative qui le refroidit.

**Le sénateur Hubley:** Croyez-vous que nous aurons dorénavant un été suivi d'un printemps et d'un autre printemps? Nos hivers sont-ils plus courts et plus intenses? Recevons-nous chaque année les mêmes quantités de neige? Nos hivers ont-ils changé?

**M. Hengeveld:** Il est certain que, ces dix dernières années, qui sont les plus fraîches dans nos mémoires, nos hivers sont plus doux dans presque tout le pays par rapport aux décennies précédentes. D'ailleurs, les jeunes à qui je parle ne semblent pas se rendre compte que les hivers se réchauffent parce qu'ils n'ont jamais connu d'hiver très froid.

Nos hivers sont plus courts surtout parce que le printemps arrive plus tôt, et non pas parce que l'automne arrive plus tard. Surtout dans l'est du Canada, l'automne est en fait plus froid depuis 50 ans. Les principaux changements se sont produits en hiver et au printemps.

En ce qui a trait aux précipitations, et je ne crois pas qu'on puisse parler encore d'une tendance nette. Toutefois, la plupart des modèles nous portent à croire que nos hivers seront plus humides. Par temps froid, cela signifie de la neige. Nous pourrions par conséquent avoir des hivers plus courts, mais connaître aussi des précipitations plus intenses pendant cette période. La quantité totale de neige et l'intensité de nos tempêtes hivernales ne changeront peut-être pas.

Une étude canadienne donne à penser que les grosses tempêtes d'hiver vont augmenter. Je ne crois pas qu'il y ait encore un consensus international sur cela non plus.

**Le sénateur Hubley:** Merci.

**Le président:** Il pourrait tomber de la pluie plutôt que de la neige en hiver?

**M. Hengeveld:** Oui, ou de la pluie verglaçante.

**Le sénateur Chalifoux:** Je trouve cela très intéressant. J'ai quelques questions à propos de l'Arctique. Des gens de l'endroit m'ont dit que, à cause du réchauffement et de la fonte du pergélisol, les aînés entendent aujourd'hui des sons qu'ils n'ont jamais entendus de leur vie comme le croassement des grenouilles et la stridulation des grillons. Je viens du nord de l'Alberta et nous avons de très gros problèmes là-bas reliés à l'Arctique, à la forêt boréale, aux coupes à blanc et au carburant. Les agriculteurs et les éleveurs ne savent plus quoi faire.

On parle de valeur ajoutée, de remplacement des cultures et d'autres choses de ce genre. Comment intégrer tout cela? À cause de l'évolution rapide, comment le secteur agricole peut-il s'adapter à l'évolution du climat?

**M. Hengeveld:** D'autres témoins je crois s'étendront davantage là-dessus.

La première chose est d'apprendre à s'accommoder de situations extrêmes, ce qui va nous aider aujourd'hui et dans l'avenir. Dans les climats septentrionaux, par contre, la situation sera peut-être différente de celle que l'on retrouve plus au sud.

potential advantage. Warmer climates and longer seasons may suggest a double advantage when you have the long daylight as well as the warmer temperatures. There are also indications that the northern parts of Canada will probably not have the water shortages that the regions further south will have.

It is a complex issue and is uncertain, but the situation in the northern parts of the provinces may not be as serious in terms of some of the conflicts as others. Extreme weather is still always an issue. I believe learning to change the culture that we have and grew up with may be a key part. I know that traditional culture has a real challenge with this.

**Senator Chalifoux:** Yes.

**Mr. Hengeveld:** I was on a tour of the Arctic this summer, and the Inuit were very concerned because their culture is at risk here.

**Senator Chalifoux:** I have a second question.

Could you explain a little bit about the devastating effect that acid rain has on the agricultural industry for me? I apologize. I know the effect it has, but I do not know what causes and where it fits in with the climate change.

**Mr. Hengeveld:** The primary cause of acid rain is sulphur and nitrogen emission from industrial activities further south that are transported by the winds. They interact with precipitation to make the precipitation more acidic.

In North America, the sulphur emissions — this is mainly an Eastern North America problem — have been successfully reduced substantially, but the nitrogen emissions have not, therefore, there an ongoing problem with that. Needless to say, that problem needs more attention.

On the agricultural side, I believe the effects are probably less significant than they are in the nature ecosystems, particularly in terms of forests and wetlands. One of the problems that we still experience today is that we are not seeing the recovery in the lakes in certain regions that we would have expected to see given the reduced emissions. That suggests that we have a lot to learn on how lakes respond.

**Senator Day:** Reading at page 8 of the materials you gave us, under the heading “ Global surface temperatures are rising,” the third bullet states:

Results indicate, while the trend has been noisy (particularly at the annual to decadal time scale), there appears to have been an overall warming during the past century of 0.6 degrees Celsius.

There “appears to have been...” That is not a very strong statement. We know that the Bush Administration in the United States is not going along with Kyoto Protocol at this stage. Is there valid scientific opinion that is contrary to what you have expressed here today, or is the reason the Americans are not going along is that there is just not enough data to do proper modelling? Will we, therefore, need a lot more time? Obviously we are doing some things wrong and we will try to correct those points. The

Tout d’abord, la durée plus longue du jour peut être un véritable avantage. Des climats plus doux et des saisons plus longues peuvent représenter un double avantage si le jour est plus long et les températures plus élevées. Il y a aussi des indications que les parties septentrionales du Canada ne connaîtront sans doute pas les pénuries d’eau des régions méridionales.

La question est complexe et il y a de l’incertitude, mais la situation dans les parties septentrionales des provinces ne sera peut-être pas aussi grave qu’ailleurs. Les conditions météorologiques exceptionnelles constituent toujours un problème. Un élément déterminant sera d’apprendre à transformer la culture dans laquelle nous avons grandi et qui est la nôtre. Je sais que c’est un gros problème pour les cultures traditionnelles.

**Le sénateur Chalifoux:** Oui.

**M. Hengeveld:** J’ai fait une tournée dans l’Arctique cet été et les Inuits s’inquiètent beaucoup parce que leur culture est menacée.

**Le sénateur Chalifoux:** J’ai une deuxième question.

Pourriez-vous nous en dire davantage de l’effet dévastateur des pluies acides sur l’agriculture. Je sais quels sont les effets, mais je n’en connais pas les causes ni où se situe le phénomène dans le changement climatique.

**M. Hengeveld:** La cause première des pluies acides sont les émissions de soufre et d’azote provenant de l’activité industrielle dans le sud et transportées par les vents. Elles se mêlent aux précipitations et augmentent leur acidité.

En Amérique du Nord, les émissions de soufre — surtout dans le nord-est des États-Unis — ont été réduites de beaucoup mais ce n’est pas le cas des émissions d’azote et c’est pourquoi le problème perdure. Il est évident qu’il faut se pencher davantage là-dessus.

Pour ce qui est de l’agriculture, les effets sont sans doute moins importants que pour les écosystèmes naturels, surtout dans le cas des forêts et des terres humides. Un des problèmes que nous connaissons toujours aujourd’hui est que l’on n’observe toujours pas le rétablissement des lacs dans certaines régions, qui aurait dû résulter de la baisse des émissions. Il faut en conclure que nous en avons encore beaucoup à apprendre sur la réaction des lacs.

**Le sénateur Day:** À la page 8 du document que vous nous avez donné, sous la rubrique «Les températures planétaires en surface sont en hausse», je lis à la troisième puce:

Bien que la tendance se soit révélée brouillée par le bruit (surtout à l’échelle annuelle à décennale), les résultats obtenus semblent montrer que la planète s’est réchauffée de 0,6 degré centigrade au cours du dernier siècle.

Il «semble démontrer»... Ce n’est pas très catégorique. On sait que l’administration Bush aux États-Unis ne souscrit pas au Protocole de Kyoto pour l’instant. Y a-t-il des avis scientifiques valables qui vont dans un sens autre que ce que vous avez affirmé ici aujourd’hui ou est-ce que la raison pour laquelle les Américains n’y souscrivent pas c’est que les données manquent pour réaliser de bons modèles? Autrement dit, va-t-il nous falloir beaucoup plus de temps? Il y a de toute évidence des choses que

socio-economic impact of making these decisions regarding the Kyoto Protocol and trying to sell it politically is just not worth it when we do not have the scientific evidence to promote it.

I would just like an analysis on that from you, please.

**Mr. Hengeveld:** "It would appear" reflects "scientific caution" in terms of the language we use. The IPCC uses the terms "likely" and "very likely" to try to put the range of confidence into a language we can understand. Normally they will use the terms "95 per cent confidence" and "90 per cent confidence," and that tends to blow over people's heads.

I believe the confidence level in the fact that the warming has been significant and man-made is at about the 90 per cent level. We acknowledge we may have overlooked some facts; however, the consensus is that what we are seeing is real and it is human-induced. The key factor is that the nature forcings we have seen in the last 50 years should have pushed us in the opposite direction.

John Christy does analysis of satellite data. Satellite data that looks at the lower 5 kilometres of the atmosphere has been available since 1979. He initially said that in the last 21 years the atmosphere has cooled. Then others pointed out that he had forgotten to allow for the fact that satellites drop in altitude with time. When he took that information into account, he noticed a warming but it was less than at the surface.

This caused much controversy where some of the contrarians were arguing that the satellites, which were the best data source in the world, show it is cooling and now they are saying it is showing less warming. We need to remember that satellite data is also one single record developed by stitching results together from eight different satellites, each one covering a past record. Therefore, while I respect Christy's efforts in trying to remove all the errors in that, there is room for error.

The same is true at the surface. However, there we have 8,000 stations, therefore, some of the errors in one station would be offset by others. Averaging helps. There is room for error in both data sets.

The U.S. National Academy of Science brought scientists from the surface measurement school and the atmosphere measurement school together with the aim to work this out. They concluded that the difference is real, that it cannot be explained by the errors in the two data sources, but that part of the reason is the shortness of the record.

When we take 40 years of balloon data, which also measures the atmosphere above us, we find that the first 20 years of the balloon data shows a more rapid warming of the surface and the second 20-year period shows a moderate warming similar to what the satellite shows. However, when we look at the 40-year record, the surface and the balloon data is almost the same. Therefore,

nous ne faisons pas comme il faut et que nous allons essayer de corriger. Les conséquences socio-économiques des décisions concernant le Protocole de Kyoto et l'effort de ralliement de la population ne valent pas grand-chose si l'on ne dispose pas de la preuve scientifique pour le défendre.

Qu'est-ce que vous en pensez?

**M. Hengeveld:** Dans notre jargon, c'est ce que l'on appelle la prudence scientifique. Le GIEC emploie des mots comme «probablement» et «très probablement» pour transposer en termes compréhensibles le degré de confiance. Il s'exprimera normalement en disant «confiant à 95 p. 100 et confiant à 90 p. 100», ce qui ne veut rien dire pour les gens.

Je crois que le degré de confiance dans le fait que le réchauffement est important et d'origine humaine s'établit à environ 90 p. 100. Nous admettons avoir peut-être oublié certains faits; toutefois, le consensus est que ce que nous observons est réel et d'origine humaine. L'essentiel, c'est que les forçages des 50 dernières années auraient dû avoir l'effet contraire.

John Christy analyse les données satellitaires. Les données satellitaires qui portent sur la couche inférieure de cinq kilomètres de l'atmosphère existent depuis 1979. Au début, il a affirmé que depuis 21 ans, l'atmosphère s'était refroidie. D'autres lui ont ensuite signalé qu'il avait oublié de compenser le fait que les satellites perdent l'altitude avec le temps. Après en avoir tenu compte, il a constaté un réchauffement mais moins important qu'à la surface.

Cela a causé beaucoup de controverse parce que certains esprits chagrins ont soutenu que les satellites, la meilleure source de données au monde, ont d'abord montré un refroidissement puis un réchauffement moins important. Il ne faut pas oublier que les données satellitaires sont un ensemble issu de la fusion de huit satellites différents, chacun d'eux couvrant une période précédente. C'est donc dire que même si j'ai du respect pour les efforts de Christy, qui a essayé de corriger toutes les erreurs, il peut y en avoir.

La même chose vaut pour la surface. Nous avons 8 000 stations et il se peut que les erreurs survenues dans une d'elles soient compensées par les autres. Calculer une moyenne améliore les choses. Il y a toutefois matière à erreur dans les deux ensembles de données.

L'Académie des sciences nationales des États-Unis a rassemblé des scientifiques adaptés de la mesure de la surface et d'autres de la mesure de l'atmosphère pour essayer de tirer des choses au clair. Ils ont conclu que la différence est réelle et ne peut pas s'expliquer par des erreurs dans les deux ensembles de données mais qu'elle s'explique en partie par la brièveté de la période considérée.

Quand on prend 40 ans de données des ballons sondes, qui eux aussi mesurent l'atmosphère au-dessus de nos têtes, on s'aperçoit que les 20 premières années de données montrent un réchauffement plus rapide de la surface et que la deuxième période de 20 ans montre un réchauffement modéré semblable à ce qu'ont observé les satellites. Par contre, quand on considère la

that suggests that some of the controversy is simply due to the fact that the 20-year record from satellite data is too short to remove the natural oscillations.

I am not sure whether I fully answered your question.

**Senator Day:** Earlier we talked about the fact that we can remember when we were younger — some of us going back further than others — how much colder it was and how we had outdoor rinks that we cannot have now. That kind of empirical data is not helpful to us; that is a short-term time frame.

Are not the Americans arguing that in order to do all this modelling that you have showed us some examples of and trends, it is still too short even with all the information we have? Is that not the reason that they are arguing against the implementation of the Kyoto Protocol?

**Mr. Hengeveld:** I do not think so. I think the American science community is very much in line with the IPCC. In fact, a large portion of IPCC science consisted of American scientists. Therefore, I think we should distinguish between American scientists versus the White House.

I think the shortness of the record is also a concern. Some feel even the 140-year record is too short. That is why they have gone to the thousand-year record, bringing in the proxy data from tree rings and so on, to help put the 140-year record into context. It would be great to push that back 10,000 years. What it suggests is that what we are seeing now has not happened before in the last thousand years and, therefore, it is awfully hard to explain it on the basis of natural variability alone.

**Senator Wiebe:** Is it safe to assume that over time, since the creation of this planet, that mother nature has provided us with a very continuous, gradual but adaptable climate change, and that climate change has gone on ever since we first began vis-à-vis the ice age?

Referring to your slide on page 13, what we are witnessing today is that human activities, over the last 50 or 150 years, have basically made that evolution in climate change much more rapid and much more extreme? Is that a safe assumption to make?

**Mr. Hengeveld:** I believe that is the essence behind the scientific community's concern. Climate change has always happened, but it always has happened within a fairly narrow range. Even if we go back several billion years in terms of the existence of life on earth, we find the range is within a fairly narrow range of 10 degrees, even though the solar intensity and atmospheric composition have changed tremendously. However, I do not think it is helpful to look too far back in time because the processes are so much slower. The scale we are talking about is rather meaningless when we talk about a 100-year time frame. If

période de 40 ans, les données de surface et des ballons sondes sont quasiment les mêmes. Cela donne donc à penser qu'une partie de la controverse tient tout simplement au fait que les données des satellites recueillies sur 20 ans constituent une période trop courte pour éliminer les oscillations naturelles.

Je ne sais pas si j'ai entièrement répondu à votre question.

**Le sénateur Day:** Plus tôt aujourd'hui nous disions que lorsque nous étions jeunes — pour certains d'entre nous cela remonte plus loin que pour d'autres — il faisait beaucoup plus froid et que nous avions des patinoires extérieures, ce qui n'est plus le cas aujourd'hui. Ce genre de données empiriques ne nous aide pas; c'est une courte période de référence.

Les Américains ne soutiennent-ils pas que pour faire toute la modélisation que vous nous avez montrée avec des exemples et des tendances, la période est encore trop courte même avec toute l'information que nous avons? N'est-ce pas la raison pour laquelle ils s'opposent à la mise en oeuvre du Protocole de Kyoto?

**M. Hengeveld:** Je ne le pense pas. La communauté scientifique américaine est en grande partie du même avis que le GIEC. De fait, les travaux du GIEC ont été en grande partie réalisés par des scientifiques américains. Je pense donc qu'il faut faire une distinction entre les scientifiques américains et la Maison-Blanche.

Je pense que la brièveté de la période pour laquelle on a des données pose aussi un problème. Selon certains, des données s'étalant sur une période de 140 ans, c'est encore trop peu. C'est pourquoi on a recouru à une échelle de 1 000 ans, en s'appuyant sur des données indirectes comme les cercles des arbres par exemple, pour mettre en contexte la période de 140 ans. Il serait bon de pouvoir remonter sur 10 000 ans. Ce qu'on en déduit c'est que ce que nous constatons maintenant ne s'est jamais produit dans les mille dernières années et, par conséquent, il est terriblement difficile d'expliquer ce phénomène par la seule variabilité naturelle.

**Le sénateur Wiebe:** Peut-on affirmer qu'avec le temps, depuis la création de notre planète, la nature nous a permis de jouir d'un changement climatique continu mais très graduel et adapté de sorte que ce changement se poursuit depuis notre apparition après l'ère glaciaire?

À propos de votre diapositive à la page 13, ce que nous constatons aujourd'hui, c'est que les activités humaines, depuis 50 à 150 ans, ont essentiellement accéléré et beaucoup aggravé le changement climatique? Peut-on l'affirmer?

**M. Hengeveld:** Je pense que c'est essentiellement ce qui préoccupe la communauté scientifique. Le climat a toujours connu des changements, mais ceux-ci avaient jusque-là été relativement mineurs. Même si nous remontions dans le temps jusqu'à il y a plusieurs milliards d'années depuis que la vie existe sur terre, nous constaterions un écart relativement modeste d'une dizaine de degrés, même si l'intensité solaire et la composition atmosphérique ont terriblement changé. Cependant, je ne pense pas qu'il soit utile de remonter très loin dans le temps parce que les processus sont beaucoup plus lents. L'échelle dont nous

we look at the last 400,000 years, then the changes in composition of the atmosphere are unprecedented in terms of what we have already seen and certainly will be in terms of the next century.

That suggests that we are beginning to change some of the essential life support properties of the atmosphere. The question is this: Is that dangerous or not? The fact that we are having influences now is pretty well undisputed. Even the contrarians will agree that we are now causing changes to the composition of the atmosphere. They even now accept that this is causing climate change. They are now beginning to argue that that may not be bad. That is a separate debate as well: When does something become dangerous and harmful and when does it not? I should probably stop there because there are other questions.

**Senator Fairbairn:** You referred to different usages of energy. One, of course, is wind. In a short period of time — and that is due to technology finally finding workable solutions — we have had a very aggressive development of wind power in southwestern Alberta. Lord knows we have the wind, which I hope climate change will not take away. If we could develop those kinds of transferences across the country, can that make a significant difference? Alberta takes a big hit on the fossil fuel resources base that it has, but also it is a province that is taking a great leap forward in terms of developing and utilizing the wind power of the area.

**Mr. Hengeveld:** The short answer is, yes. It cannot solve the problem by itself but it is a significant contribution. In Denmark, about one-fifth of their electricity now comes from wind energy. I do not think we can hope to do that in Canada within the next 10 years. We do lag behind most other developed countries in terms of use of wind energy and we have much potential.

When we look at the options for reducing global emissions, there are really four factors. One is population, and no one wants to talk about that for valid reasons. Two is economic growth, and everyone wants to have a bigger economy. Therefore those two options are off the table. That leaves energy efficiency, which has a lot of short-term gains. Ralph Torrie estimates that we have technology on the shelf today that, if fully implemented, could reduce energy use in Canada by 30 per cent or more. The final option is the type of energy. That is where solar, wind, biomass, and wherever we can find it in a renewable format, will help provide many other benefits, many new jobs, and also help reduce the emissions of greenhouse gases.

**Senator Fairbairn:** We are certainly on the way on that in my part of country.

parlons ne sert pas à grand-chose quand nous parlons d'une période d'une centaine d'année. Si nous examinons les 400 000 dernières années, nous constatons alors que les changements dans la composition de l'atmosphère sont sans précédent par rapport à ceux que nous avons déjà vus et qu'il en sera certainement de même également au cours du prochain siècle.

Nous sommes ainsi portés à croire que nous commençons à changer certaines des propriétés essentielles de l'atmosphère en ce qui a trait à la préservation de la vie. La question est celle-ci: est-ce dangereux ou pas? Le fait que nous exerçons une influence maintenant ne suscite pour ainsi dire aucune contestation. Même ceux qui ne partagent pas nos vues reconnaissent que nous sommes en train de changer la composition de l'atmosphère. Ils reconnaissent même maintenant que cela cause un changement climatique. Ils commencent à soutenir que ce n'est peut-être pas néfaste. Cela fait aussi l'objet d'un autre débat: à quel moment quelque chose devient-il dangereux et nocif? Je devrais m'en tenir à cela car il y a d'autres questions.

**Le sénateur Fairbairn:** Vous avez parlé de différentes utilisations de l'énergie. Il y a bien sûr l'énergie éolienne. Pendant une courte période — grâce à la technologie qui a finalement trouvé des solutions efficaces — le secteur de l'énergie éolienne avait connu une grande vitalité dans le sud-ouest de l'Alberta. Dieu sait s'il vente là-bas, et j'espère que le changement climatique n'y fera rien. Si nous pouvions effectuer ce genre de transformation dans tout le pays, pensez-vous qu'on y verrait une différence? L'Alberta exploite largement ces quelques ressources de combustibles fossiles, mais c'est aussi une province qui va vraiment de l'avant et tente d'utiliser l'énergie éolienne dont elle dispose.

**M. Hengeveld:** En somme, oui. C'est insuffisant pour résoudre le problème intégralement, mais cela y contribue de façon significative. Au Danemark, le cinquième environ de l'électricité provient maintenant de l'énergie éolienne. Je ne pense pas que nous puissions espérer en faire autant au Canada dans les dix prochaines années. Nous accusons un retard sur la plupart des autres pays développés pour ce qui est de l'utilisation de l'énergie éolienne alors que notre potentiel est considérable.

Quand on envisage les possibilités de réduction des émissions à l'échelle de la planète, quatre facteurs comptent réellement. D'abord, la population, et personne ne veut en parler pour de bonnes raisons. Deuxièmement, la croissance économique, et tout le monde veut fortifier son économie. Ainsi donc, ces deux options sont d'ores et déjà écartées. Cela laisse, l'efficacité énergétique, qui permet d'innombrables gains à court terme. Ralph Torrie estime que nous disposons déjà de la technologie voulue et que si nous y recourons vraiment nous pourrions au Canada réduire la consommation d'énergie de 30 p. 100 au moins. La dernière option, c'est le type d'énergie. On pense ici à l'énergie solaire, éolienne, la biomasse et toutes autres ressources renouvelables qui rapporteraient de nombreux autres avantages, créeraient de nombreux nouveaux emplois et contribueraient aussi à réduire les émissions de gaz à effet de serre.

**Le sénateur Fairbairn:** C'est certainement l'orientation que prend ma région du pays.



My second question follows on that of Senator Chalifoux and the North. Through the magic of television and other visual methods of communication, we are seeing with our eyes, a change in our far northern climate. Often, this is presented poignantly through documentaries. I saw one about a week ago on the polar bears up in northern Manitoba and that kind of thing.

Could you tell us, in terms of the Arctic and the high Arctic, have the changes been swift enough over your extended period of time to threaten the way of life and the maintenance of a viable population in those areas? So much has been happening in that region on health issues and accessibility to food, that the Inuit people are finding that their lives have changed dramatically and not for the best.

Could you comment on the evolution in that part of our hemisphere and on any ways in which we can counter any of that to protect that way of life of the people whose history, for thousands of years, has been in that area and they would want it to continue?

**Mr. Hengeveld:** The changes in the Arctic that we have seen so far are complex, as is this whole issue. We see a significant warming in the western Arctic and a more modest warming in the eastern Arctic. In the far east of the Canadian Arctic, there is little change; Greenland has actually cooled over the last 50 years.

On the other side of the polar hemisphere, we find Siberia has warmed tremendously and the North Atlantic and the North Pacific have slightly cooled. It is complex. When we do the analysis we find that it is a combination of changes in what we think is a natural phenomenon called the "Arctic oscillation" together with a residual change due to what we think is global change on top of each other. While there is an average warming in the Arctic, that has been much greater in the west than in the east, partly because of the natural changes added on top of what is happening already.

Most of the anecdotal evidence of changes in weather and climate is from the Western Arctic, particularly Sachs Harbour and places like that, where children are hearing thunderstorms they have never heard before and are frightened because they do not know what it is. There is a real threat to the traditional lifestyle, particularly when it comes to hunting. Many people are finding ice breaking up sooner than normal. They are getting caught out on the ice flows because they did not expect them to break up yet. Polar bears will migrate with the seals; however, the seals do not have ice to be on, so we are starting to see changes in polar bear behaviour.

Over the long term, yes, this will certainly threaten traditional life styles. It is one of the reasons why the Nunavut government is very concerned about climate change.

Ma deuxième question fait suite à celle que vous a posée le sénateur Chalifoux au sujet du Nord. Grâce à la magie du petit écran et d'autres modes de communication visuels, nous pouvons voir de viser le changement climatique qui s'opère dans le Grand Nord. Souvent, on le constate de façon troublante grâce à des documentaires. J'en ai vu un il y a une semaine environ sur les ours blancs dans le nord du Manitoba.

Pourriez-vous nous dire, au sujet de l'Arctique et du nord de l'Arctique, si les changements que vous avez pu constater ont été assez rapides pour menacer le mode de subsistance et la préservation d'une population viable dans ces régions? Il s'est produit tellement de choses dans cette région en matière de santé et d'accès aux vivres que la population inuite constate que sa vie a nettement changé et pas pour le mieux.

Pourriez-vous nous parler de l'évolution de la situation dans cette partie de notre hémisphère et des moyens que nous pourrions prendre pour protéger le mode de vie de ce peuple qui occupe cette région depuis des milliers d'années et qui souhaite pouvoir continuer d'y vivre?

**M. Hengeveld:** Les changements que nous avons constatés dans l'Arctique jusqu'à maintenant sont complexes, comme l'est d'ailleurs toute cette question. Nous constatons un important réchauffement dans l'ouest de l'Arctique et un réchauffement plus modéré dans la partie est de l'Arctique. À l'extrême Est, il y a peu de changement; le Groenland s'est en fait refroidi depuis 50 ans.

De l'autre côté de l'hémisphère polaire, nous constatons que la Sibérie s'est beaucoup réchauffée et que l'Atlantique nord et le Pacifique nord ont légèrement refroidi. C'est complexe. Au cours de l'analyse, nous constatons une combinaison de changements dans ce que nous estimons être un phénomène naturel appelé l'«oscillation arctique» conjuguée à un changement résiduel attribuable à des changements planétaires cumulatifs. Bien qu'il y ait un réchauffement moyen dans l'Arctique, il est beaucoup plus important dans l'Ouest que dans l'Est, en raison notamment des changements naturels qui s'ajoutent à ce qui est déjà en train de se passer.

La plupart des manifestations de changements météorologiques et climatiques ont été relevées dans l'ouest de l'Arctique, particulièrement à Sachs Harbour et à des endroits comme ceux-là, où les enfants entendent des coups de tonnerre alors qu'ils n'en avaient jamais entendu auparavant et en sont effrayés parce qu'ils ne savent pas ce que c'est. Le mode de vie traditionnel est véritablement menacé, surtout la chasse. Beaucoup trouvent que les glaces se rompent beaucoup plus tôt qu'à l'habitude. Ils se retrouvent pris sur des plaques de glace flottantes parce qu'ils ne s'attendaient pas à ce que les glaces se rompent si vite. Les ours blancs migrent avec les phoques; cependant, les phoques n'ont pas de glaces où s'installer, et nous commençons à voir des changements dans le comportement de l'ours blanc.

À long terme, oui, les modes de vie traditionnels s'en trouveront certainement menacés. C'est une des raisons pour lesquelles le gouvernement du Nunavut s'inquiète beaucoup du changement climatique.

**Senator Gustafson:** As North Americans, we are probably the worst offenders. We consume a large portion of fossil fuels and energy. Are we heading into a time of regulations?

**Mr. Hengeveld:** I think you should refer that question to the assistant deputy minister.

**Senator Gustafson:** My point is that we are a very selfish people when we look at the whole global picture. I will admit to that.

**Mr. Hengeveld:** There are geopolitical reasons for high consumption and one is cold temperature. We need to heat homes where other societies do not necessarily have to do so. We also have a dispersed population. There is also the fact that we still do a lot of hauling of water, hewing of wood and providing resources to the rest of the world. However, we are also wasteful.

**Senator Gustafson:** For example, in the field of agriculture, we are moving nearly all our product by truck. One trainload would take 150 cars; they are a mile long. We are going in the wrong direction in many ways. While we are focusing on Kyoto, we have not dealt with some of the things that are very simplistic.

**Mr. Hengeveld:** One of the reasons our emissions have continued to rise since 1992 is the transportation sector, which has increased its emissions by 30 per cent because of a 30 per cent increase in transported goods. I live two blocks from the 401. I see it.

**Senator LeBreton:** We will have to consider more incentives to people for solar and other alternative energies.

My question follows Senator Hubley's. It has to do with the levels in the Great Lakes and the economic impacts on the communities that live along those shores — particularly the ones that use the lakes as a source of supply for their water and more important, for shipping. When you think of ships replacing trucks, you would not think that would be as hard on energy use.

The levels of the Great Lakes were a great concern last year. Is that a cyclical thing, or is there any anecdotal evidence that this was just a cyclical thing and not a current situation that will worsen?

**Mr. Hengeveld:** There is evidence from lake level data over the last 100 years that what we are seeing now is not unprecedented. In fact, the 1920s and 1930s were the lowest. The levels in the early 1960s were also very low. I think those periods' levels are still lower than current levels, although I think a few of the lakes were beginning to approach 1960s levels.

It is a reminder that natural variability is part of the problem and some of this may be natural. At the same time, climate studies suggest that we should see lower average lake levels in the future,

**Le sénateur Gustafson:** En Amérique du Nord, nous sommes probablement les plus grands coupables. Nous consommons beaucoup de carburants fossiles et d'énergie. Voit-on poindre une réglementation?

**M. Hengeveld:** Je pense que vous devriez plutôt poser la question au sous-ministre adjoint.

**Le sénateur Gustafson:** Je veux dire que nous agissons de façon très égoïste eu égard au reste de la planète. Je le reconnais.

**M. Hengeveld:** Des raisons géopolitiques expliquent la forte consommation d'énergie, notamment les basses températures. Nous devons chauffer les maisons alors que d'autres sociétés n'ont pas nécessairement à le faire. De plus notre population est éparpillée. Il y a aussi le fait que nous exploitons encore beaucoup de ressources primaires et en approvisionnons le reste du monde. Toutefois, nous sommes aussi coupables de gaspillage.

**Le sénateur Gustafson:** Par exemple, en agriculture, nous acheminons presque toutes nos denrées par camions. Un train peut tirer 150 wagons; ils ont un mille de longueur. Nous faisons fausse route dans bien des cas. Nous réfléchissons au Protocole de Kyoto, mais nous n'avons pas songé à prendre des mesures bien simples à notre portée.

**M. Hengeveld:** L'augmentation continue des émissions depuis 1992 est attribuable en partie au secteur des transports, où les émissions ont augmenté de 30 p. 100 en raison de la croissance de 30 p. 100 des biens transportés. J'habite à deux rues de la 401. Je le vois.

**Le sénateur LeBreton:** Nous allons devoir envisager des incitatifs supplémentaires pour ceux qui utilisent l'énergie solaire ou d'autres énergies de rechange.

Ma question fait suite à celle du sénateur Hubley. Elle porte sur le niveau d'eau des Grands Lacs et les répercussions économiques sur les collectivités situées sur les rives de ces lacs — surtout les collectivités qui dépendent des lacs pour leur approvisionnement en eau et, encore plus important, pour le transport maritime. Si on remplaçait des camions par des navires, on pourrait penser que cela permettrait d'économiser de l'énergie.

On se préoccupait beaucoup l'an dernier du niveau d'eau des Grands Lacs. S'agit-il d'un phénomène cyclique, ou y a-t-il des preuves empiriques qui indiquent que c'est cyclique et que la situation actuelle ne s'aggravera pas?

**M. Hengeveld:** Les données des 100 dernières années concernant le niveau d'eau des Grands Lacs démontrent que la situation actuelle n'est pas sans précédent. En effet, l'eau a atteint son niveau le plus bas pendant les années 20 et les années 30. Au début des années 60, les niveaux étaient très bas aussi. Je crois en fait que le niveau d'eau pendant ces périodes-là était encore plus bas que maintenant, même si les niveaux dans certains des lacs s'approchent de ceux des années 60.

Il faut donc garder à l'esprit que la variabilité naturelle contribue au problème et que les bas niveaux que nous connaissons sont en partie naturels. Cela dit, les études

perhaps by a meter or so. The low points under the natural variability will then be far lower than what we expect and the high points will not reach the past highs.

**Senator LeBreton:** That could have implications for hydropower and other long-term implications.

**Mr. Hengeveld:** Much of this is already unavoidable in many respects. What we can do through Kyoto and other measures is reduce the rate and magnitude of the change, buying us time to adapt. Nevertheless, adaptation must be part of the response, and it is an unavoidable part.

**Senator Hubley:** I think you have just explained that we have to make some changes if we are going to modify the effects of climate change.

I would like to take a step beyond what Senator Tkachuk said. Is there any scientific way of controlling the weather? We can learn how to deal with the weather, but are there any studies or experiments on trying to control the weather patterns?

**Mr. Hengeveld:** There have been. In the 1970s, when I started in meteorology, there were many experiments in rain-making, particularly in the U.S. Farmers sued the experimenters claiming that they had made rain for the neighbours but not for them. I think we are better off leaving weather to the good Lord.

**The Chairman:** Mr. Hengeveld, I wish to thank you very much. This has been a terrific beginning of a very important study. You have given us wonderful scientific background information and data we can use as our base.

If I take anything away from what you said today, you have really told us as public policy-makers that we had better start thinking about learning to live with extremes of heat, cold and dryness. As public policy-makers, we have to think of things that farmers and people in the forestry industry can do to live with extremes, as you have so eloquently told us. Thank you very much for coming.

**Mr. Hengeveld:** It was my pleasure.

The committee adjourned.

climatiques laissent prédire que les niveaux moyens seront plus bas à l'avenir, d'un mètre environ, peut-être. Compte tenu de l'effet de la variabilité naturelle, le point minimal sera beaucoup plus bas que prévu, et le point maximal sera moins élevé que par le passé.

**Le sénateur LeBreton:** Cela pourrait y avoir des répercussions sur la production l'énergie hydroélectrique et autres conséquences à long terme.

**M. Hengeveld:** Plusieurs des changements sont déjà inévitables. Cela dit, le Protocole de Kyoto et d'autres mesures pourraient entraîner un ralentissement et une réduction de la magnitude du changement, ce qui facilitera notre adaptation. En effet, nous allons devoir nous adapter aux changements, qui sont inévitables.

**Le sénateur Hubley:** Je crois que vous venez dire qu'il va falloir apporter des changements si nous voulons atténuer les effets du changement climatique.

J'irais encore plus loin que le sénateur Tkachuk. Y a-t-il des procédés scientifiques qui nous permettraient de contrôler la météo? Nous pouvons apprendre à nous adapter au climat, mais existe-t-il des études ou des expériences sur des façons de contrôler les conditions atmosphériques?

**M. Hengeveld:** Oui. Aux années 70, lorsque j'ai débuté ma carrière en météorologie, il y a eu plusieurs tentatives d'opération de pluie provoquée, surtout aux États-Unis. Des agriculteurs ont poursuivi les chercheurs devant les tribunaux, sous le prétexte que ces derniers avaient créé de la pluie pour leurs voisins mais pas pour eux. Je pense que nous devrions laisser la pluie et le beau temps aux soins du Bon Dieu.

**Le président:** Monsieur Hengeveld, merci beaucoup. Vous avez très bien amorcé cette étude très importante. L'information et des données scientifiques que vous nous avez données sont très pertinentes, et elles nous serviront de cadre de référence.

Si je retiens quelque chose de votre témoignage aujourd'hui, c'est que c'est aux décideurs politiques, c'est-à-dire nous, de se pencher sur les meilleures façons de composer avec des extrêmes de chaleur, de froid et de sécheresse. En tant que responsables de la politique gouvernementale, nous devons songer à des solutions qui permettront aux agriculteurs et aux travailleurs forestiers de s'adapter aux conditions extrêmes, comme vous nous l'avez si bien dit. Merci beaucoup d'être venu.

**M. Hengeveld:** Cela m'a fait plaisir.

La séance est levée.



*If undelivered, return COVER ONLY to:*

Communication Canada – Publishing  
Ottawa, Ontario K1A 0S9

*En cas de non-livraison,  
retourner cette COUVERTURE SEULEMENT à:*

Communication Canada – Édition  
Ottawa (Ontario) K1A 0S9

---

WITNESS

*From Environment Canada:*

Henry Hengeveld, Chief Science Advisor, Climate Change.

TÉMOIN

*D'Environnement Canada:*

Henry Hengeveld, Conseiller scientifique principal, Changements climatiques.