

# L'étude du climat: par quelles pratiques de recherche et pour quelles actions citoyennes?



Source de l'image : NASA, [Domaine public](#)

SAÉ - CD2

Table des matières

ST-STE

## Quel est le but?

Mieux saisir la complexité de la question des changements climatiques et proposer des actions citoyennes pertinentes.

Page 1

## Que nous dit le GIEC?

Il s'agit ici de chercher à mieux comprendre quelles sont les conséquences les plus probables des changements climatiques et de reconnaître les incertitudes en jeu.

**Présentation et discussion en classe**

## Au terme de la démarche...

À la fin de la démarche vous devrez rédiger en équipe un essai sur un sujet de votre choix et présenter oralement le fruit de vos recherches. Connaître les exigences dès le début du travail est un bon point de départ!

Pages 2 et 3

## Grille de lecture et documentation

Par la lecture guidée de textes et d'articles, vous vous documenterez sur un sujet de votre choix lié aux changements climatiques, une pratique de recherche et différents enjeux pour répondre aux deux questions guides.

Pages 4 et 5

## Concepts scientifiques et synthèse

Dans la recherche d'information, il faudra documenter des concepts prescrits par le programme. Un réseau de concepts est une bonne façon de présenter une synthèse de ses apprentissages.

Pages 6 et 7

## Validation scientifique et engagement citoyen

Rencontrer un expert vous permettra de valider ou d'enrichir certains aspects de votre travail. Au terme de la démarche, peut-être aurez-vous envie de vous engager comme citoyen responsable...

Page 8

## E N B R E F !

### Un résumé du travail à réaliser

Brièvement, cette activité vous permettra de mieux saisir la complexité de la question des changements climatiques en prenant conscience que des incertitudes demeurent. C'est en choisissant un sujet qui vous intéresse et en documentant une pratique de recherche\* actuelle sur cette question que vous pourrez proposer des actions pertinentes à poser comme citoyen responsable.

Vous devrez rédiger en équipe de trois personnes un court essai qui intègre différentes connaissances scientifiques et différents enjeux (politique, économique, social, éthique...) lié à votre sujet. Le but est de chercher à répondre aux deux questions guides suivantes:

1. Que devons-nous faire face à la perspective des changements climatiques?
2. Est-ce que la science peut nous dire comment agir?

Vous aurez aussi à présenter les fruits de votre travail à vos collègues, lors d'une courte présentation orale.

### Bon travail!

#### (\*Pratique de recherche :

En général, on dit que la connaissance scientifique est élaborée sur la base de recherches scientifiques. Ces recherches peuvent prendre différentes formes selon les **méthodes adoptées**, les **instruments de mesure utilisés**, les différentes **perspectives d'analyse et d'interprétation** retenues. On parle d'une « pratique de recherche » pour souligner que les chercheurs ont dû faire plusieurs **choix dans leur démarche de recherche** pour élaborer la connaissance scientifique. )

# Au terme de la démarche...

## Consignes pour l'essai:

Le résultat final de votre travail sera un **essai synthèse d'environ deux pages à l'informatique (entre 600 et 800 mots)** que vous rédigerez en équipe de trois. Vous devrez remettre ce travail le \_\_\_\_\_. La grille d'évaluation est présentée ci-dessous.

Dans cet essai, vous chercherez à répondre aux questions guides suivantes:

1. *Que devons-nous faire face à la perspective des changements climatiques ?*
2. *Est-ce que la science peut nous dire comment agir ?*

Il est important de les garder en tête tout au long de la démarche! Vous serez amenés à préciser ces questions guides, selon le sujet choisi par votre équipe.

Avant de rédiger l'essai, vous devrez documenter un sujet qui vous intéresse concernant les changements climatiques et une pratique de recherche en lien avec ce sujet. Il faudra aussi intégrer certains enjeux (environnemental, économique, social, politique, éthique...) et aspects scientifiques.



Source de l'image : [PDPhoto.org](http://PDPhoto.org), Domaine public

## Structure de l'essai:

\* Dans l'**introduction**, préciser la pertinence et l'intérêt du sujet choisi par l'équipe sur les changements climatiques. Dégager quelques enjeux importants qui sont développés ensuite.

- **Enjeux:** Dans le **développement**, traiter d'au moins deux enjeux liés au sujet choisi (social, environnemental, politique, économie, éthique, etc.).
- **Pratique de recherche:** Traiter d'une pratique de recherche en lien avec le sujet et souligner les incertitudes qui demeurent, lorsque pertinent.
- **Contenus scientifiques:** Intégrer les «concepts prescrits» issus d'au moins deux domaines scientifiques.

\* Dans la **conclusion** de l'essai, prendre position par rapport aux deux questions guides en discutant des façons de s'engager pour un changement social face à la question des changements climatiques. Il serait intéressant d'aller au-delà «des petits gestes» quotidiens et bien connus dans votre réflexion...

### Compétence 2 - Aspect 1 : Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques

Critères	Éléments observables
Formulation d'un questionnement approprié.	<b>La problématique:</b> Identification des enjeux du contexte (social, environnemental, politique, économie, éthique, etc.). Liens entre ces divers enjeux et le sujet d'intérêt choisi par l'équipe.
Utilisation pertinente des concepts, des lois, des modèles et des théories de la science et de la technologie.	<b>Les principes scientifiques:</b> Description des concepts disciplinaires liés à des disciplines scientifiques. Mise en relation de ces principes avec le sujet choisi pour expliquer la manière dont la science est appliquée pour traiter d'une question spécifique concernant la problématique des changements climatiques.
Production d'explications ou de solutions pertinentes.	<b>La documentation:</b> Diversité des ressources et considération de différents points de vue. Explication des avantages et limites de la science pour résoudre cette question.
Justification adéquate des explications, des solutions, des décisions ou des opinions.	<b>La prise de position:</b> Justification de la prise de position sur les deux questions guides en s'appuyant sur les éléments considérés. Pistes de solution/ réflexion proposées.

## Consignes pour la présentation orale:

*À la fin de la démarche, il serait bien dommage de ne pas faire profiter vos collègues de vos découvertes. Vous serez amenés à faire une présentation orale, soutenue par un support visuel.*

Cet exposé oral d'une durée d'**environ 10 minutes** devra faire une synthèse de vos découvertes concernant le sujet choisi par votre équipe. Cela vous permettra aussi de présenter à vos collègues les contenus scientifiques approfondis dans la recherche.

Comme votre sujet est certainement complexe, il pourrait être avantageux de présenter à la classe les liens que vous avez fait entre les différentes parties du travail à l'aide d'un **réseau de concepts**. Le réseau de concepts est en effet un outil très efficace pour organiser et synthétiser des idées.

**À noter dans votre agenda, les présentations orales débuteront le \_\_\_\_\_ !**

## Aspects à intégrer à la présentation orale (~10 minutes):

\* Dans l'**introduction**, situer les positions de l'équipe en réponse aux questions guides, en lien avec le sujet choisi.

- **Synthèse des résultats de recherche** : Présenter ensuite les grands enjeux sur lesquels vous vous êtes documentés en intégrant brièvement ce que vous avez appris du travail des scientifiques sur votre sujet. Vous pourrez utiliser le point de vue de l'expert pour enrichir votre propos.

- **Contenus scientifiques** : Ensuite, présentez à vos collègues les contenus scientifiques approfondis dans la recherche. Faites aussi le lien entre ces concepts et votre sujet.

\* Dans la **conclusion**, proposez un ou des moyens concrets pour vous engager collectivement et individuellement par rapport à la problématique des changements climatiques.

### CRITÈRES D'ÉVALUATION POUR LA PRÉSENTATION ORALE :

Compétence 2 - Aspect 2 : Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie	
Critères	Éléments observables
Interprétation juste de message à caractère scientifique ou technologique.	Apport dans la présentation du point de vue de l'expert et/ou des sources documentées. Respect des consignes.
Production ou transmission adéquate de messages à caractère scientifique ou technologique.	Structure du message, rigueur et cohérence. Qualité du support visuel et clarté des explications sur les contenus scientifiques.
Respect de la terminologie, des règles et des conventions propres à la science et à la technologie.	Vocabulaire scientifique et technologique approprié. Sources présentées.



Source de l'image : Jon Sullivan, Domaine public

# Grille de lecture

*Pour rendre la lecture des documents plus simple, il est avantageux d'utiliser une grille de lecture pour prendre des notes. Ceci facilite l'organisation des informations recensées.*

Problématique des changements climatiques	Source documentaire 1 :	Source documentaire 2 :	Source documentaire 3 :	Source documentaire 4 :
Enjeux				
Pratique de recherche				
Solutions / réflexions				
Enjeux				
Pratique de recherche				
Solutions / réflexions				
Enjeux				
Pratique de recherche				
Solutions / réflexions				



# Enrichissement des connaissances scientifiques

*Pour que votre travail soit rigoureux, il doit intégrer des concepts scientifiques.*

À travers les concepts scientifiques du cours de ST-STE mentionnés ci-dessous, vous devez obligatoirement en choisir au moins **deux**\*. Ceux-ci doivent être en lien avec votre sujet. Vous pouvez évidemment vous documenter aussi sur d'autres concepts scientifiques.



Source de l'image : Jon Sullivan, Domaine public

Concepts scientifiques (Univers vivant et Terre et espace)	Références dans les manuels de classe	
	Observatoire	Synergie
Étude des populations (densité, cycles biologiques)	p. 290 à 310	p. 366 à 371
Dynamique des communautés (biodiversité, relations entre individus, perturbations)	p. 303 à 309	p. 372 à 375
Dynamique des écosystèmes (relations trophiques, productivité primaire, flux de matière et d'énergie, recyclage)	p. 316 à 346	p. 376 à 380
Cycle biogéochimique (cycle du carbone, cycle de l'azote)	p. 255 à 260	p. 348 à 357
Empreinte écologique	p. 330	p. 381-382
Changements climatiques	p. 488 à 491	p. 4-5 ; p. 343
Atmosphère (effet de serre, circulation atmosphérique, masse d'air, cyclone et anticyclone)	p. 222 à 238	p.241 à 271
Lithosphère (pergélisol)	p. 184 à 199	p. 305 à 325
Hydrosphère (bassin versant, circulation océanique, salinité, glacier et banquise)	p. 200 à 213	p. 275 à 301
Régions climatiques (facteurs influençant la distribution des biomes, biomes aquatiques, biomes terrestres)	p. 262 à 279	p. 329 à 344

\* Il n'est pas nécessaire d'approfondir tous les aspects des concepts choisis, mais en choisir un ou deux et y aller en profondeur. Par exemple, vous pourriez choisir de traiter des biomes aquatiques en lien avec la circulation océanique, qui sont perturbés par les changements climatiques.

## Le réseau de concept: un outil très utile...

*En fonction des intérêts de l'équipe, vous avez choisi un sujet lié aux changements climatiques qui implique de mieux comprendre certains concepts scientifiques. Pour réussir à organiser les informations trouvées et vous permettre de bien faire des liens pertinents entre elles, le réseau de concepts est probablement le meilleur moyen! Il sera aussi très utile pour clarifier votre compréhension des concepts et il pourra être utile comme support lors de la présentation orale.*

## Validation des informations

Maintenant que vous vous êtes documentés sur votre sujet et que vous commencez à mieux comprendre ce dont il s'agit, il peut s'avérer utile de valider ses informations auprès d'un expert. Celui-ci n'est pas nécessairement un expert de votre sujet en particulier, mais il devra vous permettre d'approfondir un aspect ou l'autre de votre essai.

**Quelles questions voudriez-vous poser à l'expert?**

---



---



---



---

**Notes personnelles lors de la rencontre avec l'expert:**

### Réflexion sur les actions citoyennes responsables

---



---



---



---



---



---



---



---



Chaire de leadership en  
enseignement des sciences  
et développement durable

## Éléments de contenu abordés pour chacun des textes de la pochette de documents de référence

Textes	Nb de pages	Science			Société				Autres
		Concepts scientifiques	Controverses	Pratiques de recherche	Social	Politique	Économie	Éthique	
Dossier Science et Vie	25	x	x	x	x				
Dossier Science et Avenir	16				x	x	x		
L'Atlas des CC	8	x	x	x					
Renverser la perspective	2	x			x		x	x	
Le cycle du carbone	2	x			x				
Déclin de la biodiversité	2	x							
Les cassandres du climat	3		x	x		x			média
Trop tard pour agir ?	1	x		x	x	x	x	x	
Bataille pour une crosse de hockey	1		x						
Le CO <sub>2</sub> c'est la vie !	3		x		x	x	x	x	
Ottawa enterre Kyoto	2		x		x	x	x		
Protocole de Kyoto	2		x		x	x	x		
Kyoto et le Québec	3		x		x	x	x		
Pipeline Keystone XL	3		x	x	x	x	x		
CC et grands barrages	2		x	x		x			



Chaire de leadership en enseignement des sciences et développement durable

## ÉVALUATION DE LA SAÉ : L'étude du climat : par quelles pratiques de recherche et pour quelles actions citoyennes?

### CRITÈRES D'ÉVALUATION DE LA COMPÉTENCE DISCIPLINAIRE 2, volet 1 « *Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques* » :

Critère 1 : Formulation d'un questionnement approprié.

Critère 2 : Utilisation pertinente des concepts, des lois, des modèles et des théories de la science et de la technologie.

Critère 3 : Production d'explications ou de solutions pertinentes

Critère 4 : Justification adéquate des explications, des solutions, des décisions ou des opinions

Critères	Éléments observables	Notation accordée selon les critères pour l'essai				
		A 5	B 4	C 3	D 2	E 1 - 0
1	<b>La problématique</b> Identification des enjeux liés au contexte (social, environnemental, politique, économie, éthique, etc.). Liens entre ces enjeux et le sujet choisi.	Deux ou trois enjeux liés au contexte sont très clairement décrits. Des liens pertinents entre ces différents enjeux et le sujet choisi sont dégagés de manière convaincante.	Deux ou trois enjeux liés au contexte sont décrits assez clairement. Des liens souvent pertinents entre ces enjeux et le sujet choisi sont dégagés.	Deux enjeux liés au contexte sont décrits. Certains liens sont dégagés entre ces enjeux et le sujet choisi.	Un enjeu lié au contexte est décrit. Une tentative pour dégager certains liens entre cet enjeu et le sujet choisi est faite.	Une description peu pertinente ou sommaire du contexte est tentée.
2	<b>Les principes scientifiques</b> Description des concepts disciplinaires liés à des disciplines scientifiques. Mise en relation de ces concepts avec la problématique pour expliquer la manière dont la science est appliquée pour traiter une question spécifique concernant les changements climatiques.	Plus de deux concepts disciplinaires prescrits sont clairement présentés. Ces concepts scientifiques sont mis en relation de façon cohérente avec le sujet pour expliquer la manière dont la science est appliquée pour traiter une question spécifique concernant les changements climatiques.	Deux concepts disciplinaires prescrits sont présentés de manière assez complète. Ces concepts sont mis en relation avec le sujet pour tenter d'expliquer la manière dont la science est appliquée pour traiter une question spécifique concernant les changements climatiques.	Deux concepts disciplinaires prescrits sont présentés, mais pourraient être précisés. Ces concepts sont parfois mis en relation avec le sujet pour tenter d'expliquer la manière dont la science est appliquée pour traiter une question spécifique concernant les changements climatiques.	Un ou deux concepts disciplinaires sont présentés, mais de manière incomplète. Ces concepts sont peu utilisés pour expliquer la manière dont la science est appliquée pour traiter une question spécifique concernant les changements climatiques.	Un ou deux concepts disciplinaires sont nommés. Ces principes ne servent pas à expliquer la manière dont la science est appliquée pour traiter une question spécifique concernant les changements climatiques.
3	<b>La documentation</b> Diversité des ressources et considération de différents points de vue. Explication des avantages et limites de la science pour résoudre cette question.	Une grande diversité de ressources est exploitée et plusieurs points de vue pertinents sont considérés. Une explication claire des avantages et limites de la science pour résoudre cette question est présentée.	Plusieurs ressources sont exploitées et plus d'un point de vue pertinent est considéré. Une explication des avantages et limites de la science pour résoudre cette question est présentée.	Quelques ressources sont exploitées et certains points de vue, parfois pertinents, sont considérés. Une explication des avantages et limites de la science pour résoudre cette question est tentée.	Une seule ressource est exploitée et un certain point de vue est considéré. Quelques avantages ou limites de la science sont nommés.	Une seule ressource est exploitée et/ou un certain point de vue est considéré, mais non pertinent.
4	<b>La prise de position</b> Justification d'une opinion en s'appuyant sur les éléments considérés. Pistes de solution/réflexion proposées.	Une opinion très claire est émise et justifiée de façon cohérente en s'appuyant sur les éléments considérés. Des pistes de solution pertinentes sont proposées démontrant la profondeur de la réflexion.	Une opinion claire est émise et justifiée en s'appuyant sur les éléments considérés. Des pistes de solution sont proposées démontrant une certaine réflexion.	Une opinion est émise et justifiée en s'appuyant sur certains éléments considérés. Une ou deux pistes de solution/réflexion sont proposées.	Une opinion plus ou moins claire est amenée, mais sans justification pertinente. Une piste de solution est proposée.	Aucune opinion n'est amenée.



Noms : \_\_\_\_\_

Groupe : \_\_\_\_\_

## ÉVALUATION DE LA SAÉ : L'étude du climat : par quelles pratiques de recherche et pour quelles actions citoyennes?

### CRITÈRES D'ÉVALUATION DE LA COMPÉTENCE DISCIPLINAIRE 2, volet 2 « Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie » :

Critère 1 : Interprétation juste de message à caractère scientifique ou technologique    Critère 2 : Production ou transmission adéquate de messages à caractère scientifique ou technologique

Critère 3 : Respect de la terminologie, des règles et des conventions propres à la science et à la technologie

Critères	Éléments observables	Notation accordée selon les critères pour la présentation orale				
		A 5	B 4	C 3	D 2	E 1 - 0
1	Apport dans la présentation du point de vue de l'expert et/ou des sources documentées. Respect des consignes.	Le point de vue de l'expert est considéré et/ou les sources documentées permettent d'enrichir la présentation. Toutes les consignes sont respectées.	Le point de vue de l'expert est considéré et/ou les sources documentées apportent certains éléments à la présentation. La plupart des consignes sont respectées.	Le point de vue de l'expert et/ou les sources documentées sont peu considérés dans la présentation. Certaines consignes sont respectées.	Le point de vue de l'expert n'est pas considéré et/ou les sources documentées ne soutiennent pas la présentation. Les consignes sont peu respectées.	Les consignes ne sont pas respectées.
2	Structure du message, rigueur et cohérence. Explications claires des concepts scientifiques. Qualité du support visuel.	Le message est très clair et structuré. Les informations transmises sont rigoureuses et cohérentes avec le message. La qualité du support visuel est remarquable.	Le message est clair et structuré. Les informations transmises sont assez rigoureuses et souvent cohérentes avec le message. La qualité du support visuel répond aux attentes.	Le message est plus ou moins clair et/ou structuré. Les informations transmises manquent de rigueur, mais sont cohérentes avec le message. Le support visuel est à travailler.	Le message est plus ou moins clair et manque de structure. Les informations transmises sont peu cohérentes avec le message. Le support visuel n'apporte rien à la présentation.	Le message manque clairement de structure. Les informations transmises sont incohérentes ou insuffisantes.
3	Vocabulaire scientifique et technologique approprié. Sources présentées.	Un vocabulaire scientifique et technologique toujours approprié est intégré à la langue orale. Les sources sont présentées adéquatement.	Un vocabulaire scientifique et technologique approprié est intégré à la langue orale. Les sources sont présentées.	Un vocabulaire scientifique et technologique parfois approprié est intégré à la langue orale. Les sources sont présentées, mais sont incomplètes.	Un vocabulaire scientifique et technologique n'est que vaguement intégré à la langue orale. Les sources ne sont pas présentées.	Le vocabulaire utilisé n'est pas approprié.



Chaire de leadership en  
enseignement des sciences  
et développement durable

## Pochette : présentation des documents proposés

### TEXTE 1: (Dossier sur les changements climatiques)

**1. Science et vie (mars 2010), 25 pages.** Ce document aborde une question générale : le réchauffement du climat est-il sûr ? Pour ce faire, les auteurs posent plusieurs questions et proposent des éléments de réponse.

- La température s'est-elle élevée ?
- Les glaces fondent-elles ?
- Le vivant est-il perturbé ?
- Les événements extrêmes sont-ils plus fréquents ?
- La mer monte-t-elle ?
- La faute de l'homme ?
- A-t-on bien compris la machine climatique ?
  - L'effet du soleil reste énigmatique
  - Le rôle des océans de mieux en mieux cerné
  - L'influence des nuages encore hors de portée
- Les modèles sont-ils crédibles ?
- Est-ce que ça va continuer ?

### TEXTE 2: (Dossier sur le sommet de Copenhague)

**1. Science et avenir (décembre 2009), 16 pages.** Ce document fait le point sur les enjeux liés à la question de la réduction des gaz à effet de serre en préparation de la rencontre de Copenhague qui a eu lieu en décembre 2009. Pour ce faire, les auteurs présentent un dossier en trois volets :

- Copenhague : le sommet de tous les défis
- Les grandes manœuvres ont commencé
- Au-delà de +2°C, un risque d'emballement

### TEXTE 3: (Dossier sur les recherches sur changements climatiques)

**1. L'Atlas des changements climatiques (2009), 8 pages.** Ce document fait une synthèse des éléments qui influencent le climat, présente quelques pratiques de recherche et touche quelques éléments de controverse.

### TEXTES 4 à 6: (Perspectives)

- 1. Renverser la perspective (2007), 2 pages**
- 2. Le changement climatique perturbe le cycle du carbone (2007), 2 pages**
- 3. Le déclin de la biodiversité menace l'humanité (2007), 2 pages**

**TEXTES 7 à 10:** (Controverses)

- 1. Les nouveaux cassandres du climat (2006), 3 pages**
- 2. Et s'il était déjà trop tard pour agir? (2006), 1 page**
- 3. Bataille pour une crosse de hockey (2006), 1 page**
- 4. «Le dioxyde de carbone, c'est la vie» (2006), 3 pages**

**TEXTES 11 à 13:** (Retrait du Canada au Protocole de Kyoto)

- 1. Ottawa enterre officiellement Kyoto (décembre, 2011), 2 pages**
- 2. Protocole de Kyoto - Le Canada a déjà engagé sa responsabilité internationale (mars, 2012), 2 pages**
- 3. Retrait du Canada du Protocole de Kyoto - Une réelle menace à la réputation et aux intérêts du Québec (mars, 2012), 3 pages**

**TEXTES 14 à 15:** (Les changements climatiques et les enjeux énergétiques)

- 1. Pipeline Keystone XL: plus qu'une question énergétique (novembre, 2011), 3 pages**
- 2. Changements climatiques - Les grands barrages alourdissent le bilan de GES (mars, 2012), 2 pages**



Chaire de leadership en  
enseignement des sciences  
et développement durable

## Notes des diapositives du PowerPoint sur les changements climatiques.

Fichier : 20121204 - Changements climatiques ASTER IMG.pptx

D1	<p>[Note: Ce diaporama aborde un certain nombre d'aspects en lien avec les changements climatiques, et certains choix pourraient être appropriés pour en limiter la durée. Merci d'envoyer tout commentaire qui pourrait améliorer cette présentation à l'adresse suivante: <a href="mailto:nathalie.bacon.1@ulaval.ca">nathalie.bacon.1@ulaval.ca</a>]</p> <p>1. La présentation traite du réchauffement global terrestre et des changements climatiques. Le « réchauffement de la planète » fait référence aux observations, aux mesures qui montrent que la température moyenne terrestre augmente depuis le début de l'ère industrielle. Un changement qui surprend par sa rapidité et son importance lorsqu'il est comparé aux données passées sur le climat, aux données issues de la paléoclimatologie, et qui permettent de retracer l'évolution de la température terrestre depuis des milliers d'années. Les « changements climatiques », ce sont les effets de ce réchauffement sur les climats du monde. Il s'agit donc de la cause et de l'effet; le réchauffement de la planète entraîne diverses perturbations sur les climats.</p> <p>2. Cette photographie de la Nasa a été prise par les membres de l'équipage de la station spatiale internationale lors de la mission STS-129 avec la navette Atlantis. Ce coucher de soleil permet de mettre en évidence la partie la plus dense de l'atmosphère et surtout de constater sa relative minceur, environ 8 à 10 km. C'est dans cette mince couche que s'accumule toute la pollution générée par nos activités humaines, dont les fameux gaz à effet de serre responsables du réchauffement.</p> <p><b>Sources</b> Image de l'atmosphère: <a href="http://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_1529.html">http://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_1529.html</a> Image de la terre (bandeau): <a href="http://image-308885-galleryV9-earth.jpg">image-308885-galleryV9-earth.jpg</a> Accédées: 2012-09-15</p>
D2	<p>[Présenter le plan]</p> <p>Cette présentation vise à présenter une vue d'ensemble de ce que sont les changements climatiques et à initier une réflexion sur les façons d'agir pour contrer la tendance actuelle.</p> <p>Celle-ci a été principalement montée à partir:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- des différents documents du 4e rapport du GIEC 2007. (<a href="http://www.ipcc.ch">www.ipcc.ch</a>)</li><li>- d'informations provenant de références mentionnées lors de conférences auxquelles l'auteure a assistées au cours des deux dernières années (Sommet de l'hiver à Québec 2011 et 2012; glaciologue, biologiste de l'arctique, et de chercheurs en géographie, et en géopolitique.)</li><li>- Diverses lectures scientifiques sur la recherche arctique.</li></ul>
D3	<p>[Ordre de présentation proposé]</p> <p><b>1. Les couches de l'atmosphère</b> [Retour rapide sur les noms des différentes couches, en partant de celle qui est la plus extérieure.] Lorsqu'on la considère globalement, l'atmosphère fait plusieurs centaines de kilomètres d'épaisseur, mais sa composition et surtout sa densité varie grandement. Pour se situer, les avions de ligne voyagent généralement entre 8 et 10 km de la surface de la Terre lors de longs trajets. C'est donc dans la partie basse de l'atmosphère. Malgré tout, lorsque vous regardez par la fenêtre d'un avion, les nuages sont en dessous, parce que presque tous les phénomènes météorologiques se produisent dans les 10 premiers kilomètres de l'atmosphère, dans une couche qui s'appelle la troposphère.</p> <p>C'est la couche où se produisent les phénomènes météorologiques (nuages, pluies, etc.) et les principaux mouvements atmosphériques horizontaux et verticaux (convection thermique, vents). Celle-ci contient 80 à 90 % de la masse totale de l'air et la quasi-totalité de la vapeur d'eau.</p> <p><b>2. Une petite parenthèse sur la couche d'ozone</b> La couche d'ozone est dans une partie de l'atmosphère où la concentration d'ozone est <u>naturellement plus élevée</u>. Elle est située environ entre 15 et 50 kilomètres au-dessus du sol. En d'autres mots, elle est au-dessus de la hauteur de vol des avions, dans la stratosphère. (« bon ozone »)</p>



Et que représente une concentration « plus élevée » d'ozone? La concentration « dite élevée » d'ozone est tellement faible qu'elle ne se mesure pas en pourcentage (%), mais en « ppm » soit en particules par million. Imaginez que si nous pouvions calculer le nombre de molécules d'air présentes dans la pièce, et qu'il y en avait exactement 1 million de toutes sortes, il n'y aurait environ que 12 molécules d'ozone parmi celles-ci. 12 molécules d'ozone (O<sub>3</sub>) sur 1 million de molécules d'air; 12 ppm.

### 3. Rôle de la couche d'ozone :

La présence de la couche d'ozone réduit les effets nocifs des rayons ultraviolets en empêchant qu'ils rejoignent la surface de la Terre.

Si l'on entend souvent parler de cette couche, c'est que durant années 1920's, les humains ont inventé une molécule le CFC (chlorofluorocarbone), qui était utilisé d'une part comme un réfrigérant et d'autre part dans les bombes aérosol. Or, ces molécules inventées peuvent demeurer dans l'atmosphère pendant plus de 100 ans et s'accumuler dans la haute atmosphère où elles dégradent les molécules de la couche d'ozone. Un nombre moins élevé de molécules d'ozone permet le passage de plus de rayonnement ultraviolet jusqu'au sol. Or ce type de rayonnement est susceptible d'augmenter l'incidence des cancers de la peau. Durant les années 70 et 80, plusieurs protocoles, incluant le protocole de Montréal, ont aidé à arrêter la production et l'utilisation des CFC à travers le monde. Et grâce à cela, on s'attend à ce que la couche d'ozone se rétablisse naturellement vers 2050. Ainsi, on peut voir que nous sommes capables de prendre des actions positives qui ont un grand impact au niveau planétaire.

Il y a aussi l'ozone troposphérique, ou « smog » (« mauvais ozone »). Celle-ci est générée par les voitures et certaines industries et contribue à l'effet de serre.

### 4. Quel lien entre la réduction de la couche d'ozone (stratosphérique) et le réchauffement?

*Le fait que la concentration d'ozone soit réduite dans la « couche d'ozone » ne contribue pas au réchauffement, mais cette réduction est un élément du système climatique, qui peut modifier sa dynamique et modeler les manifestations de ce réchauffement.*

La réduction de la couche d'ozone (stratosphérique) ne contribuerait pas au réchauffement, mais à un certain refroidissement - forçage radiatif négatif. [extrait (3) - Niveau de confiance moyen = 50 %]. Cependant, celle-ci influencerait la structure du réchauffement dans la troposphère et celle du refroidissement dans la stratosphère. [Extraits 1 et 2, niveau de confiance > 90 %]. Une influence qui peut se répercuter sur la dynamique atmosphérique et en partie modeler certains des changements climatiques observés.

Les recherches se poursuivent afin de mieux comprendre les contributions.

Extraits

- (1) **« La structure observée du réchauffement de la troposphère et du refroidissement de la stratosphère est très probablement [ $> 90\%$ ] due aux actions combinées de l'augmentation des gaz à effet de serre et de la diminution de l'ozone stratosphérique. »**

Réf. <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm-fr.pdf>, p. 10,

GIEC, 2007: Résumé à l'intention des décideurs. In: *Changements climatiques 2007 : Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor et H.L. Miller (éds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK et New York, NY, USA.

#### **Pour un peu plus de détails :**

- (2) *« Le schéma de réchauffement troposphérique et de refroidissement stratosphérique, tel qu'il a été observé, est très probablement [ $> 90\%$ ] dû à l'influence du forçage anthropique, en particulier celui qui découle de la recrudescence des gaz à effet de serre et de la disparition de l'ozone stratosphérique. De nouvelles analyses effectuées depuis le TRE ont montré que ce schéma correspond à une augmentation de l'altitude de la tropopause qui est probablement causée principalement par les gaz à effet de serre et par les variations de*



	<p>l'ozone stratosphérique. Une incertitude significative demeure dans l'estimation des tendances de la température troposphérique, particulièrement dans les relevés effectués par ballon-sonde. »  Réf. <a href="http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-ts-fr.pdf">http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-ts-fr.pdf</a>, p. 65.</p> <p>(3) « Le forçage radiatif lié à la destruction de l'ozone stratosphérique causée par les gaz listés dans le Protocole de Montréal est estimé à <math>-0,05 \pm 0,10</math> W m<sup>-2</sup>, soit un taux plus faible que dans le TRE, avec un niveau moyen [50 %] de compréhension scientifique. » Réf. <a href="http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-ts-fr.pdf">http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-ts-fr.pdf</a>, p.29</p> <p><b>5. Composition de l'air</b>  Revenons au réchauffement du climat tel qu'il se produit près de la surface terrestre, dans la troposphère. Regardons la composition de l'air. Les deux gaz les plus abondants sont l'azote (N<sub>2</sub>), avec 78 % et l'oxygène (O<sub>2</sub>), avec 21 %. Lorsque l'on additionne ces deux taux, nous obtenons 99 %. Il reste donc 1 % pour les autres gaz et les fameux gaz à effet de serre.</p> <p><b>Source des images</b>  1) Molécule d'ozone: <a href="http://www.ucar.edu/learn/1_7_1.htm">http://www.ucar.edu/learn/1_7_1.htm</a>  2) Couches de l'atmosphère: <a href="http://www.nc-climate.ncsu.edu/secc_edu/images/atmstr.jpg">http://www.nc-climate.ncsu.edu/secc_edu/images/atmstr.jpg</a>  <a href="http://www.ucar.edu/learn/1_1_1.htm">http://www.ucar.edu/learn/1_1_1.htm</a></p>
D4	<p>C'est donc dans ce 1 % de la composition de l'air que se retrouvent les gaz à effet de serre. Mais ces gaz, même en faible concentration dans l'atmosphère, sont très importants parce qu'ils régularisent le climat de la Terre. Ils existent naturellement en petite quantité, et peuvent absorber et retourner assez de chaleur vers la planète pour permettre la vie sur Terre. La présence d'une certaine quantité de GES est souhaitable. Or ce qui pose problème actuellement, c'est que les activités humaines contribuent à une forte augmentation des concentrations de GES, ce qui perturbe le climat de multiples façons, comme nous le verrons plus tard.</p> <p>a) Le diagramme à barres montre l'augmentation des émissions annuelles de GES de nature anthropique dans le monde.</p> <p><b>b) Les 6 gaz à effet de serre répertoriés dans le Protocole de Kyoto en ordre décroissant d'importance; (3e rapport du GIEC)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>),</li> <li>2. le méthane (CH<sub>4</sub>),</li> <li>3. l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O),</li> </ol> <p>Les gaz fluorés</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. les hydrofluorocarbures (HFC),</li> <li>5. les hydrocarbures perfluorés (PFC)</li> <li>6. Et l'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>)</li> </ol> <p>Citation du rapport du GIEC 2007: (en jaune sous l'encadré)  Il est intéressant de constater que les scientifiques du GIEC ont eu ce souci d'attribuer un degré de confiance à leurs conclusions par une probabilité. Ils ont associé certaines expressions à des niveaux de confiance en chiffre. Nous reviendrons plus tard sur cet aspect. Ce qui est important de comprendre, c'est que l'expression « très probablement » est associée à un niveau de confiance supérieur à 90 %. Donc on reconnaît avec un très haut taux de confiance que le réchauffement a pour cause les émissions de GES dues aux activités humaines.</p>
D5	<p>L'effet de serre en une image...</p> <p>C'est un effet avec lequel plusieurs sont familiers. Il suffit d'entrer dans un autobus ou une voiture exposée au soleil et dont les vitres sont closes, pour ressentir que la température augmente très rapidement, et que l'air s'y est réchauffé significativement. C'est un effet apprécié en hiver, mais plutôt désagréable et inconfortable lors de chaudes journées d'été.</p>



	<p>La lumière directe du soleil « réchauffe » les molécules d'air puis les surfaces à l'intérieur de la serre directement exposées. Ces surfaces se réchauffent et émettent dans l'infrarouge; un rayonnement qui réchauffe davantage l'air contenu entre les parois. De plus, ces parois permettent difficilement au rayonnement de s'échapper, amplifiant le réchauffement à l'intérieur.</p> <p>Les gaz à effet de serre agissent un peu comme ces parois de la serre qui retiennent plus de rayons infrarouges près de la surface de la Terre. Les masses d'air sont en moyenne plus chaudes qu'ailleurs.</p>
D6	<p>Les scientifiques parlent souvent de « bilan radiatif » (forçage radiatif)  Pourquoi « radiatif »? Ici on fait référence au fait que l'énergie qui nous provient du soleil est sous forme de radiations, ou ondes électromagnétiques. Ex. lumière visible et infrarouge.</p> <p>Pourquoi un « bilan » ? On s'intéresse à faire un inventaire de l'énergie qui entre dans le système terrestre et qui en ressort, pour mieux connaître ce qui reste.</p> <p>Le bilan s'établit d'abord à partir de ce que le soleil fournit (rayonnement solaire), de ce qui est réfléchi vers l'atmosphère par les nuages, par la nature des surfaces terrestre (forêts, routes, glace, etc.), et de ce qui parvient à la terre. Ce qui parvient à la terre est absorbé par la surface et la réchauffe. La surface terrestre qui s'échauffe émet un rayonnement infrarouge vers l'atmosphère. Une partie traversera l'atmosphère et s'échappera, mais une partie de ce rayonnement sera absorbé par les GES puis réémis vers la terre pour réchauffer davantage les masses d'air et les surfaces sous-jacentes.</p> <p>Les gaz à effet de serre retournent donc vers la terre une partie du rayonnement infrarouge qui autrement s'échapperait de l'atmosphère. C'est un mécanisme naturel de la terre pour le contrôle de ses températures. Ainsi, bien que les gaz à effet de serre soient présents en petite quantité, ils sont très importants.</p> <p>Et durant les milliards d'années dans l'histoire de la Terre, leur concentration a varié jusqu'à un certain point. Toutefois, les activités humaines font augmenter le taux de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, le retour est plus important qu'auparavant et le bilan radiatif est modifié.</p> <p>Note: les gaz à effet de serre sont mélangés dans toute l'atmosphère. Par souci de simplicité, ils sont représentés ici en une couche.</p>
D7	<p>Cette diapositive vise à faire prendre conscience de la nature du « couvert terrestre » dans le bilan radiatif. Ici la notion d'albédo est importante; l'albédo souvent exprimé en %, et indique la capacité d'une surface à réfléchir la lumière. Taux de réflexion.</p> <p>On comprend que les surfaces enneigées ou glacées, les nuages ont des albédos relativement élevés. Celles-ci renvoient la lumière du soleil vers l'atmosphère et contribuent au « refroidissement » du système terrestre. Ceci est également vrai pour les aérosols (fines particules) émis par les industries, ou les volcans. Les particules réfléchissent la lumière vers l'atmosphère.</p> <p>Par contre, d'autres surfaces ont un albédo bien inférieur: surfaces des océans, déserts, sols nus, etc. Celles-ci absorbent l'énergie lumineuse et contribuent au réchauffement.</p> <p>Petit exemple.  Il suffit de marcher sur une surface asphaltée en plein soleil l'été pour sentir la chaleur provenant de celle-ci.</p>
D8	<p>Un certain nombre de facteurs dits naturels peuvent intervenir dans le bilan radiatif terrestre:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Soleil</b>: La quantité d'énergie que nous recevons du soleil varie. Mais, aucune des variations solaires ne peut expliquer les changements de température très rapides qui se sont produits dans les derniers 150 ans.</li> <li>2. <b>L'inclinaison (ou obliquité) de l'axe</b> de rotation de la Terre</li> <li>3. <b>La précession</b> de l'axe de rotation.</li> <li>4. <b>L'excentricité de l'orbite</b> de la terre autour du soleil,</li> </ol> <p>Ces facteurs peuvent causer des changements dans le climat, mais ne se font ressentir que sur des milliers et des centaines de milliers d'années. Alors ils ne peuvent pas non plus expliquer les augmentations rapides de la</p>



	<p>température de notre planète durant les derniers 150 ans.</p> <p>Les éruptions volcaniques causent un refroidissement de la planète, parce qu'elles éjectent de grandes quantités de particules fines, très haut dans l'atmosphère (poussière de cendre) qui réfléchissent les radiations solaires, les empêchant de pénétrer près de la surface de la Terre. Un bon exemple serait l'éruption de mont Pinatubo, aux Philippines, en 1991. Son éruption a envoyé une si grande quantité de cendre dans la haute atmosphère, qu'elle a bloqué suffisamment de radiation solaire pour réduire la température moyenne de la planète d'un demi-degré durant l'année suivante.</p> <p>La majorité des preuves scientifiques indiquent que le réchauffement observé durant les derniers 150 ans est dû aux activités humaines. Il est également attendu que ce réchauffement s'accroisse.</p> <p><b>Références:</b>  Soleil: <a href="http://www.nasa.gov/missions/solarsystem/Why_We_16.html">http://www.nasa.gov/missions/solarsystem/Why_We_16.html</a>  Photographie de SOHO prise le 25 octobre 2002.  Terre NASA: Image de la terre (bandeau): <a href="http://earthobservatory.nasa.gov/blogs/elegantfigures/image-308885-galleryV9-earth.jpg">image-308885-galleryV9-earth.jpg</a>  <a href="http://earthobservatory.nasa.gov/blogs/elegantfigures/">http://earthobservatory.nasa.gov/blogs/elegantfigures/</a>  Volcan Etna : <a href="http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=2923">http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=2923</a>  “International Space Station crew members are trained to observe and document dynamic events on the Earth’s surface, such as hurricanes, forest fires, and volcanic eruptions. Their observations provide scientists and the general public a different perspective on these events. Earlier this week, astronauts in the crew of the ISS-5 mission were able to observe Mt. Etna’s spectacular eruption, and photograph the details of the eruption plume as well as smoke from fires triggered by the lava as it flowed down the 11,000-foot mountain. This image is looking obliquely to the southeast over the island of Sicily. A wider view (<a href="#">ISS005-E-19016</a>) shows the ash plume curving out toward the horizon, caught first by low-level winds blowing to the southeast, and to the south toward Africa at higher altitudes. Ashfall was reported in Libya, more than 350 miles away. The lighter-colored plumes downslope and north of the summit (see detailed view, <a href="#">ISS005-E-19024</a>) are produced by gas emissions from a line of vents on the mountain’s north flank. The detailed image provides a three-dimensional profile of the eruption plume.”</p>
D9	<p>Comment fait-on pour connaître le climat passé de notre planète? La paléoclimatologie est la science qui s'intéresse aux climats passés et aux méthodes de collecte de données indirectes. Et ces données indirectes nous montrent aujourd'hui que le climat sur terre n'a pas toujours été constant.</p> <p>Nous avons toutes ces informations grâce à une grande quantité de données scientifiques recueillies depuis 850 000 ans provenant des carottes de glace, de sols (sédiments, pollens, etc.), de sédiments de fonds marins, de l'analyse des couches de croissance des coraux, d'échantillons de roches de partout sur le globe, etc.</p> <p>Bref, toutes ces données permettent de peindre le portrait de l'histoire du climat de notre planète.</p> <p><b>La paléopalynologie</b> est une autre façon d'étudier l'évolution du climat d'une région. Au fil du temps, les couches sédimentaires se sont accumulées, capturant le pollen des différentes espèces de végétation présentes. Étudier ce pollen à partir de carottes sédimentaires permet donc d'identifier les espèces végétales présentes et leur abondance relative à différentes époques, et par conséquent tracer l'évolution des climats passés.</p> <p><b>L'histoire de la température: les derniers 100 millions d'années.</b>  Il y a 100 millions d'années, quand les dinosaures étaient maîtres sur Terre, le climat de la planète était beaucoup plus chaud. En fait, il n'y avait aucune glace sur le globe, pas même aux pôles. Ce graphique indique que la température moyenne de la surface était de 8 °C plus chaud qu'elle ne l'est maintenant. (<i>environ 15 °C</i>) C'est très chaud. Mais au cours des millions d'années, le climat de la Terre s'est tranquillement refroidi, et certains croient que cela a conduit à l'extinction des dinosaures. Le climat de notre planète a toujours changé, des périodes chaudes aux périodes froides.</p> <p><b>L'histoire de la température : le dernier million d'années.</b></p>



	<p>Durant le dernier million d'années, on peut voir que le climat de la Terre était plus variable. Ici, on peut voir que la température moyenne terrestre fluctue d'environ 3 °C, 5 ou 6 fois.</p> <p>Lorsque la quantité de gaz à effet de serre et la température ont diminué, il y a eu une ère glaciaire.</p> <p>Or depuis 850 milliers d'années, la quantité de gaz à effet de serre a été relativement stable.</p> <p>On connaît ces informations grâce aux carottes de glaces forées des anciens glaciers. Ces glaces contiennent des bulles d'air attrapées de l'atmosphère des autres époques. On est capable d'analyser ces bulles d'air, d'en connaître la composition et la proportion de gaz à effet de serre, et d'en déduire le climat passé.</p> <p>La dernière ère de glaciation s'est terminée il n'y a pas si longtemps, environ 10 à 13 mille ans.</p> <p>Alors clairement, le climat de la planète est très vulnérable à de faibles variations dans la quantité de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.</p>
D10	<p>À partir des carottes de glace de l'Antarctique, les scientifiques sont capables d'extraire la quantité de GES des bulles d'air- échantillon captée de la composition de l'atmosphère passée - et de déterminer le climat d'une période spécifique.</p> <p>Variation de la température à la surface de la Terre durant les 400 000 dernières années.</p> <p>Deux aspects:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La température a été relativement stable durant les derniers 10 000 ans.</li> <li>- Les informations présentées sur ce graphique indiquent une forte corrélation entre le taux de CO<sub>2</sub> de l'atmosphère et la température.</li> </ul> <p>Les variations de température observées s'expliqueraient en partie par la variation périodique du rayonnement solaire lui-même, mais également par la variation de la contribution du rayonnement solaire au bilan radiatif qui est fonction de l'excentricité de l'orbite terrestre, de l'inclinaison de l'axe de rotation terrestre et de sa précession. La périodicité résultante serait l'effet combiné des différentes périodicités de ces quatre facteurs. (Référence : « cycles de Milankovitch »)</p>
D11	<p>Examinons le dernier millénaire, la tendance actuelle et les projections de températures.</p> <p><b>1000-1860</b></p> <p>Ce qu'on observe c'est que la température fut incroyablement stable durant cette période, variant de moins d'un demi-degré Celsius. Ceci est également vrai pour les concentrations de CO<sub>2</sub>.</p> <p><b>1860-2000 – Le dernier 150 ans</b></p> <p>Regardons maintenant plus près, soit les derniers 150 ans. Durant cette période, la température moyenne de la planète Terre a augmenté de presque un degré Celsius. Ce qui est très rapide par rapport à ce que montre l'histoire. La comparaison des deux graphiques montre que la quantité de CO<sub>2</sub> en ppm, a augmenté au même rythme que la température. En fait, grâce aux informations des carottes de glace, on sait que la quantité de CO<sub>2</sub> et d'autres gaz à effet de serre n'a jamais été aussi élevée depuis au moins 850 milliers d'années.</p> <p>Cette tendance récente coïncide avec le début de la révolution industrielle. C'est à cette époque que l'humain a découvert les bénéfices de la combustion des énergies fossiles. Une découverte qui a initialement semblé fantastique, mais qui engendre des conséquences importantes.</p> <p>Jusqu'à maintenant, nous avons vu que le climat de la Terre change sur des milliers et des millions d'années. Et que la quantité de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère n'a jamais dépassé 300 ppm en plus de 850,000 années. Or depuis le milieu du 19<sup>e</sup> siècle, la quantité de CO<sub>2</sub> a constamment augmenté, et c'est la même chose pour la température de la Terre. La concentration actuelle de CO<sub>2</sub> est à un peu plus de 380 ppm. C'est beaucoup plus haut que toutes les concentrations observées pour les derniers 850 000 ans.</p> <p><b>Projections 2000-2100</b></p> <p>Il en sera question plus tard.</p> <p><b>Autres informations</b></p> <p><b>Première figure: CO<sub>2</sub></b></p> <p>« Observations des concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub> pour la période 1000-2000 obtenues à partir des</p>



données des carottes glaciaires et des données fournies par des mesures atmosphériques directes au cours des dernières décennies. Entre 2000 et 2100, les projections de concentrations de CO<sub>2</sub> sont basées sur six scénarios. » [traduction]

### **Deuxième figure: Température**

Variation de la température à la surface de la Terre: période 1000-2100.

Les variations des températures moyennes à la surface de l'hémisphère nord pour la période 1000-1860 sont représentées et reconstituées à partir de données indirectes.

La ligne (rouge) indique la moyenne de cinquante ans, la partie grise la limite de confiance de 95 % dans les données annuelles.

De 1860 à 2000, les variations des observations des températures moyennes mondiales et annuelles à la surface obtenues par relevés instrumentaux sont indiquées; la ligne représente la moyenne décennale.

De 2000 à 2100, les projections des températures moyennes mondiales à la surface sont indiquées pour les six scénarios. La partie grise représente la fourchette de résultats obtenus avec un ensemble de 35 scénarios.

### **Les combustibles fossiles:**

Les combustibles fossiles sont le pétrole, le charbon et le gaz naturel. Ils ont été formés par la chaleur et la pression dans les profondeurs de la croûte terrestre sur des millions d'années. Ces combustibles fossiles sont ce qu'on appelle de la matière organique, c'est à dire, quelque chose qui était vivant jadis; par exemple du bois! À travers le temps, l'accumulation de plantes et d'animaux morts a formé des sédiments et ces derniers se sont transformés en ce que nous appelons des gaz fossiles. Lorsqu'il y a "combustion" de matière organique, il a relâchement de carbone dans l'atmosphère. Celui-ci se joint à l'oxygène (O<sub>2</sub>) de l'air pour former le CO<sub>2</sub>. Cette combustion relâche également plusieurs autres particules et produits chimiques dans l'air qui causent le smog, les pluies acides et d'autres problèmes environnementaux. Or, depuis le milieu du 19<sup>e</sup> siècle, il s'est brûlé beaucoup de combustibles fossiles. Cela a produit une quantité jamais vue de CO<sub>2</sub> et autres polluants dans l'atmosphère.

Plus il y a de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, plus il y aura de chaleur « contenue » près de la surface terrestre et plus la température augmente.

De plus, maintenant nous avons la preuve scientifique que la grande majorité de CO<sub>2</sub> ajouté dans notre atmosphère n'est pas de source naturelle, mais plutôt de source anthropique (ou humaine), c'est-à-dire provient de la combustion par l'homme de combustibles (énergies) fossiles. Alors maintenant nous savons avec assez de certitude que nous avons créé le problème.

**Source:** 3e rapport du GIEC, 2001.

<http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/synthesis-syr/french/question-1to9.pdf>

**Figure TS 5** — Reconstitution des températures de l'hémisphère nord (HN) du millénaire (gris foncé - données tirées des cercles de croissance des arbres, des coraux, de carottes glaciaires et de relevés historiques) et données instrumentales (bleu) pour la période 1000-1999. Une version ajustée des données HN (noir) et deux limites d'écart type (grisé) sont également indiquées. [Fondée sur la Figure 2.20]

D12 Si vous sortez à l'extérieur, il est fort probable que vous ne ressentiez pas directement les effets du réchauffement?

Alors quels sont « les indicateurs » mesurables ou observables de ces changements dans le présent? Des indicateurs qui sont parfois des causes, parfois des mesures du réchauffement lui-même, parfois encore des conséquences ou des manifestations de changements climatiques.

La notion d'indicateur a été utilisée dans le 3e rapport du GIEC (TRE, 2001), et sera utilisée ici pour tenter d'en proposer une vue d'ensemble d'une part, mais également de mettre en évidence une certaine logique causale du haut au bas de la diapositive.

Les grandes catégories d'indicateurs:

Indicateurs de concentrations (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, gaz fluorés):

À plusieurs endroits sur la terre, les concentrations des gaz à effet de serre sont directement et continuellement mesurées. Ces mesures nous indiquent que les concentrations augmentent.



	<p>Indicateurs climatiques (ex. augmentation de la température moyenne de l'atmosphère, de l'eau de l'océan, modification du régime de précipitation, etc.): Le rapport du GIEC 2007 collige les changements observés et mesurés dans les différents climats terrestres.</p> <p>Indicateurs physiques (niveau moyen de la mer, durée de la période de gel (fleuve et lacs), superficie et épaisseur de glace marine arctique, glaciers non polaires, couverture neigeuse, pergélisol, etc.) Conséquences sur l'environnement physique.</p> <p>Indicateurs biologiques Conséquences sur les espèces végétales et animales (déplacement vers les pôles et en altitude: plantes, insectes, oiseaux, poissons.) Reproduction, floraison et migration plus précoces, allongement des saisons de croissance, p.49-50</p> <p>Indicateurs économiques : conséquences de tous ces changements sur les activités humaines.</p> <p>Source: GIEC 2001; <a href="http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/synthesis-syr/french/question-1to9.pdf">http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/synthesis-syr/french/question-1to9.pdf</a></p>
D13	<p>Graphique de l'évolution de la concentration des principaux gaz à effet de serre. On peut constater un changement important dans l'évolution de la concentration des trois principaux gaz à effet de serre.</p> <p>Source: <a href="http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-faqs-fr.pdf">http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-faqs-fr.pdf</a> GIEC, 2007 : Changements climatiques 2007 - Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, États-Unis.</p>
D14	<p>La concentration de CO<sub>2</sub> est constamment mesurée, et ce à plusieurs endroits à travers le monde. Le site de la NOAA permet de consulter les données.</p> <p>Le premier graphique montre une tendance à long terme de l'évolution de la concentration à l'observatoire de Mauna Loa, dans le Pacifique pour la période entre 1960 et 2012. En rouge, les données enregistrées et en noir, une courbe moyenne de ces mesures. La courbe rouge du deuxième graphique permet d'apprécier l'oscillation de la concentration de CO<sub>2</sub>. En effet lorsque sur la terre la couverture végétale est maximum, la concentration de CO<sub>2</sub> est minimum, soit vers la fin de l'été dans l'hémisphère nord (fin août), puis augmente pour atteindre un maximum annuel vers le début avril.</p> <p><b>Comment le CO<sub>2</sub> est-il mesuré?</b> L'analyseur de CO<sub>2</sub>, repose sur la capacité de ce gaz d'absorber de la radiation infrarouge. De l'air est pompé à l'intérieur d'un cylindre dont les deux extrémités sont fermées par des fenêtres transparentes à l'infrarouge. De la lumière infrarouge entre par une des fenêtres, passe à travers la cellule où les molécules de CO<sub>2</sub> absorbent une partie de cette lumière, puis la fraction de lumière non absorbée traverse la deuxième fenêtre pour atteindre un détecteur qui en mesure l'intensité. Plus il y a de CO<sub>2</sub> dans le cylindre, plus il y a d'absorption, et moins il y a de radiation qui atteint le détecteur. Le signal du détecteur est converti en une mesure de la concentration de CO<sub>2</sub>. Tous les instruments sont constamment calibrés, et des mesures indépendantes permettent une comparaison en continu.</p>



	<p>L'abondance de CO2 est habituellement exprimée en fraction molaire de l'air sec.</p> <p><b>Avantage du site:</b>  La station de mesure est située à une altitude de 3400 m, et donc les échantillons d'air sont représentatifs des grandes masses d'air.  On comprend ici qu'il ne serait pas approprié d'installer un tel détecteur au carrefour d'un centre-ville!</p> <p>[Traduction partielle du site <a href="http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/about/co2_measurements.html">http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/about/co2_measurements.html</a>]  Référence  Pour mettre à jour les graphiques de cette diapositive:  <a href="http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/mlo.html">http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/mlo.html</a>  Vous pouvez également choisir les données pour une autre localisation.  Optionnel:  Animation intéressante, mais trop lourde pour être incluse dans le présent PowerPoint:  <a href="http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/history.html">http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/history.html</a>  Carbon tracker</p>
D15	<p>Tableau des changements observés, de la probabilité de la contribution humaine à celles-ci, et de la probabilité des tendances futures telles que projetées avec les modèles climatiques et les scénarios d'évolution.  (Attirer l'attention sur les 3 premières colonnes)  Le tableau montre entre autres:</p> <p>1) (colonnes 1 et 2) les tendances récentes pour lesquelles on dispose de preuves scientifiques.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cela nous permet de constater le type d'observations climatiques formulées à partir des données brutes de températures (air et eau), de précipitations, du niveau des mers, etc., et qui font l'objet de suivi.</li> <li>- On peut se poser la question, si chacun de nous est en mesure de constater ces tendances dans sa région?</li> </ul> <p>Il est important de rappeler qu'en raison de la variabilité naturelle du climat, un événement isolé qui peut sembler « extrême » ne constitue pas en soi une preuve d'une tendance au réchauffement. Un événement extrême particulier peut statistiquement se produire à l'occasion même dans une période où il n'y aurait pas de tendance au réchauffement. Par exemple, il pourrait être « normal » pour une région, basé sur des statistiques à long terme qu'une certaine quantité de précipitation importante tombe dans une courte période de temps, soit 1 fois à tous les 50 ans. On parle de période de récurrence de certains événements climatologiques.</p> <p>Par contre si ce type d'événements climatologiques extrêmes se produit à une fréquence plus élevée que par le passé, si la période de récurrence est plus courte, c'est un signe que la tendance change.</p> <p>Qui peut bien s'intéresser à ce genre d'information, sinon quelques scientifiques? Les compagnies d'assurance! Elles fixent leurs primes d'assurance en fonction de la probabilité que certains événements extrêmes entraînent des dommages qu'ils devront rembourser. Si cette probabilité augmente, ils risquent de recevoir un nombre croissant de demandes de réclamation. Pour leur viabilité économique, ils devront augmenter les primes, ou tout simplement décider de ne plus couvrir les dommages causés par certains événements climatologiques.</p> <p>Enfin, en science du climat, il est d'usage de considérer des statistiques sur des périodes minimales de 30 ans avant de conclure à une tendance.</p> <p>2) (colonne 3) Évaluation de la probabilité de la contribution humaine à la tendance observée.  3) (colonne 5) La probabilité de futures tendances, basées sur les projections climatiques pour le 21<sup>e</sup> siècle.  [Passer à la diapositive suivante pour parler du traitement des incertitudes]</p>
D16	<p>Un point très intéressant dans les rapports du GIEC est ce souci constant de préciser le degré d'incertitude de ce qui est énoncé sur la base des connaissances scientifiques actuelles.  On y définit le <i>degré de confiance</i>, et l'on associe une <i>probabilité</i> chiffrée à une terminologie précise.  Il est intéressant de reprendre le tableau précédent et d'y ajouter les probabilités.</p>



	<p>Source: Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof et les auteurs de 2007 : Résumé technique in: Bilan 2007 des changements climatiques: Impacts, adaptation et vulnérabilité. Contribution du Groupe de travail II au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden et C.E. Hanson, (ed.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, E.-U.</p>
D17	<p>Reprise du tableau des changements observés, mais cette fois en reportant, en rouge, la probabilité d'occurrence des tendances observées, de la probabilité de la contribution humaine à celles-ci, et de la probabilité des tendances futures telles que projetées avec les modèles climatiques et les scénarios d'évolution.</p> <p>Source : Solomon, S., D. Qin, M. Manning, R.B. Alley, T. Berntsen, N.L. Bindoff, Z. Chen, A. Chidthaisong, J.M. Gregory, G.C. Hegerl, M. Heimann, B. Hewitson, B.J. Hoskins, F. Joos, J. Jouzel, V. Kattsov, U. Lohmann, T. Matsuno, M. Molina, N. Nicholls, J. Overpeck, G. Raga, V. Ramaswamy, J. Ren, M. Rusticucci, R. Somerville, T.F. Stocker, P. Whetton, R.A. Wood and D. Wratt, 2007: Résumé technique. In: <i>changements climatiques 2007: Les éléments scientifiques. Contribution du groupe de travail I au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur les changements climatiques</i> [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, États-Unis d'Amérique.</p>
D18	Quelques observations selon le GIEC 2007 sur les façons dont se manifeste la hausse des températures dans plusieurs régions.
D19	Quelques observations selon le GIEC 2007 sur les modifications du régime de précipitation dans plusieurs régions du monde.
D20	<p>Les données montrent que le nombre total d'ouragans sur la Terre n'est pas plus élevé, mais il semble y avoir une nette augmentation de la proportion d'ouragans considérés forts. Leur nombre n'augmente pas, mais leur puissance, leur intensité, oui.</p> <p>Ceci n'est peut-être pas si surprenant... La formation des ouragans est possible lorsque la température de l'eau de l'océan atteint environ 27 C sur une certaine profondeur. Or avec des températures atmosphériques et des températures océaniques à la hausse, beaucoup d'énergie (chaleur) s'est accumulée au moment où toutes les conditions favorables à la formation des ouragans se présentent.</p>
D21	<p>Quelques conséquences des changements climatiques: soit directement en lien avec la température plus élevée de l'eau, soit indirectement, par exemple par l'apport d'eau douce provenant de glaces terrestres (calottes ou inlandsis).</p> <p>Les perturbations peuvent être plus locales ou globales. Parmi celles-ci:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Acidification de l'eau des océans. Conséquences possibles sur la faune et la flore des océans.</li> <li>Modification de la concentration en oxygène de l'eau. Une eau froide peut contenir plus d'oxygène gazeux, que l'eau chaude.</li> <li>Modification de la salinité de l'eau. Phénomènes en jeu: Température de l'eau, évaporation intensive, fonte de glace (apport d'eau douce), etc.</li> <li>Fonte de glace plus rapide. La glace se formera plus tard à l'automne, ou sera plus mince même au terme de la saison froide. Une question de climat et de chaleur accumulée dans les volumes d'eau.</li> <li>La circulation thermohaline. Une circulation lente qui repose sur des facteurs comme la température et la salinité de l'eau comme moteur. Un ralentissement est observé à certains endroits. Une circulation qui est très importante pour réguler les différents climats terrestres. Une perturbation de la circulation aurait des répercussions partout sur la terre.</li> </ol>
D22	<p>[En haut à droite] Un constat du GIEC 2007 est que les glaces et la couverture neigeuse occupent une moins grande superficie dans les deux hémisphères.</p>



[Gauche]

Images de la banquise arctique en septembre 1980 et septembre 2007. On est en mesure de constater que la superficie annuelle minimum diminue.

Chaque année, l'étendue de la banquise est minimale en septembre, avant de recommencer à croître durant la saison hivernale. Les scientifiques utilisent ce moment pour comparer les étendues de la banquise.

[Au milieu à droite]

Graphique de l'étendue de la banquise arctique pour différentes années récentes. La tendance est à la réduction toujours plus importante de la superficie de la banquise.

[Rectangle vert- Accès à internet requis. Application QuickTime]

Les chercheurs se sont aperçus qu'il n'était pas suffisant de considérer uniquement l'étendue de la banquise, car on néglige l'épaisseur de glace.

L'animation montre l'évolution temporelle (1987-2011) de la banquise, mais également, par la couleur, l'âge de la glace présente. En bleu, la jeune glace, peu épaisse, et en blanc, la « vieille » glace (9 -11 ans) beaucoup plus épaisse. La vidéo montre l'étendue de la banquise arctique chaque année depuis 1987. Elle croît en hiver et fond partiellement l'été venu.

Ce qu'observent les scientifiques présentement c'est que la proportion de « vieille » glace (en blanc) diminue constamment. On peut observer le mouvement giratoire de la banquise avec le temps. Ces données sont obtenues grâce à des balises émettrices situées sur la banquise.

Lien vers la vidéo : [http://www.climatewatch.noaa.gov/wp-content/uploads/2011/10/rare-artic\\_icec.mov](http://www.climatewatch.noaa.gov/wp-content/uploads/2011/10/rare-artic_icec.mov)

Pour tenir compte à la fois de l'étendue et de l'épaisseur, le suivi de la banquise se fait de plus en plus par le volume de glace comme indicateur.

### **Informations complémentaires:**

#### **Fonte de la banquise arctique**

Le rapport du GIEC rapporte que la température moyenne terrestre augmente et la température de l'eau des océans augmente. D'après les observations, ce réchauffement n'est pas uniforme, et s'accroît avec la latitude. La température augmente plus rapidement au pôle Nord qu'à l'équateur. Les dernières prévisions disent que si la tendance continue, le pôle Nord sera libre de glace en été dans les prochains 10 à 20 ans.

#### **Dynamique de la banquise**

Chaque hiver la banquise croît, en raison de la température froide qui fige la surface de l'eau et de la neige qui s'accumule à sa surface et se compacte. À l'été suivant, une partie de cette glace fond (environ 70 %), mais une partie n'aura pas le temps de fondre et contribue à augmenter le volume de la banquise. C'est ce qui est appelé de la « vieille » glace ou glace pluriannuelle. Ainsi, certaines parties de la banquise peuvent avoir été formées il y a environ 6 à 11 ans, puis d'autres seulement à l'hiver précédent.

Techniquement, cela fait une grande différence, saviez-vous que la plupart des brise-glaces canadiens ne peuvent pas naviguer dans une glace pluriannuelle, car elle est trop dense et épaisse!

#### **Albédo**

Que va-t-il se produire si la surface de la banquise arctique est significativement réduite?

Il y a un phénomène qui se produit et qui n'est pas négligeable. De la glace, qui est blanche, réfléchit bien la lumière du soleil, sans trop absorber d'énergie, ni générer trop de chaleur. Par contre, au fur et à mesure que la banquise du pôle Nord fond, la surface de glace et de neige qui réfléchissait la lumière du soleil est remplacée par l'eau de l'océan, qui est plus foncé. Cela veut dire qu'au lieu de réfléchir les rayons du soleil, la surface libre de glace va maintenant absorber l'énergie lumineuse, et l'eau va se réchauffer. Cela contribuera à accélérer davantage le réchauffement de l'eau, la fonte de la glace et accentuer les changements.



La notion d'albédo est utilisée pour caractériser la réflectivité, ou la capacité de réflexion d'une surface. Souvent exprimé en pourcentage, l'albédo représente la fraction du rayonnement solaire réfléchi par une surface ou un objet. On comprendra que les surfaces couvertes de neige ont un albédo élevé, réfléchissent bien; les sols peuvent avoir un albédo faible ou élevé; les surfaces couvertes de végétation et les océans ont un albédo faible.

**Surveillance de la banquise:**

En effet, la banquise arctique fait l'objet d'une surveillance accrue. À l'aide de bornes émettrices situées sur la banquise et des images satellites, les scientifiques peuvent observer le mouvement de la banquise et la variation de sa superficie dans le temps. Sa superficie est maximale à la fin de l'hiver, vers la fin mars et est minimum vers la mi-septembre. Or, les scientifiques sont en mesure de constater que la superficie minimum à la fin de l'été tend à être toujours davantage plus petite.

D23	<p>Selon le GIEC (2007) le niveau des océans est à la hausse! L'augmentation est passée de 1,8 mm/an pour la période de 1961 à 2003, à 3,1 mm/an pour celle de 1993 à 2003. Tableau indiquant les contributions à la montée du niveau de la mer basées sur des observations (colonne de gauche) comparées à des résultats de modèles. (colonne de droite)</p> <p><b>Les causes de l'élévation:</b> <b>Dilatation thermique:</b> ce phénomène est dû au fait qu'une certaine quantité d'eau occupe un volume plus grand si sa température est plus élevée. Donc le fait que la température de l'eau des océans s'élève, son volume augmente même s'il n'y a aucun autre apport en eau. C'est un phénomène moléculaire. Les molécules d'eau se dilatent et occupent plus d'espace.</p> <p><b>Glaciers et calottes glaciaires:</b> La majorité de l'eau ajoutée aux océans jusqu'à présent provient de la fonte de glace <b>terrestre</b>; c'est-à-dire qui repose sur des terres émergées et ne flotte pas. L'eau fondue qui s'écoule dans l'océan en fait augmenter le volume. On fait référence ici aux <b>glaciers</b> (en montagne) et aux <b>calottes</b> glaciaires (masse de glace en zone d'altitude, mais d'une superficie restreinte).</p> <p><b>Nappes glaciaires ou « inlandsis »:</b> Dans cette catégorie de glace terrestre, il y a aussi les « inlandsis » (masse de glace très épaisse - quelques kilomètres-, et de grande superficie). Il existe seulement deux inlandsis actuellement; l'inlandsis du Groenland et l'inlandsis de l'Antarctique. Aujourd'hui, les scientifiques sont de plus en plus préoccupés par l'accélération de la fonte de l'inlandsis du Groenland.</p> <p>Cette hausse du niveau des océans pose déjà des inquiétudes à certains endroits. Certaines îles dans le sud du Pacifique et les Maldives dans l'océan Indien font déjà évacuer leurs populations en permanence vers d'autres pays, puisque ces îles sont supposées être presque qu'entièrement englouties à la fin du siècle. Et plusieurs côtes sont particulièrement vulnérables partout autour du monde en raison de leur faible niveau d'élévation.</p> <p><b>Et la banquise arctique?</b> Contrairement à l'Antarctique, la banquise arctique ne repose pas sur un continent, mais flotte dans l'océan. Ceci fait en sorte que la fonte de la banquise du pôle Nord ne devrait à peu près pas élever le niveau des océans parce que la partie submergée de cette glace occupe déjà le volume qu'occupera toute l'eau de sa fonte. (principe d'Archimède)</p> <p><b>Source:</b> Photographe: Peter Prokosch <a href="http://www.grida.no/photolib/detail/glacier-ice-and-sea-ice-antarctic-peninsula_e935">http://www.grida.no/photolib/detail/glacier-ice-and-sea-ice-antarctic-peninsula_e935</a> Source: GIEC 2007: Résumé technique. <i>Les éléments scientifiques. Contribution du groupe de travail I au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur les changements climatiques</i></p>
-----	--



	<a href="http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-ts-fr.pdf">http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-ts-fr.pdf</a>
D24	<p>Le pergélisol fond, ce qui déstabilise les édifices et les infrastructures des communautés du nord. Une modification des moments de formation de la banquise et de la fragilité de celle-ci affectent les habitudes de chasse des ours polaires. Ils ont besoin de la banquise pour aller chasser leur nourriture principale; les phoques.</p> <p>De façon générale, plusieurs écosystèmes du nord seront affectés. Les changements affectent également les habitants des communautés du Nord; notamment en raison de leurs habitudes de chasse et de pêche, mais également en raison de la modification du gélisol. Le pergélisol de certaines régions du nord fond. Les infrastructures et habitations qui ont été construites sur ce type de sol sont maintenant instables.</p> <p><b>Note:</b> Pour de très belles images de la faune arctique, visiter le site du consortium de recherche ArcticNet de l'Université Laval. <a href="http://www.arcticnet.ulaval.ca/gallery/index.php">http://www.arcticnet.ulaval.ca/gallery/index.php</a> Les images sont protégées par des droits d'auteurs et n'ont pu être utilisées dans cette présentation PowerPoint.</p>
D25	<p>Pour comprendre les changements climatiques actuels et tenter d'anticiper comment ceux-ci évolueront dans le futur, les scientifiques développent et utilisent des programmes informatiques qui simulent le climat. Ce sont les modèles climatiques.</p> <p>[En haut à gauche] Ce schéma montre les diverses interactions qui interviennent dans les modèles.</p> <p>[En bas à droite] Schéma des facteurs et interactions qui peuvent influencer l'évolution du climat.</p>
D26	<p>Que fait-on pour anticiper l'évolution future du climat? Il faut utiliser les modèles de simulation du climat, mais il faut également faire quelques hypothèses:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. De nature socio-économique. Comment nos sociétés vont utiliser les énergies fossiles à l'avenir? Diminution, statu quo, augmentation?</li> <li>2. Combien va-t-on émettre de GES?</li> <li>3. De quelles façons vont évoluer les concentrations dans l'atmosphère?</li> </ol> <p>Il faut répondre à des questions de ce type pour tenter de faire des projections climatiques. On comprend ici pourquoi à ces projections est toujours associée une certaine marge d'erreur.</p>
D27	<p>Période d'intérêt de ce graphique; les projections de température entre 2000 et 2100. Les modèles climatiques permettent de simuler numériquement l'augmentation de la température en fonctions des données climatiques actuelles, des interactions climatiques connues et des diverses hypothèses mentionnées précédemment. Le graphique montre les prévisions de l'évolution du climat, issues des simulations numériques des modèles climatiques, qui semblent faire consensus. Cette simulation est la prédiction officielle du GIEC, le Groupe Intergouvernemental sur l'évolution du climat, constitué de plus de 3700 scientifiques provenant de partout sur le globe. Il est anticipé que la température globale augmentera d'environ 2 à 4.5 degrés Celsius au cours de ce siècle. La particularité de ce changement c'est qu'il s'effectue relativement rapidement si l'on prend en référence l'histoire du climat terrestre. L'histoire a montré de telles variations de la température moyenne globale, mais celles-ci s'échelonnaient sur des milliers d'années ou plus. Or présentement la période en jeu n'est que d'une centaine d'années seulement, une période qui coïncide avec la révolution industrielle. Il est important de noter que le réchauffement ne sera pas uniforme. Certains endroits se réchaufferont davantage que d'autres, par exemple les régions près du pôle Nord. Il est même possible que certaines régions ressentent un refroidissement.</p> <p>Il est important de noter qu'il y a de l'incertitude liée à ces projections (barres à droite) car celles-ci varieront selon le degré d'adaptation, le niveau de réduction des GES, le rythme du réchauffement et notre mode de développement socioéconomique.</p>



	Source: <a href="http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/synthesis-syr/french/question-1to9.pdf">http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/synthesis-syr/french/question-1to9.pdf</a>
D28	<p>Les modèles climatiques fournissent des projections de la température moyenne terrestre, peut-être entre 2 à 4 degrés Celcius d'ici 100 ans, mais qu'en est-il des impacts environnementaux et socio-économiques?</p> <p>Le tableau présente quelques conséquences potentielles sur les ressources en eau, les écosystèmes, la production alimentaire, le littoral (les côtes) et la santé, et ce pour des augmentations de température projetées, entre 1 et 5 degrés Celcius. (Selon l'axe des « x »)</p> <p>Note: au moment d'effectuer le montage de cette présentation (2012) la température moyenne est d'environ +0.85 C. (ligne pointillée en rouge)</p> <p><b>Source:</b> GIEC, 2007: Résumé à l'intention des décideurs. In: Bilan 2007 des changements climatiques: Impacts, adaptation et vulnérabilité. Contribution du Groupe de travail II au quatrième Rapport d'évaluation. Rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni.</p>
D29	<p>(1/3)</p> <p>Le tableau reprend chacune des différentes tendances climatiques et physiques projetées et donne des exemples de conséquences environnementales et socio-économiques liés à celles-ci.</p> <p>La deuxième colonne fournit la probabilité des tendances futures.</p> <p>Source: GIEC, 2007: Résumé à l'intention des décideurs. In: Bilan 2007 des changements climatiques: Impacts, adaptation et vulnérabilité. Contribution du Groupe de travail II au quatrième Rapport d'évaluation. Rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni.</p>
D30	<p>(2/3)</p> <p>Le tableau reprend chacune des différentes tendances climatiques et physiques projetées et donne des exemples de conséquences environnementales et socio-économiques liés à celles-ci.</p> <p>La deuxième colonne fournit la probabilité des tendances futures.</p> <p>Source: GIEC, 2007: Résumé à l'intention des décideurs. In: Bilan 2007 des changements climatiques: Impacts, adaptation et vulnérabilité. Contribution du Groupe de travail II au quatrième Rapport d'évaluation. Rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni.</p>
D31	<p>(3/3)</p> <p>Le tableau reprend chacune des différentes tendances climatiques et physiques projetées et donne des exemples de conséquences environnementales et socio-économiques liés à celles-ci.</p> <p>La deuxième colonne fournit la probabilité des tendances futures.</p> <p>Source: GIEC, 2007: Résumé à l'intention des décideurs. In: Bilan 2007 des changements climatiques: Impacts, adaptation et vulnérabilité. Contribution du Groupe de travail II au quatrième Rapport d'évaluation. Rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni.</p>
D32	<p><b>Comment agir?</b></p> <p>Ce schéma, extrait du rapport de synthèse du GIEC 2007, offre une intéressante synthèse de la question des changements climatiques; des causes humaines (encadré brun) aux indicateurs ou conséquences atmosphériques, climatiques, physiques, biologiques, environnementales et humaines...</p> <p>Il met en évidence, par cette longue chaîne causale, que nos activités modifient notre Environnement, et que notre Environnement ainsi perturbé affecte et affectera en retour de plus en plus le fonctionnement de notre société. Une chaîne causale sournoise, invisible au quotidien - possible cause de l'inertie de nos sociétés à agir de façon soutenue - mais dont les résultats de recherche tendent à confirmer.</p>



Les recherches en lien avec les changements climatiques touchent une multitude de domaines notamment:

- En météorologie et climatologie, on cherche à obtenir des données les plus fiables possible, à en étendre la couverture géographique, à améliorer la compréhension de l'interaction des systèmes climatiques, d'étudier des modèles mathématiques, de réaliser des projections, etc.
- En biologie: on cherche à comprendre les effets des changements sur les différentes espèces animales et végétales partout dans le monde: migration, mouvement de populations, biodiversité, etc.
- Glaciologie, médecine (ex. santé des populations nordiques)
- En foresterie, on étudie déjà les différences génomiques d'arbres d'une même espèce, mais croissant à des latitudes différentes, dans le but d'ensemencer des « individus » qui résistent bien à la chaleur, à des latitudes plus élevées, où le climat se réchauffera davantage. Le but étant de permettre la pérennité des ressources forestières même en cas de changements climatiques importants.
- En sciences humaines: géographie politique (ex. partage du territoire arctique), politique (ex. traités et accords sur la réduction des GES), sociologie (ex. impacts socioéconomiques des populations notamment ceux qui devront être déplacées parce que le niveau de la mer aura envahi leur propriété, leurs champs cultivables, etc.)

**Quelques suggestions pour la suite:**

Ouvrir une discussion sur les manières concrètes d'agir.

- Le développement socioéconomique de nos sociétés
- Le gouvernement a produit un plan d'action sur les mesures d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques.
- Approfondir un aspect évoqué durant la présentation

Source:

Rapport de synthèse du GIEC: Bilan 2007, Fig. I.1 p.26

GIEC, 2007 : *Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A. (publié sous la direction de~)].* GIEC, Genève, Suisse, ..., 103 pages.

