Le rapport du GIEC

GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat, créé en 1988.

Ce regroupement d'experts a pour mission d'évaluer les informations d'ordre scientifique, technique et socio-économique qui sont disponibles pour mieux comprendre les questions relatives aux changements climatiques.

Ces évaluations sont principalement fondées sur les publications scientifiques et techniques validées par les pairs. Le GIEC n'est donc pas un organisme de recherche, mais un lieu d'expertise qui établit une synthèse des travaux publiés par les laboratoires du monde entier.

Des experts du GIEC ont publié, en février 2007, un rapport qui fait le bilan des changements climatiques sous différents aspects. Le texte ci-dessous, élaboré à partir du résumé à l'intention des décideurs, donne un aperçu du contenu de ce rapport.

Le rapport du GIEC se divise en 6 points qui sont résumés ici :

1) Les changements climatiques observés et les changements constatés :

Le réchauffement climatique est sans équivoque. Les relevés instrumentaux de la température datent de 1850. On note à l'échelle du globe :

- 1) Une hausse des températures moyenne de l'atmosphère et de l'océan : la valeur établie pour 1906–2005 atteint 0,74°C, intervalle de confiance de [0,56-0,92]°C. Les températures ont augmenté presque partout dans le monde, quoique de manière plus sensible aux latitudes élevées de l'hémisphère Nord. Par ailleurs, les terres émergées se sont réchauffées plus rapidement que les océans.
- 2) Une fonte massive de la neige et de la glace : une diminution de l'étendue des zones couvertes de neige et de glace est également observée. Les données-satellite dont on dispose depuis 1978 montrent que l'étendue annuelle moyenne des glaces a diminué de 2,7%, intervalle de confiance [2,1-3,3]% par décennie dans l'océan Arctique.
- 3) Une élévation du niveau moyen de la mer : sur l'ensemble de la planète, le niveau moyen de la mer s'est élevé de 1,8 intervalle de confiance de [1,3-2,3] mm/an depuis 1961 et de 3,1 intervalle de confiance [2,4-3,8] mm/an depuis 1993.

En outre, le rapport fait mention d'une augmentation des précipitations dans certaines zones du globe et d'une plus grande sécheresse dans d'autres. Également, il est « très probable » que les journées froides, les nuits froides et le gel ont été moins fréquents sur la plus grande partie des terres émergées depuis cinquante ans et que le nombre de journées chaudes et de nuits chaudes a au contraire augmenté.

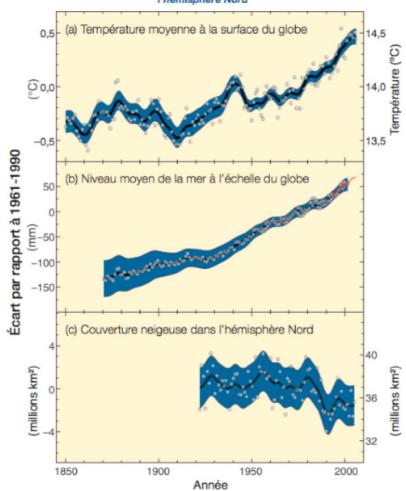
Également, le rapport dresse une liste de phénomènes dont la fréquence s'est « probablement »² accrue : vagues de chaleur, fortes précipitations, activité cyclonique intense dans l'Atlantique

¹ L'expression « très probable » signifie une probabilité supérieure à 90 % selon les experts du GIEC.

² Le terme « probable » signifie une probabilité supérieure à 66 %

Nord (par contre, aucune tendance claire ne se dégage quant au nombre de cyclones tropicaux qui se forment chaque année).

Il est très probable que les températures moyennes dans l'hémisphère Nord ont été plus élevées pendant la seconde moitié du XXe siècle que durant n'importe quelle autre période de cinquante ans au cours des cinq derniers siècles, et il est probable qu'elles ont été les plus élevées depuis 1 300 ans au moins.



Variations de la température et du niveau de la mer à l'échelle du globe et de la couverture neigeuse dans l'hémisphère Nord

2) Les causes de l'évolution du climat :

Les possibles causes de l'évolution du climat sont naturelles et anthropiques. Cette section analyse les liens entre les émissions et la concentration des gaz à effet de serre, le forçage radiatif³ et les changements climatiques qui en résultent. Elle détermine également dans quelle

³ Le forçage radiatif est la différence entre l'énergie reçue par la terre et l'énergie émise par celle-ci. Par exemple une augmentation du rayonnement solaire provoquerait une augmentation du forçage radiatif puisque la quantité d'énergie reçue augmenterait.

mesure les changements climatiques observés et leurs effets sur les systèmes physiques et biologiques sont attribuables à des causes naturelles ou aux activités humaines.

Le rapport mentionne trois facteurs qui ont une influence sur le bilan énergétique du système climatique :

- Les variations de la concentration de gaz à effet de serre (GES) et d'aérosols dans l'atmosphère
- Les variations de la couverture végétale
- Les variations du rayonnement solaire

Par contre, le rapport se concentre sur la première partie uniquement :

Les émissions mondiales de GES imputables aux activités humaines ont augmenté depuis l'époque préindustrielle ⁴. La hausse a été de 70 % entre 1970 et 2004. Les rejets annuels de dioxyde de carbone (CO₂) ont progressé de 80 % environ entre 1970 et 2004.

Depuis 1750, sous l'effet des activités humaines, les concentrations atmosphériques de CO₂, de méthane (CH₄) et d'oxyde nitreux (N₂O) se sont fortement accrues. Elles sont aujourd'hui bien supérieures aux valeurs historiques déterminées par l'analyse de carottes de glace portant sur de nombreux millénaires.

En 2005, les concentrations atmosphériques de CO₂ et de CH₄ ont largement excédé l'intervalle de variation naturelle des 650 000 dernières années. On peut avancer avec un degré de confiance très élevé⁵ que les activités humaines menées depuis 1750 ont eu pour effet net de réchauffer le climat.

La hausse de la concentration de CO_2 est surtout due à l'utilisation de combustibles fossiles et dans une moindre mesure au changement d'affectation des terres. Il est très probable que l'augmentation observée de la concentration de CH_4 provient surtout de l'agriculture et de l'utilisation de combustibles fossiles; cette progression s'est toutefois ralentie depuis le début des années 1990, ce qui concorde avec le fait que les émissions totales (anthropiques et d'origine naturelle) ont été quasi constantes durant cette période. La hausse de la concentration de N_2O est essentiellement due à l'agriculture.

L'essentiel de l'élévation de la température moyenne du globe observée depuis le milieu du XXe siècle est très probablement⁶ attribuable à la hausse des concentrations de GES anthropiques. Il est probable⁷ que tous les continents, à l'exception de l'Antarctique, ont généralement subi un réchauffement anthropique marqué depuis cinquante ans.

PISTES.org (Auteure : Dominique Heitz, PhD, adapté par Sylvie Barma PhD)

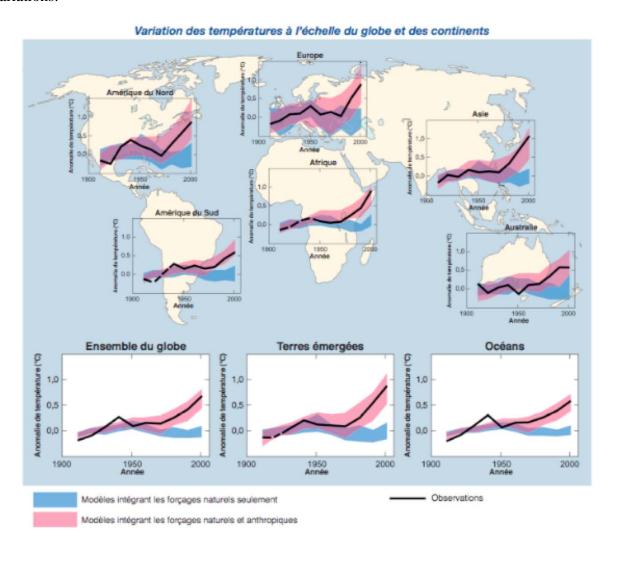
⁴ Les termes « préindustriel » et « industriel » se réfèrent respectivement, de manière quelque peu arbitraire, aux époques antérieure et postérieure à 1750.

⁵ Au moins 9 chance sur 10 de tomber juste

⁶ Probabilité supérieure à 90 %

⁷ Probabilité supérieure à 66 %

Comme on peut le voir sur la figure ci-dessous, seuls les modèles qui tiennent compte de l'activité humaine parviennent à simuler les configurations du réchauffement observées et leurs variations.



Cependant, le rapport conclut en disant qu'il est impossible d'imputer totalement la réaction observée des systèmes naturels au réchauffement anthropique en raison de la durée insuffisante de la plupart des études d'impact, de la variabilité naturelle accrue du climat à l'échelle régionale, de l'intervention de facteurs non climatiques et de la couverture spatiale limitée des études réalisées.

3) Les changements climatiques projetés et les effets attendus.

Cette partie du rapport contient des informations sur les scénarios d'émissions et les changements climatiques qui devraient intervenir au XXIe siècle et au-delà et sur les conséquences anticipées pour différents systèmes, secteurs et régions. Une attention particulière est accordée au développement et au bien-être des populations humaines.

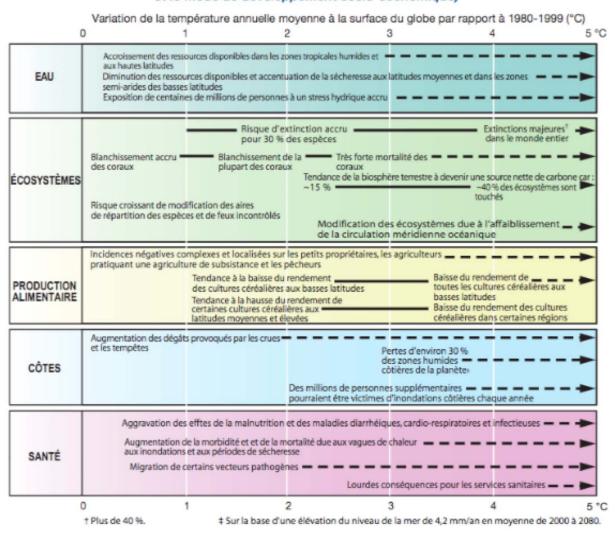
Compte-tenu des politiques d'atténuation et des pratiques de développement durable en place actuellement, les émissions mondiales de GES augmenteront de 25 à 90 % entre 2000 et 2030. Les combustibles fossiles gardant une place prépondérante parmi les sources d'énergie au moins jusqu'en 2030 et au-delà.

La poursuite des émissions de GES au rythme actuel ou à un rythme plus élevé devrait accentuer le réchauffement et modifier profondément le système climatique au XXIe siècle. Il est très probable⁸ que ces changements seront plus importants que ceux observés pendant le XXe siècle.

Le rapport mentionne ensuite une série de changements anticipés, en se basant sur différents modèles de prédiction.

Voici une figure résumant certains de ces changements potentiels :

Exemples d'incidences associées à la variation de la température moyenne à la surface du globe (ces incidences varieront selon le degré d'adaptation, le rythme du réchauffement et le mode de développement socio-économique)



 $^{^8}$ L'expression « très probable » signifie une probabilité supérieure à 90 %.

-

La fixation du carbone anthropique émis depuis 1750 a abaissé le pH des océans de 0,1 unité en moyenne. La hausse de la concentration atmosphérique de CO₂ a accentué encore l'acidité du milieu marin. Selon les projections, le pH moyen des océans en surface devrait baisser de 0,14 à 0,35 unité au cours du XXIe siècle.

Le Groenland devrait continuer de se rétracter et de contribuer à l'élévation du niveau de la mer après 2100. Cependant, les études actuelles réalisées avec des modèles globaux prévoient que la nappe glaciaire antarctique restera trop froide pour fondre de manière importante en surface et que sa masse augmentera en raison de chutes de neige plus abondantes.

4) Les possibilités d'adaptation et d'atténuation

Cette partie traite également des corrélations entre les changements climatiques et des mesures prises pour y faire face avec le développement durable. L'accent est mis sur les mesures qui pourraient être mises en place d'ici 2030. On traite des technologies, des politiques, des décisions et des moyens à envisager, des obstacles à la mise en œuvre, des synergies à créer et des équilibres à trouver.

Adaptation

Les possibilités d'adaptation sont multiples, mais il est impératif d'intensifier l'action engagée si l'on veut réduire la vulnérabilité à l'égard des changements climatiques. Il existe des obstacles, des limites et des coûts que l'on ne cerne pas toujours parfaitement.

La capacité d'adaptation, intimement liée au développement socioéconomique, est inégalement répartie entre les sociétés et au sein de ces dernières.

Selon les études réalisées à ce jour, il existerait un potentiel économique appréciable d'atténuation des émissions mondiales de GES pour les prochaines décennies, qui pourrait neutraliser la hausse prévue de ces émissions ou les ramener sous les niveaux actuels.

Le tableau ci-dessous résume certaines mesures d'adaptation possibles :

Tableau RiD.4. Exemples de mesures d'adaptation prévues par secteur. (Tableau 4.1)

Secteur	Possibilité/stratégie d'adaptation	Cadre d'action sous-jacent	Principaux facteurs pouvant limiter ou favoriser la mise en œuvre
Eau	Extension de la collecte des eaux de pluie; techniques de stockage et de conservation; réutilisation; dessalement; méthodes efficaces d'utilisation et d'irrigation	Politiques nationales de l'eau et gestion intégrée des ressources ; gestion des risques	Obstacles financiers, humains et physiques ; gestion intégrée des ressources ; synergies avec d'autres secteurs
Agriculture	Modification des dates de plantation et des variétés cultivées ; déplacement des cultures ; meilleure gestion des terres (lutte contre l'érosion et protection des sols par le boisement, etc.)	Politiques de RD.; réforme institutionnelle; régime foncier et réforme agraire; formation; renforcement des capacités; assurance-récolte; incitations financières (subventions, crédits d'impôt, etc.)	Contraintes technologiques et financières ; accès aux nouvelles variétés ; marchés ; allongement de la période de végétation aux hautes latitudes ; recettes tirées des « nouveaux » produits
Infrastructure/ établissements humains (y compris dans les zones côtières)	Changement de lieu d'implantation ; digues et ouvrages de protection contre les ondes de tempête ; consolidation des dunes ; acquisition de terres et création de terrains marécageux/zones humides contre l'élévation du niveau de la mer et les inondations ; protection des obstacles naturels	Normes et règlements intégrant dans la conception les effets des changements climatiques ; politiques d'utilisation des terres ; codes du bâtiment ; assurance	Obstacles financiers et technologiques ; difficultés de réimplantation ; politiques et gestion intégrées ; synergies avec les objectifs du développement durable
Santé	Plans de veille sanitaire pour les vagues de chaleur ; services médicaux d'urgence ; surveillance et contrôle accrus des maladies sensibles au climat ; salubrité de l'eau et assainissement	Politiques de santé publique tenant compte des risques climatiques ; renforcement des services de santé ; coopération régionale et internationale	Seuils de tolérance humaine (groupes vulnérables) ; connaissances insuffisantes ; moyens financiers ; amélioration des services de santé ; meilleure qualité de vie
Tourisme	Diversification des attractions et des recettes touristiques ; déplacement des pentes de ski à plus haute altitude et vers les glaciers ; production de neige artificielle	Planification intégrée (capacité d'accueil ; liens avec d'autres secteurs, etc) ; incitations financières (subventions, crédits d'impôt, etc.)	Demande et mise en marché de nouvelles attractions ; problèmes financiers et logistiques ; effets potentiellement négatifs sur d'autres secteurs (p. ex. consommation accrue d'énergie pour la production de neige artificielle) ; recettes tirées des « nouvelles » attractions ; élargissement du groupe des parties prenantes
Transports	Harmonisation/réimplantation; normes de conception et planification des routes, voies ferrées et autres éléments d'infrastructure en fonction du réchauffement et des impératifs de drainage	Politiques nationales des transports intégrant les effets des changements climatiques ; investissement dans la RD. sur des conditions particulières (zones à pergélisol, etc.)	Obstacles financiers et technologiques ; absence de trajets moins exposés ; amélioration des technologies et intégration avec des secteurs essentiels (p. ex. l'énergie)
Énergie	Renforcement des réseaux aériens de transport et de di- tribution ; enfouissement des câbles ; efficacité énergétique ; recours aux sources d'énergie renouvelables ; réduction de la dépendance à l'égard d'une seule source d'énergie	Politiques énergétiques nationales, règlements, incitations fiscales et financières au profit d'autres formes d'énergie; normes de conception intégrant les effets des changements climatiques	Difficultés d'accès à des solutions de reahange viables ; obstacles financiers et technologiques ; degré d'acceptation des nouvelles technologies ; stimulation des nouvelles technologies ; utilisation des ressources locales

Atténuation

Les gouvernements peuvent mettre en œuvre un large éventail de politiques et d'instruments destinés à stimuler l'atténuation du réchauffement climatique, mais les possibilités d'application dépendent des circonstances nationales et du secteur visé.

La coopération internationale peut contribuer de bien des manières à réduire les émissions mondiales de GES. Par exemple, le Protocole de Kyoto permet l'élaboration d'une réponse mondiale face aux changements climatiques, l'adoption d'une panoplie de politiques nationales et la création d'un marché international du carbone.

5) Les perspectives à long terme

Cette section traite des perspectives à long terme et de aspects scientifiques, techniques et socioéconomiques de l'adaptation et de l'atténuation. Le processus décisionnel est analysé du point de vue de la gestion des risques, de l'environnement et de l'intégration. Il est question des taux d'émission à atteindre pour stabiliser la concentration des gaz à effet de serre à divers niveaux et limiter la hausse des températures, des coûts associés aux mesures d'atténuation, des technologies à mettre au point et à utiliser et des incidences qu'il serait possible d'éviter.

Cinq grands motifs de préoccupation sont examinés en détail. Ces cinq motifs se seraient aggravés par rapport aux connaissances acquises depuis le Rapport d'évaluation précédent.

Risques encourus par les systèmes uniques et menacés.

La menace des changements climatiques sur les systèmes uniques en leur genre et vulnérables, comme les populations et les écosystèmes des régions polaires et de haute montagne, est confirmée dans ce rapport. Également, le risque d'extinction d'espèces et de détérioration des récifs coralliens, ainsi que de zones dotées d'une grande diversité biologique augmente avec le réchauffement. Par ailleurs, les projections font état d'une vulnérabilité accrue des populations autochtones de l'Arctique et des petites îles en cas de réchauffement.

Répartition des effets et des vulnérabilités.

La vulnérabilité est différente d'une région à l'autre et celles dont la situation économique est la plus défavorable sont souvent les plus vulnérables aux changements climatiques et aux dommages qui s'y associent. De plus, les zones peu développées ou situées aux basses latitudes, notamment les régions sèches et les grands deltas, seront davantage exposées.

Effets cumulés

Il est probable que la hausse plus marquée de la température à la surface du globe provoquera des dommages plus importants que ce qui avait été estimé dans le rapport précédent.

Risques de singularités à grande échelle

Le rapport estime avec un degré de confiance élevé⁹ que, si la planète continuait de se réchauffer pendant plusieurs siècles, l'élévation du niveau de la mer due à la seule dilatation thermique serait beaucoup plus importante qu'elle ne l'a été au XXe siècle. L'observation récente de la dynamique des glaces démontre que le Groenland et, éventuellement, l'Antarctique peuvent également contribuer eux aussi à l'élévation du niveau de la mer.

6) Référence

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.

-

⁹ Environ 8 chances sur 10

Les variations climatiques naturelles au cours de la vie de la Terre

Commençons par replacer les choses dans leur contexte : le phénomène du réchauffement climatique observé actuellement se situe sur une échelle de temps très courte si l'on considère l'âge de notre planète qui est d'environ 4,5 milliards d'années. En effet, un siècle (100 ans) représente 0,0000025% de l'âge de la Terre.

Il est donc bien important de bien distinguer les notions d'«ère» et de « période » qui définissent deux échelles de temps bien différentes : une ère géologique est un intervalle de temps très grand (plusieurs millions d'années), qui est lui-même divisé en périodes qui sont des intervalles de temps plus courts (quelques milliers d'années). Ainsi, parler d'ère glaciaire n'est pas la même chose que de parler de période glaciaire.

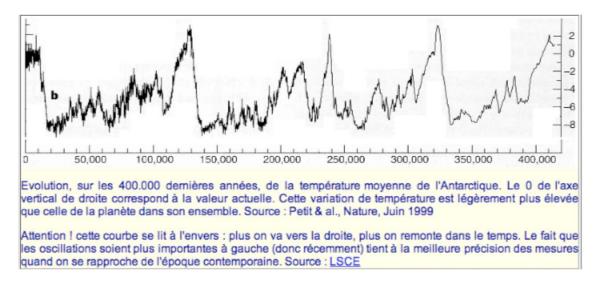
Depuis toujours, la terre a connu des variations climatiques qui diffèrent par leur durée (de quelques milliers d'années à plusieurs millions) et par leur amplitude (de moins de 1 degré à 7 à 8 degrés). Evidemment, plus on s'éloigne du présent moins les mesures sont précises.

Par exemple, l'étude de la composition isotopique de l'oxygène de carottes de glace (jusqu'à 3500 m de profondeur) permet de reconstituer les températures atmosphériques jusqu'à 750 000 ans avant aujourd'hui.

Ces études ont permis de mettre en évidence que durant les 400 000 dernières années, la terre a connu quatre cycles de réchauffement suivis d'un refroidissement. Chaque cycle commence par un réchauffement brutal suivi de 10 000 à 20 000 ans de période plus chaude que l'on appelle période interglaciaire. Cette dernière est suivie d'un refroidissement progressif qui aboutit à l'installation d'une ère glaciaire. L'amplitude des ces fluctuations est de l'ordre de 10°C.

Actuellement, nous sommes dans une période interglaciaire depuis plus de 10 000 ans. Durant les fluctuations des 400 000 années précédentes, les températures les plus hautes n'ont jamais dépassé 4 degrés par rapport à la température moyenne actuelle. En toute logique, nous devrions retomber dans une période glaciaire.....dans les 10 000 prochaines années!

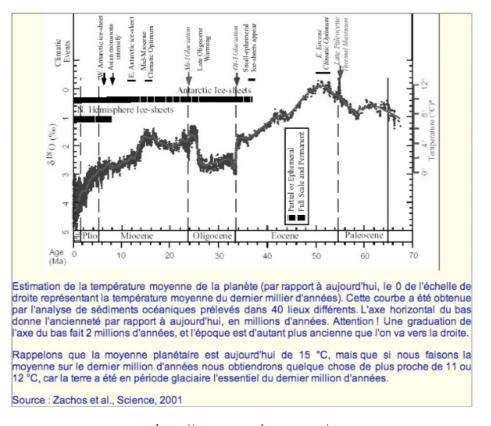
Les quatre cycles des 400 000 dernières années jusqu'à nos jours sont représentés sur la figure ci-dessous.



http://www.manicore.com/documentation/serre/passe.html

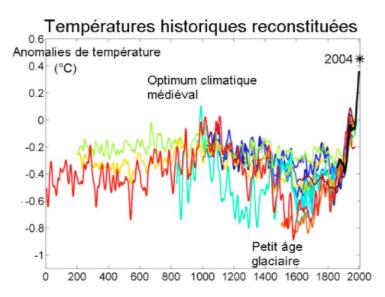
Avant cette période, il est possible de reconstituer le climat de la Terre grâce à des études des sédiments. Grâce à ces études on a pu reconstituer la température de la Terre jusqu'à la date de la disparition des dinosaures il y a environ 67 millions d'années.

Il semble qu'il faisait plus chaud qu'aujourd'hui, avec une température moyenne de 10°C au dessus de la température actuelle. Ceci est représenté sur la figure ci-dessous :



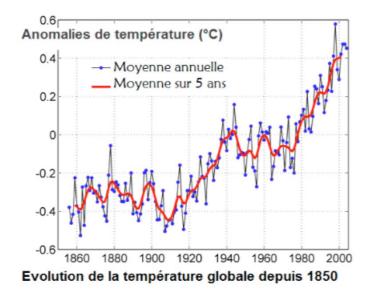
http://www.manicore.com/

À l'intérieur de ces grandes ères de fluctuations de températures, il existe des variations plus brèves et de moindre amplitude. Ainsi, durant les 2000 dernières années, il y a eu une période chaude aux X^{ème} et XI^{ème} siècles (époque où les navigateurs vikings découvrirent le Groenland, qui veut dire pays vert). On appelle cette période l'optimum climatique médiéval. Il est suivi d'une période plus froide nommée petit âge glaciaire. C'est au cours de ce dernier qu'a eu lieu le terrible hiver 1708-1709, particulièrement rigoureux en France. Ces variations sur une petite échelle de temps sont représentées sur le schéma ci-dessous :



http://fr.wikipedia.org/wiki/Optimum_climatique_médiéval

Plus récemment, il est plus facile de déterminer les températures depuis 1850 car c'est à cette date que les instruments de mesure ont commencé à être utilisés. Voici l'évolution des températures depuis cette date :



http://fr.wikipedia.org/wiki/Réchauffement_climatique

Les mesures de température réalisées durant le XX^{ème} siècle démontrent une élévation de la température moyenne, qui a lieu en deux phases : la première de 1910 à 1945, suivie d'un léger refroidissement, et la deuxième, de 1976 à nos jours.

Entre 1906 et 2005, l'élévation moyenne de la température est de 0,74°C ± 0,18°C. L'élévation serait de 0,65°C pour la seule période de 1956 à 2006.

Selon les études des climatologues, les années 1990 à aujourd'hui constituent la période la plus chaude des deux derniers millénaires (voir le schéma ci-dessous). En effet, notre époque serait légèrement plus chaude que l'optimum climatique médiéval.

Cependant, ces chiffres sont controversés et une polémique existe à propos de la validité des mesures.

Médiagrahie

http://fr.wikipedia.org/wiki/Réchauffement_climatique

 $\frac{http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOMmilankovitch-passe.xml}{}$

http://www.dinosoria.com/glaciaire.htm

http://www.manicore.com/

Grille d'évaluation descriptive

Compétence disciplinaire 2 : Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques Îlot interdisciplinaire de rationalité Le réchauffement climatique

			Niveaux de maîtrise		
	Marquée	Assurée Acceptable		Peu développée	Très peu développée
	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
Formulation de la problématique	- Cerne avec précision la problématique et les divers éléments qu'elle comporte Propose une explication provisoire et élabore une démarche de réflexion en identifiant une liste exhaustive d'acteurs, de disciplines, de boîtes noires, de spécialistes, les principaux enjeux et controverses, etc. liés à la problématique Est capable de formuler son cliché sur les changements climatiques Cerne les aspects essentiels de la problématique Élabore une démar de réflexion en identifiant une bonn partie de la liste d'acteurs, de disciplines, de boîtes noires, de spécialistes, les principaux enjeu controverses, etc. liés à la problématique Est capable de formuler son cliché sur les changements climatiques.		- Cerne quelques aspects essentiels de la problématique Identifie d'une façon limitée une liste d'acteurs, de disciplines, de boîtes noires, de spécialistes, de boîtes noires, les principaux enjeux et controverses, etc. liés à la problématique Formule son cliché sur les changements climatiques.	- N'arrive pas à cerner les divers aspects en lien avec la problématique Ne formule pas précisément son cliché sur les changements climatiques.	- Les éléments présentés sont sans lien avec la problématique.
Utilisation de concepts, lois, théories, modèles	 S'est manifestement approprié les concepts prescrits liés à la problématique. Enrichit l'explicitation de sa représentation avec des éléments en lien avec la problématique 	- S'est approprié la plupart des concepts prescrits et établit des liens pertinents avec la problématiqueEnrichit plus ou moins explicitement la construction de la représentation avec des	- S'est approprié certains des concepts prescrits, mais n'établit pas de liens pertinents avec la problématique.	 - N'arrive pas à identifier les concepts prescrits liés à la problématique. - N'arrive pas à cerner de quelle façon certains concepts sont pertinents à la problématique. 	- Ne s'est pas approprié les concepts prescrits liés à la problématique.

Grille d'évaluation descriptive

Compétence disciplinaire 2 : Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques Îlot interdisciplinaire de rationalité

Le réchauffement climatique

-		De rechaum	ement chinatique		
	(concepts, principes	éléments liés à la			
	scientifiques,	problématique.			
	formalisme				
	mathématique au				
	besoin, etc.).				
	- Est en mesure de	- Identifie plusieurs des	- Identifie quelques	- Identifie peu les	- N'est pas en mesure
	préciser les critères à	critères à partir desquels	critères à partir desquels	critères à partir desquels	d'identifier les critères
	partir desquels la	la représentation	la représentation	la représentation	qui ont mené à la
	représentation	interdisciplinaire s'est	interdisciplinaire s'est	interdisciplinaire s'est	construction d'une
	interdisciplinaire s'est	construite.	construite.	construite.	représentation
	construite.	- S'appuie sur quelques-	- S'appuie sur peu de	- N'est pas en mesure	interdisciplinaire.
	- S'appuie sur des	uns des principes	principes scientifiques	d'établir des liens entre	- Ne fais pas de liens
	principes scientifiques	scientifiques ou d'autres	ou d'autres éléments	les critères sur lesquels	entre le cliché et la
	ou d'autres éléments	éléments (acteurs,	(acteurs, enjeux, débats,	ses explications	démarche de
Justification de	(acteurs, enjeux, débats,	enjeux, débats,	controverses, etc.) pour	s'appuient et les aspects	construction d'une
l'explicitation	controverses, etc.) allant	controverses, etc.) pour	expliciter la	liés à la problématique	représentation
liée à la	au-delà des aspects expliciter la		construction de la	(acteurs, boîtes noires,	interdisciplinaire.
construction de	explicites de la	construction de la	représentation	disciplines, enjeux,	
la représentation	problématique.	représentation	interdisciplinaire liée à	etc.).	
interdisciplinaire	- Est capable d'effectuer	interdisciplinaire liée à	la problématique	 Identifie son cliché, 	
	un retour éclairé sur son la problématique		- Effectue un bref retour	mais établit des liens	
	cliché et la nouvelle	- Effectue un retour sur	sur son cliché et précise	très limité entre celui-ci	
	représentation élaborée	son cliché et précise	peu les stratégies	et la représentation	
	en précisant les	quelques stratégies	métacognitives mises à	interdisciplinaire.	
	stratégies	métacognitives mises à	profit lors de la		
	métacognitives qu'il a	profit lors de la	construction de la		
	mises à profit.	construction de la	représentation.		
		représentation.			

Consignes pour la réalisation de l'affiche

- ✓ L'affiche doit avoir un format permettant facilement son transport.
- ✓ La présentation doit être visuellement soignée et agréable à lire.
- ✓ L'affiche doit comporter du texte, des images, des graphiques, des schémas, etc.
- ✓ L'information doit être clairement présentée.
- ✓ Les propos doivent être disposés d'une manière logique.
- ✓ Les principales références doivent figurer sur l'affiche.



Îlot de rationalité : Le réchauffement climatique

1. Le cliché Sans consulter aucun document, écrivez les idées qui vous viennent en tête à propos du réchauffement climatique : ce que vous savez, les questions que vous vous posez, vos préoccupations à ce sujet, vos craintes ou vos espoirs, etc.

2. Panorama: grille d'analyse

Dans cette partie, vous devrez identifier différents aspects (scientifiques, sociaux, économiques, etc.) concernant la problématique du réchauffement climatique. Pour cela, procédez par étapes en remplissant les différentes sections qui suivent.

Après avoir lu les articles de cyberpresse sur la question du réchauffement climatique,

a) Acteurs et actants
Identifiez des personnes, des groupes de personnes, ou des structures matérielles, qui so impliqués dans la problématique.
b) Contraintes
Nommez des contraintes concernant le réchauffement climatique, c'est-à-dire des obligations q sont créées par des règles, des valeurs, des normes, des codes, des modèles ou des obstacles.

L'étude de la Expliquez ce de la celimatique.	problématique du réchauffement climatique peut-elle être bénéfique, néfas que l'on peut gagner ou perdre lorsque l'on s'intéresse au réchauffement climatique peut-elle être bénéfique, néfas que l'on peut gagner ou perdre lorsque l'on s'intéresse au réchauffement climatique peut-elle être bénéfique, néfas que l'on peut gagner ou perdre lorsque l'on s'intéresse au réchauffement climatique peut-elle être bénéfique, néfas que l'on peut gagner ou perdre lorsque l'on s'intéresse au réchauffement climatique peut-elle être bénéfique, néfas que l'on peut gagner ou perdre lorsque l'on s'intéresse au réchauffement climatique peut-elle être bénéfique, néfas que l'on peut gagner ou perdre lorsque l'on s'intéresse au réchauffement climatique peut-elle être bénéfique, néfas que l'on peut gagner ou perdre lorsque l'on s'intéresse au réchauffement climatique peut-elle être bénéfique, néfas que l'on peut gagner ou perdre lorsque l'on s'intéresse au réchauffement l'on peut gagner peut-elle être peut-elle elle elle elle elle elle elle ell	ste' ien

d) Tensions et controverses
Expliquez les différentes opinions que l'on peut avoir sur le sujet et les polémiques qui découlent.

e) So	cénarios env	visageal	oles						
Essayez	de prévoir	les d	ifférents	événements	qui	pourraient	se	passer,	concernant le
réchauffe	ment climat	ique.			•	•		•	

3. Panorama: identification
Dans cette section, vous allez identifier : - les aspects du problème que vous allez étudier plus en profondeur
- les connaissances que vous devrez acquérir pour pouvoir analyser ces différents aspects
a) Boîtes noires à ouvrir
Une boîte noire représente un concept que vous utilisez mais que, pour l'instant, vous reconnaissez pas. Choisissez des concepts que vous trouvez pertinents à connaître pour mieu réaliser votre projet d'affiche.

b) Disciplines à mobiliser

Quelles sont les disciplines qui s'appliquent à l'étude du réchauffement climatique?

c) Spécialistes à consulter
Quels sont les spécialistes qui pourraient être consultés?

4. Clôture de la démarche

Dans cette section, vous allez décider des aspects de la problématique que vous allez intégrer dans votre affiche. Forcément, vous ne pourrez pas parler de tout et vous devrez vous restreindre à certains aspects seulement.

a) Sélectionner les aspects à intégrer dans la synthèse finale Quels sont les aspects de la problématique du réchauffement climatique que vous voulez intégrer dans votre affiche? b) Hiérarchiser les données listées Classez les données sélectionnées ci-dessus selon leur ordre d'importance, leur pertinence et leur utilité pour présenter la problématique sur votre affiche.

c) Choisir les boîtes noires à ouvrir
Choisissez les boîtes noires que vous devrez ouvrir pour pouvoir analyser les aspects que vou avez sélectionnés et réaliser votre affiche.
d) Ouvrir les boîtes noires et découvrir les principes disciplinaires

Chaque membre de l'équipe choisi une boîte noire à ouvrir et réalise une recherche sur ce sujet.

Les informations seront ensuite mises en commun pour réaliser l'affiche.



Îlot de rationalité : Le réchauffement climatique

Réflexions d'ordre général :

Le réchauffement climatique est une problématique complexe qui a avantage à être examinée sous plusieurs angles. Tel que prescrit par le biais de la 2^{ème} compétence disciplinaire, vous êtes invités à présenter à vos élèves des SAE qui favorisent la considération d'aspects divers (économique, environnemental, éthique, historique, politique, etc.) en vue de mettre en place des conditions propices à la construction d'une opinion éclairée au regard d'une problématique complexe. Il s'agit bien d'enseigner des connaissances disciplinaires tout en structurant une représentation interdisciplinaire et située.

Considérant les prescriptions des programmes scolaires au 2^{ème} cycle du secondaire et l'accent qui y est mis sur un enseignement des sciences devant contribuer à l'analyse de questions environnementales actuelles, dans un souci de situer l'enseignement des sciences dans ce contexte contemporain pour mieux en souligner la pertinence, mais aussi les limites, voici une démarche rigoureuse d'enseignement interdisciplinaire qui conjugue l'apprentissage de notions scientifiques et technologiques à l'explicitation de considérations culturelles, politiques, sociales, économiques, éthiques, pour documenter la problématique du réchauffement climatique.

Ce document représente un **exemple possible** d'une démarche d'enseignement/apprentissage d'îlot de rationalité. Il est le résultat de différents choix faits par les auteures. Lors de la réalisation de la SAE en classe, dans le cas où vous choisiriez d'adapter cet exemple, il est important de suivre rigoureusement chacune des grandes étapes de la démarche d'enseignement/apprentissage de l'îlot de rationalité afin de favoriser, chez les élèves, la construction d'une représentation interdisciplinaire et une réflexion critique sur la problématique des changements climatiques, tout en contribuant à l'acquisition de connaissances scientifiques et au développement de compétences disciplinaires.

De plus, il est à espérer que vous serez un acteur important pour amener vos élèves à réfléchir aux conditions de production des connaissances scientifiques et à leur mise en perspective en fonction des contextes culturels, politiques et économiques, dans lesquels elles s'appliquent. La démarche de structuration d'un îlot de rationalité est intéressante pour initier avec les élèves à une réflexion métacognitive de type épistémologique sur le caractère négocié et situé de la construction des connaissances scientifiques.

Considérations didactiques:

Vous avez à proposer à vos élèves d'utiliser la démarche de l'îlot en vue d'une production particulière (débat public, exposition d'affiches, dossier de presse, etc.) qui leur permettra de

communiquer la représentation interdisciplinaire du réchauffement climatique qu'ils auront construite et partager les prises de position et les pistes d'action concrètes éventuelles.

À divers moments de la mise en œuvre de la démarche de l'îlot, nous vous proposons certains éléments de contenus disciplinaires pouvant être abordés. Ainsi, au cours de la réalisation de l'îlot, chaque groupe pourra faire des choix différents et les produits finaux seront uniques et représentatifs de la position adoptée par l'équipe. Vous avez évidemment à « clôturer » leur démarche selon vos intentions didactiques et évaluatives.

Nous vous invitons également à effectuer une « descente sur le terrain », c'est-à-dire à confronter la synthèse réalisée par les élèves avec les savoirs standardisés en invitant un expert, un citoyen intéressé par la question ou tout autre intervenant que vous jugerez pertinent dans le contexte de cette SAE sur les changements climatiques.

1. Description de la SAE

Dans le cadre d'une exposition scientifique destinée au grand public, on donne aux élèves le mandat d'élaborer une affiche traitant de la question du réchauffement climatique. Cette affiche devra répondre à la question « de quoi s'agit-il ? » en apportant des informations provenant des différentes disciplines, points de vue, aspects (sociaux, environnementaux, éthique, économique, etc.) concernés par cette problématique. Pour cela, les élèves auront à se documenter à partir de sources d'information variées.

Il s'agit d'un travail d'équipe au sein de laquelle chaque membre sera responsable de rassembler les connaissances concernant l'un des aspects. La mise en commun des informations et des opinions recueillies permettra l'élaboration de l'affiche. Finalement, chaque équipe devra présenter oralement son affiche devant l'enseignant et le reste de la classe. Ils seront également amenés à s'approprier des concepts disciplinaires qui sont en lien avec la problématique du réchauffement climatique et à en développer un (de leur choix) devant leurs collègues en classe.

2. Formule pédagogique

Îlot de rationalité

3. Clientèle visée de la SAE

Secondaire 4 ST Secondaire 4 option STE Secondaire 4 option SE.

4. Concepts prescrits

Voici la liste de concepts prescrits qui peuvent être abordés au cours de cette SAE. Il est fort possible qu'ils ne pourront pas tous être abordés ou que d'autres concepts émergent de la réflexion effectuée par les élèves.

Si une intention évaluative est liée à cette SAE, il est de votre responsabilité de « clôturer », guider les élèves dans leur démarche d'apprentissage.

- Terre et espace :
 - o Cycles biogéochimiques
 - > cycle du carbone
 - o Régions climatiques
 - > facteurs influençant la distribution des biomes
 - o Lithosphère
 - Pergélisol
 - Ressources énergétiques
 - o Hydrosphère:
 - Circulation océanique
 - ➤ Glacier et banquise
 - Ressources énergétiques
 - o Atmosphère:
 - > Effet de serre
 - > Circulation atmosphérique
 - Masse d'air
 - > Cyclone et anticyclone
 - > Ressources énergétiques
 - o Espace:
 - Flux d'énergie émis par le soleil
- Univers matériel
 - o Transformations chimiques:
 - Combustion
 - > Photosynthèse et respiration
 - ➤ Balancement d'équations chimiques
 - o Organisation de la matière
 - Familles et périodes du tableau périodique
 - Transformation de l'énergie :
 - > Rendement énergétique
 - > Distinction entre chaleur et température
- Univers vivant : écologie
 - o Étude des populations (densité, cycles biologiques)
 - o Dynamique des communautés
 - Biodiversité
 - Perturbations
 - o Dynamique des écosystèmes
 - Flux de matière et d'énergie

➤ Recyclage chimique

5. Compétences disciplinaires

- Compétence 2 : Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques
 - Composantes:
 - 1- Situer une problématique scientifique dans son contexte
 - 2- Comprendre des principes scientifiques liés à la problématique
 - 3- Construire son opinion sur la problématique à l'étude
- Compétence 3 : Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie

Composantes:

- 1- Participer à des échanges d'information à caractère scientifique
- 2- Interpréter des messages à caractère scientifique
- 3- Produire et transmettre des messages à caractère scientifique

6. Domaines généraux de formation

Environnement et consommation

Axes de développement :

- 1- Connaissance de l'environnement
- 2- Utilisation responsable de biens et de services
- 3- Conscience des aspects sociaux, économiques et éthiques du monde de la consommation
- 4- Construction d'un environnement sain dans une perspective de développement durable

7. Compétences transversales

- Exploiter l'information :
- 1- Systématiser la quête d'information
- 2- S'approprier l'information
- 3- Tirer profit de l'information
- Coopérer :
- 1- Contribuer au travail collectif
- 2- Interagir avec ouverture d'esprit
- 3- Évaluer sa participation au travail coopératif

8. Formuler la problématique (de quoi s'agit-il?)

La construction d'un îlot de rationalité a pour but de répondre à la question « de quoi s'agitil ? » en faisant appel à des connaissances provenant de différentes disciplines concernées par cette problématique. Le réchauffement climatique fait référence à une augmentation de la température moyenne de la Terre notée par bon nombre de scientifiques depuis la moitié du XXème siècle. Ce réchauffement est-il dû à l'activité humaine, aux cycles naturels du climat ou à un peu des deux? Toujours est-il que cette question occupe une part importante de l'actualité. Quelles peuvent-être les conséquences du réchauffement climatique sur le climat, sur l'environnement, sur les êtres vivants?

9. Préciser le projet

a) Contexte

Le réchauffement climatique est un sujet d'actualité. Tout le monde a plus ou moins une idée sur la question. C'est dans ce contexte que cette SAE prend sa place, puisque le but de celle-ci est de permettre à vos élèves de faire un premier tour de la question de manière à ce qu'une représentation interdisciplinaire émerge de leur activité d'apprentissage.

b) Finalités

Cette activité devrait permettre aux élèves de construire une représentation interdisciplinaire de la question du réchauffement climatique et de se forger une opinion personnelle sur la base de critères que chacune des équipes se sera donnée. De ce point de vue, la finalité poursuivie par cette activité d'enseignement se veut démocratique car elle vise à préparer des citoyens à participer à des débats liés aux questions socialement vives. En abordant la question sous l'angle de plusieurs disciplines scientifiques, de différentes perspectives et points de vue sur le sujet, les élèves sont appelés à prendre position de manière éclairée.

De plus, l'élève est amené à enrichir sa culture personnelle sur ce sujet, ce qui rejoint une finalité humaniste.

c) Destinataires

Cette activité est destinée à des élèves de 4^{ème} secondaire car la question du réchauffement climatique est l'une des quatre problématiques environnementales qui fait partie du programme de formation de l'école québécoise en Science et technologie.

De plus, cette activité est spécialement destinée aux élèves se trouvant dans le parcours science technologie puisqu'il s'agit essentiellement d'une démarche de construction d'opinion et que cette dernière est nettement moins marquée au sein du parcours Applications scientifique et technologique.

d) Produit

A l'issue de cette SAE, les élèves doivent produire une affiche qui résumera leur représentation interdisciplinaire du réchauffement climatique, en regroupant différentes notions reliées à plusieurs disciplines touchant cette problématique.

Nous suggérons fortement, qu'une fois la présentation de l'affiche faite, chaque équipe soit responsable de l'enseignement d'un concept disciplinaire lié au réchauffement climatique. C'est à vous de partager les responsabilités entre les équipes.

10. Le cliché

Le cliché représente les conceptions d'élèves. Il est important d'en tenir compte car les élèves complexifieront ces représentations au fur et à mesure de la démarche d'îlot de rationalité. De quelle façon? Par un remue méninges et des opérations de recadrage : dresser un inventaire des représentations initiales, savoirs disponibles, connaissances préalables et des questions spontanées des élèves face à la situation. « La première étape de cette séquence didactique consiste à recueillir les connaissances et idées de départ des élèves, leurs préoccupations et les questions que soulève pour eux ce thème ». On peut en garder une trace concrète, sur affiche par exemple, de manière à réfléchir avec les élèves en fin de démarche à la manière dont ils ont enrichi ces idées de départ grâce à leur îlot de rationalité.

Mais d'abord, tout enseignant a la responsabilité de se positionner sur la question. On ne peut prétendre à une dite « neutralité » par rapport à ce sujet. Vous devez prendre conscience que votre position orientera inévitablement votre approche de la question en classe.

Voici un cliché **possible** qu'un enseignant pourrait avoir sur la question réchauffement climatique :

La question des changements climatiques est abordée régulièrement dans les médias. De nombreux chercheurs sont engagés dans des recherches sur la question et plusieurs équipes de scientifiques ont mis au point des modèles informatiques qui simulent l'évolution du climat et tentent de préciser l'influence des activités humaines sur le changement climatique. Des partis politiques et des groupes écologistes se préoccupent aussi de cette question environnementale. La population en général se sent de plus en plus concernée.

Selon plusieurs équipes de chercheurs, la constatation de ce réchauffement est concomitante à l'observation de l'augmentation de la quantité des gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Une théorie a été proposée, selon laquelle l'augmentation de ces gaz à effet de serre accélèrerait le réchauffement climatique récemment observé. Ceci nous semble une hypothèse possible. Le fait de noter deux phénomènes concomitants ne signifie pas que l'un soit la cause de l'autre. Malgré cela, il semble y avoir consensus au sein de plusieurs membres de la communauté scientifique à l'effet que l'augmentation des gaz à effet de serre soit la cause du réchauffement climatique. Le consensus actuel, ratifié par le GIEC, appuie donc la thèse selon laquelle l'activité humaine aurait une influence importante sur le réchauffement climatique.

Par ailleurs, certains chercheurs disent noter une recrudescence de phénomènes climatiques extrêmes tels des pluies diluviennes, des ouragans ou des sécheresses inhabituelles. La question de savoir si ces phénomènes sont effectivement en augmentation ou si leur grande médiatisation nous donne cette impression reste en suspend. Toujours est-il que la tendance actuelle est

¹ Référence : Une démarche d'enseignement interdisciplinaire en science au secondaire. B. Bader et S. Barma, Spectre : L'intégration des préoccupations environnementales en Science et en technologie, février 2008.

d'attribuer ces phénomènes climatiques inhabituels au réchauffement climatique. Les adeptes de la protection de l'environnement ne peuvent que s'en réjouir car ici encore, cela fait prendre conscience aux populations de l'importance des gestes visant à préserver l'environnement.

Toujours dans cette même optique, on attribue au réchauffement climatique, à tort ou à raison, la modification anthropique des écosystèmes, en particulier ceux qui concernent les populations de pathogènes, comme la bactérie responsable de la maladie de Lyme ou le virus du Nil. Ici encore, on ne voit pas pourquoi les organismes pathogènes auraient le privilège d'être affectés par le réchauffement climatique au détriment des inoffensifs. La recherche du « sensationnel qui fait peur » de la part des médias y est peut être pour quelque chose.

De notre point de vue, les humains ont un pouvoir d'action. Que ce soit pour diminuer la quantité de gaz à effet de serre émis dans l'atmosphère, ou pour s'adapter à ce réchauffement et à ses conséquences sur les écosystèmes. Cette constatation est probablement une bonne chose car elle fait prendre conscience aux gouvernements des pays dits « développés » de la nécessité d'adopter des politiques de protection de l'environnement, d'économie d'énergie, et de recherche de sources d'énergie moins néfastes pour l'environnement. Enfin, sans vouloir remettre en cause le fait que le phénomène du réchauffement climatique est préoccupant, il ne faut pas non plus lui attribuer à tort et à travers tous les maux de notre planète. À tout malheur, quelque chose est bon : cette crainte, justifiée ou non, du réchauffement climatique est un formidable moteur pour une prise de conscience des questions de protection de l'environnement et contribuerait à faire avancer les mœurs vers des habitudes de vie plus saines pour préserver la planète.

11.Panorama: grille d'analyse

Chaque équipe établit sa grille d'analyse du réchauffement climatique en précisant la liste des acteurs, actants, contraintes (valeurs, normes, intérêts), enjeux, tensions et controverses. Il s'agit de commencer à se documenter sur ces différents éléments pour enrichir le cliché qui a permis de cerner les connaissances de départ des élèves. On distingue ici les jugements de fait des jugements de valeurs. En tant qu'équipe, on peut identifier ses propres valeurs lorsqu'il est question d'environnement et discuter du rôle des sciences dans ces questions. On établit enfin la liste des scénarios envisageables pour une action. Ce travail peut se faire en dehors des heures de cours.

a) Acteurs et actants

Il s'agit d'identifier les personnes, les groupes de personnes, ou les structures matérielles, qui sont impliqués dans la problématique du réchauffement climatique.

- Les scientifiques, plus particulièrement les climatologues
- Les populations de tous les pays
- Les membres du GIEC
- Les gouvernements
- Les groupes de citoyens intéressés par la question
- Les entreprises qui ont un impact sur l'environnement
- Les groupes environnementaux
- Les médias
- Les professeurs de sciences du secondaire et leurs élèves

- Les programmes scolaires
- Etc.

b) Contraintes (valeurs, normes, codes, modèles, obstacle, etc.)

Nommer ici les contraintes concernant le réchauffement climatique, c'est à dire les obligations qui sont créées par des règles, des valeurs, des normes, des codes, des modèles ou des obstacles.

- Contraintes d'ordre scientifique dans la compréhension des changements climatiques :
 - O Abondance des paramètres dont il faut tenir compte pour modéliser le climat
 - o Le montant et la provenance des subventions données aux laboratoires
 - o Coût des équipements techniques requis pour la recherche
 - o Pression des politiciens sur les scientifiques
 - o Pression des écologistes sur les politiciens
 - o Limites à la fiabilité des modèles
 - o Tendance à l'analyse de la question selon des disciplines scientifiques seulement plutôt que de l'envisager aussi comme un enjeu social, politique, économique, éthique

• Contraintes sociales :

- o Difficulté de changer les mentalités
- Société de consommation
- o Individualisme
- o Sentiment d'impuissance
- o Médiatisation sensationnaliste
- o Tendance de la population à s'en remettre aux experts, sans qu'elle soit préparée à voir les limites des connaissances scientifiques pour aborder la question
- Contraintes imposées par les gouvernements :
 - o Protocole de Kyoto
 - o Taxes sur les émissions de Gaz à effet de serre
- Contraintes économiques
 - o Nécessité de maintenir la croissance économique
 - o Protection des emplois existants
 - o Coûts associés aux changements technologiques

c) Enjeux

Quelles sont les questions importantes associées à l'étude des changements climatiques

- Économiques
- Politiques
- Sociaux
- Environnementaux
- Éthiques

d) Tensions et controverses

Repérer différents arguments autour de la question du réchauffement climatique et les controverses qui en découlent. Ces controverses peuvent concerner un débat au sein d'une même discipline scientifique, entre des chercheurs de disciplines différentes, ou encore entre des groupes de pression qui ne partagent pas les mêmes positions.

Un exemple de controverse concernant le réchauffement climatique concerne les causes de celuici. Bien que le rapport du GIEC 2007 attribue, avec 90 %, de certitude, le réchauffement climatique à l'activité humaine, certains scientifiques doutent de cette conclusion et estiment que les données ne sont pas assez robustes pour tirer une telle conclusion. Il est vrai que si l'on considère l'histoire du climat de la Terre dans son ensemble, on peut tout à fait considérer que la variation naturelle du climat y joue un rôle important.

Une autre controverse concerne les actions à mener. Alors que certains groupes de personnes, comme les groupes environnementaux, prônent une action de la part de chaque individu afin de contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, d'autres personnes estiment qu'il s'agit d'une cause perdue d'avance et que l'appât du gain sera toujours plus fort que toute conscience environnementale.

e) Scénarios envisageables

Il s'agit que chaque équipe repère les possibilités d'action qu'elle privilégierait ou pas face à la problématique du réchauffement climatique.

- Mieux s'informer sur la question
- Contribuer à informer des citoyens sur la question
- S'engager de manière individuelle à changer des actions
- Faire pression sur des acteurs importants
- Ignorer le problème

f) Boîtes noires à ouvrir

Cette section permet d'identifier les différents aspects du problème que l'on décidera d'étudier plus en profondeur, ainsi que les connaissances qu'il faudra acquérir pour pouvoir analyser ces différents aspects.

Une boîte noire représente un concept que l'on utilise sans savoir nécessairement comment il fonctionne. Dans cette section, il s'agit de choisir les concepts que l'on trouve pertinents à connaître pour mieux réaliser le projet final.

Tous les concepts cités dans la section « Concepts prescrits » peuvent constituer des boîtes noires à ouvrir. D'autres boîtes noires plus spécifiques à la question du réchauffement climatique peuvent être rajoutées :

- Les variations climatiques naturelles au cours de la vie de la Terre
- Le réchauffement climatique : analyse de données sur le climat

- Les différents éléments influençant le climat de la Terre
- Le protocole de Kyoto
- Le rapport du GIEC
- Les modèles de prédiction climatique

g) Disciplines à mobiliser

Dresser la liste des disciplines qui s'appliquent à l'étude du réchauffement climatique.

- Biologie
- Économie
- Histoire
- Géographie
- Politique
- Chimie
- Climatologie
- Astrologie
- Physique
- Etc.

h) Spécialistes à consulter

Nommer les spécialistes qui pourraient être consultés. Un spécialiste est une personne qui peut aider à la compréhension de la problématique grâce à ses connaissances disciplinaires ou à sa familiarité avec la situation.

- Climatologue
- Économiste
- Membre d'un groupe écologiste ou d'une association qui prône la protection environnementale
- Citoyen engagé
- Leader du monde économique qui a traduit dans son entreprise des préoccupations environnementales liées au réchauffement climatique
- Historien du climat
- Sociologue
- Philosophe
- Biologiste
- Physicien
- Chimiste
- Politicien
- Géologue
- Agriculteur
- Etc.

12.Clôture de la démarche

Dans cette section, chaque équipe précise, avec la supervision de l'enseignant, ce qu'elle décide de prendre effectivement en compte pour structurer sa représentation interdisciplinaire selon le projet qu'elle s'est donné et le contexte de classe. On restreint l'étude de la problématique à certains aspects seulement, qui sont choisis en fonction du message que l'on veut faire apparaître sur l'affiche. On garde une trace écrite des choix qui sont faits pour orienter la création de l'îlot.

a) Sélectionner les aspects à intégrer dans la synthèse finale

Il s'agit **pour vos élèves** de sélectionner les aspects de la problématique des POP que l'on veut intégrer dans l'affiche.

Il sera probablement nécessaire que l'enseignant explique le lien qui existe entre les GES et le réchauffement climatique, en abordant l'effet de serre et le bilan radiatif de la Terre. On peut également en profiter pour parler des concepts touchant l'atmosphère ainsi que du cycle du carbone.

Il est également important de situer le réchauffement climatique dans une perspective plus générale en abordant les variations climatiques naturelles de la Terre qui s'étendent sur de longues périodes géologiques. Nous vous suggérons de consulter et d'exploiter en classe avec vos élèves certains documents récents de la série Découverte.

Il serait également intéressant de souligner certaines incertitudes qui demeurent ou des éléments de controverse entre chercheurs sur cette question.

b) Hiérarchiser les données listées

Il s'agit **pour vous et vos élèves** de classer les données sélectionnées au sein de chacune des équipes selon leur pertinence et leur utilité pour structurer leur représentation interdisciplinaire en fonction de leur prise de position sur la question.

Négocier la hiérarchisation des données listées en fonction des contextes pédagogiques et des priorités à investiguer de manière plus approfondie. Au sein de chaque équipe, chaque élève est responsable de documenter un point parmi la liste des contraintes, enjeux, acteurs, actants, etc. concernés par la question.

c) Choisir les boîtes noires à ouvrir

Il s'agit **pour vous et vos élèves** de choisir les boites noires à ouvrir pour pouvoir analyser les aspects sélectionnés pour réaliser l'affiche.

« Pour en arriver à une représentation interdisciplinaire de la question, des choix devront être faits en fonction du temps dont on dispose et des intentions précises du programme scolaire : on ne peut tout dire sur la question. Ces choix orientent alors les contenus disciplinaires qui seront approfondis, ceux qui seront mis de côté... ».²

d) Ouvrir les boites noires et découvrir les principes disciplinaires

Chaque membre de l'équipe choisit une boîte noire à ouvrir et réalise une recherche sur ce sujet. Les informations seront ensuite mises en commun pour réaliser l'affiche.

² Référence : Une démarche d'enseignement interdisciplinaire en science au secondaire. B. Bader et S. Barma, Spectre : L'intégration des préoccupations environnementales en Science et en technologie, février 2008.

13. Élaboration d'une représentation complexe : planification du travail des élèves.

Exemple de démarche à suivre en classe.

Description de l'activité	Documents disponibles	Travail des élèves	Étape de la construction de l'îlot
 Mise en situation Description de la démarche d'îlot de rationalité Description du produit final attendu 	 Questions sur le réchauffement climatique Dossier de l'élève Consignes à respecter 	 Discussion en classe Prendre connaissance de la tâche Écrire ses conceptions initiales Réaliser une affiche d'équipe qui les résume 	• Le cliché
Élaboration la grille d'analyse du panorama	 Dossier de l'élève Sources d'information à consulter Fiche de lecture Articles de presse 	Définir certains des:	Panorama : grille d'analyse
Identification des différents aspects de la problématique	 Dossier de l'élève Sources d'information à consulter Fiche de lecture 	Définir :	Panorama: Identification
Choisir les aspects que l'on intégrera à l'affiche: chaque équipe précise comment elle prend position et fait ses choix	 Dossier de l'élève Sources d'information à consulter Fiche de lecture 	 Sélectionner les aspects à intégrer dans la synthèse finale Hiérarchiser les données listées Choisir les boites noires à ouvrir Se donner un scénario d'action cohérent avec sa prise de position d'équipe 	Clôture de la démarche
Appropriation de concepts	• Tous les documents « boites noires »	Ouvrir les boites noires et découvrir les principes	Clôture de la démarche

	Sources d'information à consulterFiche de lecture	disciplinaires • Recherches par équipe ou cours magistral	
Ici ou plutôt ? ne devrait-on pas ajouter une ligne sur «identifier un ou deux enjeux à caractère économique, social, politique, éthique, le documenter et l'intégrer dans l'îlot» ?	Même remarque sur : les pratiques de recherche, les aspects controversés, le rôle des connaissances scientifiques et de l'expertise dans la question, les incertitudes qui demeurent, en lien avec une problématisation souhaitée du rapport au savoir des élèves ? À quel moment ces points sont-ils inclus dans la planif ?		
Consultation d'un spécialiste		Recueillir les propos du spécialiste et les confronter à la représentation qui a été construite	Descente sur le terrain
Réalisation du projet	Consignes à respecterGrille d'évaluation	Réaliser l'affiche	Réalisation du projet
 Présentation du projet Présentation d'équipe sur chacun des concepts. 	Grille d'évaluation	Présenter oralement l'affiche	Présentation du projet

14.Bibliographie

NB : D'autres références se trouvent dans les documents « boites noires ».

http://www.manicore.com/

http://fr.wikipedia.org/wiki/Réchauffement_climatique

http://fr.wikipedia.org/wiki/Changement climatique

http://fr.wikipedia.org/wiki/Effet_de_serre

http://www.intellego.fr/soutien-scolaire--/aide-scolaire-SVT/SCHEMAS-SUR-L-EFFET-DE-

SERRE-LES-GES-LE-RECHAUFFEMENT-CLIMATIQUE/16851

http://effetdeserre.canalblog.com/

file://localhost/p/::www.ec.gc.ca:pdb:ghg:about:gases_f.cfm

http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOM-data-g-e-s.xml

http://cf.geocities.com/tpeeffetdeserre/contribu.html

 $\underline{http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOMmilankovitch-passe.xml}$

http://www.dinosoria.com/glaciaire.htm

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.

Vivre les changements climatiques. Villeneuve C et Richard F, éd. Multimonde

Questions de mise en situation sur les changements climatiques

Voici des exemples de questions que l'enseignant peut poser aux élèves pour faire une mise en situation.

Selon vous, trouvez-vous que le climat a changé ces dernières années? Pourquoi?

Qu'est-ce qui peut influencer le climat?

Le changement climatique est-il une bonne ou une mauvaise chose? Pourquoi?

Quelles pourraient être les conséquences du changement climatique?

- sur l'environnement
- sur les humains
- sur les animaux

Qu'est ce que l'effet de serre?

Pouvons-nous faire changer les émissions de gaz à effet de serre?

Est ce que le changement climatique a un lien avec les phénomènes météorologiques extrêmes?

Les écosystèmes peuvent-ils s'adapter aux changements climatiques?

Les modèles élaborés pour expliquer les changements climatiques sont-ils fiables?

Qu'est ce que le GIEC?

Qu'est ce que le protocole de Kyoto?

Grille d'évaluation descriptive Compétence 3 : Ilot de rationalité sur le réchauffement climatique

	Marquée (5)	Assurée (4)	Acceptable (3)	Peu développée (2)	Très peu développée (1)
Interprétation juste des messages concernant la problématique	 Interprète avec exactitude l'information Identifie et utilise des sources d'information pertinentes Justifie, sur demande, la crédibilité en s'appuyant sur des critères valables 	Identifie et utilise des sources d'information crédibles	 Décode correctement les données Utilise certaines sources d'information dont la crédibilité peut varier 	 Transcrit des éléments plus ou moins utiles Mentionne des données contenues dans le message à interpréter 	Omet d'identifier les sources d'informations consultées
Production et transmission adéquate de l'affiche	 Fait appel à des éléments complémentaires pour rehausser la qualité de la présentation Vulgarise son message pour en faciliter la compréhension Choisis des outils efficients pour présenter ses données 	 Sélectionne les éléments appropriés à la réalisation de la tâche Adapte son message en fonction de ses interlocuteurs Organise correctement les éléments de son message Utilise des moyens de communication pour transmettre clairement son message Utilise des outils appropriés tels que les TIC 	Organise les éléments de son message de façon convenable Adapte partiellement son message en fonction de ses interlocuteurs Choisis des outils acceptables pour présenter ses données	Juxtapose des éléments de son message sans l'adapter à ses interlocuteurs Utilise un mode de représentation qui respecte peu les règles et les conventions	 Présente un nombre insuffisant d'éléments pour permettre la compréhension de son message Utilise un mode de représentation inadapté Choisis des outils inappropriés pour représenter ses données
Respects de la terminologie, des règles et des conventions propres à la science	Utilise une terminologie allant au delà de celle exigée et qui respecte les règles et les conventions	 Utilise une terminologie qui respecte les règles et les conventions Respecte la propriété intellectuelle 	Utilise une terminologie qui respecte les règles et les conventions pour les concepts les plus simples	Utilise un vocabulaire élémentaire	Utilise un vocabulaire inadapté sans tenir compte des règles et des conventions

Fiche de lecture

Nom de l'article lu :
Auteur(s):
Date et lieu de parution :
Aspect(s) abordé(s) dans l'article :
Informations retenues :

PISTES.org 1

Conceptions des sciences et de la socialité des sciences de futurs enseignants et enseignantes du secondaire lorsqu'il est question du réchauffement climatique

Protocole d'entretien : Une vignette sur le réchauffement climatique et des questions de clarification.

> Barbara Bader Sylvie Barma

> > Mars 2008

Université Laval Faculté des sciences de l'éducation Deux chercheurs discutent de la question des changements climatiques¹

Lisez l'ensemble de leur conversation de manière individuelle en prenant des notes p. 6

Mise en contexte de leur conversation

La question des changements climatiques à l'échelle mondiale est abordée régulièrement dans les médias. De nombreux chercheurs sont engagés dans des recherches sur la question et plusieurs équipes de scientifiques ont mis au point des modèles informatiques qui simulent l'évolution du climat et tentent de préciser l'influence des activités humaines. Des partis politiques et des groupes écologistes se préoccupent aussi de cette question environnementale. La population en général se sent de plus en plus concernée.

Le texte qui suit vous présente une discussion autour de cette question entre deux chercheurs.

Louis Brunet est climatologue et membre du groupe Ouranos². Une des missions de ce groupe est de fournir aux gouvernements des projections climatiques fiables. Ce groupe rassemble des membres de plusieurs institutions dont quatre universités québécoises. De plus, la Fondation canadienne pour les sciences du climat et de l'atmosphère (FCSCA) et le Centre canadien de modélisation et de l'analyse climatique (CCmaC) à Victoria contribuent au financement des activités d'Ouranos. Leurs travaux servent de référence pour établir des politiques environnementales.

Jane Smith fait partie du Centre de recherche en design environnemental de l'Université de Berkeley. La mission de ce centre est d'encourager la recherche sur une meilleure gestion des écosystèmes³. Ce centre de recherche préconise la restauration de milieux naturels afin de minimiser les dégâts causés à l'environnement. Son équipe collabore avec des chercheurs du Département de Géosciences de l'Université de Chicago qui étudient l'influence des activités solaires sur le climat de la planète. Elle tient également compte des résultats de recherche d'une équipe danoise qui investigue l'influence de l'activité solaire sur notre climat. Cette équipe de chercheurs a à son actif de nombreuses publications dans des revues scientifiques internationales.

_

¹ La question des changements climatiques est une problématique qui s'inscrit dans le nouveau programme *Science et technologie* du secondaire et ce, plus particulièrement au regard du domaine général de formation *Environnement et consommation*. Ce thème est prescrit au deuxième cycle du secondaire.

² Il est à noter que l'un des protagonistes, Louis Brunet, met de l'avant des cartes et des graphiques produit par le GIEC (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat) en vue d'illustrer la corrélation entre les simulations climatiques, les variations de température, l'augmentation de la quantité de CO2 phénomène et l'élévation du niveau de la mer.

³ Durant l'entretien, Jane Smith met de l'avant des graphiques produits par un groupe de chercheurs (*Danish Space Research Institute*) qui montre l'importance de l'influence de l'activité solaire sur les changements climatiques.

Jane Smith: Je crois que nous sommes d'accord sur un point: les mesures des températures moyennes du globe indiquent une tendance au réchauffement. Cependant, vous ne pouvez pas prouver que les activités humaines sont les seules responsables d'un réchauffement climatique. Les graphiques que vous présentez illustrent un réchauffement mais vos modèles informatiques ne nous permettent pas de distinguer l'importance relative des causes naturelles et des causes liées aux activités humaines.

Louis Brunet: Même s'il y a encore des incertitudes, nos modèles informatiques sont performants. Voyez vous-même. Si on compare la modélisation du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) et les observations de l'augmentation des températures depuis 1860, on voit bien que les causes naturelles ne suffisent pas à expliquer l'augmentation des températures moyennes de la Terre. Nous sommes sur la bonne voie. Nos observations et nos simulations par ordinateur se rejoignent.

Jane Smith: Je ne conteste pas cette tendance actuelle à un réchauffement, mais il faudrait que les climatologues puissent distinguer ce qui est d'origine naturelle et ce qui provient des humains si on veut cibler les bonnes raisons de se mobiliser. Ce que je remets en cause, c'est que toutes ces études du climat coûtent une vraie fortune alors qu'on ne pourra jamais prévoir avec certitude comment le climat évolue. Il y a des tas de facteurs qui interviennent, les politiques énergétiques des pays par exemple et leur influence sur les émissions de CO2. L'Allemagne a mis en place des tas de capteurs solaires et d'autres pays font déjà des efforts. Et de toute manière, le climat a traversé des cycles de glaciation et de réchauffement, bien avant que les humains s'en mêlent. Une équipe de chercheurs danois qui a publié dans *Space Science Reviews*, a même démontré que le soleil a une influence significative sur les variations climatiques. Regardez ces graphiques qui le démontrent bien. Ils permettent de remonter à il y a environ mille ans.

Louis Brunet: D'accord, l'activité solaire a augmenté depuis 1850, mais elle ne compte que pour environ 10% du réchauffement des températures moyennes que nous mesurons. Il reste des incertitudes, je veux bien. Mais les mesures des les ballons-sondes dans l'atmosphère, nous obligent à constater l'élévation de la température moyenne de la planète. Le GIEC a envisagé plusieurs scénarios d'émissions de CO2 et ils prévoient des augmentations de 1,4 à 5,8°C entre 1990 et 2100. Il faut bien en tenir compte.

Jane Smith: Le GIEC avec lequel vous travaillez prévoyait cerner le rôle des nuages sur la température terrestre. Or, un de vos collègues me confiait récemment qu'il devrait passer le reste de sa carrière à étudier cette question, tellement c'est complexe. On attend toujours des résultats plus précis.

Louis Brunet: Je ne sais pas quels intérêts vous poussent à remettre notre travail en cause. Nous étudions les changements climatiques depuis 20 ans. D'après nos résultats pour les 30 dernières années, ce sont les facteurs dus aux activités humaines qui

permettent d'expliquer le réchauffement que nous observons. Des preuves récentes, mises à jour par le GIEC le confirment. Il reste évidemment des incertitudes sur ces prédictions, mais notre équipe de recherche a publié un article dans la très sérieuse revue scientifique *Science*, ce qui vient valider nos modèles de prévision climatique.

Jane Smith: Je n'ai aucun intérêt particulier à défendre et je n'ai aucun lien avec des compagnies privées. Si je pose des questions, c'est parce qu'il y a encore beaucoup trop d'incertitudes. Comment expliquez-vous qu'un article scientifique récent démontre que pour l'instant, la calotte polaire de l'Antarctique ne semble pas très affectée par le réchauffement climatique? Et surtout : j'ai d'autres priorités de recherche que les vôtres, plus urgentes.

Louis Brunet: Eric Rignot, un collègue glaciologue au *Jet Propulsion Laboratory* de la Nasa, expliquait dans la revue *Science* l'importance de la fonte des glaciers. Leur mouvement vers la mer, qui se mesure en centaines de mètres par an, a augmenté. On a des indices clairs de ça à bien des endroits. Et puis, en analysant les statistiques sur les températures passées de la Terre, on constate bel et bien que la Terre s'est réchauffée d'un demi-degré au cours des cent dernières années.

Jane Smith: C'est bien peu, non? Est-ce que cela justifie qu'on demande à des pays en voie de développement comme l'Inde où la Chine de choisir de produire leur énergie avec des centrales nucléaires plutôt que de continuer de choisir le charbon, alors qu'on sait que les États-Unis utilisent encore tellement de pétrole et de charbon? Il ne faut pas oublier qu'au nom de la limite au CO2, on fait des pressions sur des pays pauvres où les gens n'ont même pas accès à un minimum de confort. Et le nucléaire n'est pas un choix innocent...

Louis Brunet : La décennie 1990 a été la plus chaude au Canada. D'après le GIEC, les glaces marines arctiques ont diminué de 10 à 15% depuis 1950. Ces données sont suffisantes pour que l'on passe à l'action. Il est urgent de respecter le protocole de Kyoto pour diminuer la production de gaz à effet de serre dans le monde.

Jane Smith: Parlons-en du protocole de Kyoto. Il conduit à établir une bourse d'échange de CO2 et à faire des profits. Ce n'est pas comme ça qu'on changera les mentalités. Si on se préoccupait vraiment des nations défavorisées, on changerait les priorités de recherche du programme international sur les changements climatiques. On n'investirait pas tout cet argent dans des technologies de modélisation du climat et des satellites. On étudierait d'abord l'érosion des berges et les moyens de piéger le carbone, au lieu de mesurer des glaciers qui fondent. Pour les personnes qui vivent dans les zones à risque, c'est une question de survie immédiate. Pour des chercheurs responsables, c'est sur ces problèmes qu'il faut travailler. Des millions de dollars sont engloutis pour des modèles informatiques du climat qui, de toute façon, vont rester hypothétiques. Leurs prévisions ne sont pas sûres du tout. Nous ferions mieux d'aider les populations vulnérables à s'adapter au changement.

Louis Brunet: Je ne suis pas d'accord. Le défi que soulève le réchauffement climatique mondial est fantastique pour les scientifiques: suivre pour la première fois les modifications produites par les humains sur le climat de la planète. Mieux comprendre le fonctionnement de notre planète ne peut être que c'est le gage d'une meilleure qualité de notre environnement mondial. Je le répète, nous devons continuer nos études pour établir des politiques environnementales plus cohérentes. De plus, nos recherches vont servir à développer des plans d'action pour les gouvernements et les compagnies polluantes. En plus, on peut déjà, par des petits gestes diminuer notre consommation d'énergie et réduire notre production de gaz à effet de serre.

Aide-mémoire

Au fur et à mesure de votre lecture, vous notez ci-après des idées amenées par les deu chercheurs qui vous paraissent importantes.

Vous avez lu le texte de la discussion des deux chercheurs sur les changements climatiques et tenté de mieux comprendre leurs points de vue. Prenez maintenant le temps nécessaire pour débattre en équipe autour des quatre questions qui suivent. Chaque équipe rédigera ensuite un court paragraphe pour répondre à chacune des questions.

1. Que nous disent les deux chercheurs sur les changements climatiques?		
Discutez entre vous de ce que vous retenez du point de vue de Jane Smith.		
Discutez entre vous de ce que vous retenez du point de vue de Louis Brunet.		

2. Quels sont les éléments de désaccord sur la quest entre les deux scientifiques et comment expliquez-ve		
entre les deux scientifiques et comment expliquez-v	ous ces desacco	ius:
3. Pensez-vous qu'on a suffisamment de conn climatiques pour poser des gestes responsables?	naissances sur	les changements

- 4. Parmi les commentaires des étudiants et étudiantes que j'ai rencontrés, on retrouve les raisons différentes pour expliquer le désaccord des deux scientifiques autour de l'existence des changements climatiques.
 - a) Les deux scientifiques sont en désaccord parce qu'un des chercheurs pense que les simulations informatiques du climat donnent des prévisions fiables, alors que le deuxième affirme que ces modèles comportent trop d'incertitudes pour prévoir l'évolution des changements climatiques.
 - b) Les deux scientifiques sont en désaccord parce qu'ils défendent les intérêts des centres de recherche pour lesquels ils travaillent.
 - c) Les deux scientifiques sont en désaccord parce que pour un des chercheurs, c'est l'avancement des connaissances scientifiques qui compte avant tout, alors que pour l'autre ce sont des préoccupations sociales et les questions d'adaptation aux changements climatiques qui sont prioritaires.

Discutez chacune des raisons proposées. Vous semblent-elles toutes pertinentes? Avez-vous d'autres raisons à proposer?		

5. Au regard de la réflexion que vous venez d'effectuer, comment aborderiez-vous la question du réchauffement climatique dans vos cours de sciences? Que diriez-vous à vos élèves du secondaire à propos du travail des scientifiques et des finalités de la recherche scientifique sur cette question?		