

2015

# Combustibles fossiles et changements climatiques

Document de lecture et d'activités  
pédagogiques

Cégep St-Jérôme  
Automne 2015



# Les combustibles fossiles et les changements climatiques

---

Cours 1 – Introduction aux combustibles fossiles .....	3
Cours 2 : Les changements climatiques – un état des faits.....	11
Cours 3 – Sables bitumineux et projets de pipelines .....	17
Cours 4 – Anticosti : la chasse au pétrole extrême .....	24
Cours 5 – Recherche sur les impacts des changements climatiques sur les humains.....	25
Références.....	26

## Cours 1 – Introduction aux combustibles fossiles

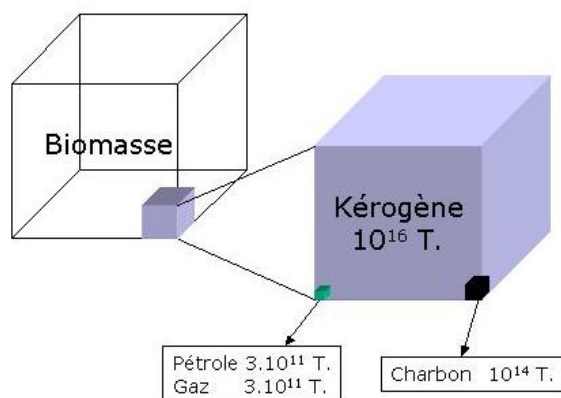
Les énergies fossiles représentent tous les combustibles riches en carbone ; c'est-à-dire le pétrole, le gaz naturel et le charbon. Les combustibles proviennent d'un lent procédé de décomposition des organismes végétaux et animaux. Les combustibles fossiles sont la matière première de l'industrie chimique et la source d'énergie la plus utilisée dans le monde : ils fournissent plus de 80% de l'énergie utilisée, loin devant l'énergie nucléaire et les autres formes d'énergie (hydraulique, éolienne, solaire, etc.). Les besoins mondiaux en énergie ont augmenté de façon considérable au cours du vingtième siècle et le développement des pays émergents comme la Chine permet de prévoir une augmentation encore plus rapide dans les prochaines décennies. L'Agence Internationale de l'Énergie prévoit que la demande des vingt-cinq prochaines années nécessitera une production égale à celle des cent cinquante années d'exploitation des combustibles fossiles. Mais les ressources ne sont pas inépuisables : ces produits sont formés par une succession de mécanismes biologiques et géologiques qui mettent des millions d'années à s'accomplir, ces ressources ne sont donc pas renouvelables.

### Pourquoi sont-ils importants?

Les combustibles fossiles sont importants dans les sociétés industrialisées actuelles, car ils renferment de l'énergie. En effet, pendant leur combustion, ils libèrent l'énergie utilisée quotidiennement à de multiples fins : procédés commerciaux ou industriels, transport, chauffage, éclairage, cuisson, etc. Le pétrole, le gaz naturel et le charbon servent à synthétiser les produits chimiques qui entrent dans la fabrication des plastiques, des engrais, des médicaments et de nombreux autres produits.

### Quelle est leur origine?

Les êtres vivants sont constitués principalement de carbone, d'hydrogène, d'azote et d'oxygène. Lorsqu'un être vivant meurt, sa matière organique est décomposée par l'activité microbologique. Dans un milieu aérobie (avec oxygène), tout le carbone est transformé en dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ). On parle alors de « minéralisation totale ». En revanche, si la matière sédimente dans un milieu anaérobie (sans oxygène, comme certains fonds marins par exemple), la minéralisation s'arrête dès que tout le dioxygène initialement présent a été consommé. La plus grande partie de la biomasse (matière organique) subit une minéralisation totale et seule une très faible partie, environ 1%, sédimente (voir la Figure 1). C'est cette fraction qui est à l'origine du pétrole, du gaz naturel et du charbon (Demirdjian, 2005).

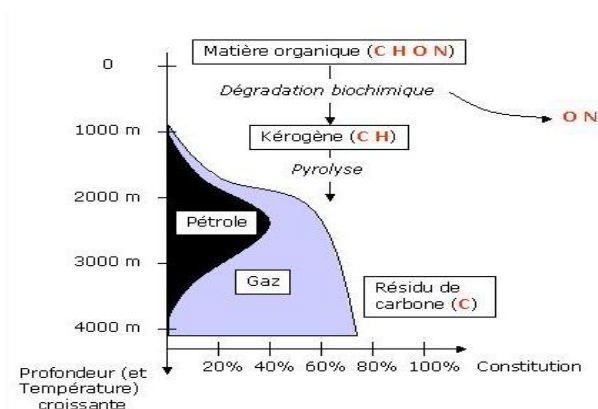


**Figure 1 – Fraction de la biomasse transformée en combustibles fossiles**

### Formation et pyrolyse du kérogène

En l'absence de dioxygène dans la couche sédimentaire, seule l'activité des bactéries anaérobies (sans oxygène) est possible. Ces bactéries extraient de la matière l'oxygène et l'azote dont elles ont besoin. Le résidu est appelé « kérogène », c'est un mélange de composés de masse moléculaire très élevée principalement constitué de carbone et d'hydrogène. Cette activité est observée sur une profondeur de l'ordre du millier de mètres au sein de la couche terrestre (voir Figure 2). Elle constitue la dernière partie biologique du cycle de transformation.

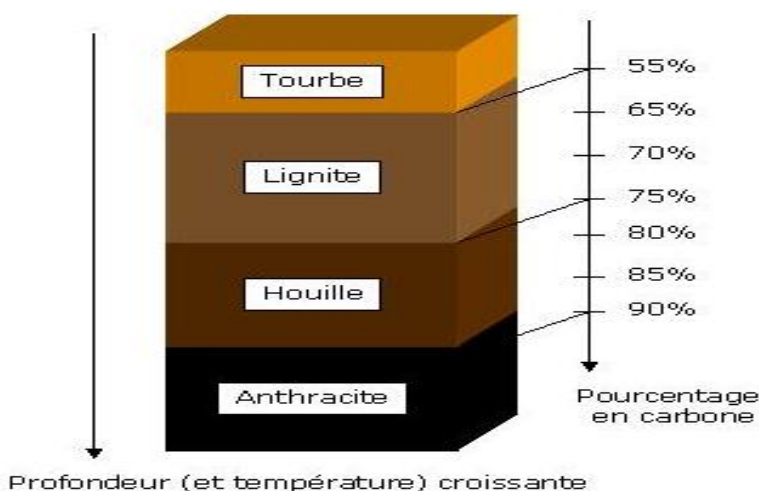
La tectonique des plaques provoque l'enfoncement de la « roche mère », la couche sédimentaire qui contient le kérogène, à une vitesse de quelques mètres à quelques dizaines de mètres par million d'années. À mesure qu'il s'enfonce, le kérogène est soumis à des pressions et à des températures de plus en plus élevées. À partir de quelques milliers de mètres de profondeur, lorsque la température a atteint une valeur suffisamment élevée (entre 50 et 120°C) et en l'absence d'oxygène, le kérogène commence à se décomposer sous l'effet de la chaleur. Cette pyrolyse produit principalement du pétrole, du gaz naturel, du dioxyde de carbone et de l'eau. La figure suivante montre l'allure de l'évolution du kérogène avec la profondeur d'enfouissement. Dans un premier temps, la formation de pétrole et de gaz est simultanée, puis celle de pétrole passe par un maximum et devient négligeable par rapport à la production de gaz (Demirdjian, 2005).



**Figure 2 - Transformation de la matière organique**

## Le charbon

Le charbon est une variété particulière de kérogène formée à partir de matière organique de végétaux supérieurs (arbres, fougères...). Sa pyrolyse va conduire à des composés de plus en plus riches en carbone (le bois est constitué d'environ 50% de carbone) : la tourbe (50 à 55%), le lignite (55 à 75%), la houille (75 à 90%) et l'anthracite (> 95%) qui est le charbon proprement dit (voir la Figure 3). Comme pour les autres kérogènes, la pyrolyse du charbon génère du pétrole et du gaz naturel (Demirdjian, 2005).



**Figure 3 - Formation du charbon**

## Tâche 1

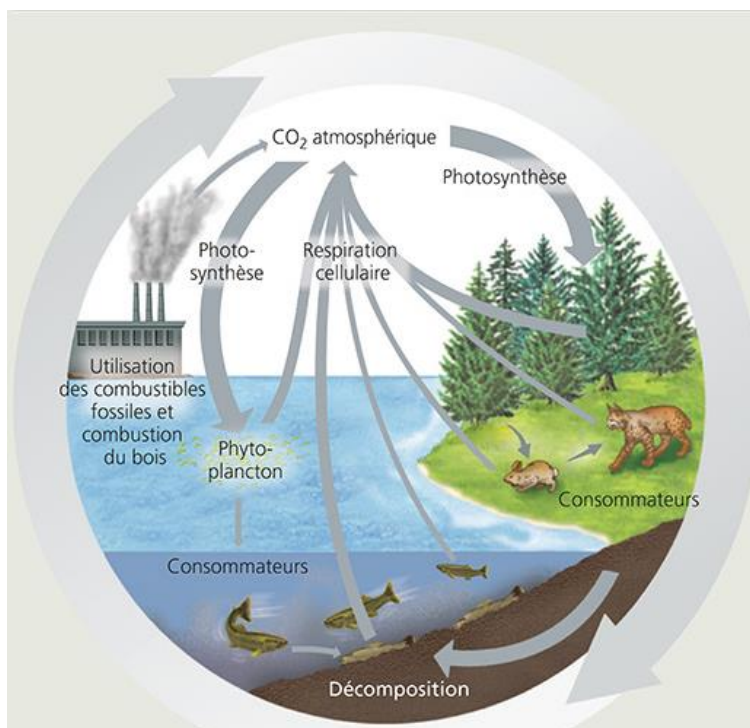
Donnez trois exemples de combustibles fossiles.

Faites un résumé de votre lecture qui comprend une explication de ce que sont les énergies fossiles, de leur importance, de leur origine et de leur formation

**\*\* Ce résumé doit être inclus dans votre porte-folio**

## Les combustibles fossiles et le cycle du carbone

En brûlant des combustibles fossiles, le carbone piégé depuis des millions d'années est restitué très rapidement sous forme de  $\text{CO}_2$ . Cette libération massive de  $\text{CO}_2$  interfère avec le cycle naturel du carbone puisqu'il s'ajoute au cycle existant. Les trois grands réservoirs de carbone, soumis à des mouvements dans une échelle de temps humaine sont : l'atmosphère, la biosphère (plantes et animaux continentaux) et les océans. Le carbone suit un cycle, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de création de nouvel atome de carbone, mais des passages du carbone dans les différents réservoirs (voir Figure 4).



**Figure 4 – Cycle du carbone**

Source : Campbell et Reece, 2012. Figure 55.14

## Les combustibles fossiles et les changements climatiques

---

Plus précisément, le gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ) est absorbé par les plantes, en présence de lumière, dans un processus appelé **photosynthèse**. Ce processus est la porte d'entrée principal du carbone dans le cycle du vivant. Par la photosynthèse, les plantes terrestres et aquatiques en présence de lumière absorbent donc du  $\text{CO}_2$  et rejettent de l'oxygène. Presque tout le carbone retrouvé dans les êtres vivants provient de ce processus, car les plantes sont ensuite mangées et digérées par des animaux. En même temps, le  $\text{CO}_2$  est rejeté dans l'atmosphère par tout être vivant dans un processus appelé **respiration cellulaire**. Il s'agit en fait du processus de fabrication d'énergie par les cellules. Pour faire leur énergie (respiration cellulaire) les cellules ont besoin du dioxygène ( $\text{O}_2$ ) comme source énergétique, et rejettent du  $\text{CO}_2$ , après des réactions particulières.

Le carbone retrouvé ensuite dans les animaux va se retrouver dans leurs excréments ou les cadavres de ceux-ci qui seront alors digérés par des décomposeurs, des microorganismes comme des bactéries ou des champignons. Ils retourneront ensuite le carbone dans le sol sous forme de sédiments ou dans l'atmosphère sous forme de gaz carbonique. Les sédiments s'enfouiront lentement dans le sol jusqu'à atteindre les roches sédimentaires. Il s'agit d'un processus **TRÈS lent (millions d'années)**. C'est ainsi que seront formés les hydrocarbures comme le charbon, pétrole et gaz naturel.

Ce remplissage de l'immense réservoir que constituent les roches sédimentaires s'est fait petit à petit au cours des temps géologiques. On évalue le temps de résidence du carbone organique dans ce réservoir à plus de 200 millions d'années.

L'extraction et la combustion du pétrole, du gaz et du charbon que nous pratiquons allègrement sont venues transformer une partie de ce cycle long en cycle court. En effet, du carbone qui se trouve dans un réservoir stable, le carbone dans le charbon, le pétrole et le gaz naturel, va être libéré dans un réservoir à échange rapide : l'atmosphère. Il s'agit donc de nouveaux atomes de carbone qui viennent s'intégrer dans le cycle court et, ainsi, le perturbent.

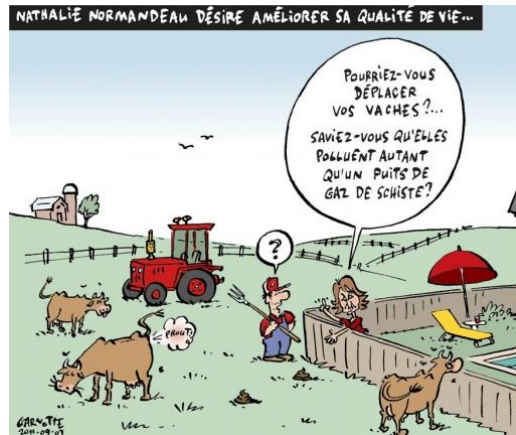
### Le rôle des océans

Une grande surface atmosphérique est en contact avec les mers et les océans, qui représentent 70% de la surface du globe. Les océans et les mers sont des fluides, tout comme l'atmosphère, des échanges gazeux continuels ont ainsi lieu. Si la concentration de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère augmente, les océans vont absorber de ce  $\text{CO}_2$ , jusqu'à l'atteinte d'un nouvel équilibre. Ensuite, tout comme sur les continents, le  $\text{CO}_2$  est absorbé par des plantes, le phytoplancton, qui se trouve au début de la chaîne alimentaire. Ce  $\text{CO}_2$  absorbé représente une masse de carbone, qui, une fois digéré par d'autres organismes, ne réapparaîtra pas dans l'atmosphère, mais restera dans les océans, pour ensuite se déposer vers le fond, une fois les organismes morts.

## Tâche 2 – Résoudre la mise en situation suivante

### Mise en situation climatosceptique: Pour le climat, il faudrait cesser de respirer!

L'ancienne Ministre des Ressources Naturelles du Québec, Nathalie Normandeau, a affirmé qu'«une vache émet plus de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère qu'un puits de gaz de schiste. Les faits le prouvent.» Elle fait écho à certains climato-sceptiques qui avancent que lorsqu'on respire on produit du  $\text{CO}_2$ . Donc, pour combattre les changements climatiques il faudrait arrêter de respirer! Expliquez pourquoi ces énoncés sont faux en vous appuyant sur le cycle du carbone.



\*\*\*Intégrer votre réponse dans votre porte-folio

## Les combustibles fossiles et effet de serre

Tout comme le verre d'une serre, les gaz dans notre atmosphère nous permettent de vivre sur terre en emprisonnant la chaleur du soleil. Ces gaz permettent aux rayons du soleil de pénétrer et réchauffer la planète mais empêchent la chaleur de s'échapper de l'atmosphère vers l'espace. Sans ce phénomène naturel de gaz qui piègent la chaleur (principalement le dioxyde de carbone, la vapeur d'eau et le méthane), la terre serait trop froide pour maintenir quelque forme de vie que ce soit. L'effet de serre est donc un phénomène naturel nécessaire pour maintenir une température favorable à la vie.

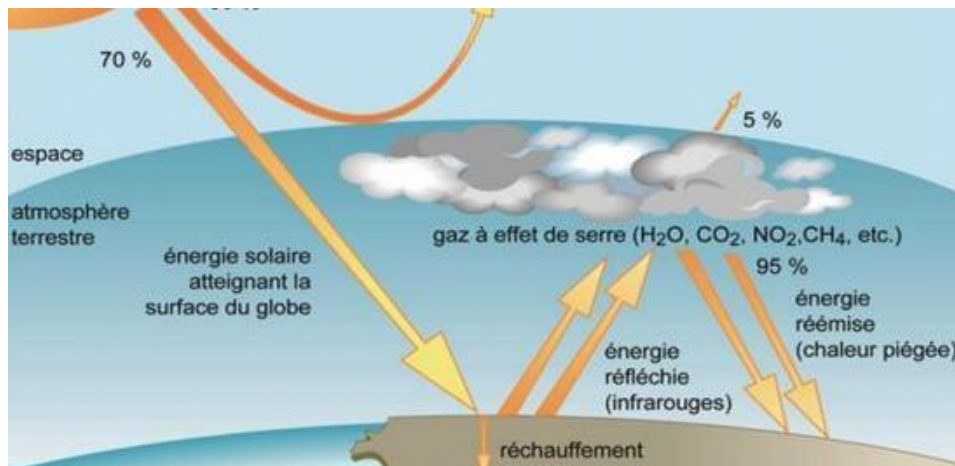


Figure 5 – Effet de serre

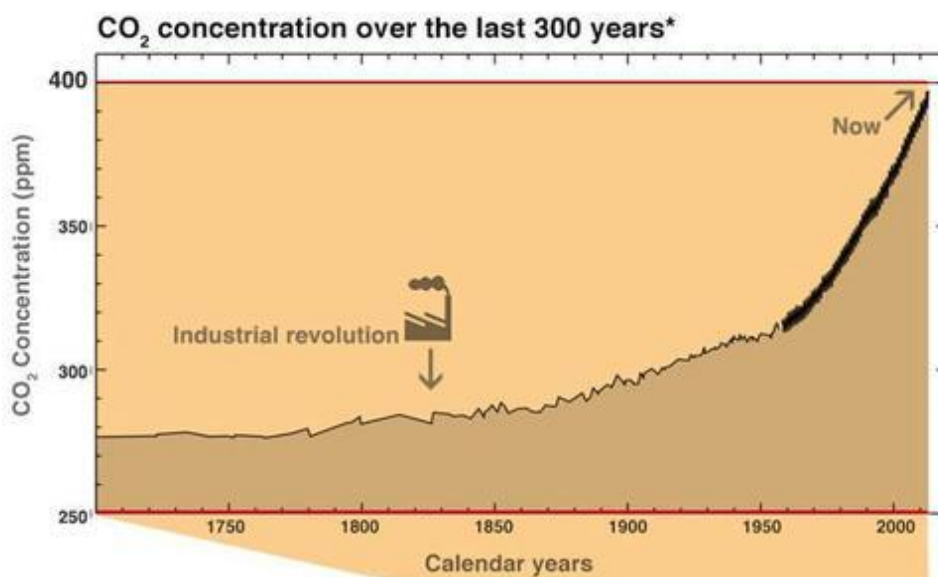


### Tâche 3

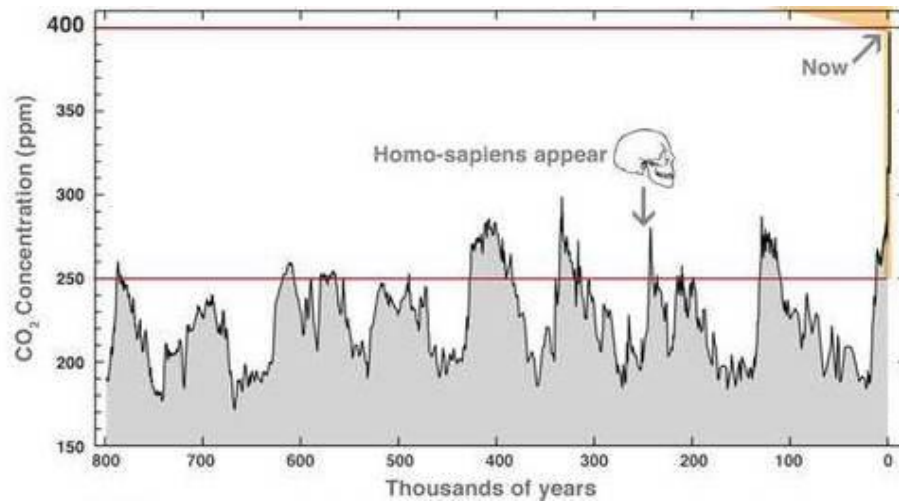
Visionnez une vidéo explicative de l'[effet de serre](#) en cliquant sur le lien et en faire un résumé (vous pouvez également utiliser votre document de référence)

**\*\* Intégrer votre explication dans votre porte-folio.**

Le problème avec l'effet de serre provient de la croissance rapide de dioxyde de carbone et autres gaz à effet de serre qui intensifient l'effet de serre naturel. Pendant des milliers d'années, les réserves de carbone étaient essentiellement stables grâce à des processus naturels qui absorbaient autant de carbone qu'ils n'en produisaient. Les activités modernes de l'être humain; l'utilisation de combustibles fossiles, la déforestation et l'agriculture intensive, ont surtout ajouté d'énormes quantités de dioxydes de carbone dans l'atmosphère. L'atmosphère d'aujourd'hui contient 32 % de dioxyde de carbone de plus qu'au début de l'ère industrielle. Les niveaux de méthane et de dioxyde de carbone sont plus élevés qu'ils ne l'ont été depuis un demi-million d'années (voir Figure 6 et Figure 7).



**Figure 6 – Concentration de CO<sub>2</sub> depuis les 300 dernières années**



**Figure 7 – Évolution des niveaux de CO<sub>2</sub> depuis 800 000 ans**

L'augmentation du dioxyde de Carbone par la combustion des énergies fossiles est la principale cause qui engendre des changements climatiques (GIEC, 2013).

### Tâche 4

Visionnez l' [historique de l'utilisation des énergies fossiles](#)

Faire un compte rendu de votre visionnement et l'intégrer dans votre porte-folio en mettant en évidence :

- 1) Les avantages historiques de l'utilisation des énergies fossiles ;
- 2) Les problèmes actuels qui résultent de leur utilisation.

## Cours 2 : Les changements climatiques – un état des faits

### Distinction entre la météo et le climat

La météorologie fait référence à la description et à la prévision de l'état de l'atmosphère à court terme (pour des périodes allant de quelques heures jusqu'à environ dix jours) à travers des variables comme la température, le type et la quantité de précipitation, la pression atmosphérique, l'humidité, la couverture nuageuse, l'ensoleillement, etc. Les modèles de prévision météorologiques tentent de prédire, avec la plus grande précision possible, quel sera l'état de l'atmosphère à un moment et en un lieu donné (Ouranos, 2015).

Ce sont aux caractéristiques statistiques de ces mêmes variables sur au moins trois décennies auxquelles s'intéresse la climatologie. À partir de valeurs représentant l'évolution dans le temps de variables météorologiques sur de longues périodes (séries temporelles), il est possible d'en tirer leur moyenne et leur variabilité afin de déterminer ce que l'on appelle les normales de saisons, définies pour une période de référence de 30 ans pour une région donnée. On peut aussi définir les records historiques comme par exemple la plus haute température maximale jamais enregistrée pour un jour donné, la plus grande accumulation de neige en 24 heures ou bien les périodes de retour de certains événements, les tendances, etc. C'est ce que l'on appelle le climat (Ouranos, 2015).

Les simulations numériques du climat produites par les modèles climatiques sont constituées de longues séries temporelles de variables météorologiques desquelles on obtient le climat simulé d'une région pour le passé récent ou pour le futur. Le succès d'une simulation climatique du passé récent (ex. 1970-2000) ne se traduit pas par sa capacité de reproduire la séquence précise des événements météorologiques observés mais bien de générer, pour les variables simulées, des caractéristiques statistiques telles que les normales, la variabilité et les tendances, semblables à celles des observations recueillies. L'étude du climat futur repose sur une approche prospective plutôt que prédictive car elle tient compte, pour un horizon futur (ex. 2041-2070), d'une évolution plausible de l'état de la population mondiale et de ses conditions socioéconomiques qui est traduite en scénario d'émissions de gaz à effet de serre. Une simulation climatique basée sur un scénario futur de gaz à effet de serre est une projection climatique. Son but n'est pas de prédire le temps qu'il fera en un lieu précis à une date donnée mais plutôt de voir si les gaz à effet de serre décrits par le scénario d'émission affecteront les normales, la variabilité ou les tendances des diverses variables météorologiques d'une région sur un horizon donné. Ainsi, on prévoit la météo du week-end mais on projette le climat futur.

## Les combustibles fossiles et les changements climatiques

Le fait que ces deux disciplines soient de si proches parentes contribue à alimenter la confusion. Les phénomènes physiques qui influencent la météo et le climat sont les mêmes tout comme les équations mathématiques utilisées dans leurs modèles. Par contre, les modèles ne sont pas opérés de la même manière ni dans le même contexte : par exemple, les modèles météorologiques doivent bien établir le portrait initial de l'état de l'atmosphère - le temps zéro de la prévision - à l'aide de données observées ce qui n'est pas nécessaire pour les modèles de climat. C'est ainsi que la distinction entre la météo et le climat n'est pas toujours claire pour les non-spécialistes. À titre d'exemple, lors de tempêtes de neige, on entend souvent parler de conditions climatiques difficiles alors qu'il faudrait plutôt parler de conditions météorologiques difficiles (Ouranos, 2015).

### Tâche 5 – Résoudre la mise en situation

#### Mise en situation de climatosceptique – Climat et météo

*Cet hiver, une vague de froid intense s'est installée sur le Québec durant plusieurs jours. Lors d'un souper entre amis, Jacques affirme qu'il ne croit pas aux changements climatiques. « Vous l'avez senti, vous, le réchauffement de la planète à -30°C!? Je ne peux pas croire une telle sottise! » Vous n'êtes pas d'accord avec Jacques. Expliquez lui pourquoi une température froide durant l'hiver n'est pas une preuve que le réchauffement climatique est une fausseté sur le plan scientifique. Indice: Quelle est la différence entre météo et climat?*



**\*\*Intégrer la réponse dans votre porte-folio**

#### Que sont les changements climatiques?

Le climat d'une région donnée est défini par les caractéristiques statistiques d'une variable (comme par exemple la température et les précipitations). Ces statistiques sont établies à partir de données observées ou simulées disponibles sur au moins trois décennies. Les changements climatiques consistent en toute modification durable d'une ou de plusieurs de ces caractéristiques statistiques, découlant de la comparaison entre les climats d'horizons différents, pour une ou plusieurs variables d'une région donnée. Concrètement, on estime les changements climatiques à venir en comparant un climat projeté pour un horizon futur (p.ex. 2041-2070) à un climat du passé (p.ex. 1971-2000). Les changements climatiques peuvent se traduire par des modifications dans la moyenne, dans la variabilité, ou encore dans la fréquence et/ou l'intensité et/ou la durée des événements extrêmes. Les changements climatiques peuvent même entraîner l'apparition de phénomènes auparavant inexistants dans une région considérée (Ouranos, 2015b).

De par sa nature, le climat est fortement variable car il résulte de la combinaison de plusieurs phénomènes ayant des cycles qui couvrent une vaste gamme d'échelles de temps et qui interagissent entre eux (ex. les orages durent quelques heures, les tempêtes quelques jours, les moussons quelques semaines, El Niño-La Niña quelques années, les variations des courants marins de quelques décennies à quelques siècles). Il est donc important de considérer des périodes de 30 ans et plus pour évaluer des tendances et détecter des changements réels. Ainsi, les changements climatiques ne peuvent à eux seuls expliquer un événement météorologique intense qui s'est produit sur quelques jours voir quelques semaines (ex. une forte tempête, un épisode de verglas, une sécheresse, etc.). Ils sont plutôt responsables des modifications dans les probabilités qu'un type d'événement météorologique de cette intensité ne se produise. Par exemple, des précipitations de 75 mm en 24 heures survenant une fois tous les 25 ans pourraient voir leur fréquence augmenter dans le futur à une fois tous les 10 ans pour une région donnée (Ouranos, 2015b).

À travers l'histoire terrestre, de nombreux changements climatiques sont survenus de façon naturelle, souvent influencés par la combinaison de phénomènes, comme les changements dans l'orbite terrestre, la dérive des continents, la variation de l'activité volcanique mais aussi d'autres phénomènes externes comme les changements dans l'intensité du soleil ou les impacts météoritiques. De tels changements naturels continueront de se produire. Or, ce que l'on entend de nos jours par changements climatiques, fait plutôt référence aux modifications des caractéristiques du climat induites par l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre et des particules en suspension dans l'air (aérosols) engendrées par les activités humaines. Ceux-ci proviennent principalement de l'usage accru des énergies fossiles depuis l'époque industrielle au 19<sup>e</sup> siècle. Les changements climatiques d'origine anthropique s'ajoutent aux changements d'origine naturelle mais se déroulent à des échelles de temps beaucoup plus rapides que ce que la planète a connu jusqu'à maintenant. Il est à craindre que la vitesse et l'intensité des changements climatiques d'origine anthropique excèdent la capacité d'adaptation de plusieurs systèmes naturels et humains (Ouranos, 2015b).

### **La science derrière le climat**

La majorité des données vulgarisées concernant les changements climatiques provient du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Le GIEC est un organisme intergouvernemental, ouvert à tous les pays membres de l'ONU. Il « a pour mission d'évaluer, sans parti-pris et de façon méthodique, claire et objective, les informations d'ordre scientifique, technique et socio-économique qui nous sont nécessaires pour mieux comprendre les risques liés au réchauffement climatique d'origine humaine, cerner plus précisément les conséquences possibles de ce changement et envisager d'éventuelles stratégies d'adaptation et d'atténuation. » (Wikipedia, 2015). Le GIEC produit un rapport tous les 7 ans, le dernier ayant été publié en

## Les combustibles fossiles et les changements climatiques

2013. Ce rapport comprend les connaissances provenant d'une revue d'environ 9200 articles scientifiques, et il a été rédigé par 833 auteurs de 21 pays différents.

### Tâche 6

#### Mise en situation climatosceptique – Le GIEC

Georges est glacé. Il a pelleté une partie de la soirée à  $-20^{\circ}\text{C}$ . Il peste contre l'hiver qui n'en finit plus! Il dit à Georgette, sa femme : « c'est vrai que les changements climatiques n'existent pas! D'ailleurs, il n'y a pas de consensus auprès de la communauté scientifique concernant le réchauffement du climat. En plus, de nombreux scientifiques ont signé des pétitions pour montrer leur désaccord. Le travail du GIEC est biaisé, c'est sûr! » Georgette répond à Georges pour rétablir les faits à propos de ses allégations concernant le consensus scientifique et le GIEC.



**\*\*Intégrer la réponse dans votre porte-folio**

Il y a un document power point disponible sur Moodle qui comprend les grandes conclusions et prédictions du dernier rapport du GIEC concernant les changements climatiques.

À noter que le GIEC émet des scénarios du plus positifs au plus pessimistes concernant l'émission des gaz à effet de serre (GES). En tenant compte des émissions actuelles et de l'engagement de réduction de GES des différents pays, le scénario actuel serait le **RCP 8,5**. Vous allez le voir dans les graphiques du power point! Selon ce scénario, l'humanité se dirige vers un réchauffement planétaire d'environ  $4^{\circ}\text{C}$ . Toutefois, les scientifiques nous indiquent que pour limiter les effets des changements climatiques, qui se font déjà sentir, nous devrions cibler un réchauffement maximal de  $2^{\circ}\text{C}$ .

### Tâche 7 – État des faits sur les changements climatiques

À partir du document power point disponible sur Moodle qui reprend les constats scientifiques du GIEC, répondez aux questions qui suivent. **\*\* Les réponses aux questions doivent être incluses dans votre porte-folio.**

#### Questions :

Utilisez les chiffres à l'appui lorsque nécessaire.

- 1) Quels sont les principaux indicateurs étudiés lorsque l'on évalue les modifications du climat? (ex. température...)
- 2) Comment a évolué le niveau de CO<sub>2</sub> depuis l'époque préindustrielle?
- 3) Quelle information tirez-vous du graphique présenté à la diapositive 2 concernant les émissions de CO<sub>2</sub> et la température planétaire.
- 4) Quelles sont les prédictions concernant les émissions de CO<sub>2</sub> dans le futur?
- 5) De combien de degré s'est réchauffée la planète entre 1880 et 2012?
- 6) Quelle est l'année la plus chaude jamais enregistrée?
- 7) Selon les prévisions de l'augmentation des températures, quelle région du globe verra sa température augmenter davantage?
- 8) Quel est l'impact actuel des changements climatiques en Amérique du Nord concernant les précipitations?
- 9) Selon la figure de la diapositive 10, deuxième scénario, quelles sont les prévisions concernant les précipitations au Canada dans le futur?
- 10) De combien de mètre ou de millimètres le niveau moyen de la mer a augmenté entre les années 1900 et 2000?
- 11) Selon le scénario RCP8,5 de combien de mètres le niveau moyen de la mer risque est prévu d'augmenter d'ici 2100?
- 12) Pourquoi l'acidité des océans a augmenté de 26% depuis 1950?
- 13) En vous référant aux prévisions d'émissions de CO<sub>2</sub>, comment va évoluer l'acidité (augmentation ou diminution) des océans dans les années futures? Justifiez votre réponse.
- 14) Qu'est-ce que la cryosphère?
- 15) Au cours des 20 dernières années, quel phénomène a-t-on observé concernant la cryosphère?

## Les combustibles fossiles et les changements climatiques

---

- 16) De combien de millions de km<sup>2</sup> la banquise arctique a-t-elle fondu dans les 100 dernières années?
- 17) En 2080, restera-t-il une banquise en arctique au mois de septembre?
- 18) Si l'humanité arrête les émissions de CO<sub>2</sub> en 2015, y aura-t-il encore des changements climatiques?
- 19) Nommez 6 impacts des changements climatiques pouvant affecter les populations humaines.

**\*\*\*Consultez sur Moodle le document donnant les indications sur la recherche concernant les impacts des changements climatiques sur les humains .**



## Cours 3 – Sables bitumineux et projets de pipelines

### Qu'est-ce que les sables bitumineux?

Un sable bitumineux est un mélange de bitume brut, qui est une forme semi-solide de pétrole brut, de sable, d'argile minérale et d'eau. En d'autres mots, c'est un sable enrobé d'une couche d'eau sur laquelle se dépose la pellicule de bitume. Plus la pellicule de bitume est épaisse, meilleurs sont les sables bitumineux en termes de quantité de pétrole extractible. Après extraction et transformation des sables bitumineux, on obtient le bitume, qui est un mélange d'hydrocarbures sous forme solide, ou liquide dense, épais et visqueux. Les gisements de sable bitumineux représentent une importante source de pétrole brut de synthèse, ou *pétrole non conventionnel*. Les principales réserves se situent en Alberta (Canada) et dans le bassin du fleuve de l'Orénoque, au Venezuela. De plus petits gisements de sables bitumineux existent dans d'autres endroits du monde (Wikipedia, 2015b).



### Les sables bitumineux au Canada

Les réserves de sables bitumineux sont réparties dans 3 régions distinctes du nord de l'Alberta qui occupent une superficie totale de 140 200 km<sup>2</sup>. Ces régions sont l'Athabasca (réserves les plus importantes), Cold Lake et Peace River.



**Figure 9 – Dépôt des sables bitumineux en Alberta** (Source : Alberta Energie Regulator, 2015)

L'activité économique générée par l'industrie des sables bitumineux augmente à mesure que le prix du pétrole et la production de sable bitumineux augmentent. Actuellement, Statistique Canada ne publie pas le produit intérieur brut (PIB) du secteur des sables bitumineux spécifiquement; les données concernant l'industrie pétrolière et gazière ne sont publiées qu'à titre informatif. Le PIB réel de l'industrie pétrolière et gazière prise comme un tout (y compris les sables bitumineux) était de 93 milliards\$ en 2012, soit 6% du PIB national.

Le PIB de ce secteur a crû au rythme de 3,2% de 2011 à 2012, soit 1,5 point de pourcentage de plus que la moyenne nationale. L'Alberta demeure la championne de l'industrie pétrolière et gazière au pays. Le PIB réel de l'industrie pétrolière et gazière en Alberta était de 73 milliards\$ en 2012, ce qui représentait près de 79% du PIB canadien associé au pétrole et au gaz. En Alberta, la domination de l'industrie pétrolière et gazière est encore plus concrète : ce secteur représentait plus de 26% du PIB réel de la province en 2012. Au Canada, les redevances et les revenus de baux fonciers relatifs aux ressources non renouvelables sont perçus par les gouvernements provinciaux et territoriaux.

En 2011-2012, l'Alberta a généré plus de 11,9 milliards\$ de ses activités dans les ressources non renouvelables, dont 4,5 milliards \$ sont attribuables à l'exploitation des sables bitumineux. Les redevances perçues associées aux sables bitumineux représentaient 11,4% des recettes du gouvernement albertain. En raison de la chute des prix du pétrole à l'échelle mondiale sur presque toute l'année 2012 et en raison de la réduction des prix du pétrole aux Etats-Unis et en Alberta on s'attend à un fléchissement abrupt des redevances sur les ressources non renouvelables en 2012-

## Les combustibles fossiles et les changements climatiques

---

2013 et en 2013-2014. Ce fléchissement pourrait être de près de 25%, ce qui ferait passer les recettes à environ 3,4 milliards\$ (Institut Pembina, 2013).

L'exploitation des sables bitumineux génère également des revenus au gouvernement fédéral, principalement par la voie de l'impôt sur le revenu des sociétés. L'industrie pétrolière et gazière canadienne a versé 1,5 milliard\$ en impôts sur le revenu en 2011 (0,6 % des recettes du gouvernement fédéral pour l'exercice 2011-2012). En 2012, 22 340 personnes travaillaient directement dans l'exploitation des sables bitumineux au Canada, soit environ 0,13% de tous les emplois occupés au pays (Institut Pembina, 2013). Il faut toutefois mentionné que Les contribuables canadiens financent l'industrie pétrolière en lui versant 1,38 milliard de dollars par année, et ce, sans compter le financement additionnel de plusieurs provinces à cette même industrie (La vérité sur les sables bitumineux, 2015)

### Technique d'exploitation des sables bitumineux

Il faut déployer des efforts considérables pour transformer les sables bitumineux en pétrole, qui peut ensuite servir de charge d'alimentation dans les raffineries. Il faut beaucoup d'énergie, d'eau et d'autres ressources pour transformer en pétrole brut le bitume contenu dans le mélange complexe de sable, d'eau et d'argile. Après son extraction du minerai, le bitume se présente sous la forme d'une substance noire très épaisse et visqueuse qui doit être valorisée avant d'être transformée en pétrole brut synthétique.

Les méthodes d'exploitation des sables bitumineux varient selon la profondeur à laquelle se trouve le minerai des sables bitumineux. Cette profondeur peut varier entre 50 et 200 m sous la surface du sol et la récupération des sables bitumineux nécessite le recours à diverses techniques. L'exploitation minière à ciel ouvert convient dans les endroits où les sables bitumineux sont près de la surface, tandis que le drainage par gravité au moyen de la vapeur est utilisé lorsque le gisement se trouve à une plus grande profondeur.

Les sables bitumineux se trouvent de 50 à 200 m sous la surface. Étant donné les différentes profondeurs auxquelles on les retrouve, la récupération de ces sables nécessite différentes techniques : exploitation à ciel ouvert pour ceux peu profonds et drainage par gravité au moyen de vapeur (DGMV) pour ceux plus profondément enfouis. Ces deux techniques sont décrites ci-après en détail (Ressources Naturelles Canada, 2013).

### Exploitation à ciel ouvert

Après identification de la source potentielle de bitume, on nettoie la zone et on la débarrasse des morts-terrains afin d'assurer une récupération continue et uniforme des sables bitumineux. Une fois le terrain dégagé, on est prêt pour l'exploitation. La première étape consiste à excaver les sables bitumineux et à les transporter vers une installation de



## Les combustibles fossiles et les changements climatiques

---

broyage. Des pelles mécaniques et des camions géants pouvant transporter des charges allant jusqu'à 400 tonnes sont utilisés pour ces opérations (Ressources naturelles Canada, 2013).

Une fois le sable bitumeux broyé, on y ajoute de l'eau chaude afin que le bitume puisse être pompé à l'unité d'extraction. Une fois rendue à l'unité d'extraction, de l'eau chaude additionnelle est ajoutée à cette boue contenant du sable, de l'argile, du bitume et de l'eau dans un grand séparateur dans lequel la boue se décante avec le temps. Au fur et à mesure de cette décantation, une mousse de bitume remonte à la surface et les sédiments (roches, argile, sable et eau) se déposent au fond. La couche intermédiaire est retirée pour la récupération ultérieure du bitume.

Cette mousse de bitume contient du bitume, de l'argile et de l'eau piégée. Elle est récupérée et envoyée vers des unités de traitement de la mousse. L'objectif du traitement de la mousse est de réduire la teneur en eau et en déchets solides du bitume avant que ce dernier ne passe dans une unité de valorisation. Pour ce traitement, on ajoute à la mousse des diluants (agents solvants de naphta ou de paraffine) afin de réduire sa viscosité et on la chauffe. À la fin de ce traitement, un mélange contenant de l'argile, de l'eau, des traces de bitume et des produits chimiques utilisés pour le traitement, appelé résidus, est pompé vers des bassins de décantation, et le bitume récupéré est envoyé vers une unité de valorisation.

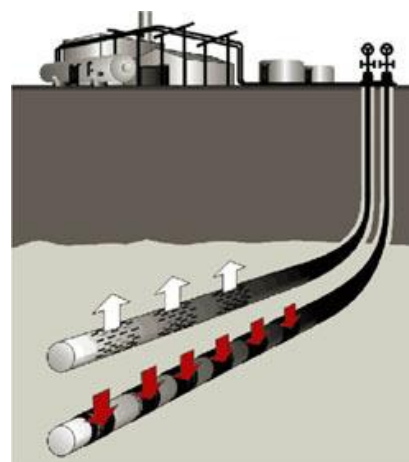
Les bassins de décantation ou les réservoirs de retenue sont aussi appelés bassins de résidus. Une partie importante de l'eau rejetée dans ces bassins peut être recyclée. Par contre, les autres résidus y restent indéfiniment. Toute eau extraite de ces bassins doit subir un traitement avant de pouvoir être rejetée dans l'environnement.

Le bitume récupéré après le traitement de la mousse est très épais et lourd. C'est une substance noire, visqueuse, qui doit être diluée ou valorisée afin de pouvoir être expédiée par pipeline ou utilisée comme matière d'alimentation dans une raffinerie. Le produit du traitement de la mousse à la paraffine est beaucoup moins visqueux et nécessite beaucoup moins de diluant avant de pouvoir être expédié par pipeline.

### **Drainage par gravité au moyen de vapeur (DGMV)**

Environ 80 % des réserves de sable bitumineux sont enfouies trop profondément pour permettre une exploitation à ciel ouvert. On récupère le bitume présent à grande profondeur (plus de 130 m) au moyen d'une technique appelée drainage par gravité au moyen de vapeur (DGMV). Actuellement, le DGMV est la technique in situ (ou sur place) la plus populaire. Elle permet de récupérer de manière rentable jusqu'à 55-60 % du bitume (Ressources naturelles Canada, 2013).

La technique de DGMV consiste à forer deux puits parallèles horizontaux dans la formation, un à une hauteur légèrement



supérieure à l'autre. Le puits supérieur (puits d'injection) sert de sorte de chambre à vapeur pour l'injection continue de vapeur d'eau dans le sol. Au fur et à mesure que la température de la formation contenant les sables bitumineux s'élève, le bitume devient plus fluide et, en raison de la gravité, s'écoule dans le puits inférieur (puits de production). Finalement, l'eau condensée et le pétrole brut ou le bitume sont récupérés à la surface au moyen de pompes, puis transportés vers une installation de valorisation.

Il est à noter que pour chauffer l'eau pour faire la vapeur d'eau qui sera injectée dans le sol, l'industrie utilise plus de 17 millions de mètres cubes de gaz naturel quotidiennement pour extraire et produire le pétrole des sables bitumineux. C'est assez pour chauffer plus de 3 millions de foyers canadiens tous les jours, c'est-à-dire presque tous les foyers dans l'Ouest canadien (La vérité sur les sables bitumineux, 2015). Donc, il est nécessaire d'utiliser des combustibles fossiles (gaz naturel) pour extraire d'autres combustibles fossiles (pétrole des sables bitumineux)!

### Historique de l'exploitation des sables bitumineux

On s'intéresse aux sables bitumineux au Canada depuis plus de 200 ans. Les documents historiques remontent aussi loin que 1715, lorsque James Knight, commissionnaire de Fort York, écrivait dans son journal à propos d'une "gomme ou d'un brai qui déborde sur les berges d'une rivière" (la rivière Athabasca). Ce fut le premier constat d'un Européen à propos des dépôts de sables bitumineux dans l'Ouest canadien. Les activités d'exploitation des sables bitumineux ont débuté au début du XX<sup>e</sup> siècle. Toutefois, on n'en a saisi le potentiel qu'à la fin des années 1930 :

« Les sables asphaltiques de la région de McMurray, qu'il convient plutôt d'appeler sables bitumineux, constituent probablement le plus grand champ pétrolifère potentiel au monde, et de nombreux spécialistes rêvent de trouver un procédé efficace et économique qui permettra de séparer le pétrole du sable, de manière à pouvoir le transformer en essence, en diesel, en mazout et en huile pour routes dans une raffinerie moderne. Les ingénieurs d'Abasand Oils Ltd., à Fort McMurray, examinent le problème depuis un certain temps, et ont trouvé un traitement qui semble efficace et économique... On prévoit faire des essais d'ici la fin de l'année, et l'usine devrait être pleinement opérationnelle au début de 1940. »<sup>1</sup>

Comme l'a décrit M. Drummond, il est toujours difficile de « trouver un moyen efficace et économique de séparer le pétrole du sable ». La technologie s'est améliorée continuellement d'une décennie à l'autre, mais bon nombre des étapes les plus marquantes n'ont été franchies que récemment. On est encore en train de déterminer comment exploiter le mieux possible cette incroyable ressource. Karl Clark, scientifique menant des recherches avant-gardistes à l'Alberta Research Council, a élaboré une méthode permettant de séparer le bitume du sable. Ce procédé a été essentiel à la mise en œuvre ultérieure de projets d'extraction des sables bitumineux à grande échelle. (Association canadienne des producteurs pétroliers, 2015)

---

<sup>1</sup> M. L. C. Drummond, Secrétaire-gestionnaire de l'Alberta and North-West Chamber of Mines, publié en décembre 1939 dans *The Pre-Cambrian Source: Peel's Prairie Provinces*, Bibliothèque de l'Université de l'Alberta

## Les combustibles fossiles et les changements climatiques

---

L'exploitation s'est accélérée à partir de 2002. En 2012, la production de bitume brut à partir des sables bitumineux a été de 1,9 million de barils par jour, soit 305 000 m<sup>3</sup>, pour un total annuel de 704 millions de barils, soit 112 millions de m<sup>3</sup> pour l'année. On prévoit que la production doublera en 2022, pour atteindre 3 800 000 bbl/j, soit 221 millions de mètres cubes par an (Wikipedia, 2015b).

### **Tâche 8**

**Suite à votre lecture, faire un résumé de l'historique et des techniques d'exploitation des sables bitumineux.**

**\*\*Déposez le résumé dans votre porte-folio**

### **Changements climatiques, environnement et exploitation des sables bitumineux**

Le Canada fait partie des dix plus grands pollueurs au monde. En effet, les Canadiens produisent trois fois plus de pollution liée aux changements climatiques que les citoyens de la Chine ou de l'Europe, et plus de 14 fois celle des citoyens de l'Inde. Pendant que le reste du monde travaille sur un traité qui réduira significativement les émissions d'ici 2020, le gouvernement de l'Alberta prévoit permettre l'augmentation de 20 % de ses émissions pour la même période. Selon le scénario actuel, l'industrie des sables bitumineux représentera 95% de l'augmentation des émissions industrielles du Canada d'ici 2020. La politique du gouvernement fédéral en matière de changements climatiques est conçue pour accommoder la croissance de l'industrie des sables bitumineux et l'augmentation de ses émissions de GES. En effet, depuis l'Accord de Copenhague, le Canada est le seul pays qui a réduit ses ambitions quant à la lutte aux changements climatiques. L'Alberta avec l'exploitation des sables bitumineux est responsable de plus de la moitié (52%) de l'augmentation des émissions du Canada depuis 1990, année de référence du Protocole de Kyoto (Équiterre, 2011).

### **Tâche 9**

**Visionnez le documentaire De l'or bleu à l'or noir. Ce documentaire est disponible en ligne à partir du site de la bibliothèque du Cégep.**

En visionnant le documentaire, vous devez faire un résumé qui fait état des impacts environnementaux et liés à la santé générés par l'exploitation des sables bitumineux de l'Alberta.

**\*\* Le résumé devra être inclus dans votre porte-folio**



## Les pipelines

À l'heure du réchauffement climatique, les scientifiques recommandent aux pays industrialisés, dont le Canada, de réduire d'au moins 25 à 45 pour cent leurs émissions de gaz à effet de serre (GES) (Greenpeace, 2015). Pourtant, les émissions générées par l'industrie pétrolière de l'Alberta en une seule journée sont équivalents à plus de 30 millions de Canadiens au volant d'une voiture. Situé à des milliers de kilomètres de là, le Québec n'est pourtant pas à l'abri du pétrole des sables bitumineux. Les efforts mêmes insuffisants de réduction du Québec risquent d'être vainc si l'exploitation de ce type de pétrole se poursuit. De plus, les compagnies Enbridge et Pipelines Montréal ont pour ambition d'acheminer 200 000 barils de pétrole par jour issus des sables bitumineux en passant par le Québec. Ce projet est connu sous le nom de Trailbreaker et menace les terres agricoles, car les oléoducs sont tristement réputés pour leurs fuites (Greenpeace, 2015).

### Tâche 10

Écoutez l'[entrevue de Pierre-Olivier Pineau à Radio-Canada](#) sur les pipelines en sol québécois ET le document d'[Équiterre sur les projets de pipeline](#).

Répondre ensuite aux questions suivantes:

- 1) Quel est le lien entre les pipelines et l'exploitation des sables bitumineux?
- 2) Est-ce que la construction de pipelines est cohérente dans un contexte d'efforts de réduction de gaz à effet de serre?
- 3) Y a-t-il des risques associés au transport de pétrole par pipeline?

**\*\* Mettre les réponses aux questions dans votre porte-folio**

## Cours 4 – Anticosti : la chasse au pétrole extrême

### Tâche 11

Visionner le documentaire de Dominique Champagne, [Anticosti : la chasse au pétrole extrême](#) sur l'exploitation du pétrole de schiste à Anticosti, disponible sur le site de la bibliothèque (le lien vous sera fourni).

Vous devez faire un résumé du documentaire. Celui-ci doit inclure :

- 1) Les avantages d'extraire le pétrole à Anticosti
- 2) Les risques d'extraire le pétrole à Anticosti
- 3) Votre opinion quant à l'exploitation ou non du pétrole à Anticosti

***\*\*Le résumé doit être inclus dans votre porte-folio***

### Sources d'actualité récentes concernant l'exploitation du pétrole à Anticosti :

Le Devoir : [Un réseau de pipeline pour Anticosti](#), 28 mai 2015

Le Devoir : [Les scénarios d'exploitation sont des « hypothèses » dit Arcand](#), 21 mai, 2015

Le Devoir : [Nouveaux lobbyistes pour l'exploitation pétrolière sur Anticosti](#), 12 mai 2015

La Presse : [Pétrole dans l'Île d'Anticosti : Pétrolia optimiste, des experts sceptiques](#), 22 mai 2015

Le Devoir : [Les forages reprennent sur Anticosti](#), 4 mai 2015

Le Devoir : [Jusqu'à 6500 puits de pétrole à Anticosti](#), 21 mai 2015

Suite à votre visionnement, les articles récents concernant l'exploitation du pétrole de schiste à Anticosti peuvent vous aider à animer le forum sur cet enjeu.

**N'oubliez pas d'ajouter ou de faire référence à des articles d'actualité pertinents concernant le thème à l'étude sur le forum de discussion!!**



### **Cours 5 – Recherche sur les impacts des changements climatiques sur les humains.**

#### **Tâche 12**

**Terminer et remettre la recherche sur un impact des changements climatiques sur les humains. N'oubliez pas de vous référer au document qui précise les consignes pour ce travail qui vaut 15% de votre session.**

#### **Tâche 13 – le forum**

***\*\* La participation au forum est toujours requise!! Cette semaine sur le forum, j'aimerais que vous vous penchiez sur les solutions envisagées pour limiter les impacts des changements climatiques et la consommation de pétrole.***

## Références

Alberta Energie Regulator, 2015. Activity and Data. En ligne : <https://www.aer.ca/data-and-publications/activity-and-data> Consulté le 28 mai 2015.

Association canadienne des producteurs pétroliers, 2015. Historique. En ligne: <http://www.sablesbitumineuxmaintenant.ca/whatareoilands/Pages/History.aspx> Consulté le 28 mai 2015.

Demirdjian Hagop. 2005. « Les combustibles fossiles : formation, composition et réserves ». En ligne : <http://culturesciences.chimie.ens.fr/node/1050> Consulté le 1<sup>er</sup> juin 2015.

Équiterre, 2011. Le gouvernement canadien et les changements climatiques. En ligne : <http://www.equiterre.org/fiche/le-gouvernement-canadien-et-les-changements-climatiques> Consulté le 1<sup>er</sup> juin 2015.

GIEC, 2013 : résumé à l'intention des décideurs. État et projection des changements climatique. En ligne. <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm-fr.pdf> Consulté le 28 mai 2015.

Greenpeace, 2013. Point of no return. En ligne: <http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/climate/2013/PointOfNoReturn.pdf> Consulté le 28 mai, 2015.

Greenpeace, 2015. Les sables bitumineux. En ligne: <http://www.greenpeace.org/canada/fr/campagnes/Energies/sables-bitumineux/> Consulté le 28 mai, 2015.

Institut Pembina, 2013. Risques bitumineux : les conséquences économiques de l'exploitation des sables bitumineux en au Canada. En ligne : <https://www.pembina.org/reports/booms-busts-bitumen-fr.pdf>, Consulté le 28 mai, 2015.

La vérité sur les sables bitumineux, 2015. Économie. En ligne : <http://laveritesurlessablesbitumineux.org/categorie/economie/> Consulté le 1<sup>er</sup> juin, 2015.

Ouranos, 2015. Foire aux questions. En ligne : <http://www.ouranos.ca/fr/FAQ/fiche1Fr.php> Consulté le 28 mai, 2015.

Ouranos, 2015b. Que sont les changements climatiques. En ligne : <http://www.ouranos.ca/fr/faq/fiche2Fr.php> Consulté le 28 mai. 2015.

Planète terre, 2007. Les combustibles fossiles. En ligne. [http://www.gac.ca/PopularGeoscience/factsheets/FossilFuels\\_f.pdf](http://www.gac.ca/PopularGeoscience/factsheets/FossilFuels_f.pdf) Consulté le 1<sup>er</sup> juin 2015.

Ressources Naturelles Canada, 2013. Exploitation des sables bitumineux. En ligne: <http://www.rncan.gc.ca/energie/sables-bitumineux/5854> Consulté le 28 mai, 2015.

## Les combustibles fossiles et les changements climatiques

---

Wikipedia, 2015. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. En ligne : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Groupe\\_d%27experts\\_intergouvernemental\\_sur\\_l%27%C3%A9volution\\_du\\_climat](http://fr.wikipedia.org/wiki/Groupe_d%27experts_intergouvernemental_sur_l%27%C3%A9volution_du_climat) Consulté le 28 mai, 2015.

Wikipedia, 2015b. Les sables bitumineux. En ligne : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Sable\\_bitumineux](http://fr.wikipedia.org/wiki/Sable_bitumineux) Consulté le 28 mai, 2015.