

GUIDE D'APPRENTISSAGE

# TRANSFORMATIONS

## LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

SCIENCE ET TECHNOLOGIE

SCT-4062-2



CONFORME  
AU NOUVEAU  
PROGRAMME

sofad

GUIDE D'APPRENTISSAGE

# TRANSFORMATIONS

## LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

SCIENCE ET TECHNOLOGIE

SCT-4062-2



sofad

**Chargé de projets**

Alain Pednault

**Conception pédagogique**

France Garnier, conseillère  
pédagogique à la FGA,  
CSDRAVEURS

**Rédaction de contenus**

France Garnier

*(Chapitres, annexes)*

Marie-Ève Côté

*(Autoévaluation, réactivation, glossaire)*

Junior Carrier

*(Corrigé)*

**Révision pédagogique  
et scientifique**

Junior Carrier, enseignant et  
conseiller pédagogique à la FGA,  
CSCharlevoix

France Vallée, enseignante  
à la FGA, CSDPS

Jessie Trottier-Chabot,  
enseignante à la FGA, CSOB

Gilles St-Louis

**Conception et production  
des illustrations**

Marc Tellier

**Conception graphique  
et couverture**

Mylène Choquette

**Infographie**

Marquis Interscript

**Correction d'épreuves**

Ginette Choinière

© SOFAD 2018

Tous droits de traduction et d'adaptation, en totalité ou en partie, réservés pour tous pays. Toute reproduction, par procédé mécanique ou électronique, y compris la microreproduction, est interdite sans l'autorisation écrite d'un représentant dûment autorisé de la SOFAD.

Tout usage en location ou prêt est interdit sans autorisation écrite et licence correspondante octroyée par la SOFAD.

Cet ouvrage est en partie financé par le ministère de l'Éducation, et de l'Enseignement supérieur du Québec.

Dépôt légal – 2018

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Bibliothèque et Archives Canada

ISBN : 978-2-89493-820-1 (imprimé)

ISBN : 978-2-89493-821-8 (PDF)

Avril 2018

# Table des matières

Cet aperçu contient :  
 - la table des matières;  
 - l'introduction;  
 - la première situation d'apprentissage.



## CHAPITRE 1

**La lutte aux changements climatiques**  
 À vous de jouer!

### SITUATION 1.1

**L'EFFET DE SERRE**   **LES GAZ À EFFET DE SERRE**  
**LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES**

SA 1.1 – Le comité environnemental a besoin de vous ..... 4

Exploration ..... 5

Appropriation ..... 7

Résolution ..... 14

Consolidation ..... 16

### SITUATION 1.2

**LE CYCLE DU CARBONE**   **LE CYCLE DE L'AZOTE**

SA 1.2 – Réduire l'émission des gaz à effet de serre ..... 18

Exploration ..... 19

Appropriation ..... 20

Résolution ..... 28

Consolidation ..... 32

**SAVOIRS EN RÉSUMÉ** ..... 34

**INTÉGRATION** ..... 38

**SAÉ** ..... 40

## CHAPITRE 2

**Comprendre les transformations chimiques**  
 La chimie du réchauffement climatique

### SITUATION 2.1

**LA LOI DE LA CONSERVATION DE LA MASSE**  
**LE BALANCEMENT D'ÉQUATIONS CHIMIQUES SIMPLES**  
**LA PHOTOSYNTHÈSE ET LA RESPIRATION**   **L'OXYDATION**   **LA COMBUSTION**

SA 2.1 – L'industrie porcine se mobilise ..... 46

Exploration ..... 47

Appropriation ..... 49

Résolution ..... 62

Consolidation ..... 66

### SITUATION 2.2 ACTIVITÉ PRATIQUE

**LA CONCENTRATION**

SA 2.2 – La concentration en CO<sub>2</sub> dans une serre ..... 68

Exploration ..... 69

Appropriation ..... 71

Résolution ..... 80

Consolidation ..... 85

**SAVOIRS EN RÉSUMÉ** ..... 86

**INTÉGRATION** ..... 89

**SAÉ** ..... 92



## CHAPITRE 3

### Les propriétés physico-chimiques des solutions

L'acidification des océans

#### SITUATION 3.1 ACTIVITÉ PRATIQUE

<b>LES IONS</b>	<b>LES ÉLECTROLYTES</b>	<b>LA FORCE DES ÉLECTROLYTES</b>	
<b>LA DISSOCIATION ÉLECTROLYTIQUE</b>	<b>LA CONDUCTIBILITÉ ÉLECTRIQUE</b>	<b>L'ÉCHELLE DE pH</b>	
SA 3.1 – L'acidification du fleuve Saint-Laurent	96		
Exploration	97		
Appropriation	99		
Résolution	116		
Consolidation	122		

#### SITUATION 3.2

<b>LA RÉACTION DE NEUTRALISATION ACIDOBASIQUE</b>	
SA 3.2 – Des gestes pour épargner les coraux	124
Exploration	125
Appropriation	126
Résolution	134
Consolidation	137

SAVOIRS EN RÉSUMÉ ..... 138

INTÉGRATION ..... 140

SAÉ ..... 144



## CHAPITRE 4

### L'hydrosphère et l'atmosphère

L'adaptation au réchauffement planétaire

#### SITUATION 4.1 ACTIVITÉ PRATIQUE

<b>LA CIRCULATION OCÉANIQUE</b>	<b>LE GLACIER ET LA BANQUISE</b>	<b>LA SALINITÉ</b>	
SA 4.1 – La fonte de l'inlandsis du Groenland	150		
Exploration	151		
Appropriation	153		
Résolution	164		
Consolidation	169		

#### SITUATION 4.2

<b>LA MASSE D'AIR</b>	<b>LE CYCLONE ET L'ANTICYCLONE</b>	<b>LA CIRCULATION ATMOSPHÉRIQUE</b>	
SA 4.2 – Le climat et les instruments de mesure	172		
Exploration	173		
Appropriation	175		
Résolution	188		
Consolidation	194		

SAVOIRS EN RÉSUMÉ ..... 196

INTÉGRATION ..... 200

SAÉ ..... 204



## CHAPITRE 5

### Les biomes

Les effets du réchauffement climatique sur les biomes

#### SITUATION 5.1

LES BIOMES TERRESTRES    LES FACTEURS QUI INFLUENT SUR LA DISTRIBUTION DES BIOMES

LES HORIZONS DU SOL    LE PERGÉLISOL

SA 5.1 – Les biomes terrestres alpins .....	210
Exploration .....	211
Appropriation .....	212
Résolution .....	228
Consolidation .....	232

#### SITUATION 5.2

LES BIOMES AQUATIQUES    LES FACTEURS QUI INFLUENT SUR LA DISTRIBUTION DES BIOMES

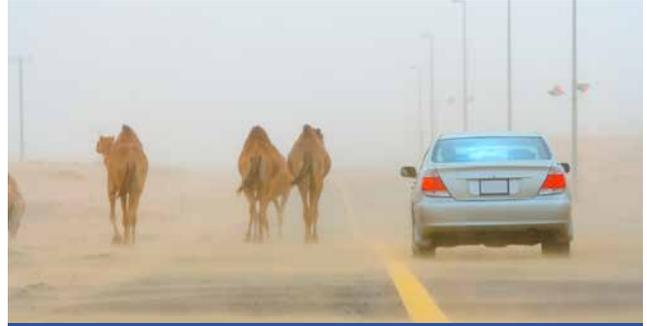
L'ÉTUDE DES POPULATIONS

SA 5.2 – La mystérieuse disparition du grand brochet ..	234
Exploration .....	235
Appropriation .....	236
Résolution .....	254
Consolidation .....	259

SAVOIRS EN RÉSUMÉ .....

INTÉGRATION .....

SAÉ .....



## CHAPITRE 6

### L'écologie

Les adaptations des écosystèmes aux perturbations environnementales

#### SITUATION 6.1

LA DYNAMIQUE DES COMMUNAUTÉS    LA DYNAMIQUE DES ÉCOSYSTÈMES

SA 6.1 – Les étourneaux : grands gagnants de la crise du verglas! .....	278
Exploration .....	279
Appropriation .....	280
Résolution .....	296
Consolidation .....	301

#### SITUATION 6.2

L'ÉTUDE DES POPULATIONS (L'HUMAIN)

SA 6.2 – Des visiteurs inattendus! .....	304
Exploration .....	305
Appropriation .....	306
Résolution .....	318
Consolidation .....	320

SAVOIRS EN RÉSUMÉ .....

INTÉGRATION .....

CARNET DE PRODUCTION .....

## COMPLÉMENTS

AUTOÉVALUATION .....

RÉACTIVATION .....

ANNEXES .....

GLOSSAIRE .....

CORRIGÉ .....

GRILLE D'ÉVALUATION DES COMPÉTENCES .....

## Présentation du guide d'apprentissage

Bienvenue dans le guide d'apprentissage du cours *Les changements climatiques*. Ce cours de **Science et technologie** de la **4<sup>e</sup> année du secondaire** a pour but de développer vos compétences à traiter des situations en lien avec les grands enjeux associés aux changements climatiques, tels que :

- les perturbations du cycle du carbone et l'augmentation de l'effet de serre causées par l'humain ;
- l'acidification des océans ;
- la fonte des glaciers entraînant des inondations ;
- l'accroissement des sécheresses et des phénomènes climatiques extrêmes ;
- la perturbation des biomes terrestres et aquatiques qui affectent les espèces animales et végétales.

Une meilleure compréhension de ces enjeux vous permettra de mieux intervenir pour réduire votre bilan carbone et pour sensibiliser la population au sujet des changements climatiques dans le cadre d'un projet que vous aurez à réaliser.

Voici les trois compétences que vous aurez à développer :

- chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique ;
- mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques ;
- communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie.

Vous êtes maintenant convié à réaliser les activités d'apprentissage qui vous sont proposées dans les six chapitres de ce guide.

## Portailsofad.com

Sur [portailsofad.com](http://portailsofad.com) des capsules vidéo et des versions imprimables des ressources complémentaires au guide de la collection TRANSFORMATIONS vous accompagneront tout au long de vos apprentissages.



# COMPOSANTES D'UN CHAPITRE

La démarche d'apprentissage proposée dans un chapitre permet de progresser en réinvestissant les apprentissages réalisés d'une section à l'autre. Le schéma qui suit illustre cette démarche et précise l'intention pédagogique de chacune des sections.

## OUVERTURE DU CHAPITRE

La première page décrit le contexte et la thématique qui serviront de trame de fond à l'acquisition des nouveaux savoirs abordés dans le chapitre.

**CHAPITRE 1**

### La lutte aux changements climatiques

**À vous de jouer!**

Le 12 décembre 2015 fut un jour historique dans la lutte contre le réchauffement de la planète. En effet, l'Accord de Paris pour le climat est adopté par 195 pays, dont les plus grands émetteurs de gaz à effet de serre. Par cet accord, un message clair est transmis à toute l'humanité : chacun d'entre nous est invité à réduire son impact sur le réchauffement climatique.

Dans le cadre de ce cours, vous aurez à vous familiariser avec la problématique des changements climatiques et les principes scientifiques qui s'y rattachent. Vous aurez à émettre une opinion critique sur les pistes de solution possibles pour réduire les impacts du réchauffement planétaire et à réaliser une activité de sensibilisation sur l'importance de lutter contre les changements climatiques.

Dans ce chapitre, vous vous familiariserez avec la problématique des changements climatiques et vous amorcerez une activité de sensibilisation que vous poursuivrez tout au long du cours.

À vous de jouer!

SITUATION 1.1 Le comité environnemental a besoin de vous	p. 4
SITUATION 1.2 Réduire l'émission des gaz à effet de serre	p. 18
SAVOIRS EN RÉSUMÉ	p. 34
INTÉGRATION	p. 38
SAÉ Des GES dans votre assiette	p. 40

Une table des matières accompagne cette première page. Les savoirs à acquérir y sont présentés pour chacune des Situations, ainsi que le thème des situations.

## SITUATIONS

Il y a deux Situations d'apprentissage par chapitre, qui peuvent être théoriques ou pratiques (expérimentation). La démarche proposée dans ces situations permet d'acquérir de nouveaux savoirs et de développer des compétences dans des contextes réels et signifiants.

**SITUATION 1.2**

### Réduire l'émission des gaz à effet de serre

**BUT**  
Approfondir ses connaissances sur les sources naturelles et anthropiques des GES et les moyens pour réduire leurs émissions.

**TÂCHE**  
Vous devez aider votre ami à en savoir plus sur les origines de ses émissions de GES, à établir son bilan carbone et lui proposer des moyens pour réduire ses émissions de GES.

**LE SAVIEZ-VOUS ?**  
Félicité pour la première fois le 22 avril 1970, ce mouvement environnemental dans les politiques est devenu l'événement participatif écologique le plus pour les enjeux environnementaux mondiaux.

**Les émissions de GES totales par habitant des provinces et territoires canadiens en 2013**

Provinces	Population	Émissions totales (Mt eq. CO <sub>2</sub> )	Émissions par habitant (t eq. CO <sub>2</sub> )
Terre-Neuve-et-Labrador	529 000	8,6	16,3
Nouveau-Brunswick	1 265 500	21,4	16,9
Québec	7 550 000	126,2	16,7
Ontario	13 531 000	225,2	16,6
Manitoba	1 265 500	21,4	16,9
Saskatchewan	1 106 100	18,4	16,6
Alberta	4 097 700	67,6	16,5
Colombie-Britannique	4 582 600	75,8	16,5
Yukon	36 400	0,4	11,0
Territoires du Nord-Ouest	79 300	1,7	21,4
Québec	8 154 800	134,2	16,3
Canada	35 155 500	576,1	16,4

Source : Inventaire canadien de l'émission de gaz à effet de serre en 2013 et leur évolution depuis 1990, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2016. (En ligne).  
Mt = mégagramme, donc un million de tonnes.

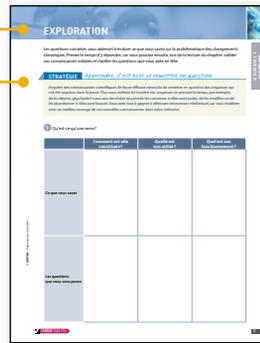
# PHASES D'UNE SITUATION



## PRÉSENTATION DE LA SITUATION

Liée au thème principal du chapitre, cette page décrit brièvement le contexte de la situation, ainsi que des informations nécessaires à la résolution.

Un encadré décrit la tâche que vous aurez à réaliser plus loin dans la section *Résolution*. Cette tâche est le point de départ qui vous permettra d'acquérir de nouveaux savoirs en vue de résoudre la situation.



## EXPLORATION

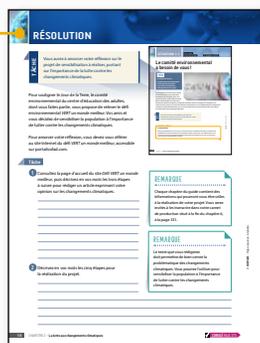
Cette section vous invite à analyser les informations de la situation ainsi qu'à déterminer les savoirs que vous possédez et ceux que vous devez acquérir pour réaliser la tâche.

Des éléments de la démarche d'investigation en science et des stratégies d'exploration peuvent aussi être proposés.



## APPROPRIATION

C'est ici que sont assimilés les savoirs nécessaires pour résoudre la situation.



## RÉSOLUTION

Arrivé à cette section, vous devriez avoir en votre possession toutes les connaissances essentielles à la résolution de la situation énoncée au début de la situation.

D'autres éléments de la démarche d'investigation en science et des stratégies d'analyse peuvent aussi être proposés.



## CONSOLIDATION

Cette section vous permettra de consolider les savoirs acquis dans l'*Appropriation*.

Tout comme la section *Intégration*, cette *Consolidation* permet aussi de développer les compétences.

## EN FIN DE CHAPITRE...

### SAVOIRS EN RÉSUMÉ

Cette section résume tous les savoirs à *retenir* qui ont été présentés dans le chapitre.

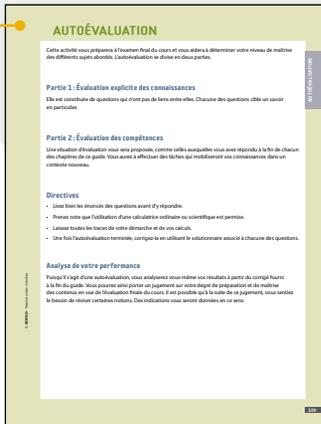
### INTÉGRATION

Dans cette section, qui inclut des exercices et des situations complexes, vous devrez appliquer les savoirs vus dans ce chapitre.

### SAÉ

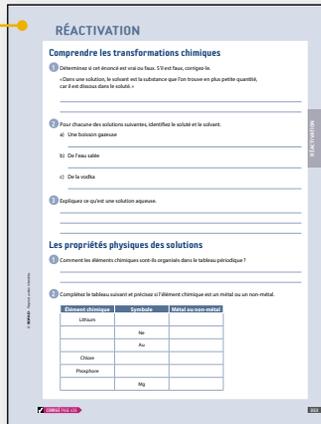
La SAÉ est une tâche complexe élaborée selon le modèle des évaluations de sanction. Elle est accompagnée d'une grille d'évaluation des compétences.

# COMPLÉMENTS



## AUTOÉVALUATION

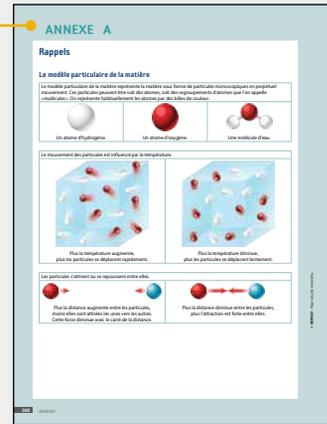
Une *Autoévaluation* est présentée en première partie de ces *Compléments*. Elle permet d'évaluer vos connaissances acquises et les compétences développées tout au long du cours. Vous pourrez ainsi déterminer les savoirs que vous maîtrisez et ceux pour lesquels une révision s'impose avant de passer à l'*Activité notée synthèse*.



## RÉACTIVATION

Au cours des *Situations*, vous croiserez des rubriques *Rappel* présentant des savoirs vus dans un cours antérieur et nécessaires à la compréhension de nouveau savoir ou à la résolution de la situation en cours.

Cette *Réactivation* permettra de réviser, à l'aide de questions d'exercices, les concepts qui font l'objet d'un *Rappel*.



## ANNEXES

Dans cette section, on présente des informations complémentaires.



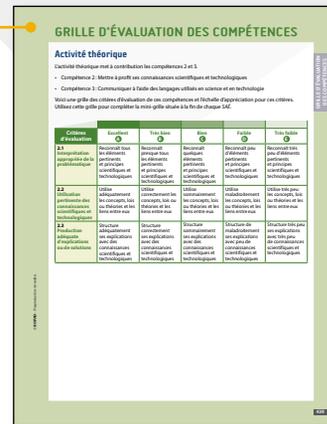
## GLOSSAIRE

Les savoirs à retenir **écrits en bleu** et les termes définis **écrits en noir** dans le texte courant se retrouvent aussi dans le *Glossaire*.



## CORRIGÉ

Vers la fin du guide, vous repérez le *Corrigé*. Il a été conçu non seulement pour valider vos réponses, mais aussi pour vous accompagner dans vos apprentissages. Il contient les réponses aux questions, des explications détaillées sur la démarche ou le raisonnement à mettre en œuvre.



## GRILLE D'ÉVALUATION DES COMPÉTENCES

Une *Grille d'évaluation des compétences* vous est offerte à la fin du guide. À la suite de la résolution d'une *SAÉ*, vous êtes invité à vous évaluer à l'aide de cette grille. Vous pourrez alors compléter la version abrégée située dans le bas de chaque *SAÉ*.

# RUBRIQUES

## TÂCHE

Vous aurez à amorcer votre réflexion sur le projet de sensibilisation à réaliser.

Présente la tâche à exécuter dans le cadre de votre situation.

## RAPPEL

### La composition de l'air

L'air pur et sec est un mélange ...

Réfère à des connaissances que vous avez acquises dans des cours antérieurs et à des exercices de réactivation en lien avec ce *Rappel*.

## SAVOIRS À RETENIR

L'**effet de serre** terrestre est une augmentation de la température atmosphérique...

Présente les nouveaux savoirs que vous devez maîtriser. Ce sont les savoirs prescrits par le programme d'études.

## DÉMARCHE D'INVESTIGATION *B...*

La première étape de la démarche d'investigation est de définir le problème...

Présente des éléments de la démarche d'investigation en science qui peuvent s'appliquer dans diverses situations.

## STRATÉGIE *Envisager...*

Lorsqu'une démarche d'investigation implique de se forger une opinion ou les ...

Présente des stratégies d'exploration ou d'analyse qui peuvent s'appliquer dans diverses situations.

## LE SAVIEZ-VOUS?



La déforestation est responsable de 18 % des émissions mondiales de GES, ...

Permet de découvrir des compléments d'informations scientifiques, historiques et culturelles liées aux concepts à l'étude.

## ASTUCE



Pour se souvenir de la charge correspondant à un anion, il suffit d'associer...

Propose une astuce qui simplifie le travail ou offre une façon différente de traiter le problème ou d'appliquer le concept à l'étude.

## REMARQUE

C'est grâce au déplacement des électrons qu'il y a formation de liaisons ioniques entre un métal...

Apporte un complément d'information ou des exceptions qui peuvent s'appliquer au concept à l'étude.



## BOÎTE À OUTILS

Voir la technique permettant de prélever...

Réfère à des informations à consulter dans la **Boîte à outils**.



## RAPPORT DE LABORATOIRE

Prenez connaissance du **but** de l'expérience et des manipulations du **protocole expérimental**...

Réfère à des informations que vous devez compléter dans le cahier d'expérimentation.



Réfère à des ressources Web (sites ou capsules vidéo) proposées sur [portailsofad.com](http://portailsofad.com).

## ACTIVITÉ NOTÉE

Vous devez maintenant effectuer l'activité notée 1. Elle est accessible sur le site du cours...

Indique que vous êtes prêt à effectuer l'*Activité notée* prévue pour valider votre compréhension des apprentissages réalisés. L'*Activité notée synthèse* se fait quant à elle, à la toute fin du cours.

Ces activités sont présentées dans des fascicules séparés du guide. Une fois que vous les aurez complétées, vous devrez remettre votre travail à votre enseignant ou à votre tuteur qui vous fournira une rétroaction à la suite de sa correction.

# La lutte aux changements climatiques

## À vous de jouer !

Le 12 décembre 2015 fut un jour historique dans la lutte contre le réchauffement de la planète. En effet, l'Accord de Paris pour le climat est adopté par 195 pays, dont les plus grands émetteurs de gaz à effet de serre. Par cet accord, un message clair est transmis à toute l'humanité : chacun d'entre nous est invité à réduire son impact sur le réchauffement climatique.

Dans le cadre de ce cours, vous aurez à vous familiariser avec la problématique des changements climatiques et les principes scientifiques qui s'y rattachent. Vous aurez à émettre une opinion critique sur les pistes de solution possibles pour réduire les impacts du réchauffement planétaire et à réaliser une activité de sensibilisation sur l'importance de lutter contre les changements climatiques.

Dans ce chapitre, vous vous familiariserez avec la problématique des changements climatiques et vous amorcerez une activité de sensibilisation que vous poursuivrez tout au long du cours.

À vous de jouer !



## SITUATION 1.1

### Le comité environnemental a besoin de vous

p. 4

**L'EFFET DE SERRE**

**LES GAZ À EFFET DE SERRE**

**LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES**

## SITUATION 1.2

### Réduire l'émission des gaz à effet de serre

p. 18

**LE CYCLE DU CARBONE**

**LE CYCLE DE L'AZOTE**

### SAVOIRS EN RÉSUMÉ

p. 34

### INTÉGRATION

p. 38

### SAÉ

### Des GES dans votre assiette

p. 40

# CHAPITRE 1



# Le comité environnemental a besoin de vous !

## BUT

Se familiariser avec la problématique des changements climatiques afin de réaliser un projet de sensibilisation de la population sur ce sujet.



Pour souligner le Jour de la Terre, le comité environnemental du centre d'éducation des adultes, dont vous faites partie, vous propose de relever le défi environnemental *VERT un monde meilleur*. Vos amis et vous décidez de sensibiliser la population à l'importance de lutter contre les changements climatiques. Pour mettre sur pied ce projet, vous aurez tout d'abord à vous familiariser avec la problématique des changements climatiques et, plus particulièrement, avec ce que sont l'effet de serre, les gaz à effet de serre et les impacts de l'augmentation de la température planétaire.

## TÂCHE

Vous aurez à amorcer votre réflexion sur le projet de sensibilisation à réaliser, portant sur l'importance de la lutte contre les changements climatiques.

## LE SAVIEZ-VOUS ?

### Le Jour de la Terre

Fêté pour la première fois le 22 avril 1970, ce mouvement fut lancé aux États-Unis pour forcer l'intégration de problématiques environnementales dans les politiques nationales. Aujourd'hui, cette célébration du 22 avril est devenue l'évènement participatif écologiste le plus important sur la planète et elle joue un rôle de levier pour les enjeux environnementaux mondiaux.

# EXPLORATION

Les questions suivantes vous aideront à évaluer ce que vous savez sur la problématique des changements climatiques. Prenez le temps d'y répondre, car vous pourrez ensuite, lors de la lecture du chapitre, valider vos connaissances initiales et clarifier les questions que vous avez en tête.

## STRATÉGIE *Apprendre, c'est oser se remettre en question*

Acquérir des connaissances scientifiques de façon efficace nécessite de remettre en question des croyances qui ont été acquises dans le passé. Plus vous mettez en lumière vos croyances en prenant le temps, par exemple, de les décrire, plus facile il vous sera de choisir ensuite de les conserver si elles sont justes, de les modifier ou de les abandonner si elles sont fausses. Vous avez tout à gagner à effectuer cet exercice intellectuel, car vous établirez ainsi un meilleur ancrage de vos nouvelles connaissances dans votre mémoire.

### 1 Qu'est-ce qu'une serre ?

	Comment est-elle constituée ?	Quelle est son utilité ?	Quel est son fonctionnement ?
Ce que vous savez			
Les questions que vous vous posez			

2 Dites si les énoncés suivants sur les impacts des gaz à effet de serre sur la Terre sont vrais ou faux, puis commentez vos réponses.

a) Les gaz à effet de serre sont produits uniquement par les êtres humains et font augmenter la température moyenne de la Terre depuis la révolution industrielle.

---

---

---

---

---

---

---

---

b) Il y a toujours eu des gaz à effet de serre et, s'ils n'étaient pas présents, la Terre serait difficilement habitable.

---

---

---

---

---

---

---

---

3 Décrivez ce que sont, selon vous, les changements climatiques.

---

---

---

---

---

---

---

---

Ce questionnaire vous a permis de mettre en évidence ce que vous connaissez de l'effet de serre et des changements climatiques. Dans les pages qui suivent, vous en apprendrez davantage sur ces sujets et sur les liens établis entre l'effet de serre et les changements climatiques. Soyez attentif, l'apprentissage que vous ferez vous permettra d'amorcer la réalisation de votre projet de sensibilisation de la population à l'importance de lutter contre les changements climatiques.



# APPROPRIATION

## L'effet de serre et le réchauffement climatique

### Qu'est-ce que l'effet de serre ?

Comme l'habitacle d'une automobile qui se réchauffe au soleil, l'intérieur d'une serre se réchauffe à cause des rayons du Soleil qui traversent ses parois transparentes. Les parois laissent non seulement passer la lumière visible solaire bénéfique aux plantes s'y trouvant, mais aussi des rayons infrarouges qui apportent de la chaleur. Une partie de ce rayonnement est absorbée (utilisée) par les végétaux, et une partie de ce qui reste ne peut quitter la serre, puisque le verre ou le plastique des parois renvoie ces rayons à l'intérieur, provoquant ainsi une augmentation de la température. L'effet de serre terrestre se compare à ce phénomène, puisque l'atmosphère joue le rôle des parois d'une serre.

### SAVOIRS À RETENIR

L'**effet de serre** terrestre est une augmentation de la température atmosphérique causée par le rayonnement solaire qui est retenu dans l'atmosphère.



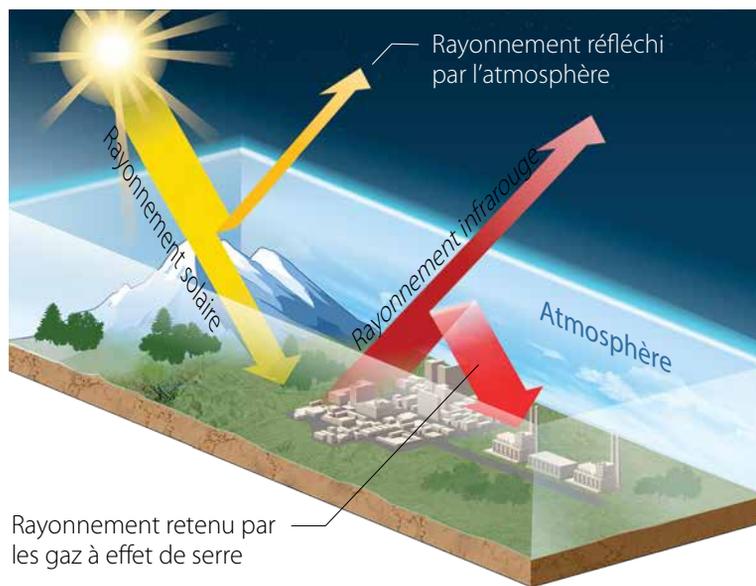
Sur la Terre, une partie du rayonnement solaire est absorbée par la surface terrestre et l'autre partie est réémise vers l'atmosphère sous forme de rayonnement infrarouge (chaleur). Certains gaz de l'atmosphère, que l'on appelle les gaz à effet de serre (GES), absorbent une partie de ce rayonnement infrarouge avant qu'il ne s'échappe dans l'espace, pour le réémettre vers le sol, augmentant ainsi la température de l'air atmosphérique.

### L'effet de serre : un bienfait ou une menace ?

L'effet de serre est un phénomène naturel bénéfique et indispensable, puisqu'il maintient la température moyenne à la surface de la Terre à environ 15°C. Sans ce phénomène, elle serait de -18°C ! À cette température, la Terre ne serait pas suffisamment chaude pour permettre la vie. Les concentrations de ces gaz dans l'atmosphère ont varié sur plusieurs milliers d'années, ce qui a contribué aux ères de glaciation et de réchauffement sur la planète.

Alors pourquoi l'effet de serre peut-il être une menace, puisqu'il est essentiel à la vie ? Cette menace ne vient pas de l'effet de serre naturel en tant que tel, mais plutôt de l'augmentation des GES **anthropiques**, dont la formation résulte essentiellement des activités humaines.

La Terre est présentement en déséquilibre thermique, puisque ces gaz, en augmentation croissante depuis la révolution industrielle (vers 1850), réémettent davantage de chaleur dans l'atmosphère, accroissant ainsi la température moyenne planétaire.



L'effet de serre.

.....  
**Anthropique**  
Qui résulte d'une intervention humaine.



Dans son 5<sup>e</sup> rapport publié en 2014, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a émis une mise en garde en stipulant que si les émissions de gaz à effet de serre continuent au même rythme, la température moyenne pourrait augmenter de 2 à 5 °C d'ici 2100.

## LE SAVIEZ-VOUS ?

Le GIEC est une organisation internationale créée par le Programme des Nations Unies pour l'environnement et l'Organisation météorologique mondiale en 1988. Sans parti pris, l'organisation est chargée de présenter de façon méthodique, claire et objective, l'état actuel des connaissances scientifiques sur le réchauffement climatique et les risques potentiels sur l'environnement et sur la sphère socio-économique. Les rapports publiés par le GIEC, basés sur des publications scientifiques et techniques largement reconnues par le milieu scientifique, permettent aux gouvernements d'orienter plus facilement leurs politiques en matière de changements climatiques.

### TESTEZ VOS CONNAISSANCES

1 Comment la température interne d'une serre peut-elle augmenter ?

---



---



---



---

2 Quelles sont les différences entre l'effet de serre terrestre dû au gaz de source naturelle et l'effet de serre terrestre dû au gaz de source anthropique ?

---



---



---



---



---

3 Dites si l'énoncé suivant est vrai ou faux, puis justifiez votre réponse.

« Il y a toujours eu des gaz à effet de serre et, s'ils n'étaient pas présents, la Terre serait difficilement habitable. »

---



---



---



---

## Les gaz à effet de serre

Quels sont les gaz qui contribuent le plus à l'effet de serre ?

Le coupable le plus médiatisé est sans aucun doute le dioxyde de carbone. Malgré sa faible concentration atmosphérique de 0,034% ou 340 **ppm**, il contribue à environ 25 % de l'effet de serre. Mais détrompez-vous, il y a un gaz bien connu qui accroît encore plus le réchauffement planétaire : la vapeur d'eau ! Avec une concentration atmosphérique environ 10 fois plus élevée que le dioxyde de carbone, soit 0,3 %, elle est responsable de 60 % de l'élévation de la température due à l'effet de serre de source naturelle.

Le dioxyde de carbone existe naturellement dans l'atmosphère. Il provient principalement de la respiration des organismes vivants et de la **combustion** des forêts et des volcans. Il est le GES qui a le plus augmenté dans l'atmosphère depuis la révolution industrielle, l'humain ayant accru considérablement son émission par la combustion de forêts pour créer davantage de terre cultivable, et par la combustion de ressources énergétiques **fossiles**, telles que le charbon, le pétrole et le gaz naturel, pour la production d'électricité, pour le transport (voitures, avions, bateaux, etc.) et pour certains procédés industriels.

## REMARQUE

Les parties par million (ppm) expriment généralement une concentration. Elles correspondent à la quantité d'une substance contenue dans un million d'une autre substance. Par exemple, une concentration de dioxyde de carbone atmosphérique de 340 ppm peut signifier qu'il y a 340 molécules de dioxyde de carbone pour 999 660 molécules d'air.

### Combustion

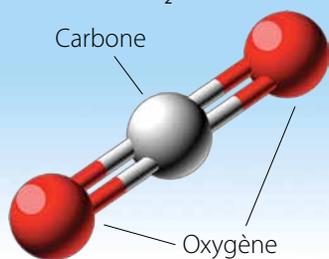
Réaction chimique vive de décomposition de la matière en présence d'oxygène produisant une flamme ou une explosion.

### Fossile

Se dit des restes d'animaux ou de végétaux conservés dans la roche.

## LE SAVIEZ-VOUS ?

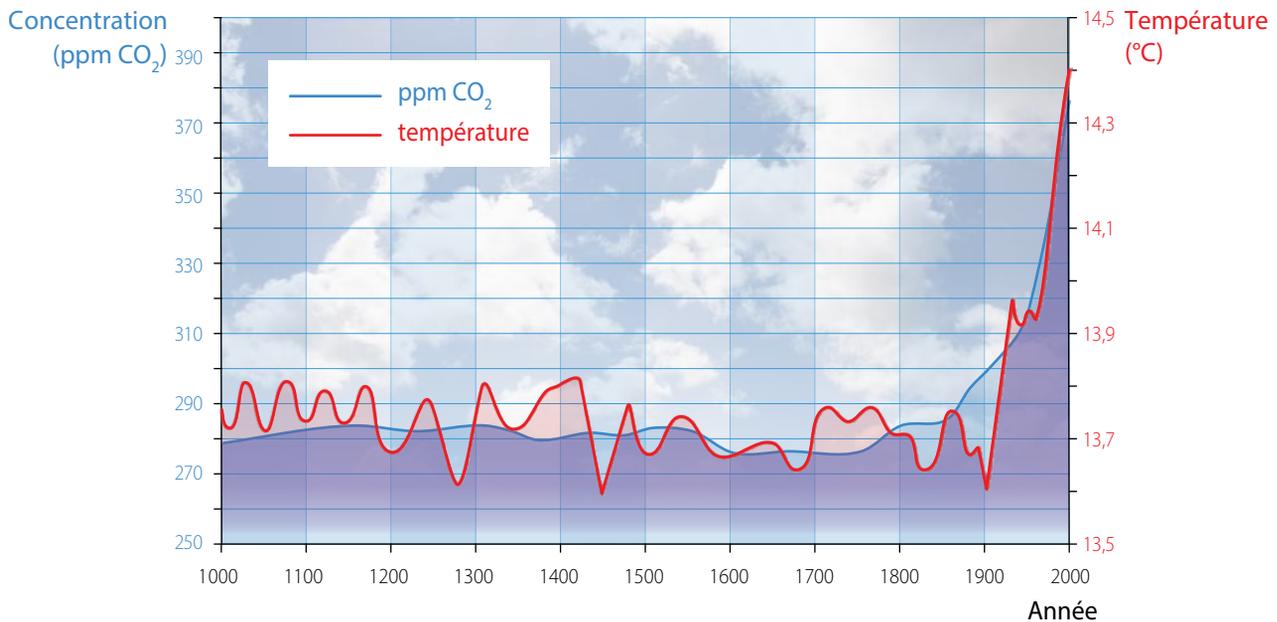
Molécule de CO<sub>2</sub>



Le dioxyde de carbone, le dioxyde de carbone et le CO<sub>2</sub> décrivent tous la même chose, soit une molécule constituée d'un atome de carbone et de deux atomes d'oxygène liés chimiquement ensemble. Saviez-vous que c'est ce gaz qu'on injecte dans les boissons gazeuses ?

Le graphique suivant montre l'évolution de la quantité de CO<sub>2</sub> atmosphérique (courbe bleue) et de la température (courbe rouge) depuis environ 1 000 ans. On remarque que la concentration en CO<sub>2</sub> et la température évoluent ensemble dans le temps ; depuis le début de la révolution industrielle (vers 1850), l'augmentation du CO<sub>2</sub> s'accompagne d'une hausse de la température.

La concentration de CO<sub>2</sub> atmosphérique et la température en fonction du temps



Source : 5<sup>e</sup> rapport du GIEC, 2013. Disponible au [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch).

Il existe d'autres gaz moins connus, mais qui sont tout aussi néfastes pour la planète, car leur impact sur l'effet de serre, aussi appelé « potentiel de réchauffement planétaire » (PRP), est beaucoup plus élevé.

## REMARQUE

### Qu'est-ce que le potentiel de réchauffement planétaire (PRP) ?

Le potentiel de réchauffement planétaire (PRP), qu'on appelle aussi l'équivalent CO<sub>2</sub> (éq. CO<sub>2</sub>), est une unité créée par le GIEC permettant de comparer les émissions des différents gaz à effet de serre. Elle permet aux gouvernements de déterminer plus facilement les actions prioritaires à poser pour lutter contre les GES. On attribue une cote à chaque gaz en se servant du CO<sub>2</sub> comme point de référence, qui prend en considération l'efficacité du gaz à retenir la chaleur pendant sa période d'activité dans l'atmosphère (ou durée de séjour).

On calcule le PRP d'un gaz en multipliant sa quantité par la cote qui lui est associée. Par exemple, le méthane a une cote de 25, ce qui veut dire que 1 kg de ce gaz a un PRP équivalant à 25 kg de CO<sub>2</sub>. Plus le PRP d'un gaz est élevé, plus il retient la chaleur.

Le méthane (CH<sub>4</sub>), produit naturellement dans les zones humides et lors de la digestion (rots et flatulences) chez les ruminants, est en croissance également depuis la révolution industrielle. L'élevage du bétail, l'extraction et la consommation du gaz naturel et du pétrole, l'enfouissement des déchets et la production de riz contribuent à cet accroissement. Bien qu'il soit moins présent dans l'atmosphère (0,0018%), le méthane est un GES 25 fois plus puissant que le dioxyde de carbone (25 éq. CO<sub>2</sub>). Heureusement, il se dégrade beaucoup plus rapidement, puisque sa durée de séjour est de 12 ans.

## LE SAVIEZ-VOUS ?

Le gaz naturel utilisé dans le chauffage des maisons est composé d'environ 95 % de méthane, 2 % d'azote, 2 % d'éthane et 1 % de dioxyde de carbone.

Les autres principaux GES sont le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) et les gaz de la famille des halocarbures, comme le dichlorofluorométhane (CHCl<sub>2</sub>F). Ils sont responsables, avec le méthane, d'environ 15 % de l'effet de serre.

Voici un tableau qui résume les caractéristiques des principaux gaz à effet de serre.

Les caractéristiques des principaux gaz à effet de serre

Gaz à effet de serre	Formule chimique	Concentration atmosphérique	Durée de séjour*	PRP à 100 ans (ég. CO <sub>2</sub> )
Vapeur d'eau	H <sub>2</sub> O	0,3%	1-2 semaines	Non significatif
Dioxyde de carbone	CO <sub>2</sub>	0,03%	100 ans	1
Méthane	CH <sub>4</sub>	1,8 ppm	12 ans	25
Protoxyde d'azote	N <sub>2</sub> O	0,324 ppm	114 ans	298
Halocarbures (ex. : dichlorofluorométhane)	ex. : CHCl <sub>2</sub> F	0,000 52 ppm	100 ans	10 900

Source : 5<sup>e</sup> rapport du GIEC, 2013. \*La durée de séjour correspond à la période d'activité dans l'atmosphère.

## LE SAVIEZ-VOUS ?

Le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), également appelé « oxyde nitreux », provient principalement de la transformation des produits azotés (fumier, engrais et lisier) épandus sur les terres agricoles. Il est aussi connu sous le nom de « gaz hilarant », puisque lorsqu'il est inhalé, il génère des fous rires et des hallucinations ! Combiné à l'oxygène, ce mélange de gaz a été utilisé pendant le 20<sup>e</sup> siècle comme anesthésique. De quoi réduire les inquiétudes associées aux chirurgies !

Quant aux halocarbures, ce sont des composés synthétiques, non produits par la nature. Ils sont utilisés principalement dans les produits en aérosol, les mousses plastiques, les réfrigérateurs et climatiseurs, les extincteurs de feu et les solvants et adhésifs. Les halocarbures les plus connus sont les chlorofluorocarbones (CFC), responsables de la destruction de la couche d'ozone, un gaz essentiel à la réduction des rayons ultraviolets provenant du Soleil. L'utilisation des CFC a été presque éliminée depuis la signature en 1987 de l'accord international *Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone*.

## TESTEZ VOS CONNAISSANCES

4 Nommez les trois principaux gaz à effet de serre.

---



---

5 Calculez la masse équivalente de CO<sub>2</sub> correspondant à l'émission de 200 kg de méthane produit par le système digestif d'une vache au cours d'une année.

.....

.....

.....

.....

## Les changements climatiques

Les changements climatiques ont été longtemps décrits comme étant des modifications des conditions météorologiques. On peut penser aux tempêtes, aux variations de la température, aux précipitations sous forme de pluie et de neige, aux vents, tous des événements qui modifient le climat dans une région du globe ou sur la Terre dans son ensemble. Mais depuis quelques décennies, cette expression est davantage associée au réchauffement climatique de sources anthropiques.

### SAVOIRS À RETENIR

On définit désormais les **changements climatiques** comme étant des modifications anormales ou extrêmes des conditions météorologiques causées par le réchauffement planétaire provoqué par les activités humaines.

L'augmentation inhabituelle du nombre de tempêtes, de sécheresses, d'ouragans, de fortes pluies, de précipitations de pluie verglaçante et de canicules résulte des changements climatiques.

### L'impact du réchauffement climatique anthropique sur la Terre

Le premier impact du réchauffement anthropique de la planète est l'augmentation de la température moyenne. Selon le 5<sup>e</sup> rapport du GIEC publié en 2013, la température mondiale (terre et océan) aurait augmenté de 0,85 °C entre 1880 et 2012. Les 3 dernières décennies ont été successivement les plus chaudes depuis 1850, et la période la plus chaude depuis 1 400 ans est celle comprise entre 1983 et 2012 dans l'hémisphère Nord. Bien que cette augmentation de la température moyenne planétaire semble très faible et que le fait de profiter d'hivers plus doux et d'étés plus cléments soit apprécié par la population québécoise en général, les impacts sont beaucoup plus graves dans d'autres parties du monde.

On observe en Arctique, où la température moyenne est de -30 °C, de plus en plus de variations extrêmes de température.

Il arrive que la température dépasse le point de congélation, ce qui contribue à faire fondre davantage la banquise et les glaciers. En Antarctique, l'endroit le plus froid sur la planète, les signes d'un réchauffement sont moins dramatiques à l'intérieur

du continent, car la température moyenne y est de -57 °C. Mais sur les côtes, où la température dépasse de plus en plus souvent le point de congélation en été, les effets d'un réchauffement sont plus évidents : il pleut parfois, alors qu'il ne pleuvait jamais dans les années 1990, les glaciers fondent et les paysages blancs laissent apparaître des flancs de montagne.



Une scène de l'Arctique.

### REMARQUE



Pour en apprendre davantage sur les changements climatiques, consultez la vidéo *Climate Change 2013: The Physical Science Basis* du GIEC. Sous-titrée en français, elle résume les principaux éléments scientifiques du 5<sup>e</sup> rapport du GIEC.

Les scientifiques s'attendent donc à une hausse du niveau des mers estimée entre 30 et 80 cm d'ici 2100 en raison de la fonte des glaciers et de la dilatation de l'eau plus chaude. Plusieurs villes côtières sont susceptibles d'être inondées si l'augmentation de la température ne se stabilise pas en deçà de 2°C. Déjà, certaines petites îles du Pacifique sont touchées. Les scientifiques estiment que des villes comme Venise, New York, Tokyo et, plus près de chez nous, une partie de la basse-ville de Québec et des villes côtières du fleuve Saint-Laurent pourraient être en partie inondées.

La réduction de la superficie des glaciers diminue aussi l'effet réfléchissant (**albédo**) de la surface terrestre vis-à-vis des rayons infrarouges. En effet, la surface très pâle des glaciers réfléchit les rayons solaires et en renvoie une grande partie dans l'espace. Le climatiseur de la Terre est donc moins efficace; par conséquent, la planète se réchauffera encore plus vite avec la réduction de son manteau de glace.

**Albédo**  
Pouvoir réfléchissant d'une surface. Plus la surface est pâle, comme la neige, plus la réflexion est élevée et plus l'albédo est grand.

Cette augmentation de la température a aussi comme impact d'accroître l'humidité dans l'air provenant d'une plus grande évaporation de l'eau des océans, des lacs et des rivières qui se réchauffent. Ce surplus de vapeur d'eau dans l'atmosphère, couplé à une augmentation de la température, provoque davantage d'évènements climatiques extrêmes et plus intenses tels que des ouragans, des tempêtes et des tornades.

**TESTEZ VOS CONNAISSANCES**

6 Quelle est la définition la plus récente attribuée aux changements climatiques?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

7 Nommez six impacts des changements climatiques présentés dans ce chapitre.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Vous en savez désormais un peu plus sur les changements climatiques et l'effet de serre qui en est responsable. Dans les prochains chapitres, vous en apprendrez davantage sur l'origine des changements climatiques, sur les perturbations qu'ils occasionnent sur les écosystèmes, ainsi que sur les différentes mesures d'atténuation et d'adaptation.

Avec ces connaissances, vous pouvez commencer votre réflexion sur la réalisation de votre projet de sensibilisation de la population sur cette problématique environnementale.





- 3 Dans la section *Défi* du site Internet, consultez les exemples de projets et notez quelques idées qui vous inspirent. Pour vous aider à choisir, gardez à l'esprit que votre projet doit se faire dans un temps réaliste.

---

---

---

---

---

### REMARQUE

Si vous souhaitez réaliser un projet nécessitant un engagement plus important de votre part, vérifiez auprès de votre formateur/tuteur s'il est possible de le réaliser dans le cadre d'un cours local optionnel.

- 4 Toujours dans la section *Défi*, consultez les modalités de présentation du projet, puis décrivez dans vos mots ce qui est exigé.

---

---

---

---

---

Veillez maintenant consulter votre carnet de production à la page 331 du guide, puis répondez aux questions suivantes.

- 5 Décrivez la première tâche que vous aurez à réaliser et les questions qui s'y rattachent.

---

---

---

---

---

- 6 Décrivez la deuxième tâche et les questions qui s'y rattachent.

---

---

---

---

---

Maintenant que vous vous êtes familiarisé avec les modalités du projet, notez ce que vous avez appris de pertinent jusqu'à maintenant sur les changements climatiques et sur l'effet de serre dans la tâche 1 du carnet de production à la page 331.



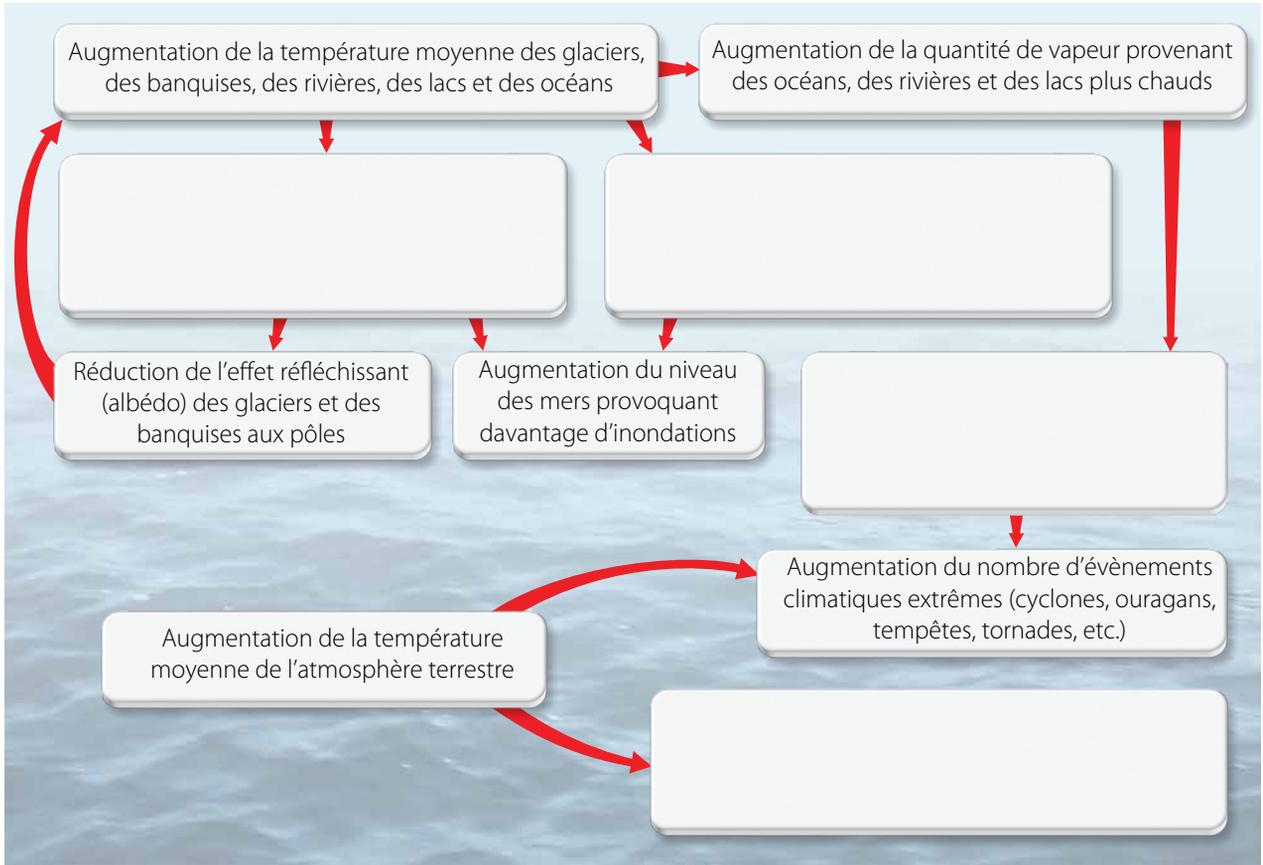
5 Complétez le schéma suivant, qui montre des liens entre les répercussions d'une augmentation de l'effet de serre dû aux gaz de source anthropique sur la **biosphère**.

Voici les éléments à ajouter dans les cases vides du schéma :

- Augmentation de la fonte de la banquise et des glaciers aux pôles
- Augmentation du volume des océans plus chauds (dilatation des océans)
- Augmentation de l'humidité dans l'atmosphère
- Augmentation du nombre de sécheresses et de canicules

**Biosphère**

Enveloppe de la Terre qui contient l'ensemble des biomes.





# Réduire l'émission des gaz à effet de serre

## BUT

Approfondir ses connaissances sur les sources naturelles et anthropiques des GES et les moyens pour réduire leurs émissions.



Un de vos amis a consulté l'inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre publié en 2013 par le gouvernement du Québec. Il est fier de vous annoncer que le Québec est la province du Canada qui a émis le moins de GES par habitant, soit 10 tonnes éq. CO<sub>2</sub> (ou t éq. CO<sub>2</sub>), comparativement à l'Alberta qui en a émis environ 7 fois plus.

Il se demande ce qui peut bien être à l'origine de cette si grande différence. Il continue en vous disant qu'il ne croit pas avoir un bilan carbone aussi élevé que la moyenne québécoise et il se questionne sur des moyens à envisager pour réduire ses émissions de GES.

Les émissions de GES totales par habitant des provinces et territoires canadiens en 2013

Provinces	Population	Émissions totales (Mt* éq. CO <sub>2</sub> )	Émissions/habitant (t éq. CO <sub>2</sub> )
Terre-Neuve-et-Labrador	528 000	8,6	16,3
Île-du-Prince-Édouard	145 400	1,8	12,4
Nouvelle-Écosse	943 000	18,3	19,4
Nouveau-Brunswick	755 700	15,7	20,8
Ontario	13 551 000	170,8	12,6
Manitoba	1 265 300	21,4	16,9
Saskatchewan	1 106 100	74,8	67,6
Alberta	4 007 700	267,2	66,6
Colombie-Britannique	4 582 600	62,8	13,7
Yukon	36 400	0,4	11,0
Territoires du Nord-Ouest	79 300	1,7	21,4
Québec	8 154 800	81,2	10,0
Canada	35 155 500	726,1	20,7

Source : Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2013 et leur évolution depuis 1990, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2016. [En ligne].

Mt\* = mégatonne, donc un million de tonnes.

## TÂCHE

Vous devez aider votre ami à en savoir plus sur les origines de ses émissions de GES, à établir son bilan carbone et lui proposer des moyens pour réduire ses émissions de GES.



# EXPLORATION

Les questions suivantes vous aideront à évaluer vos connaissances sur les origines des gaz à effet de serre et à émettre quelques hypothèses sur l'ampleur de vos émissions personnelles de GES.

## STRATÉGIE *Émettre des hypothèses*

Lire est une démarche intellectuelle dynamique : plus vous ferez de prédictions sous forme d'hypothèses avant d'entamer votre lecture, plus vous serez curieux de vérifier si vous aviez raison.

1 Quelles sont les principales sources de carbone dans la nature ?

---

---

2 Qu'est-ce qu'un bilan carbone ?

---

---

---

3 Quel est le GES émis par les agriculteurs qui épandent du fumier ou du lisier sur leurs terres ?

---

4 Dans quelles circonstances êtes-vous responsable de l'émission de gaz à effet de serre ?  
Nommez-en trois.

---

---

---

---

5 Comment pourriez-vous réduire ces émissions de GES ?

---

---

---

Dans les pages qui suivent, vous en apprendrez davantage sur les cycles biogéochimiques du carbone et de l'azote. Vos nouvelles connaissances vous permettront de mieux comprendre le déséquilibre thermique planétaire que les activités humaines ont engendré en augmentant les émissions de GES dans l'atmosphère. Par ailleurs, en vous référant aux cycles du carbone et de l'azote, vous pourrez plus facilement trouver des pistes de solutions pour réduire les émissions de gaz à effet de serre.

# APPROPRIATION

## Le cycle du carbone

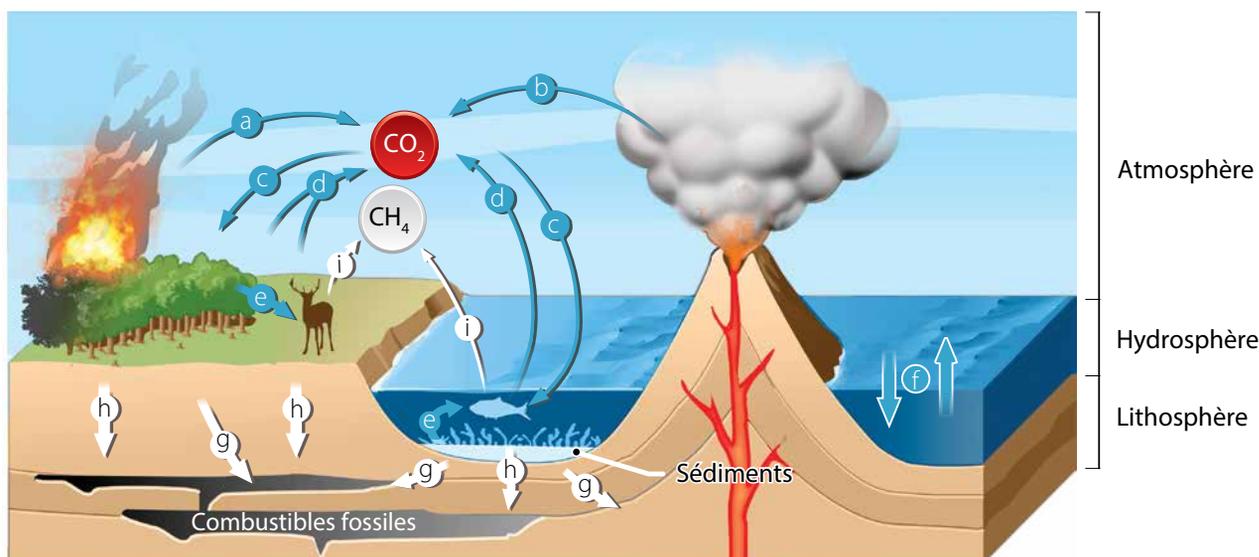
Les cycles biogéochimiques sont les déplacements et les transformations d'éléments chimiques entre les différentes enveloppes de la Terre. Ces enveloppes sont la lithosphère, l'hydrosphère, l'atmosphère et la biosphère.

Les caractéristiques des enveloppes de la Terre

Enveloppes de la Terre	Caractéristiques
Lithosphère	Croûte terrestre solide qui enveloppe la Terre
Hydrosphère	Ensemble des zones de la Terre où l'eau est présente
Atmosphère	Enveloppe formée des gaz entourant la Terre
Biosphère	Ensemble des organismes vivants sur la Terre



L'illustration ci-dessous montre les mouvements et les transformations du carbone dans ces enveloppes. Les paragraphes qui suivent font référence à ce schéma.



<b>a</b> Combustion	<b>d</b> Respiration	<b>g</b> Compactage et fossilisation	<b>CH<sub>4</sub></b> Méthane
<b>b</b> Volcanisme	<b>e</b> Consommation	<b>h</b> Décomposition	<b>CO<sub>2</sub></b> Dioxyde de carbone
<b>c</b> Photosynthèse	<b>f</b> Échanges gazeux	<b>i</b> Fermentation	

### Le cycle du carbone.

#### La présence du carbone dans l'atmosphère et dans la lithosphère

Le carbone se retrouve dans l'atmosphère sous la forme de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et de méthane (CH<sub>4</sub>). Le dioxyde de carbone est produit par la combustion des forêts (a), par les volcans de la lithosphère (b), par les échanges gazeux entre l'atmosphère et les océans et autres cours d'eau de l'hydrosphère (f), et par la respiration chez les organismes vivants (d).

Quant au méthane, il est essentiellement libéré dans l'atmosphère lors du processus digestif des organismes vivants et au cours de la fermentation des matières organiques par les bactéries **anaérobies** dans les sols humides et mal drainés, tels les marais, les marécages et les tourbières (f).

#### Anaérobie

Relatif à un milieu sans oxygène ou à un organisme vivant qui n'a pas besoin d'oxygène pour fonctionner.

La lithosphère contient la plus grande masse de carbone planétaire, soit plus de 50 millions de gigatonnes. Ce carbone se retrouve surtout sous la forme de roches carbonatées contenant du calcaire ( $\text{CaCO}_3$ ) et de combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel). Ces composés de carbone résultent de la décomposition des organismes vivants (h), suivie du compactage de cette matière organique et de sa fossilisation (g). Le carbone peut aussi se retrouver sous forme d'hydrates de méthane, un composé solide produit par la cristallisation d'un mélange d'eau et de méthane, dans le **pergélisol** des régions froides aux pôles et au sommet des montagnes très élevées. La fonte du pergélisol a d'importantes conséquences sur l'environnement. Cela libère de grandes quantités de méthane dans l'atmosphère et rend le sol très instable, ce qui fragilise les infrastructures construites à ces endroits et provoque des glissements de terrain inattendus.

### La présence du carbone dans l'hydrosphère et dans la biosphère

Le carbone dans les eaux de la planète provient des échanges gazeux de dioxyde de carbone entre l'atmosphère et l'hydrosphère (f). À la surface de l'eau, le dioxyde de carbone se dissout et se transforme ensuite en acide carbonique ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) soluble. Il peut aussi se retrouver sous forme de bulles de dioxyde de carbone et d'hydrates de méthane dans la glace des glaciers et des banquises ainsi que sous forme d'hydrates de méthane dans les fonds marins.

Le carbone se retrouve dans tous les organismes vivants sous forme de composés organiques tels que les **protéines**, les **glucides**, les **lipides**, et les **acides nucléiques**. De plus, sous la forme de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ), il est le constituant principal des os, des coquilles et des coraux.

Le  $\text{CO}_2$  est capté de l'atmosphère par les plantes, et par le **phytoplancton** à la surface des océans, lors de la photosynthèse (c). Il se transforme par la suite en matière organique qui est soit consommée par les animaux (e), soit décomposée par les bactéries (h). Le carbone des organismes vivants peut être libéré à nouveau dans l'atmosphère par la respiration des organismes vivants (d) ou par la combustion des forêts (a).

#### Pergélisol

Partie du sol ou du sous-sol gelée en permanence dans les régions polaires et en haute altitude.

#### Protéine

Molécule qui remplit plusieurs fonctions essentielles à la vie des cellules et des organismes vivants.

#### Glucide

Sucre simple ou complexe.

#### Lipide

Corps gras d'origine animale ou végétale.

#### Acide nucléique

Molécule constituant le matériel génétique des cellules.

#### Phytoplancton

Ensemble d'organismes microscopiques végétaux qui vivent en suspension dans l'eau.



## Les puits de carbone

Le cycle du carbone maintient l'effet de serre naturel lorsqu'il y a un équilibre entre le dioxyde de carbone émis dans l'atmosphère et celui qui est capté dans les différents puits de carbone. Ces derniers sont, en quelque sorte, des réservoirs où une grande quantité de carbone est entreposée, ce qui permet une diminution de la concentration de ce gaz dans l'atmosphère. Le dioxyde de carbone se dissout dans les océans et les autres cours d'eau, et peut être emprisonné dans les glaces des banquises et des glaciers.

Il est également **séquestré** dans les végétaux et le phytoplancton grâce à la photosynthèse. Une partie de ce carbone se retrouve dans la matière vivante ou en décomposition. Par un long processus, il s'enfouit pour de longues périodes de temps dans la croûte terrestre sous forme d'**humus**, de charbon, de pétrole, de gaz naturel et de roches calcaires.

### Séquestré

Se dit du carbone stocké, capté ou confiné hors de l'atmosphère.

### Humus

Couche supérieure du sol créée par la décomposition de la matière organique.

## Les perturbations du cycle du carbone par les activités humaines

Afin de subvenir au besoin de plus en plus élevé d'énergie sous la forme d'électricité et de carburant pour se chauffer et se déplacer, l'humanité a perturbé ce cycle naturel, depuis la révolution industrielle, en libérant dans l'atmosphère une quantité élevée de carbone sous forme de dioxyde de carbone provenant des ressources fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel) de la lithosphère.

Réservoirs de la Terre	Puits de carbone
Lithosphère	Humus, charbon, pétrole, gaz naturel et roches calcaires
Hydrosphère	Océans, lacs, rivières, glaciers et banquises
Biosphère	Végétaux et animaux

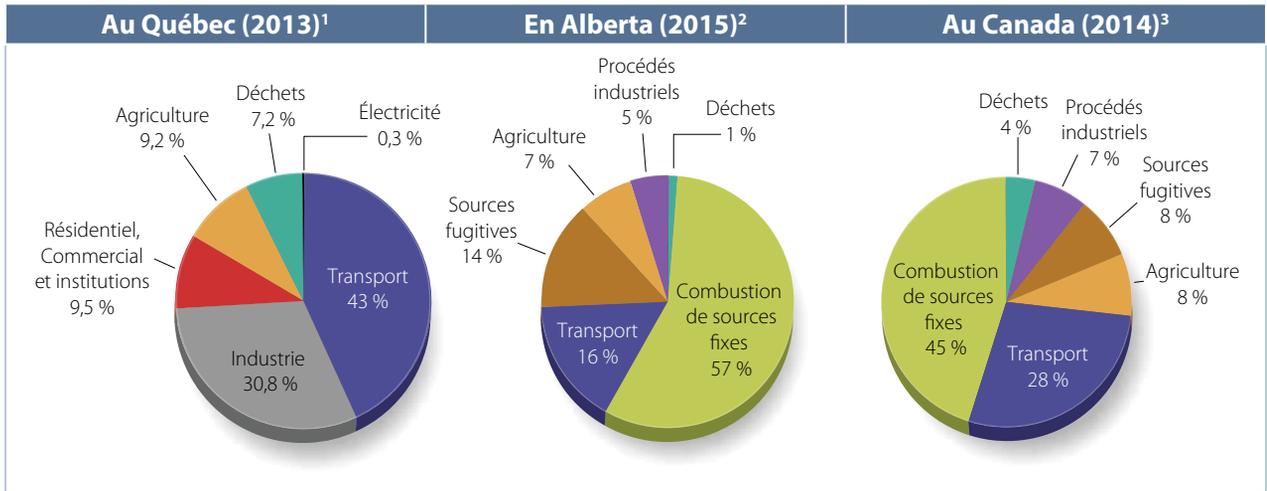
Plusieurs industries (cimenteries, alumineries, usines de pâtes à papier, etc.) libèrent également du CO<sub>2</sub> par les procédés industriels qu'ils utilisent. Par ailleurs, la déforestation, qui sert pour l'agriculture et la fabrication de produits de consommation ou de bois de chauffage, perturbe aussi ce cycle. Comment ? Les arbres coupés ou brûlés par des incendies de forêt ne peuvent plus capter le dioxyde de carbone atmosphérique. De plus, il y a des émissions de dioxyde de carbone lorsque les forêts brûlent.

Bien que ce déséquilibre soit partiellement rétabli par la séquestration dans les puits de carbone, l'équilibre est rompu et la concentration de dioxyde de carbone continue à augmenter dans l'atmosphère.

Le méthane est aussi en augmentation, puisqu'il n'est pas éliminé de l'atmosphère au même rythme qu'il est produit. L'élevage du bétail, la culture du riz, l'extraction des ressources fossiles, l'enfouissement des déchets et le réchauffement du pergélisol sont tous des sources de méthane. Ce gaz a toutefois l'avantage d'avoir une durée de vie dans l'atmosphère d'une douzaine d'années, comparativement à une centaine d'années pour le dioxyde de carbone.

En conclusion, ces gaz s'accumulent dans l'atmosphère et augmentent la température planétaire par l'entremise de l'effet de serre.

**La répartition des GES par secteurs d'activité**



1. *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2013 et leur évolution depuis 1990*, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, 2016. [En ligne].
2. *Rapport d'inventaire national*, Gouvernement du Canada, 2015. [En ligne].
3. *Rapport d'inventaire national 1990-2014: Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada*, Environnement et Changement climatique Canada. [En ligne].

**TESTEZ VOS CONNAISSANCES**

- 1 Dans le tableau suivant, expliquez les transformations subies par le carbone en mentionnant l'enveloppe de la Terre de départ et celle d'arrivée.

Transformations	Enveloppe de la Terre
Photosynthèse	
Décomposition des végétaux	
Dissolution dans l'eau	
Combustion des combustibles fossiles	

## TESTEZ VOS CONNAISSANCES

2 Pourquoi la déforestation, par des coupes ou des incendies de forêt, contribue-t-elle à l'augmentation de l'effet de serre ?

---



---



---

3 Nommez le processus par lequel les plantes séquestrent le dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

---



---

4 Nommez un problème associé à la fonte du pergélisol.

---

5 Expliquez ce qu'est un puits de carbone et nommez-en quelques-uns.

---



---



---



---



---

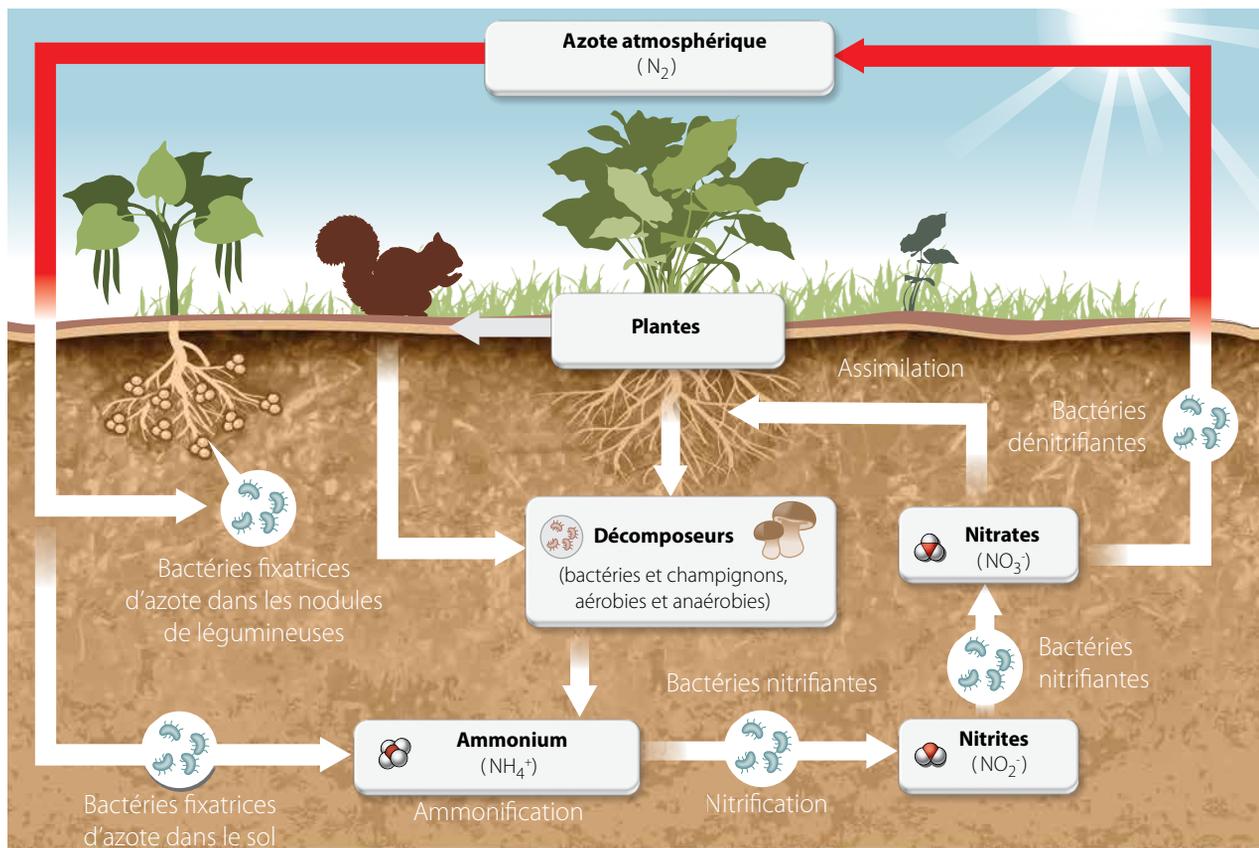


---

## Le cycle de l'azote

Tout comme le carbone, l'azote présent dans l'atmosphère se déplace de façon cyclique d'une enveloppe de la Terre à une autre et il se transforme en différents composés chimiques.

Le plus grand réservoir d'azote moléculaire ( $N_2$ ) est l'atmosphère, qui est composée à 78 % d'azote. On le trouve aussi dans les eaux, car il est très soluble. Dans les organismes vivants, l'azote fait partie, tout comme le carbone, de plusieurs composés organiques, tels que les protéines et les acides nucléiques. Pour qu'il puisse être assimilé par les plantes, l'azote doit toutefois être transformé préalablement sous forme d'ions ammonium ( $NH_4^+$ ) ou d'ions nitrate ( $NO_3^-$ ). L'illustration suivante montre les étapes de ces transformations dans le cycle de l'azote.



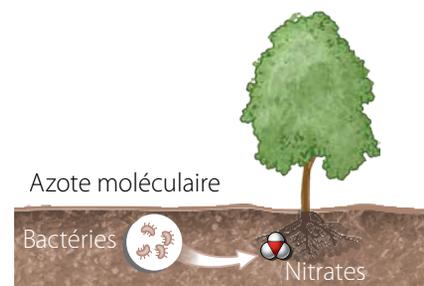
**Le cycle de l'azote.**

- Dans le cycle de l'azote, l'azote atmosphérique est transformé en ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) et ensuite en ions ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) par des bactéries fixatrices. On appelle ce processus la fixation de l'azote.
- L'ammonium est directement utilisable par les plantes, mais peut aussi être transformé, par différentes bactéries, en deux autres formes d'azote assimilables par les végétaux, soit en nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ), puis en nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ). C'est ce qu'on appelle la nitrification.
- Les animaux puisent leurs sources de nitrates en se nourrissant de plantes.
- Les plantes assimilent les ions nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ), les ions nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) et les ions ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) par leurs racines.
- Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) qui demeurent dans le sol sont ensuite transformés en azote atmosphérique par dénitrification. La décomposition des êtres vivants, tels les végétaux et les animaux, apporte aussi de l'azote à la lithosphère. Ce sont les décomposeurs, tels les champignons et les bactéries, qui effectuent cette transformation.

**SAVOIRS À RETENIR**

La **fixation de l'azote** correspond à la transformation de l'azote moléculaire atmosphérique ( $\text{N}_2$ ) en composés assimilables pour les plantes.

Deux processus naturels contribuent à produire ces composés. Lors d'orages, les hautes températures et pressions engendrées par les éclairs permettent de former des oxydes d'azote qui se décomposent en ions nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) et en ions nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ). Solubles, ces composés retombent ensuite au sol avec la pluie et sont assimilés ainsi par les plantes. C'est toutefois par l'action de bactéries fixatrices de l'azote, qui se trouvent dans le sol et dans l'eau, que la plus grande quantité d'azote se transforme en ammoniac ( $\text{NH}_3$ ), réagissant ensuite avec l'hydrogène pour former de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) assimilable par les plantes.



**La fixation de l'azote.**

## SAVOIRS À RETENIR

La **nitrification** est la réaction d'oxydation de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) en nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) puis en nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) par les bactéries nitrifiantes présentes dans le sol et dans l'eau.



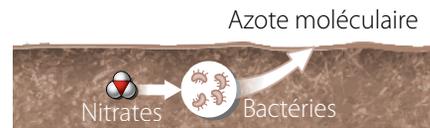
**La nitrification.**

L'azote, sous forme d'ions ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), de nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) et de nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) peut être assimilé par les plantes au niveau de leurs racines. Les végétaux sont la seule source primaire d'azote disponible pour les herbivores. À leur tour, les carnivores puisent leur azote en mangeant les herbivores.

Lorsque les êtres vivants végétaux et animaux se décomposent, certaines bactéries et certains champignons transforment l'azote contenu dans les organismes vivants (protéines, acides nucléiques, urine, selles, etc.) en ammoniac. Cet ammoniac se combine à l'hydrogène pour former également de l'ammonium qui peut être assimilé directement par les plantes ou être transformé en nitrites et en nitrates.

## SAVOIRS À RETENIR

La **dénitrification** consiste en la transformation du nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) en azote moléculaire ( $\text{N}_2$ ) par l'action de bactéries dénitrifiantes.



**La dénitrification.**

Lors de cette transformation, il y a également libération de  $\text{CO}_2$  et de protoxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ), un puissant gaz à effet de serre.

### Les perturbations du cycle de l'azote par les activités humaines

L'avènement des fertilisants industriels a favorisé l'émergence de la monoculture, c'est-à-dire la culture d'un seul type de plante dans un même sol. On remplace les minéraux retirés du sol lors des récoltes par l'épandage d'engrais industriel, de fumier et de **lisier**. On peut alors cultiver dans un même champ uniquement du blé ou du maïs, par exemple, année après année.

**Lisier**  
Engrais composé des rejets biologiques (urine et excréments) d'animaux de ferme.

Bien que cette pratique ait grandement amélioré les rendements, elle comporte deux inconvénients majeurs. Premièrement, les excédents d'engrais, de fumier et de lisier riches en azote épandus sur les terres agricoles favorisent la dénitrification : par conséquent, ils augmentent la production d'azote moléculaire ( $\text{N}_2$ ), de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) et de protoxyde d'azote ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Rappelons que ce dernier, même en concentration très faible dans l'atmosphère, est un GES 298 fois plus puissant que le dioxyde de carbone ; il se décompose dans la stratosphère par une réaction chimique impliquant la lumière du soleil et contribue aussi à détruire la couche d'ozone.

Deuxièmement, les excédents d'engrais sont facilement lessivés vers les plans d'eau, où ils provoquent une prolifération d'algues et une réduction de l'oxygène dissous dans l'eau : c'est l'**eutrophisation** des lacs. Ce phénomène accélère la mort des organismes vivants des lacs et transforme progressivement les lacs en marais, puis en tourbière ou en prairie.

**Eutrophisation**  
Processus par lequel un plan d'eau accumule de plus en plus d'éléments nutritifs, tels l'azote et le phosphore. Cela conduit ultimement à la disparition du milieu aquatique.

Pour contrer les effets nocifs de la surfertilisation, la rotation de la culture du sol, avec ou sans élevage, réapparaît tranquillement dans le monde agricole.

## TESTEZ VOS CONNAISSANCES

6 Pourquoi les plantes ont-elles recours à des microorganismes pour assurer leur approvisionnement en azote, alors que l'air environnant est composé d'azote à 78% ?

---



---

7 Nommez les cinq étapes du cycle de l'azote et décrivez brièvement chacune d'elles.

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

8 a) Nommez un effet positif de l'utilisation d'engrais.

---

b) Nommez deux effets négatifs de l'utilisation d'engrais.

---



---



---



---

Vous en savez désormais un peu plus sur les cycles biogéochimiques du carbone et de l'azote. Ils vous seront utiles dans la prochaine activité afin d'établir le bilan carbone de votre ami et surtout d'y trouver des actions possibles pour réduire ses émissions de GES.

## TÂCHE

Vous devez aider votre ami à en savoir plus sur les origines de ses émissions de GES, à établir son bilan carbone et lui proposer des moyens pour réduire ses émissions de GES.

Voici un rappel de la situation à résoudre. Après avoir consulté l'inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre publié en 2013 par le gouvernement du Québec, un de vos amis est fier de vous annoncer que le Québec est la province du Canada qui a émis le moins de GES par habitant, soit 10 tonnes éq. CO<sub>2</sub>, comparativement à l'Alberta qui en a émis environ 7 fois plus.

Il se demande ce qui peut bien être à l'origine de cette si grande différence. Il continue en vous disant qu'il ne croit pas avoir un **bilan carbone** aussi élevé que la moyenne québécoise et il se questionne sur des moyens à envisager pour réduire ses émissions de GES.

Voici un courriel qu'il vous a écrit pour vous informer de ses habitudes reliées au transport et à la consommation d'énergie.

Salut!

Je te remercie de bien vouloir calculer mon bilan carbone pour mes déplacements, pour le chauffage et la consommation électrique de notre maison. Voici les renseignements que tu m'as demandés :

- Pour éviter des problèmes de stationnement, je me déplace par autobus de chez moi au centre d'éducation des adultes 200 jours par année et la distance que je parcours est de 20 km/jour. Je vais occasionnellement faire des emplettes et de petites sorties avec des amis en conduisant mon VUS qui consomme 17 L/100 km. J'estime que je parcours environ 500 km/an.
- Je vais généralement en Floride en avion visiter ma grand-mère pendant les fêtes. J'ai vu sur Internet que cela correspond à une distance aller-retour de 5 200 km.
- Je vais à Montréal une fois par année pour aller voir un match de hockey avec des amis. Nous prenons toujours la voiture de Charles, une voiture hybride qui consomme 4,2 L/100 km. La distance aller-retour que nous parcourons est de 500 km.
- J'habite dans la maison de mes parents, un héritage familial. C'est une vieille maison chauffée au mazout et on consomme environ 2 410 L par an. Aussi, sur le relevé d'électricité, il est indiqué qu'on utilise 6 150 kWh d'électricité par an.

Je suis vraiment curieux de connaître la quantité de GES que j'émetts dans l'atmosphère!

À bientôt,  
Maxime

### SITUATION 1.2

## Réduire l'émission des gaz à effet de serre

**BUT**  
Approfondir ses connaissances sur les sources naturelles et anthropiques des GES et les moyens pour réduire leurs émissions.

Un de vos amis a consulté l'inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre publié en 2013 par le gouvernement du Québec. Il est fier de vous annoncer que le Québec est la province du Canada qui a émis le moins de GES par habitant, soit 10 tonnes éq. CO<sub>2</sub> (ou 1 éq. CO<sub>2</sub>), comparativement à l'Alberta qui en a émis environ 7 fois plus.

Il se demande ce qui peut bien être à l'origine de cette si grande différence. Il continue en vous disant qu'il ne croit pas avoir un bilan carbone aussi élevé que la moyenne québécoise et il se questionne sur des moyens à envisager pour réduire ses émissions de GES.

**TÂCHE**  
Vous devez aider votre ami à en savoir plus sur les origines de ses émissions de GES, à établir son bilan carbone et lui proposer des moyens pour réduire ses émissions de GES.

**LE CYCLE DU CARBONE**  
**LE CYCLE DE L'AZOTE**

**Les émissions de GES totales par habitant des provinces et territoires canadiens en 2013**

Provinces	Population	Emissions totales (Mt* éq. CO <sub>2</sub> )	Emissions/habitant (t éq. CO <sub>2</sub> )
Terre-Neuve-et-Labrador	528 000	8,6	16,3
Ile-du-Prince-Édouard	145 400	1,8	12,4
Nouvelle-Écosse	943 000	18,3	19,4
Nouveau-Brunswick	755 700	15,7	20,8
Ontario	13 331 000	170,8	12,6
Manitoba	1 265 300	21,4	16,9
Saskatchewan	1 106 100	74,8	67,6
Alberta	4 007 700	267,2	66,6
Colombie-Britannique	4 582 600	62,8	13,7
Yukon	36 400	0,4	11,0
Territoires du Nord-Ouest	79 300	1,7	21,4
Québec	8 154 800	81,2	10,0
Canada	35 155 500	726,1	20,7

Source: Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2013 et leur évolution depuis 1990, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2016. [En ligne].

Mt\* = mégatonne, donc un million de tonnes.

## Bilan carbone

Estimé des émissions de gaz à effet de serre en éq. CO<sub>2</sub> dans tous les secteurs d'activité, tels le transport, l'énergie, la consommation, l'alimentation et les matières résiduelles.

Pour amorcer votre tâche, veuillez consulter tout d’abord les questions auxquelles vous avez répondu dans la section *Exploration*, à la page 19, et les enrichir à la suite de ce que vous avez appris dans la section *Appropriation*. Vous devez également vous référer au tableau *Les émissions de GES totales par habitant des provinces et territoires canadiens en 2013* à la page 18.

**Tâche**

- 1 En vous référant aux cycles du carbone et de l’azote, décrivez à votre ami l’origine naturelle et anthropique des gaz à effet de serre suivants : dioxyde de carbone, méthane et protoxyde d’azote.

GES	Origine naturelle	Origine anthropique
Dioxyde de carbone		
Méthane		
Protoxyde d’azote		

- 2 Expliquez à votre ami pourquoi l’Alberta émet beaucoup plus de gaz à effet de serre que le Québec.

---



---



---





# CONSOLIDATION

1 Quelles sont les sources naturelles et anthropiques du méthane ?

---



---



---



---



---



---

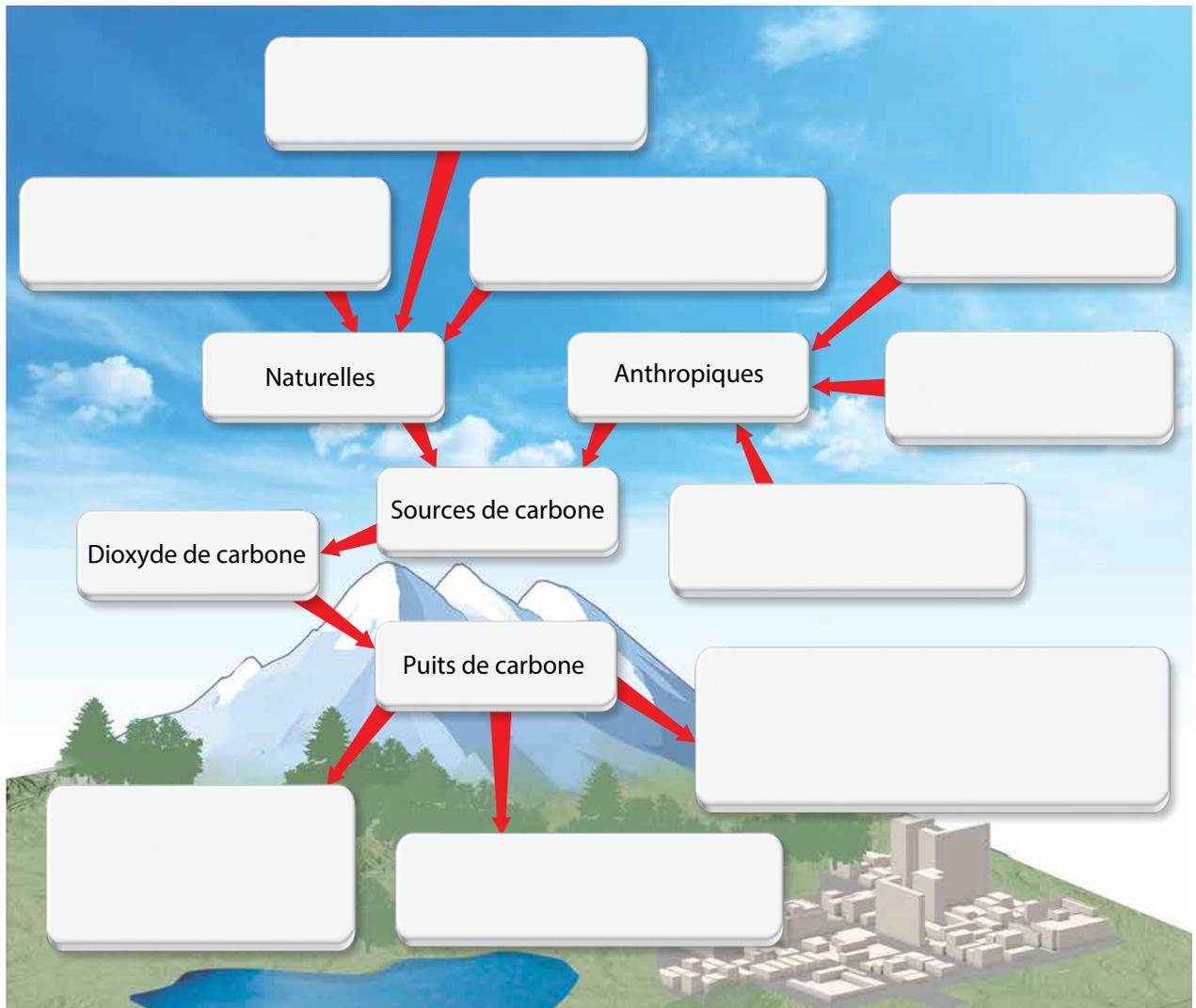
2 Dans le tableau suivant, énumérez des solutions possibles pour réduire l'émission de gaz à effet de serre à divers niveaux : mondial, national (pays), municipal, personnel et industriel.

Niveau d'intervention	Solutions pour réduire les émissions de GES
Mondial	
National	
Municipal	
Personnel	
Industriel	

3 Nommez le gaz à effet de serre émis par les activités humaines qui contient de l'azote et donnez sa formule chimique.

4 Complétez le schéma de concepts ci-dessous qui représente les sources de CO<sub>2</sub> et les puits de carbone à l'aide des énoncés suivants :

- Respiration des organismes vivants
- Océans, lacs, rivières, glaciers et banquises
- Combustion des ressources fossiles
- Lithosphère (humus, charbon, pétrole, gaz naturel et roches calcaires)
- Combustion des forêts et des volcans
- Échanges gazeux avec les océans et les autres cours d'eau
- Procédés industriels
- Végétation et autres organismes vivants
- Déforestation



# SAVOIRS EN RÉSUMÉ

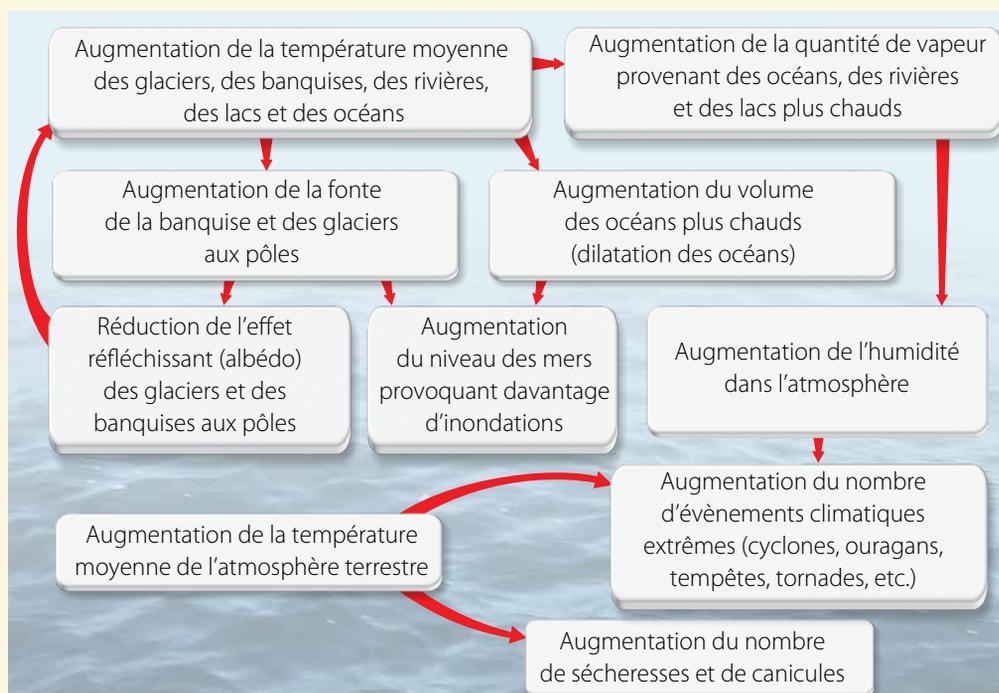
## L'effet de serre et le réchauffement climatique

L'**effet de serre** naturel est l'élévation de la température de l'air atmosphérique due à la capture, par les gaz à effet de serre (GES), du rayonnement infrarouge (chaleur) émis par le sol à la suite de son exposition au rayonnement solaire. Il contribue à maintenir la température moyenne à environ 15 °C ; elle serait de -18 °C sans effet de serre.

La température moyenne planétaire augmente depuis la révolution industrielle (vers 1850) parce qu'il y a une augmentation des GES anthropiques résultant des activités humaines (dioxyde de carbone, méthane, protoxyde d'azote, hexafluorure et halocarbures). Ces gaz absorbent davantage les rayons infrarouges, alors que leur séquestration par les puits de carbone est quant à elle de moins en moins élevée. Ce phénomène est décrit comme étant l'effet de serre dû à des sources anthropiques.

Les **changements climatiques** sont des modifications anormales ou extrêmes des conditions météorologiques (tempêtes, sécheresses, cyclones, fortes pluies, verglas et canicules) causées par le réchauffement planétaire anthropique.

### Les conséquences du réchauffement planétaire



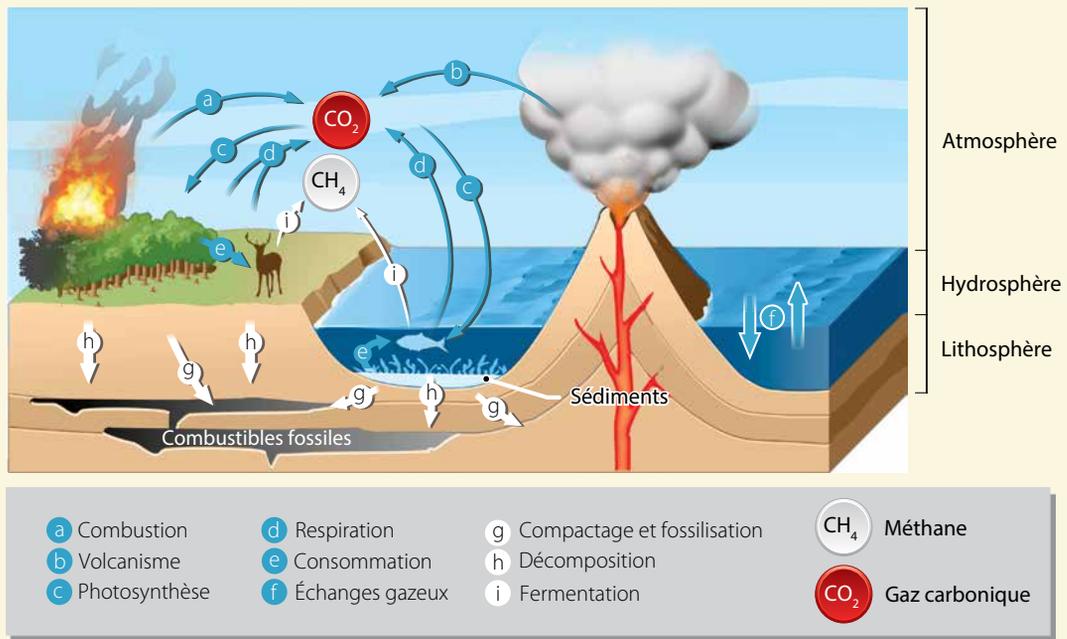
# Le cycle du carbone et ses sources

Le carbone est le principal élément chimique qui constitue le vivant. Le **cycle du carbone** est l'ensemble des échanges de carbone entre les différentes enveloppes de la Terre : la lithosphère, l'hydrosphère, l'atmosphère et la biosphère.

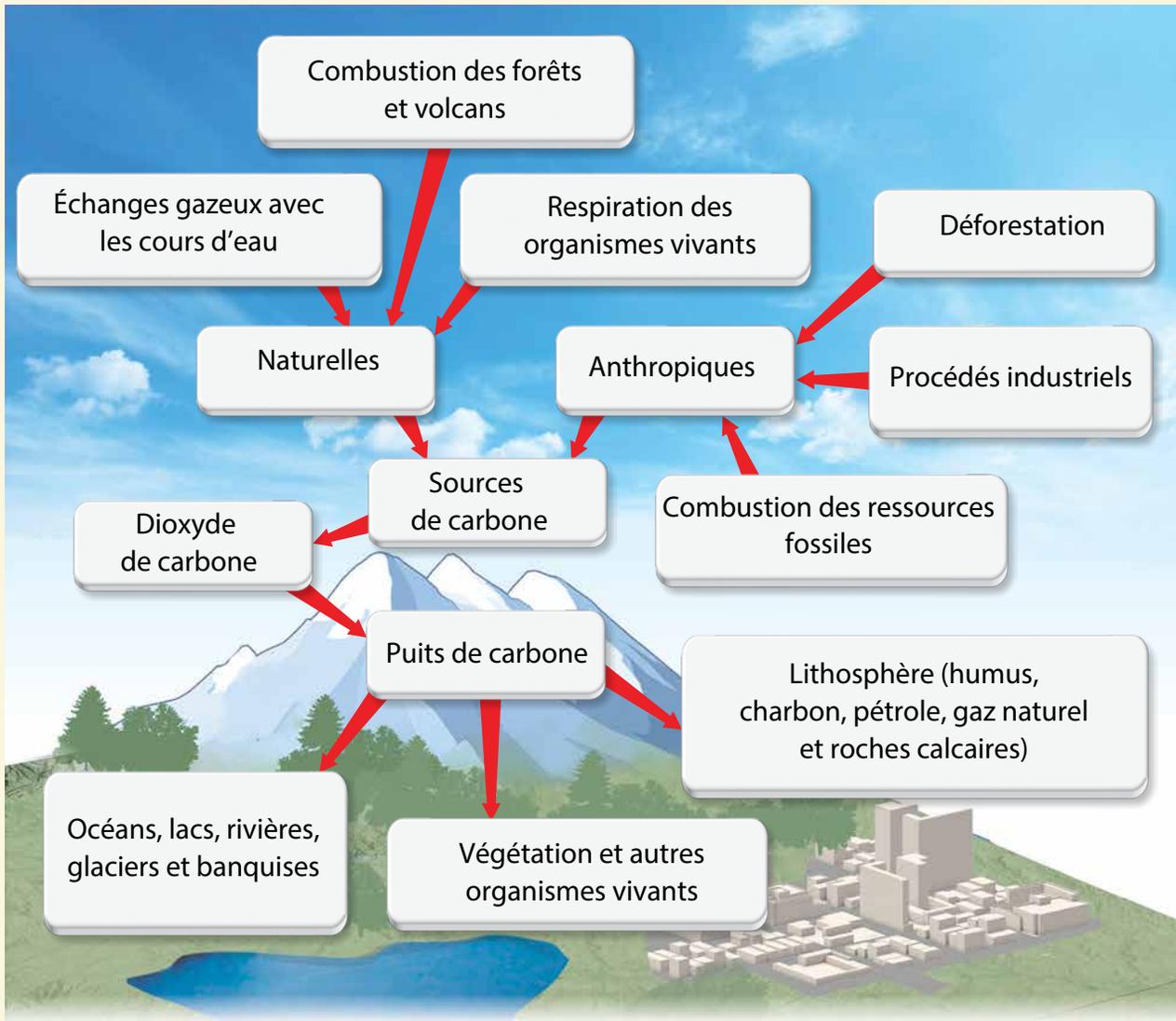
La présence du carbone dans les différentes enveloppes de la Terre

Enveloppes de la Terre	Caractéristiques	Présence du carbone
<b>Lithosphère</b>	Croûte terrestre solide qui enveloppe la Terre	Roches carbonatées, charbon, pétrole, gaz naturel (méthane), hydrates de méthane
<b>Hydrosphère</b>	Ensemble des zones de la Terre où l'eau est présente	Dioxyde de carbone dissous en acide carbonique, hydrates de méthane
<b>Atmosphère</b>	Enveloppe formée des gaz entourant la Terre	Dioxyde de carbone, méthane
<b>Biosphère</b>	Ensemble des organismes vivants sur Terre	Protéines, glucides (sucres), lipides (gras), matériel génétique

Les échanges de carbone entre ces différents réservoirs sont résumés dans la figure suivante.



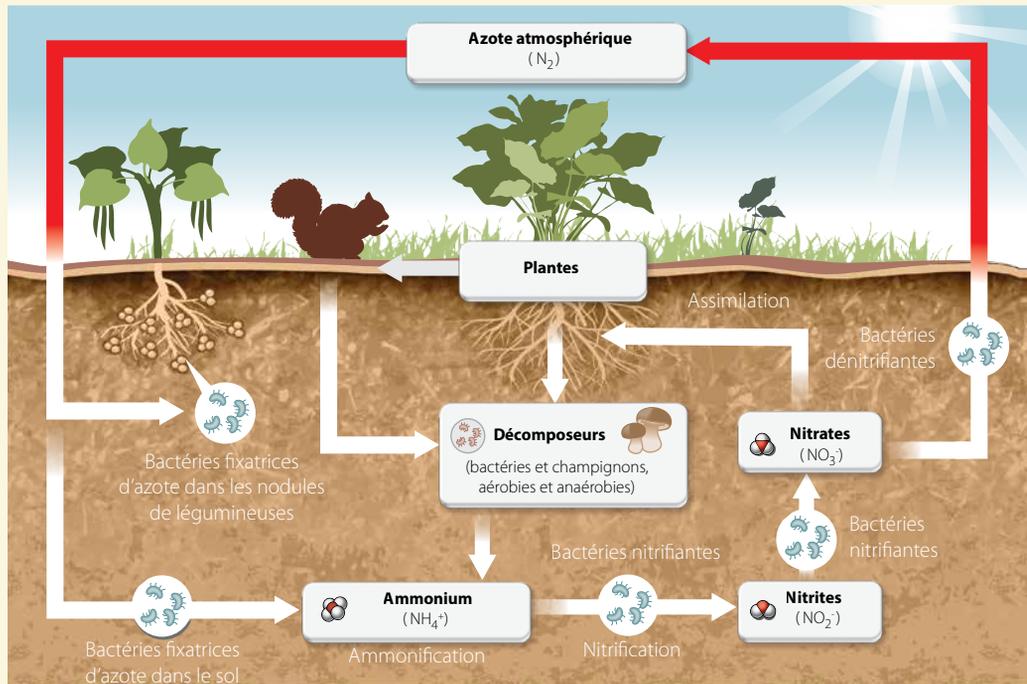
Les sources de carbone et les puits de carbone sont résumés dans le schéma suivant.



## Le cycle de l'azote

Le plus grand réservoir d'azote moléculaire ( $N_2$ ) est l'atmosphère, qui est composée à 78 % d'azote. On le trouve aussi dans les eaux, car il est très soluble. Dans les organismes vivants, l'azote fait partie, tout comme le carbone, de plusieurs composés organiques, tels que les protéines et les acides nucléiques. Pour qu'il puisse être assimilé par les plantes, l'azote doit toutefois être transformé préalablement sous forme d'ions ammonium ( $NH_4^+$ ) ou d'ions nitrate ( $NO_3^-$ ).

L'illustration suivante montre les étapes de ces transformations dans le cycle de l'azote.



- L'azote atmosphérique est transformé en ions ammoniac ( $NH_3$ ) et en ions ammonium ( $NH_4^+$ ) par des bactéries fixatrices. On appelle ce processus la **fixation de l'azote**.
- L'ammonium est directement utilisable par les plantes, mais peut aussi être transformé, par différentes bactéries, en deux autres formes d'azote assimilables par les végétaux, soit en nitrites ( $NO_2^-$ ), puis en nitrates ( $NO_3^-$ ). C'est ce qu'on appelle la **nitrification**.
- Les animaux puisent leurs sources de nitrates en se nourrissant de plantes.
- Les plantes assimilent les ions nitrite ( $NO_2^-$ ), les ions nitrate ( $NO_3^-$ ) et les ions ammonium ( $NH_4^+$ ) par leurs racines.
- Les nitrates ( $NO_3^-$ ) qui demeurent dans le sol sont ensuite transformés en azote atmosphérique par **dénitrification**. La décomposition des êtres vivants, tels les végétaux et les animaux, apporte aussi de l'azote à la lithosphère. Ce sont les décomposeurs, tels les champignons et les bactéries, qui effectuent cette transformation.



b) lequel disparaîtra le plus rapidement de l'atmosphère et expliquez pourquoi.

---

---

---

---

---

---

---

4 Qu'est-ce qui distingue l'absorption du dioxyde de carbone de celle de l'azote par une plante ?

---

---

---

---

---

---

---

5 Qu'ont en commun la respiration cellulaire et la dénitrification ?

---

---

---

---

---

---

---

6 Par un crochet, indiquez si les termes ci-dessous réfèrent au cycle du carbone ou au cycle de l'azote.

	Cycle du carbone	Cycle de l'azote
Les combustibles fossiles		
La dénitrification		
La fertilisation		
La respiration		
La nitrification		
La photosynthèse		
La fixation		



## Des GES dans votre assiette

Une exposition agricole vous engage pour animer une table ronde sur l'importance de manger des produits agricoles régionaux. Pour ce faire, on vous demande d'organiser un jeu où les participants auront à choisir quel bol de fruits, que vous aurez préparé au préalable, a le plus faible impact sur le réchauffement planétaire. Pour simplifier le jeu, vous tiendrez compte uniquement du dioxyde de carbone émis lors du transport de ces fruits.

Vous décidez de placer une fiche sur les bols avec les renseignements suivants pour chaque fruit : nom du fruit, lieu d'origine, mode de transport utilisé et distance parcourue. Les participants auront à calculer la quantité de CO<sub>2</sub> émise dans l'atmosphère pour chacun des fruits et à comparer cette quantité à celle produite par une automobile compacte consommant 10,0 L d'essence par 100 km. Pour vérifier leurs calculs, vous aurez en main des fiches avec tous ces renseignements.

### TÂCHE

Votre tâche consiste à :

- calculer la quantité de CO<sub>2</sub> émise lors du transport des fruits et la distance équivalente parcourue par une automobile émettant la même quantité de CO<sub>2</sub> pour le transport des fruits ;
- expliquer le lien entre le dioxyde de carbone émis par le transport de deux des fruits et le réchauffement de la planète ;
- proposer deux actions concrètes pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> en ce qui concerne l'alimentation des participants.

### REMARQUE

Utilisez les facteurs d'équivalence du tableau *Les facteurs d'équivalence des GES émis par secteurs d'activité* à la page 30 du guide. Aussi, considérez que la consommation d'essence estimée du camion de transport est de 39,0 L/100 km.



**Tâche**

1 Complétez l'information relative aux pommes et aux raisins rouges dans les fiches suivantes.

Bol de fruits n° 1	Clémentines du Maroc	Pommes du mont Saint-Hilaire	Kiwis de l'Italie
Modes de transport et distances parcourues	Avion: 5 870 km Camion: 140 km	Camion: 145 km	Avion: 6 545 km Camion: 140 km
Quantité totale de CO <sub>2</sub> émise	0,89 tonne		0,98 tonne
Distance équivalente parcourue par une automobile	3 700 km		4 100 km

Bol de fruits n° 2	Raisins rouges de l'Australie	Fraises de l'Île d'Orléans	Bananes du Costa Rica
Modes de transport et distances parcourues	Avion: 16 000 km Camion: 140 km	Camion: 165 km	Avion: 7 250 km Camion: 140 km
Quantité totale de CO <sub>2</sub> émise		0,16 tonne	1,0 tonne
Distance équivalente parcourue par une automobile		620 km	4 200 km

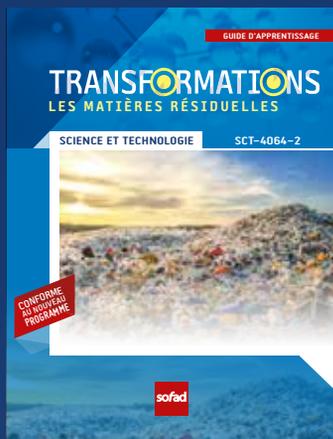
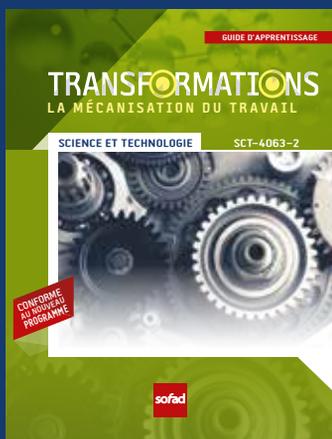
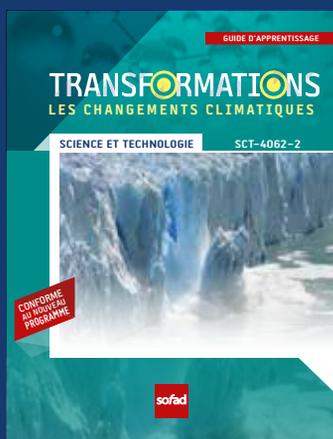
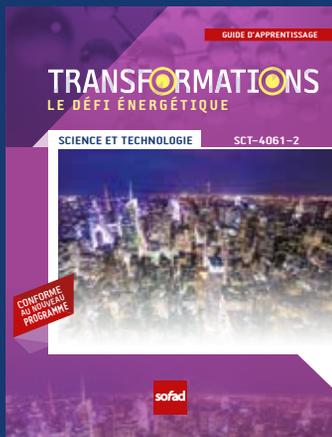
**Calculs pour les pommes**

Grid of dotted lines for calculations.





La collection **TRANSFORMATIONS** couvre l'ensemble des cours du programme de formation diversifiée de 4<sup>e</sup> et de 5<sup>e</sup> secondaire.



sofad

**TRANSFORMATIONS** propose une démarche d'apprentissage basée sur l'acquisition de tous les savoirs prescrits dans des situations d'apprentissage intéressantes et riches. L'approche pédagogique qui soutient cet apprentissage est la suivante :



Le questionnement, à la fois inductif et déductif, donne un sens aux savoirs et aux compétences à développer. Les guides d'apprentissage offrent une multitude d'exercices simples et de tâches plus complexes en réponse aux besoins exprimés par les apprenants et les enseignants. Des ressources supplémentaires sont aussi offertes sur le Portail Web du cours.

### Composantes de la collection **TRANSFORMATIONS** :

- Cahier d'expérimentation : version imprimée et PDF;
- Boîte à outils : version imprimé et PDF;
- Guide d'apprentissage : version imprimée et PDF;
- Guide synthèse d'enseignement (PDF);
- Capsules vidéo de concepts et de techniques;
- Matériel d'expérimentation;
- Activités notées;
- Corrigés.