

Niveau VQA : 1

Guide de l'apprenant

Certificat I: Le changement climatique et la réduction des risques de catastrophes

Modules 4 & 5 : CGCC0416 & CGCE0516

Démontrer une connaissance des causes du changement climatique

Démontrer une connaissance des effets du changement climatique



Table des matières

	Page
Contenu.....	2
Droit d'auteur	3
Introduction	4
Icônes	5
Plan du cours	6
Comment utiliser ce guide	7
Compétences clés et compétences d'employabilité à acquérir	8
Qu'est-ce que je vais apprendre ?	10
Quelles sont les compétences que je dois déjà posséder ?	11
Quels seront les résultats de mon apprentissage ?	12
Introduction au module	13
Section 1	15
Section 2	20
Section 3	23
Section 4	27
Section 5	32
Section 6	35
Section 7	41
Section 8	46
Glossaire	51
Références	55
Illustrations	56

*Image de couverture : Usine de combustion de charbon en Chine
(Andreas / Wikimedia Commons, 2014)*

Droit d'auteur



Ministry of Education & Training Government of Vanuatu

Ministère de l'éducation et de la formation

PMB 9028
Port-Vila Vanuatu

Tél : (678) 22309
E-mail: education@vanuatu.gov.vu



Droit d'auteur © Ministère de l'éducation et de la formation du Vanuatu, Institut de technologie du Vanuatu, Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (SCP), et Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2016.

Première publication en 2017

© MOET, VIT, SCP & GIZ, 10/12/2016. Tous droits réservés.

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, archivée dans un système de recherche d'informations, ou transmise, quelle que soit la forme ou quel que soit le moyen - électronique, mécanique, par photocopieuse, ou par enregistrement. L'auteur exerce internationalement ses droits de propriété intellectuelle.

Introduction

Ce Guide de l'apprenant soutient les modules de compétence CGCC0416 (*Démontrer une connaissance des causes du changement climatique*) et CGCE0516 (*Démontrer une connaissance des effets du changement climatique*), qui spécifient les connaissances, les compétences et les attitudes associées à l'apprentissage des causes et des effets du changement climatique. Ce sont le quatrième et le cinquième d'une série d'onze modules qui constituent un programme de formation sur le changement climatique et la réduction des risques de catastrophes au niveau Certificat I.

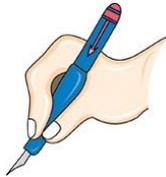
Le Guide de l'apprenant fournit des conseils et des ressources éducatives pertinentes en matière d'éléments et des critères de performance requis. Il est accompagné du Cahier de l'apprenant, qui offre des activités centrées sur l'apprenant et des outils d'évaluation pour favoriser l'apprentissage des concepts et des compétences clés. Les compétences à acquérir s'alignent sur les compétences clés promues par VQA afin d'encourager une plus grande responsabilisation et plus de succès sur le lieu de travail. En outre, il y a un Guide pour le facilitateur de ces modules, qui fournit des connaissances de base et des notes pédagogiques pour les facilitateurs, les formateurs et les enseignants.

Le quatrième module, CGCC0416, définit le niveau requis pour : démontrer que le climat de la Terre a été en constante évolution ; indiquer quelques causes naturelles du changement climatique ; démontrer une connaissance de l'effet de serre naturel et de son importance pour la vie ; illustrer la manière dont les activités humaines au cours des 200 dernières années contribuent à l'effet de serre accentué ; et distinguer l'effet de serre naturel de l'effet de serre accentué. Le cinquième module, CGCE0516, définit le niveau requis pour : démontrer les liens entre l'augmentation de la quantité des gaz à effet de serre, le réchauffement planétaire et le changement climatique ; apporter des raisons de la hausse du niveau de la mer et de l'acidification océanique ; et donner un aperçu des projections futures climatiques.

Le développement de tous les modules de la série est guidé par des consultations avec les acteurs gouvernementaux et non gouvernementaux, et est basé sur la version préliminaire du manuel de formation *Community Based Disaster Risk Management and Climate Change* (SPC/GIZ/USP, 2013) - un manuel préparé par le Centre de Formation Éducative Communautaire (CFEC/CETC) du Secrétariat de la Communauté du Pacifique (SCP/SPC). Les modules ont été produits avec l'aide technique et financière des programmes SCP-EU PacTVET et *Coping with Climate Change in the Pacific Island Region* (CCCPIR) de l'SCP et GIZ. Le Centre PaCE SD de l'USP a contribué à sa révision technique. L'auteur des modules est Charles Pierce.



Icônes



Activité à compléter dans le cahier de l'apprenant



Est-ce que je progresse ?



Définition



Exemple

Plan du cours

Avant de commencer...

Cher apprenant - Ce Guide de l'apprenant contient toutes les connaissances les compétences et les attitudes pour vous mener à réaliser le niveau de ces modules:

<p>Titre: Démontrer une connaissance des causes du changement climatique</p> <p>Niveau VQA : 1 Crédits: 3</p>

<p>Titre: Démontrer une connaissance des effets du changement climatique</p> <p>Niveau VQA : 1 Crédits: 3</p>

Votre formateur /facilitateur vous donnera les modules complets. Il faut les lire pendant votre temps libre. En les lisant, noter vos questions et les choses que vous ne comprenez pas, puis discutez-les avec votre formateur.

Ces modules comprennent deux composantes de votre qualification au niveau du Certificat I, comme indiqué en dessous. Dans ce tableau, veuillez inscrire les noms de tous les modules que vous êtes actuellement en train de compléter :

Titre	Niveaux VQA	Crédits
Certificat I en changement climatique et réduction des risques de catastrophes	1 & 2	46
.....
.....

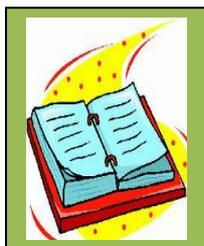
De plus, on vous donnera un Cahier de l'apprenant, qui accompagne ce Guide de l'apprenant. Le Cahier de l'apprenant contient les activités que vous devrez faire pendant vos études. Veuillez garder les activités complétées à inclure dans votre Dossier de preuves, qui sera requis durant votre évaluation finale.

Il y aura un contrôle continu pendant vos études. Ceci s'appelle l'évaluation formative. En outre, il y aura un test à la fin de ces modules. Ceci s'appelle l'évaluation sommative. Avant l'évaluation, votre formateur/facilitateur/ assesseur vous donnera des informations concernant le niveau et le contenu de ces modules.

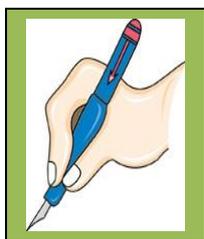
Profitez de cette expérience à portée pédagogique!

Comment utiliser ce guide

Tout au long de ce guide, vous rencontrerez certaines « boîtes » à récurrence périodique. Ces boîtes représentent certains aspects du processus d'apprentissage, contenant des informations pour vous aider à identifier et comprendre ces aspects. Vous trouverez les détails ci-dessous:



Qu'est-ce que cela veut dire? Chaque domaine d'apprentissage a ses propres termes et **définitions**. Il est important de savoir quand et de pouvoir utiliser correctement ces termes et ces définitions. Tout au long du guide, ils sont indiqués de cette manière.



On vous demandera de compléter des **activités**, soit en petit groupe, soit individuellement. Il est important de compléter toutes les activités, car votre formateur va les évaluer et elles feront partie de votre dossier de preuves. Toutes les activités, soit fait par groupe ou par l'individu, seront indiquées par ce type de boîte.



Ce type de boîte indique la présentation des **exemples** de certains concepts ou de principes. De tels exemples vous aideront à lier l'apprentissage à une situation concrète.



Ce type de boîte indique un **résumé** des concepts couverts, et vous offre la chance de poser des questions à votre formateur si vous n'êtes pas sûr de ces concepts.

Mes notes...

Vous pourriez utiliser cette boîte pour noter vos questions, les mots que vous ne comprenez pas, les instructions ou les explications données par votre formateur, ou d'autres notes qui vous aideront à mieux comprendre ce que vous apprenez.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Les compétences clés et les compétences d'employabilité à acquérir

Compétence clé*	Exemple de son application
Initiative	<p>S'adapter à de nouvelles situations • développer une vision stratégique du long-terme • être créatif • identifier les possibilités pas évidentes aux autres personnes • traduire des idées en actes • générer une gamme d'options • mettre en œuvre des solutions innovantes</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Lancer et mener des recherches indépendantes sur les changements de climat au cours de l'histoire de la Terre.</i> • <i>Lancer et mener des expériences et des recherches indépendantes sur les impacts des niveaux croissants de gaz à effet de serre sur les océans et les récifs.</i>
Communication	<p>Verbale ou non-verbale, comprenant : • parler clairement et directement • écrire pour répondre aux besoins de l'audience ciblée • comprendre les besoins des parties internes et externes • persuader efficacement • l'établissement et l'utilisation des réseaux.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Présenter l'information de manière visuelle (en se servant des illustrations dessinées à la main et de la technologie), ainsi que de manière verbale, pour expliquer les conditions climatiques à certaines époques de l'histoire de la Terre.</i> • <i>Faire un exposé pour expliquer l'effet de serre naturel.</i> • <i>Présenter l'information de manière visuelle (en se servant des illustrations dessinées à la main et de la technologie), ainsi que de manière verbale, pour expliquer les futurs problèmes auxquels les habitants du Vanuatu vont faire face à cause du changement climatique.</i>
Travailler en équipe	<p>Travailler avec toutes sortes de gens, quel que soit leur âge, leur sexe, leur race, leur religion et leur conviction politique • travailler en tant qu'individu et en tant que membre d'une équipe • savoir comment voir son rôle au sein d'une équipe • utiliser les compétences de travail en équipe dans un ensemble de situations.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>En petits groupes, mener une enquête sur le terrain pour rechercher la manière dont les activités de la communauté locale contribuent à l'augmentation de l'effet de serre.</i> • <i>Entreprendre des discussions et des activités à deux ou en groupe concernant l'apprentissage sur les effets du changement climatique.</i>
Technologie de l'information et de la communication	<p>Posséder une gamme de compétences de base en technologies de l'information • utiliser les technologies de l'information en tant que des outils de gestion • utiliser les technologies de l'information pour organiser les données • être prêt à apprendre des nouvelles compétences en matière des technologies de l'information • utiliser la technologie avec une connaissance de la santé et la sécurité au travail • avoir la capacité physique adéquate.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Se servir de l'internet et des documents imprimés pour découvrir les causes du changement climatique.</i> • <i>Se servir de l'internet et des documents imprimés pour trouver des exemples des impacts du changement climatique au Vanuatu et dans la région du Pacifique.</i> • <i>Se servir des téléphones portables, du courrier électronique et des médias sociaux afin d'accéder aux informations sur les impacts locaux du changement climatique.</i> • <i>Se servir des applications informatiques pour construire les graphiques climatiques, les cartes et les diagrammes.</i>
Résolution de problèmes	<p>Développer des solutions créatives et novatrices • développer des solutions pratiques • faire preuve de l'indépendance et de l'initiative dans l'identification des problèmes • résoudre les problèmes en équipe • appliquer une gamme de stratégies dans la résolution des problèmes • appliquer les stratégies de résolution de problèmes dans de nombreux domaines.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Créer un diagramme du cycle hydrologique pendant une période glaciaire du dernier âge de glace.</i> • <i>Déterminer les conséquences probables de l'augmentation de températures atmosphériques et océaniques pour la planète, pour le Vanuatu et pour le quartier local.</i>
Autogestion	<p>Posséder une vision personnelle et des buts personnels • surveiller et évaluer son propre rendement • avoir les connaissances et la confiance en ses propres idées et sa propre vision • exprimer ses propres idées et sa propre vision • assumer la responsabilité.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Réfléchir à la connaissance et à la compréhension des causes du changement climatique, tant naturelles qu'humaines.</i> • <i>Réfléchir à la connaissance et à la compréhension du climat et de ses impacts sur les communautés dans la région.</i>
Planification	<p>Gérer le temps et les priorités – fixer des délais précis, coordonner les travaux • être inventif • prendre des initiatives et prendre des décisions • établir des livrables et des objectifs précis de projet • répartir les ressources et le personnel aux tâches • participer à l'amélioration et la programmation continue • élaborer une vision et un plan proactif pour l'accompagner.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Planifier, collecter et traiter les informations obtenues à partir des documents et des discussions afin d'évaluer la contribution des activités de la communauté locale au changement climatique.</i> • <i>Planifier, collecter et traiter les informations obtenues à partir des documents et des discussions afin de prendre des décisions sur les effets du changement climatique sur les îles et les océans.</i>
Apprentissage (acquérir de nouvelles compétences et connaissances)	<p>Gérer son propre apprentissage à l'aide de diverses options convenant aux différents styles d'apprentissage - le mentorat, le soutien par les pairs, le réseautage • être enthousiasmé par l'apprentissage continu • vouloir apprendre dans tout contexte • être ouvert à de nouvelles idées et de nouvelles techniques • être prêt à consacrer le temps et l'effort à l'acquisition de nouvelles compétences.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Participer aux discussions de groupe pour partager les connaissances et pour acquérir de nouvelles compétences et de nouvelles idées concernant les causes et les effets du changement climatique.</i>
L'égalité des sexes et l'intégration sociale	<p>Apprécier et soutenir les femmes et les personnes défavorisées, et accorder les chances égales à tous dans leur milieu de travail et leur collectivité • faire du mentorat auprès des personnes plus jeunes • apprécier et respecter les personnes plus âgées • montrer du respect aux différences culturelles, sociales, religieuses et politiques.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>S'assurer que les discussions au sein des communautés tiennent compte des points de vue masculins et féminins sur les causes et les effets du changement climatique.</i>

Qu'est-ce que je vais apprendre?

Section 1: Démontrer que le climat de la Terre a été en constante évolution

Section 2: Indiquer quelques causes naturelles du changement climatique

Section 3: Démontrer une connaissance de l'effet de serre naturel et son importance pour la vie

Section 4: Illustrer la manière dont les activités humaines au cours des 200 dernières années contribuent à l'effet de serre accentué

Section 5: Distinguer l'effet de serre naturel de l'effet de serre accentué

Section 6: Démontrer les liens entre les gaz à effet de serre, le réchauffement planétaire et le changement climatique

Section 7: Apporter des raisons de la hausse du niveau de la mer et de l'acidification océanique

Section 8: Donner un aperçu des projections futures climatiques

Quelles sont les compétences que je dois déjà posséder ?

Avant de commencer ces deux modules, vous devriez :

- être capable de lire, d'écrire et de faire les calculs ;
- avoir la connaissance et l'expérience de quelques-uns des facteurs contribuant au changement climatique (la déforestation, les éruptions volcaniques, la combustion des combustibles fossiles, etc.) ainsi que des liens entre l'atmosphère et l'océan (l'évaporation, les précipitations, le réchauffement de l'eau de surface par la radiation solaire, etc.).
- avoir des compétences de base du dessin et de l'interprétation des graphiques, ainsi que des compétences cartographiques essentielles

Quels seront les résultats de mon apprentissage ?

Quand vous aurez réalisé le niveau de ces modules, vous serez capable :

- de démontrer que le climat de la Terre a été en constante évolution au cours de l'histoire géologique ;
- d'expliquer quelques-uns des facteurs (forçages) naturels responsables du changement climatique ;
- de décrire l'effet de serre naturel et son importance pour la vie ;
- de démontrer la manière dont les activités humaines au cours des 200 dernières années contribuent à l'accentuation de l'effet de serre ;
- de distinguer l'effet de serre naturel de l'effet de serre accentué ;
- de démontrer les liens entre l'augmentation de la quantité des gaz à effet de serre (GES), le réchauffement planétaire et le changement climatique ;
- d'expliquer comment les niveaux accrus de GES et l'augmentation des températures entraînent une hausse des niveaux de la mer et l'acidification océanique ;
- de résumer les projections futures climatiques pour le Vanuatu.

Introduction au Module

Vous allez bientôt commencer les quatrième et cinquième modules du programme intitulé « Changement climatique et Réduction des risques de catastrophes », au niveau du Certificat I. Dans ces modules, vous allez vous renseigner sur le changement climatique, ses causes et quelques-uns de ces effets. D'abord, vous verrez que le climat de la Terre a toujours été en constante évolution au cours de l'histoire géologique, c'est-à-dire depuis la formation de la Terre il y a 4,6 milliards d'années, et vous discuterez des raisons pour ces changements naturels de climat. Vous allez étudier la manière dont la Terre est réchauffée, la manière dont la Terre réchauffe l'atmosphère, et la manière dont certains gaz de l'atmosphère peuvent retenir la chaleur dégagée du sol et rendre l'atmosphère encore plus chaude qu'elle devrait être. Il s'agit de « l'effet de serre naturel ». Puis vous allez examiner les signes qui semblent indiquer que les activités humaines ont contribué à l'augmentation de cet effet de serre naturel pendant les 200 dernières années, rendant donc l'atmosphère encore plus chaude. Il s'agit de « l'effet de serre accentué ».

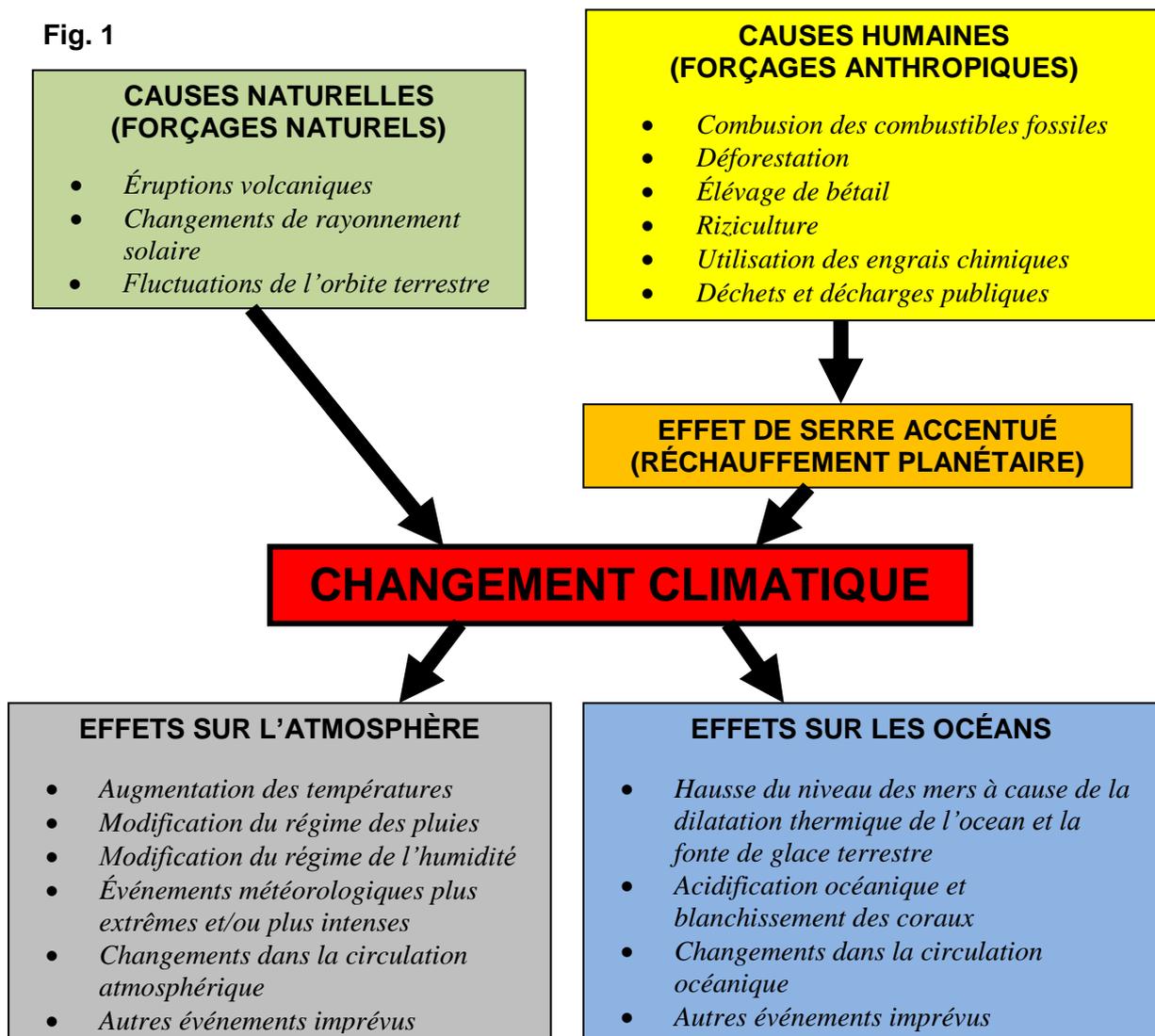
Après avoir résumé les différences entre l'effet de serre naturel et l'effet de serre accentué, vous analyserez les preuves du lien entre l'augmentation de la quantité des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère et le réchauffement planétaire. Ensuite, vous apprendrez que l'augmentation des températures globales atmosphériques et de surface de la mer a des répercussions sur d'autres aspects du climat - la modification du régime des pluies, les événements climatiques extrêmes plus fréquents, l'humidité, et la circulation de l'atmosphère et des océans. Aussi bien que ces aspects du changement climatique, vous verrez comment les niveaux accrus des températures atmosphériques et de surface de mer entraînent une hausse du niveau des mers, à cause de la dilatation thermique des océans et la fonte de la glace terrestre (c'est-à-dire la couverture de glace aux régions polaires et dans les glaciers). De plus, vous allez découvrir les liens entre l'augmentation des niveaux de dioxyde de carbone, les températures plus élevées à la surface de mer, l'acidification océanique et la dégradation des récifs coralliens.

Enfin, vous tirerez parti des connaissances et des compétences acquises dans le module précédent, CGCV0316, afin d'apprendre plus sur la manière dont les météorologues ont créé des projections des régimes futurs de températures et de pluies au Vanuatu, ainsi que des prédictions de l'élévation future du niveau de la mer et de l'acidification de l'océan.

Il est essentiel que vous saisissiez tous ces concepts. Ils vous aideront à mieux comprendre les différentes mesures à prendre afin d'atténuer les émissions des gaz à effet de serre et de réduire les effets négatifs du changement climatique actuel et futur. Et plus particulièrement, ils vous donneront une connaissance de fond qui vous permettra de collaborer avec votre communauté locale pour se préparer et s'adapter aux changements à venir. Ces sujets vont être discutés en plus de détail dans les modules ultérieurs de ce programme.

Voici un schéma (Fig. 1) pour vous montrer l'organisation de l'information dans ce Guide de l'apprenant :

Fig. 1



À la complétion de ces deux modules, vous serez plus capable d'expliquer aux autres la signification du changement climatique, ses causes et quelques-uns de ses effets.

(page blanche)

Section 1

Démontrer que le climat de la Terre a été en constante évolution

Après avoir complété cette section, vous devriez être capable :

- 1.1 d'identifier des exemples des périodes dans le temps quand le climat était plus chaud et plus froid qu'aujourd'hui ;
- 1.2 de démontrer les changements du niveau mondial de la mer au cours du dernier âge de glace.

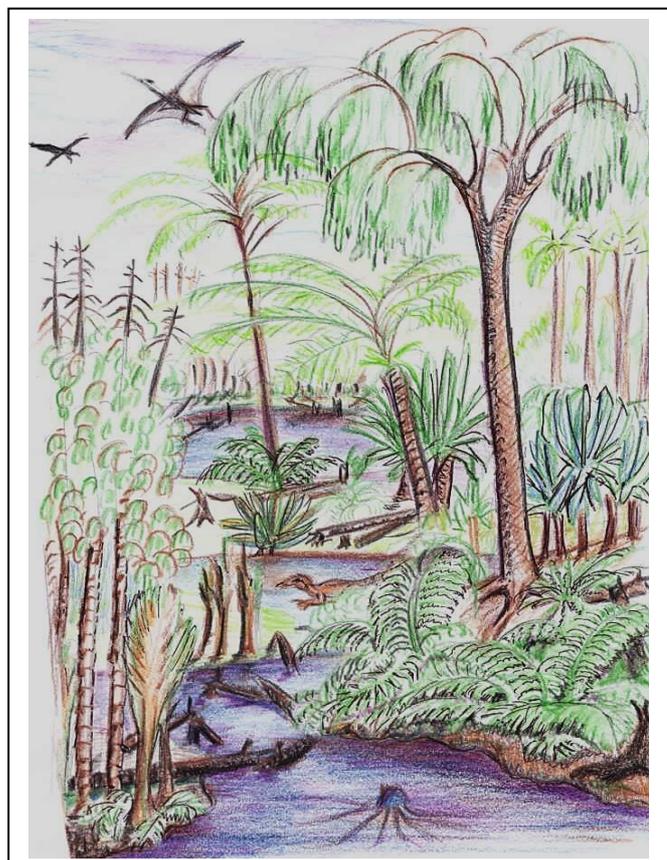
1.1 Le climat de notre planète est en pleine évolution

Les **géologues** nous disent que notre planète s'est formée il y a 4,6 milliards d'années d'un immense nuage tourbillonnant de gaz et de poussières, à une température de milliers de degrés Celsius. Depuis ce temps-là, son atmosphère et sa surface se sont progressivement refroidies. Mais le refroidissement n'a pas été constant, et la surface de la Terre s'est refroidie et s'est réchauffée beaucoup de fois.

Un exemple vient d'il y a près de 360 millions d'années, au début de la **période Carbonifère**. À cette époque, la Terre était beaucoup plus chaude qu'à présent, et il y avait plus d'oxygène dans l'atmosphère qu'à aucune autre période de l'histoire : donc il y avait des conditions idéales pour la croissance de plantes (Fig. 2).

Les masses terrestres étaient couvertes de forêts humides et denses. Finalement, la décomposition de ces forêts avait produit les gisements de charbon. Les premiers reptiles sont apparus à cette époque.

Fig. 2: Une représentation artistique de la période Carbonifère

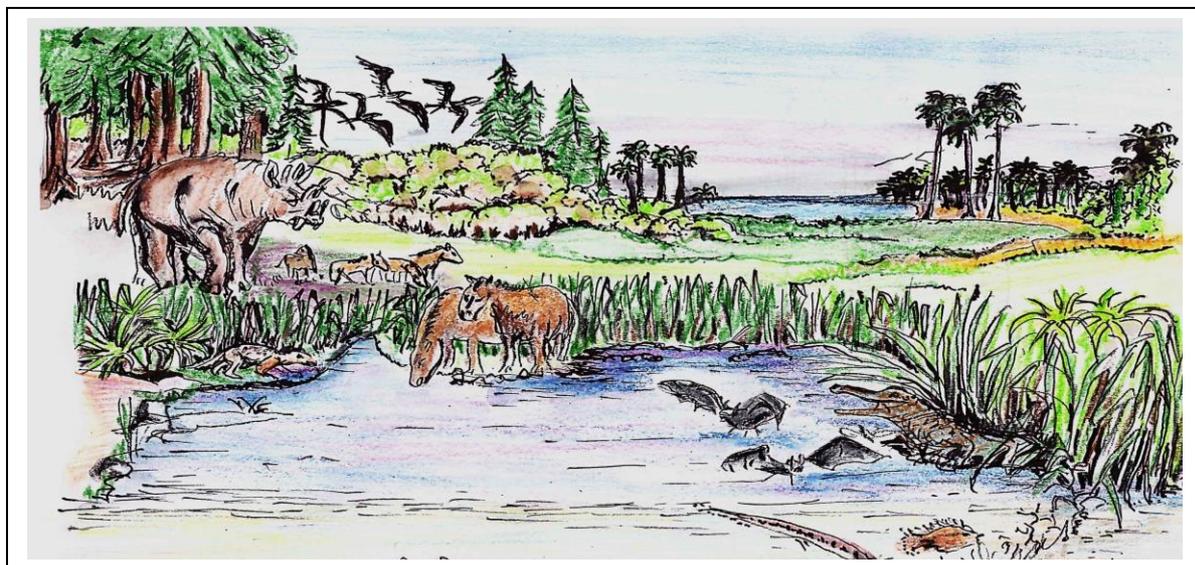


Morgan, B., 2014

Au début, la période Carbonifère était chaude. Mais les températures ont bientôt commencé à diminuer, et vers la fin de cette période, il y a 300 millions d'années, les régions polaires de la Terre étaient couvertes de glace.

Au début de **l'époque de l'Éocène**, il y a près de 49 millions d'années (Fig. 3), il y avait peu ou pas de glace sur la Terre, et presque aucune différence de température entre l'équateur et les pôles. L'atmosphère tenait de hauts niveaux de dioxyde de carbone et de méthane, et le climat était si chaud que la surface de la Terre était recouverte par la forêt, et aux hautes latitudes on trouvait les palmiers et les crocodiles. Certains scientifiques disent que la température moyenne de la Terre aurait pu atteindre 30°C (UCMP, 2014). Mais au cours du temps, le climat s'est refroidi, et vers la fin de l'Éocène, les régions polaires étaient encore couvertes de calottes glaciaires. À l'époque, bien sûr, les humains n'existaient pas.

Fig. 3: Une représentation artistique du début de l'Éocène



Morgan, B., 2014

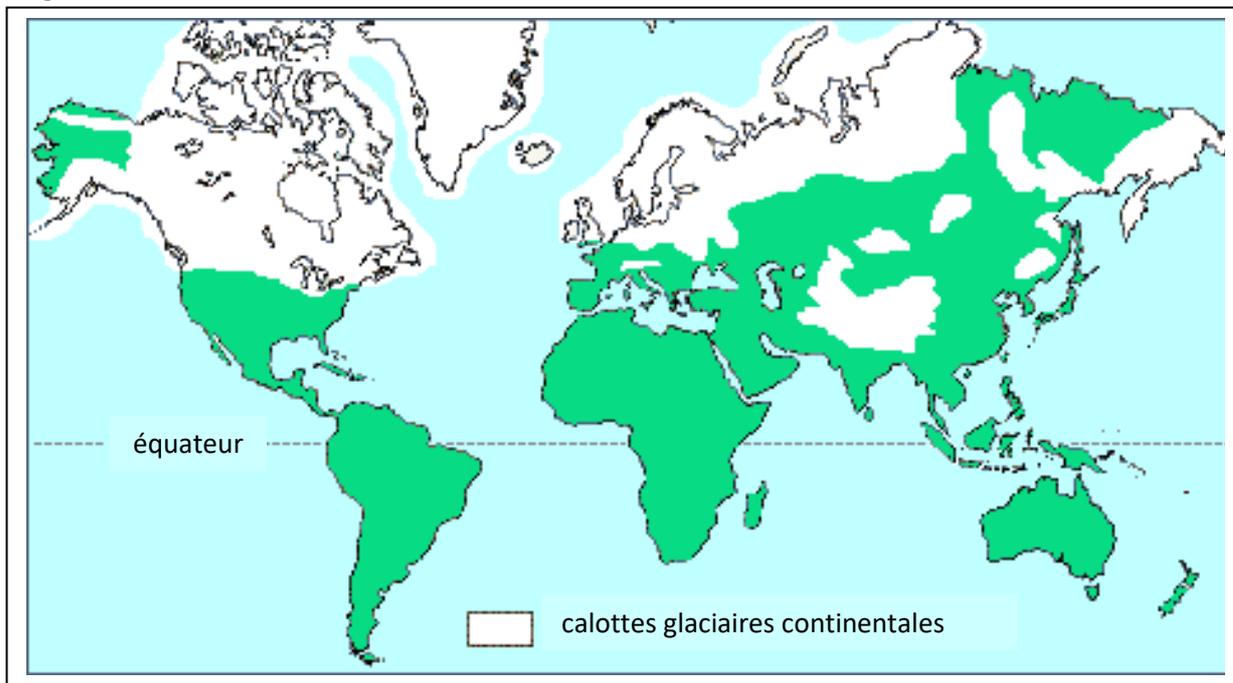
Il y a près de 49 millions d'années, au début de l'époque de l'Éocène, la Terre était recouverte de forêts de pôle à pôle, et le niveau de la mer était plus élevé qu'à présent

Ainsi que les périodes chaudes pendant l'histoire de la Terre, les géologues ont trouvé des preuves d'au moins cinq **âges de glace** au cours des dernières 4,6 milliards d'années. L'âge de glace le plus récent a commencé il y a près de 2 millions d'années, en même temps que l'apparition des humains sur Terre, et a terminé 11.700 années avant le présent. Appelé **l'âge de glace du Pléistocène**, il était composé d'au moins quatre **périodes glaciaires**, quand les températures mondiales étaient environ 5°C plus basses qu'à présent, et une grande partie de la surface de l'hémisphère du nord était recouverte de glace. Entre ces périodes de l'avance de la glace, il y avait des périodes **interglaciaires** quand les températures étaient comparables à celles d'aujourd'hui. Certains scientifiques croient que nous nous trouvons toujours dans une période interglaciaire, et qu'à l'avenir, une autre période glaciaire va retourner !

Pendant les périodes glaciaires, les niveaux mondiaux de la mer étaient beaucoup plus bas qu'à présent. Pendant les périodes interglaciaires, ils étaient similaires à ceux d'aujourd'hui.

Cette carte (Fig. 4) démontre l'étendue des grandes calottes glaciaires continentales il y a 20.000 ans. À cette époque, un quart de la superficie terrestre de la Terre était recouverte de glace, et le niveau de la mer était beaucoup plus bas que celui d'aujourd'hui.

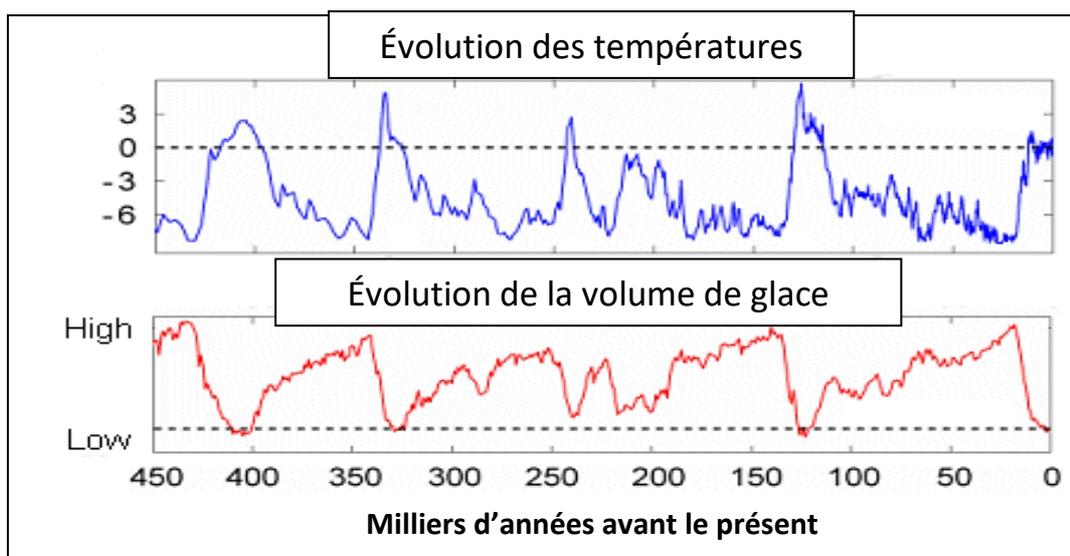
Fig. 4



O'Neil, D., 2008-2013

Les deux graphiques de Fig 5 en dessous démontrent l'évolution des températures et du volume de glace au cours des dernières 450.000 années. Dans le graphique en haut, la ligne pointillée représente la température moyenne mondiale d'aujourd'hui. Pendant les périodes interglaciaires, les températures étaient supérieures d'environ 3°C à celles d'aujourd'hui, tandis que dans les périodes glaciaires, elles étaient inférieures de 6°C à celles d'aujourd'hui. Le graphique en bas démontre que le volume de glace a fluctué selon les changements de température.

Fig. 5



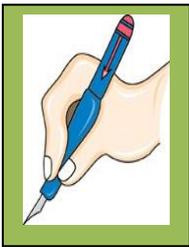
O'Neil, D., 2008-2013

Fig. 6: Une représentation artistique du nord de l'Espagne pendant une période glaciaire du dernier âge de glace



Anton, M., 2004 / Public Library of Science

Cette image démontre le paysage au nord de l'Espagne pendant une des périodes glaciaires du dernier âge de glace. Les grands animaux sont les mammouths laineux (maintenant disparus)



Veuillez compléter les activités 1.1a et 1.1b dans votre Cahier de l'apprenant

Mes notes:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



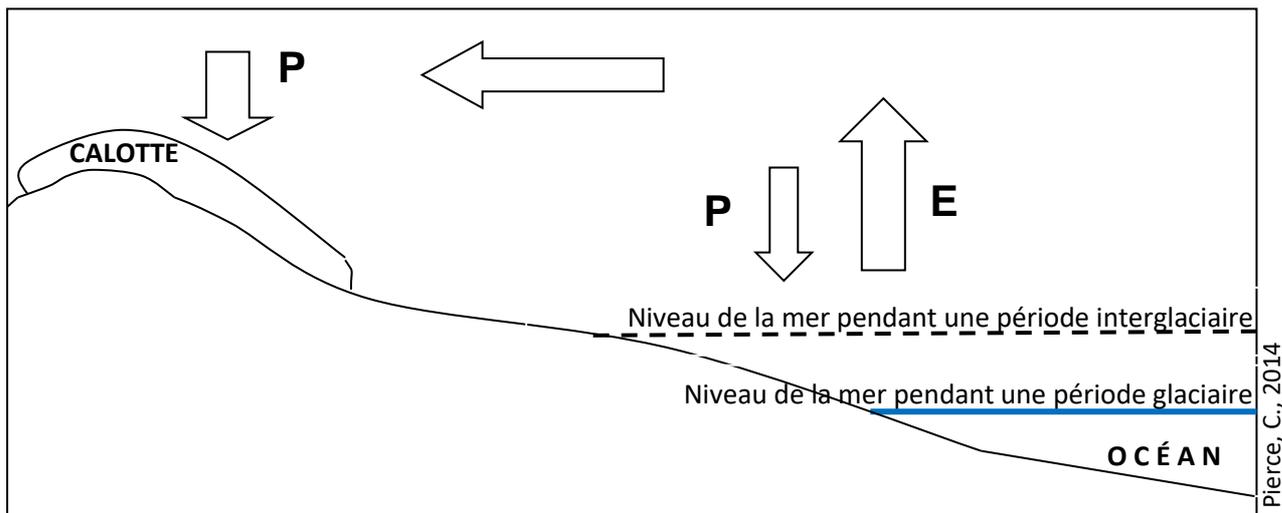
Concept	Je comprends ce concept	Des questions que j'aimerais tout de même poser
1.1 Exemples des périodes dans l'histoire de la Terre quand le climat était beaucoup plus chaud ou plus froid qu'aujourd'hui.		

1.2 Changements du niveau de la mer au cours du dernier âge de glace

Vous avez découvert que le climat de la Terre a beaucoup changé au cours du dernier âge de glace. Pendant les périodes glaciaires, les températures moyennes mondiales ont chuté d'autant de 6°C, tandis que dans les périodes interglaciaires, les températures moyennes mondiales auraient pu augmenter d'environ 3°C au-dessus des températures d'aujourd'hui. Ces changements ont eu d'énormes conséquences sur le niveau de la mer.

Regardons ce qui s'est passé dans le cycle hydrologique pendant une période glaciaire. Vous pouvez voir sur le schéma (Fig. 7) que les océans n'ont pas gelé, donc l'eau a continué de s'évaporer de leurs surfaces. Mais quand l'air s'est déplacé des océans vers l'intérieur des continents, les températures plus froides ont fait que les précipitations tombaient sous forme de neige plutôt que de pluie. La neige s'accumulait sur la surface et se transformait en glace, donc il y avait peu d'écoulement ou de flux souterrain vers les océans. En conséquence, l'eau s'évaporait des océans, mais n'y retournait pas. Autour du monde il y avait une forte chute du niveau de la mer.

Fig. 7: Le cycle hydrologique pendant une période glaciaire du dernier âge de glace

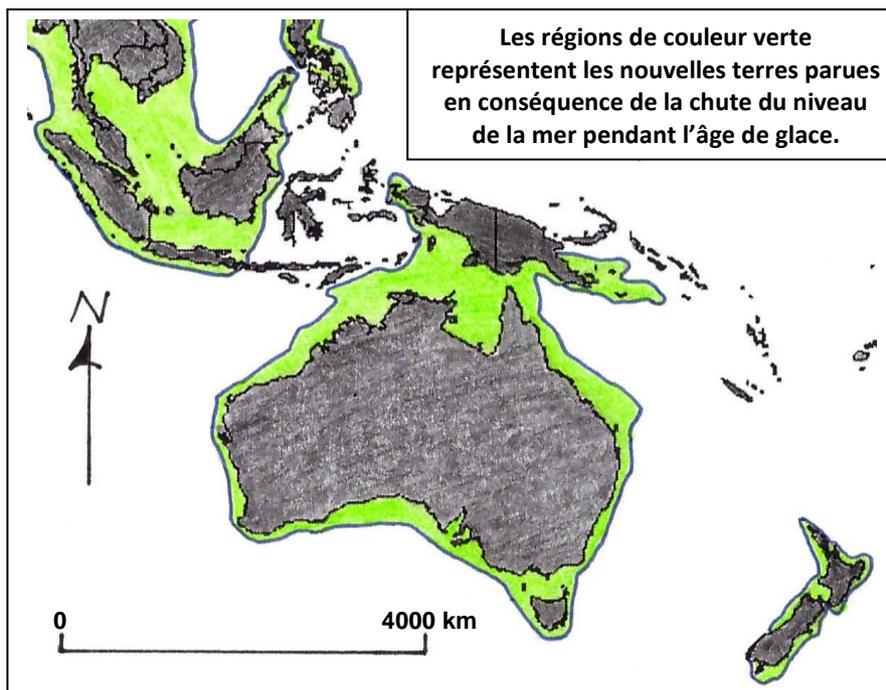


Pierce, C., 2014

Pendant la dernière période de l'âge de glace, le niveau de la mer au Pacifique occidental était à 130 mètres en dessous du niveau actuel (Nunn, P. 1997, *Human and Non-Human Impacts on Pacific Island Environments*, USP, Suva.) Plusieurs îles se sont réunies et les premiers humains ont pu marcher à pied de Papouasie Nouvelle Guinée jusqu'à l'île de Tasmanie.



Fig. 8:
L'Asie du Sud-Est et le Pacifique du Sud-Ouest pendant le dernier âge de glace



Pierce, C., 2014



Veuillez compléter les activités 1.2a et 1.2b dans votre Cahier de l'apprenant

Mes notes:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Concept	Je comprends ce concept	Des questions que j'aimerais tout de même poser
1.2 Il y avait une chute du niveau de la mer pendant le dernier âge de glace, quand les températures étaient beaucoup plus froides.		

Section **2** Indiquer quelques causes naturelles du changement climatique

Après avoir complété cette section, vous devriez être capable :

2.1 d'identifier des raisons pour les changements de climat naturels.

2.1 Les forçages naturels du changement climatique

Il existe deux types de facteurs, ou de forçages, qui exercent une influence sur le climat de la Terre - **forçages naturels** et **forçages humains**. Les forçages humains s'appellent aussi les **forçages anthropiques**. Les forçages naturels ont eu lieu tout au long des 4.6 milliards d'années de l'existence de notre planète. Les forçages anthropiques datent du moment où les premiers humains sont apparus sur la planète il y a près de 2 millions d'années, mais ne sont devenus importants que dans les 200 dernières années.

Voici quelques-uns des forçages naturels qui sont responsables des changements climatiques à long terme pendant **l'histoire géologique** de la planète Terre.

Éruptions volcaniques: Les volcans libèrent d'énormes quantités de gaz dans l'atmosphère - le dioxyde de carbone, le dioxyde de soufre et la vapeur d'eau. Le dioxyde de carbone et la vapeur d'eau sont des **gaz à effet de serre** qui peuvent absorber l'énergie thermique émise par la surface de la Terre, ainsi conservant la chaleur de l'atmosphère. Mais de plus, les nuages de poussière émis par les volcans peuvent bloquer l'énergie solaire incidente et par la suite réduire la puissance des rayons du soleil et causer une diminution des températures sur Terre.



Fig. 9



USGS, 1991

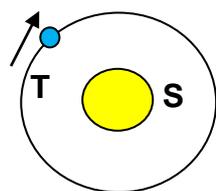
L'éruption du Mont Pinatubo aux Philippines le 15 juin 1991 a libéré un immense volume de poussière et de gaz de dioxyde de soufre dans l'air.

Le nuage de poussière s'est étendu tout autour de la planète et a réduit par 10% l'ensoleillement normal atteignant le sol. En conséquence, la température globale a chuté d'environ 0,4°C durant les deux prochaines années. La planète entière s'est refroidie (Rosenberg, M., 2014).

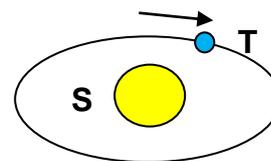
Changements dans la quantité de lumière solaire atteignant la Terre : La quantité d'énergie émise par le soleil **fluctue** constamment. Si plus d'énergie est émise, toutes les planètes du système solaire connaîtront un réchauffement. S'il y a moins d'énergie, elles connaîtront un refroidissement.

Aussi, **l'orbite** de la Terre autour du Soleil n'est pas constante. À l'heure actuelle, et pendant certaines périodes dans le temps, l'orbite est de forme généralement circulaire. Mais à d'autres moments, l'orbite est de forme elliptique. Un tel trajet implique que deux fois par an la Terre est plus près du Soleil qu'elle ne l'est aujourd'hui, ce qui cause une augmentation de température dans ces deux saisons.

Fig. 10



Orbite circulaire



Orbite elliptique

Pierce, C., 2014

Les scientifiques ont aussi découvert que la Terre vacille sur son axe. Il en résulte que parfois, certaines régions de sa surface se trouvent plus directement en face du Soleil, et reçoivent plus d'énergie.

Changements du pouvoir réfléchissant de la surface de la Terre : Un autre forçage du changement climatique provient des changements du pouvoir réfléchissant de la surface terrestre. Les forêts et les océans ont une coloration plus foncée et peuvent absorber plus de chaleur, tandis que les surfaces couvertes de neige ou de sable vont réfléchir la chaleur et restent assez froides. Donc une fois qu'une grande partie de la surface terrestre soit recouverte de glace, la glace réfléchit l'énergie thermique incidente, il y a moins de radiation thermique émise de la terre, et le climat est plus froid. La capacité d'une surface de réfléchir ou d'absorber la chaleur s'appelle son **albédo**.

Météorites et astéroïdes: Ce sont des morceaux de roche et/ou de glace qui se déplacent dans l'espace. Chaque jour, la Terre est frappée des centaines de fois par les petits météorites, et il ne se passe rien. Mais une fois tous les quelques millions d'années, un astéroïde ou une météorite vraiment immense arrive (Fig. 11). Quand il atteint la terre, il produit tant de poussière et de vapeur que le soleil ne peut pas atteindre la surface. La Terre refroidit très rapidement, et les plantes et les animaux souffrent et meurent. Les scientifiques pensent que le dernier impact majeur d'un astéroïde ou d'une météorite s'est passé il y a 66 millions d'années, à la fin de la période du Crétacé. Il a provoqué une période de refroidissement marqué, et était responsable de l'extinction de trois quarts de toutes les espèces végétales et animales de la planète, y compris les dinosaures (Fig. 12).

Fig. 11:

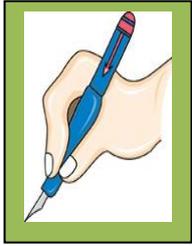
Une représentation artistique de l'astéroïde frappant la Terre il y a 66 millions d'années



Morgan, B., 2014

Changements dans la composition de l'atmosphère : À certaines époques dans l'histoire de la Terre, l'atmosphère contenait de plus grandes quantités des gaz à effet de serre tels que le dioxyde de carbone et le méthane. Ces gaz rendent l'atmosphère beaucoup plus chaude. Cela s'est produit, par exemple, il y a près de 49 millions d'années au début de l'Éocène, quand le climat était si chaud qu'il y avait peu ou pas de glace sur Terre.

OAEN: Comme vous l'avez vu dans le module précédent, l'oscillation australe El Niño constitue un forçage puissant qui influence la variabilité climatique dans le Pacifique et partout dans le monde. Toutefois, ces changements sont plutôt à court terme qu'à long terme.



Veuillez compléter les activités 2.1a et 2.1b dans votre Cahier de l'apprenant

Mes notes:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Concept	Je comprends ce concept	Des questions que j'aimerais tout de même poser
2.1 Les forçages (facteurs) naturels du changement climatique - éruptions volcaniques, changements de radiation solaire, fluctuations de l'orbite terrestre, astéroïdes et météorites, changements de la composition de l'atmosphère, etc.		

Section

3

Démontrer une connaissance de l'effet de serre naturel et de son importance pour la vie

Après avoir complété cette section, vous devriez être capable :

- 3.1 d'identifier les processus impliqués dans l'effet de serre naturel ;**
- 3.2 d'identifier les principaux gaz à effet de serre contribuant au réchauffement planétaire.**

3.1 L'effet de serre naturel

Avant d'étudier les forçages anthropiques du changement climatique, nous allons considérer un aspect très important du réchauffement atmosphérique - **l'effet de serre naturel**.

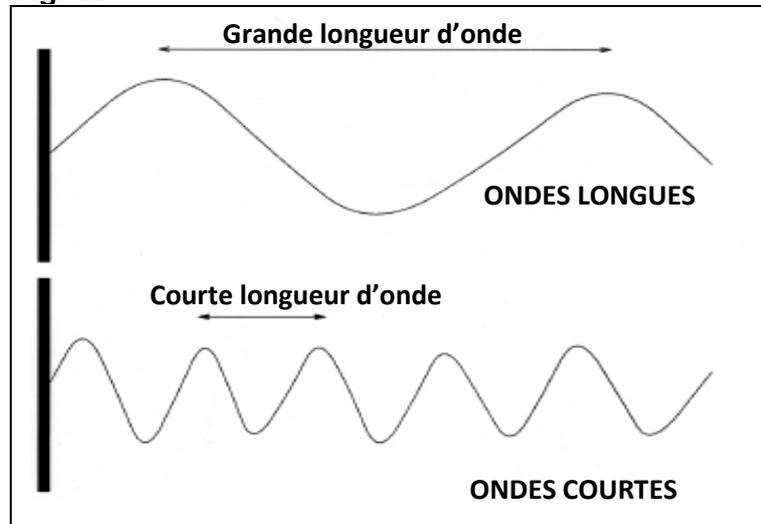
Dans le module CGCK0216, vous avez découvert que l'atmosphère de la Terre est réchauffée d'en bas par la surface terrestre. L'énergie solaire est reçue par le sol et par les océans, qui réchauffent ensuite l'atmosphère au-dessus. Nous allons étudier ce phénomène en plus de détail.

L'énergie émise par le Soleil s'appelle le **rayonnement électromagnétique**, ou le **rayonnement solaire**.

En effet, le rayonnement solaire consiste des ondes d'énergie de différentes **longueurs d'onde**, variant de très courte à très longue (Fig. 12).

Les ondes les plus courtes ont une longueur de 0,000000000001 mètres. Ils s'appellent les rayons gamma, et constituent une grande menace pour la vie. Les ondes les plus longues ont une longueur de 10-100 mètres, et s'appellent les ondes radio.

Fig. 12



Le schéma ci-dessous (Fig. 13) indique toutes les ondes qui composent le rayonnement solaire. La plupart du rayonnement solaire consiste d'ondes plus courtes, y compris les ondes infrarouges, la lumière visible, les ondes ultraviolettes, les rayons X, et les rayons gamma. Le rayonnement solaire entrant donne la chaleur et la lumière.

Fig. 13

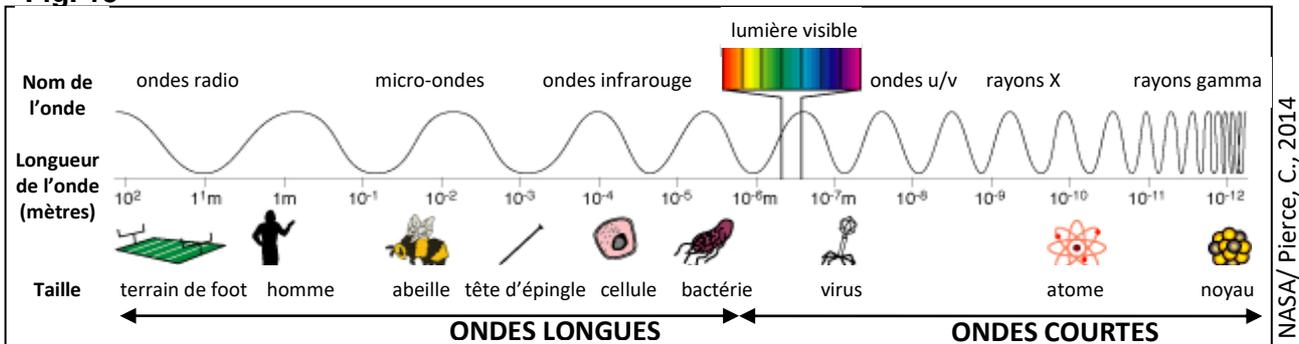
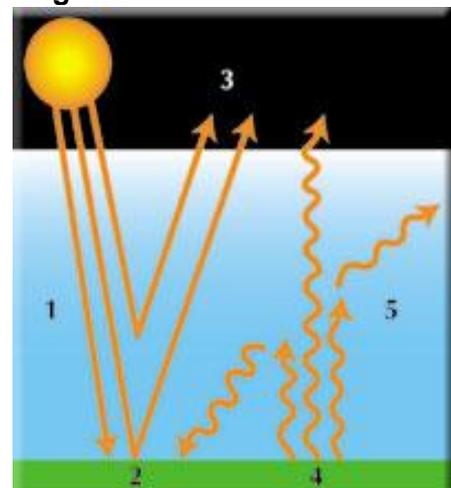


Fig. 14 démontre que lorsque le rayonnement solaire atteint l'atmosphère de la Terre, une partie est réfléchiée dans l'espace (3). La plus grande partie traverse l'atmosphère (1), mais les ondes les plus courtes sont réfléchies par l'atmosphère et la surface de la Terre (3). Environ la moitié du rayonnement est absorbée par la surface de la Terre (2), où elle est convertie en chaleur. Puis le sol renvoie cette chaleur dans l'atmosphère sous forme de rayonnement à ondes longues (4). Certains gaz de l'atmosphère absorbent une partie de la chaleur sortante (5) et réchauffent l'atmosphère inférieure. Ceci s'appelle l'**effet de serre naturel**.

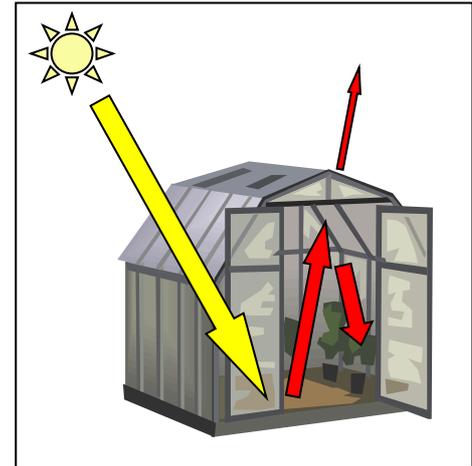
Fig. 14



Mais pourquoi ceci s'appelle « l'effet de serre » ?

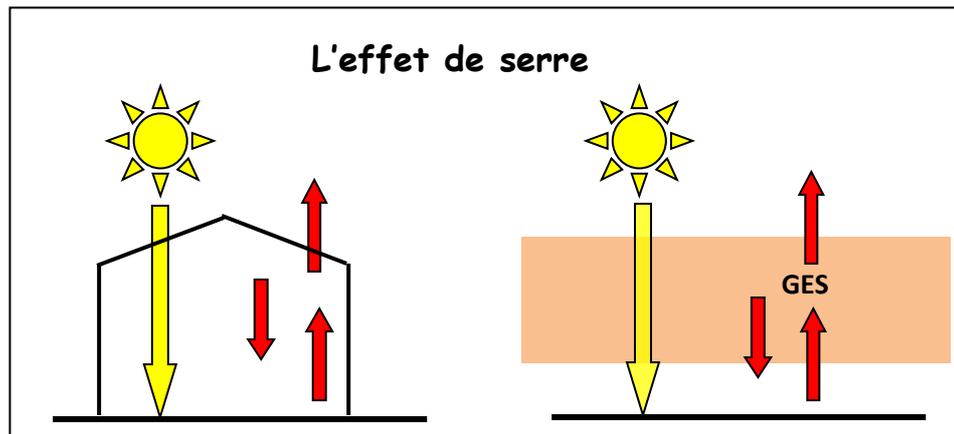
Une serre est un bâtiment en verre claire ou en plastique qui permet au rayonnement à ondes courtes de passer à son intérieur (Fig. 15). Pourtant, après que la chaleur soit absorbée par le sol et puis retourne en haut, la verre empêche la plus grande partie de la chaleur de s'échapper. En conséquence, l'intérieur de la serre retient la chaleur. Dans les climats frais, ceci veut dire qu'il est possible de cultiver les plantes à l'intérieur de la serre, tandis qu'à l'extérieur il est trop froid pour la cultivation.

Fig. 15



De la même manière, l'atmosphère de la Terre laisse passer le rayonnement à ondes courtes et à ondes longues provenant du Soleil, mais certains gaz de l'atmosphère absorbent une partie de l'énergie infrarouge (thermique) à ondes longues provenant de la Terre (Fig. 16). Ces gaz s'appellent les gaz à effet de serre (GES). Des exemples sont le dioxyde de carbone, le méthane et la vapeur d'eau. Les molécules de ces gaz retiennent la chaleur et renvoie une partie importante vers la Terre. Donc notre atmosphère agit comme une couverture pour garder tout le monde au chaud.

Fig. 16



Sans ces gaz à effet de serre, la température moyenne sur Terre chuterait à -18°C . Mais grâce à eux, la surface de la Terre conserve une température moyenne de 15°C , ce qui permet à la vie d'être présente.

3.2 Les gaz à effet de serre

Les quatre principaux gaz à effet de serre sont le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4), l'oxyde nitreux (N_2O) et la vapeur d'eau (H_2O).

Le dioxyde de carbone : C'est peut-être le GES le plus important. C'est libéré dans l'atmosphère par les éruptions volcaniques, les incendies d'origine naturelle, et les processus de respiration des végétaux et des animaux. De plus, il est libéré par les activités humaines telles que la production d'énergie au moyen de combustibles fossiles, et le déboisement. La durée de séjour du CO_2 dans l'atmosphère est importante.

Section 4

Illustrer la manière dont les activités humaines au cours des 200 dernières années contribuent à l'effet de serre accentué

Après avoir complété cette section, vous devriez être capable :

- 4.1 de démontrer les façons dont les humains contribuent à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre ;
- 4.2 de mener une enquête dans le quartier local pour déterminer la contribution des activités humaines à l'accroissement de l'effet de serre.

4.1 Les activités humaines contribuant aux émissions de GES

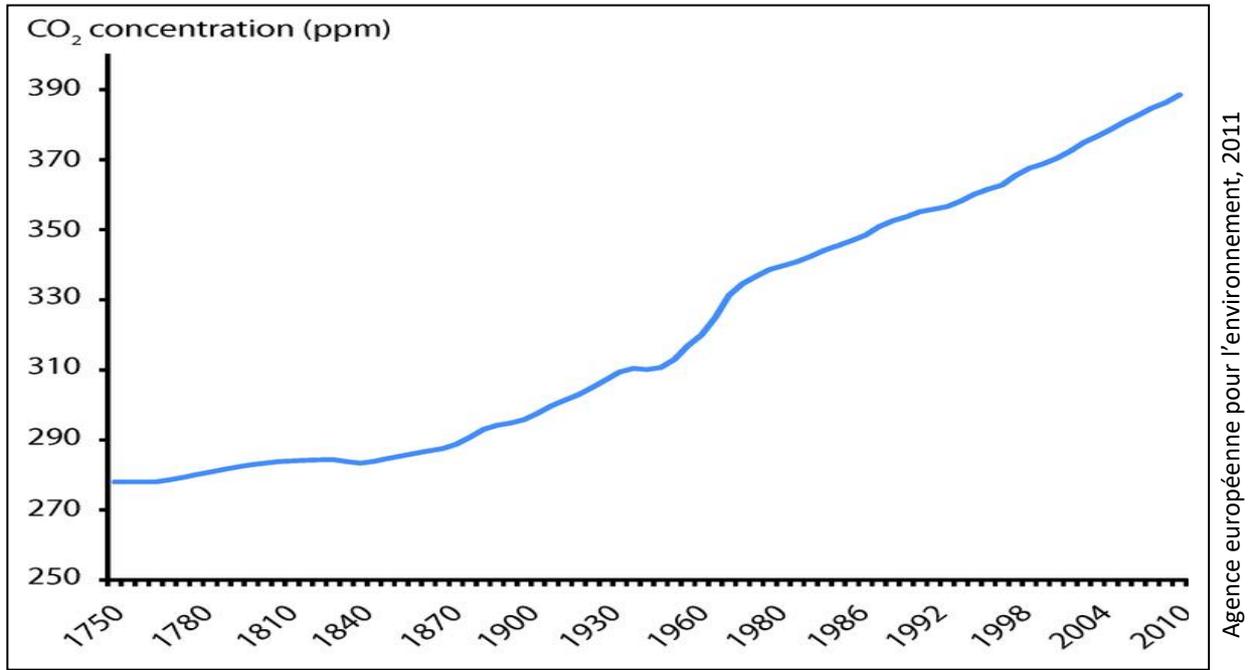
Voyons maintenant comment les activités humaines libèrent des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, ainsi provoquant une accentuation de l'effet de serre et contribuant au changement climatique.

Il est prouvé que notre espèce, *Homo sapiens*, a existé sur cette planète depuis quelques deux millions d'années. Pendant la plus grande partie de cette période, les humains n'ont utilisé qu'une technologie simple, avec un faible impact sur l'environnement. En petits groupes familiaux, ils se sont déplacés en quête de nourriture et d'eau. Ils n'ont pas commencé à s'établir dans des villages jusqu'à il y a environ 12.000 années, après la fin de la dernière période glaciaire au cours de l'âge de glace du Pléistocène. Une fois que les gens commencèrent à défricher et à brûler les forêts pour faire l'agriculture, davantage de dioxyde de carbone fut libéré dans l'atmosphère. Mais l'influence générale sur l'effet de serre restait faible.

Au contraire, un profond changement a eu lieu lors du début de la révolution industrielle entre 1750 et 1800. La combustion de charbon avait généré la vapeur pour opérer les nouvelles machines, et dans peu de temps, la combustion d'autres **combustibles fossiles** telles que le pétrole brut et le gaz naturel s'est répandue dans le monde entier : en conséquence, d'énormes quantités de dioxyde de carbone sont dégagées dans l'atmosphère. En même temps, il y avait une accélération de déforestation, ce qui avait réduit le nombre d'arbres permettant l'absorption de dioxyde de carbone.

De plus, il y avait une augmentation importante des émissions de méthane, à cause des activités agricoles telles que la culture de riz et l'élevage de bétail, et en raison de la décomposition de déchets dans les décharges. Le résultat était une augmentation rapide des quantités de dioxyde de carbone et de méthane dans l'atmosphère, comme vous pouvez voir sur le graphique suivant (Fig. 17).

Fig. 17: Concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, 1750 à 2010



Mais plus particulièrement, dans quelles façons les activités humaines contribuent-elles aux émissions de GES ?

Combustion des combustibles fossiles : La **combustion** des combustibles fossiles telles que le charbon, le pétrole brut et le gaz naturel libère des quantités massives de carbone et de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Une partie de ce dioxyde de carbone est absorbé par la végétation et par l'eau océanique. La combustion se produit dans les industries, les centrales thermiques (Fig. 18), les véhicules automobiles (Fig. 19), les trains, les navires et les avions.

Fig. 18



Andreas / Wikimedia Commons, 2014

Fig. 19



Pierce, C., 2013

Défrichage et brûlure d'immenses superficies de forêt (la déforestation) : Les humains et les animaux aspirent l'oxygène et exhalent le dioxyde de carbone. Les plantes absorbent le dioxyde de carbone et libèrent l'oxygène. Mais si les forêts de la planète sont enlevées ou endommagées, nous perturbons cet équilibre naturel, et il y a moins de plantes pour absorber le dioxyde de carbone par le processus de photosynthèse. La déforestation qui s'est produite sur toute la planète, surtout pendant les 50 dernières années, augmente l'accumulation de CO₂ (Fig. 20). De plus, la brûlure de la végétation libère une plus grande quantité de carbone dans l'atmosphère.



Pierce, C., 2015

Fig. 20:

Déforestation près de Lae, Papouasie Nouvelle Guinée

Dans les îles du Pacifique, aussi bien qu'en d'autres régions tropicales, une forme courante de déforestation est le défrichage et la brûlure de forêt et de brousse pour établir des jardins à culture vivrière (Fig. 21).



Pierce, C., 2007

Fig. 21:

Jardin à culture vivrière près de Lolowai, Ambae, Vanuatu

Agriculture: L'élevage d'animaux domestiques tels que les vaches et les chèvres est responsable de la production de méthane, émis des deux extrémités de ces animaux lors de leur digestion d'aliments. Ils sont des **ruminants**, c'est-à-dire qu'ils mangent des plantes, fermentent la matière végétale dans une partie de leurs estomacs, puis régurgitent cette matière dans leurs bouches pour la mâcher et en obtenir les nutriments. Au cours des dernières années, l'homme a nettoyé de vastes étendues de forêts tropicales en Amérique du Sud pour faire place aux exploitations bovines qui répondent à la demande croissante mondiale de viande. Les pâturages de bétail se trouvent également aux nations insulaires océaniques telles que le Vanuatu, la Nouvelle Calédonie et le Fidji (Fig. 22).



Fig. 22:

Le bétail près du Lac aux Canards, Efate, Vanuatu

Pierce, C., 2006

Une autre énorme source de méthane est la culture du **riz irrigué**, c'est-à-dire le riz qui pousse dans l'eau (Fig. 23). Rappelez que la culture du riz nourrit plus de la moitié de la population mondiale, et que 90% du riz est cultivé en Asie, surtout dans les champs inondés au sud-est. Avec une population mondiale grandissante, de plus en plus de riz sera cultivé, et donc de plus en plus de méthane sera libéré.

Fig. 23: Champs irrigués de riz au nord de Vietnam



Quynh Anh Nguyen, 2014

En outre, la fabrication et l'utilisation des engrais chimiques dans le domaine d'agriculture libère l'oxyde nitreux, un GES très puissant, dans l'atmosphère.

Décharges contrôlées et dépotoires des ordures :

Si les déchets organiques sont laissés pourrir dans les décharges ou les dépotoires ouvertes, leur décomposition libère de grandes quantités de méthane dans l’atmosphère (Fig. 24). Au fur et à mesure que la population mondiale augmente, il en va de même pour la quantité de déchets générée, et beaucoup de pays ne peuvent pas se débarrasser de ces déchets de façon appropriée.

Fig. 24



Karthikeyan, A.K. / Wikimedia, 2012

Voici une autre raison pour l’augmentation de méthane dans l’atmosphère.

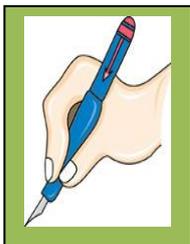
Industries : D’énormes quantités de dioxyde de carbone sont émises par l’industrie sidérurgique, le raffinage du pétrole, la fabrication du papier et par les centrales thermiques fabricant de l’électricité à partir du charbon, du pétrole brut et du gaz naturel. Bien que ces industries et centrales thermiques soient plutôt rares dans les îles du Pacifique, elles font une partie intégrale du paysage industriel de l’Europe, de l’Amérique du Nord et du Sud, et de l’Asie, et contribuent grandement à l’augmentation des émissions de GES.

Urbanisation : Aujourd’hui, plus de la moitié des habitants de la planète vivent en milieu urbain. À mesure que la population urbaine augmente, il en va de même pour les émissions de GES produites par un plus grand volume de véhicules automobiles et un plus grand volume de déchets. En outre, l’urbanisation entraîne plus de déforestation, puisque l’on défriche du terrain pour construire les bâtiments, les routes, les autoroutes et les aéroports.

Activités domestiques: Presque tout le monde contribue, même dans une moindre mesure, à l’émission des gaz à effet de serre. Pensez, par exemple, aux tas de déchets pourrissants autour de la maison et aux cuisines extérieures au feu de bois. Quand nous brûlons des sacs en plastique ou les pneus, nous libérons de petites quantités de GES dans l’atmosphère.

L’effet de serre accentué

Les émissions anthropiques de GES au cours des dernières 200 années, aussi bien que les changements d’affectation des terres, veulent dire qu’il y a eu une augmentation de l’effet de serre naturel, et notre atmosphère devient de plus en plus chaude. Ceci s’appelle **l’effet de serre accentué**. Ces forçages humains ou anthropiques sont en train de changer la composition de l’atmosphère et la réflectivité de la surface terrestre, ainsi contribuant au changement climatique.



Veuillez compléter les activités **4.1a**, **4.1b** et **4.1c** dans votre Cahier de l’apprenant

Mes notes:

.....

.....

.....

.....

.....

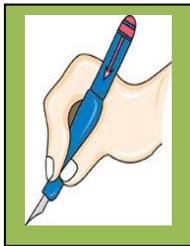
.....



Concept	Je comprends ce concept	Des questions que j'aimerais tout de même poser
4.1 Les façons dont les humains contribuent à l'augmentation des émissions des gaz à effet de serre.		

4.2 Enquête sur les activités humaines dans le quartier local

Afin de vous aider à comprendre qu'aujourd'hui, presque tout le monde est en train de contribuer à l'accroissement de l'effet de serre, vous allez mener une enquête de terrain dans votre quartier local.



Veillez compléter l'activité 4.2 dans votre Cahier de l'apprenant Workbook

Mes notes:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Concept	Je comprends ce concept	Des questions que j'aimerais tout de même poser
4.2 Des exemples locaux des façons dont les humains contribuent à l'augmentation des émissions de GES.		

Section 5

Distinguer l'effet de serre naturel de l'effet de serre accentué

Après avoir complété cette section, vous devriez être capable :

5.1 de préciser deux façons dans lesquelles l'effet de serre naturel est différent de l'effet de serre accentué.

5.1 Différences entre l'effet de serre naturel et l'effet de serre accentué

Vous avez étudié les raisons de l'effet de serre naturel. De plus, vous avez découvert de nombreuses façons par lesquelles les humains sont en train de contribuer actuellement à l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, ainsi accentuant l'effet de serre naturel.

À ce moment-ci, vous pouvez discuter avec vos camarades des différences entre l'effet de serre naturel et l'effet de serre accentué. Vous trouverez au moins deux différences, et sans doute beaucoup d'autres. Par exemple, chacun des deux effets existe-t-il depuis combien de temps ? Est-ce qu'il a des impacts positifs ou négatifs ? Quelles sont les causes de chacun ?

Afin de guider vos discussions, veuillez regarder ces deux photos. Elles démontrent deux modèles créés pour « la Semaine de science » par les stagiaires de l'Institut de formation des enseignants du Vanuatu en 2010. La première photo (Fig. 25) démontre l'effet de serre naturel. L'atmosphère est représentée par le grillage qui couvre la « Terre ». Remarquez la végétation saine, le lac et la rivière, et l'harmonie régnant entre les humains et leur milieu.

Fig. 25



Pierce, C., 2010

Le deuxième modèle (Fig. 26) démontre l'accentuation de l'effet de serre naturel à cause des activités humaines. Encore une fois, l'atmosphère est représentée par le demi-cercle de grillage. Vous voyez quelles activités humaines ? Quelle est la température ?

Section

6

Démontrer les liens entre les gaz à effet de serre, le réchauffement planétaire et le changement climatique

Après avoir complété cette section, vous devriez être capable :

- 6.1 de démontrer, en utilisant des preuves statistiques, que les concentrations accrues de GES dans l'atmosphère entraînent le réchauffement planétaire ;
- 6.2 de démontrer comment l'augmentation des températures atmosphériques et de surface de la mer impacte sur d'autres aspects du climat - la modification du régime des pluies, les événements climatiques plus fréquents, l'humidité, la circulation de l'atmosphère et des océans, etc.

6.1 Les concentrations accrues des gaz à effet de serre, et le réchauffement planétaire

Comme vous l'avez vu en section 3, il existe certains « gaz à effet de serre » (GES) dans l'atmosphère dont les molécules ont la capacité de capturer l'énergie thermique dégagée de la Terre. Des exemples sont le dioxyde de carbone, le méthane, l'oxyde nitreux, la vapeur d'eau, les chlorofluorocarbones et les aérosols. Quand ces molécules capturent l'énergie thermique, elles conservent la chaleur de l'atmosphère, et en plus elles renvoient une bonne partie de la chaleur envers la Terre. Ceci s'appelle **l'effet de serre**.

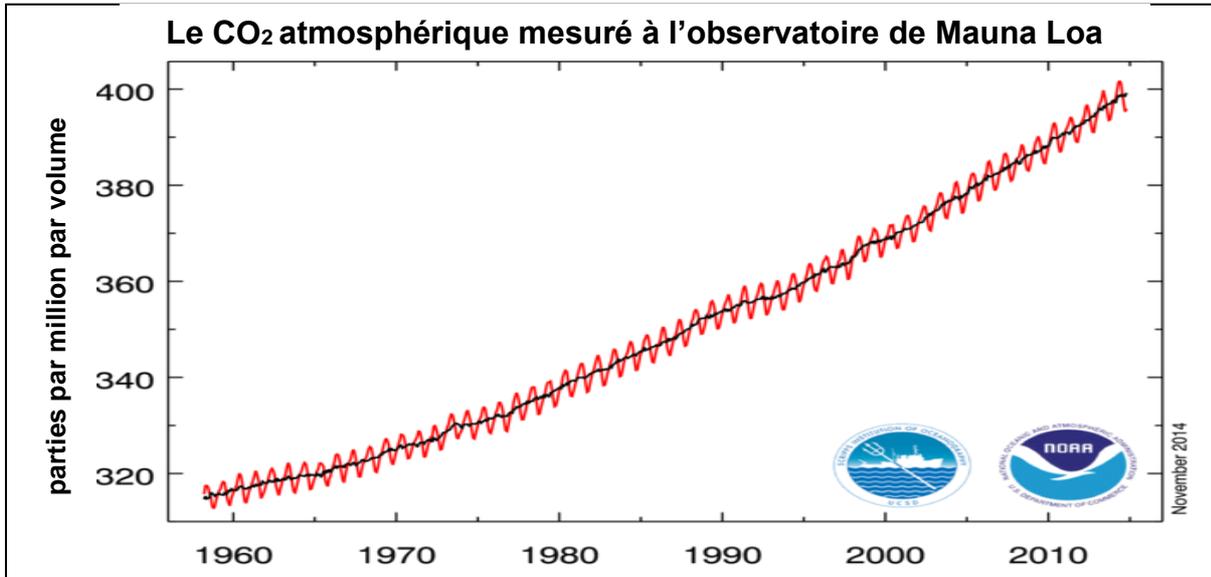
En section 4, vous avez découvert que les activités humaines sont en train d'augmenter les quantités de ces gaz à effet de serre contenues dans l'atmosphère, et que cela à son tour entraîne l'accroissement de l'effet de serre, aussi appelée **le réchauffement planétaire**.

Les climatologues procurent des éléments précis indiquant qu'il y a eu une augmentation marquée de la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère au cours des dernières 200-250 années. En même temps, ils nous démontrent que pendant la même période, les températures de l'atmosphère et de la surface de mer se sont accrues. D'ailleurs, ils prouvent qu'au cours d'environ les 50 dernières années, les niveaux mondiaux des mers sont en légère hausse, tandis que le volume planétaire de glace et de neige est en baisse. Ces deux changements sont liés à l'accroissement des températures.

Examinons maintenant les faits.

Augmentation des niveaux de CO₂ : Le graphique suivant (Fig. 27) indique la teneur en dioxyde de carbone de l'atmosphère entre 1958 et 2014, mesurée en ppmv (parties par million par volume). Ces mesures ont été prises à l'observatoire météorologique au sommet de Mauna Loa à Hawaii. Cette observatoire se trouve à une hauteur de 3,397 mètres sur une petite île au milieu de l'océan Pacifique, éloignée de tous les continents. Il n'y a que quelques industries à proximité, et l'air est pur. C'est pourquoi les scientifiques pensent que l'augmentation de CO₂ observée représente ce qui se passe sur toute la planète.

Fig. 27



ESRL/NOAA, 2014

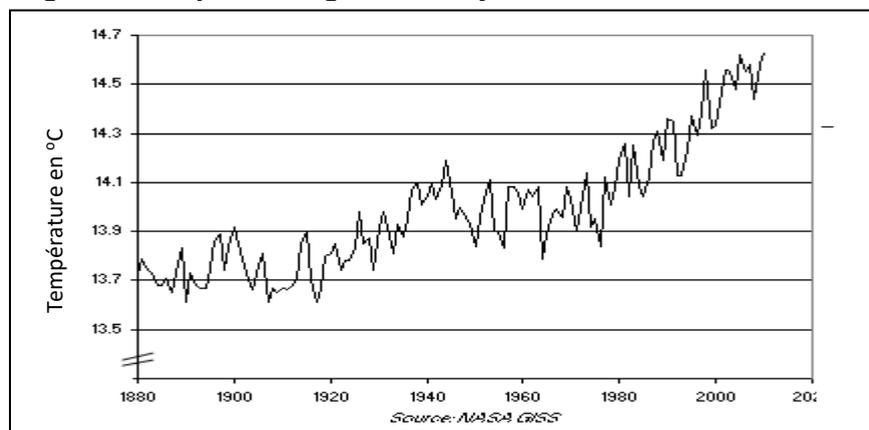
Les observations indiquent une fluctuation annuelle des mesures de CO₂, soit un mouvement de haut en bas. C'est parce que dans l'hémisphère nord, beaucoup d'arbres perdent leurs feuilles pendant la saison fraîche et donc n'absorbent pas le CO₂ présent dans l'air par le processus de **photosynthèse**. Ainsi le niveau de CO₂ atmosphérique augmente. Mais pendant le printemps et l'été, les nouvelles feuilles absorbent plus de CO₂ de l'air par la photosynthèse, et il y a une diminution de la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Ceci se passe chaque année.

En Fig. 27, que représente la ligne noire ? Donc quelle était la teneur en CO₂ de l'atmosphère en 1960 ? Qu'est-ce que c'était en 2014 ?

Températures accrues :
Regardez maintenant Fig. 28. Ce graphique indique l'évolution de la température moyenne à la surface de la Terre entre 1880 et 2010.

Que remarquez-vous ?

Fig. 28: Température globale moyenne, 1880-2010

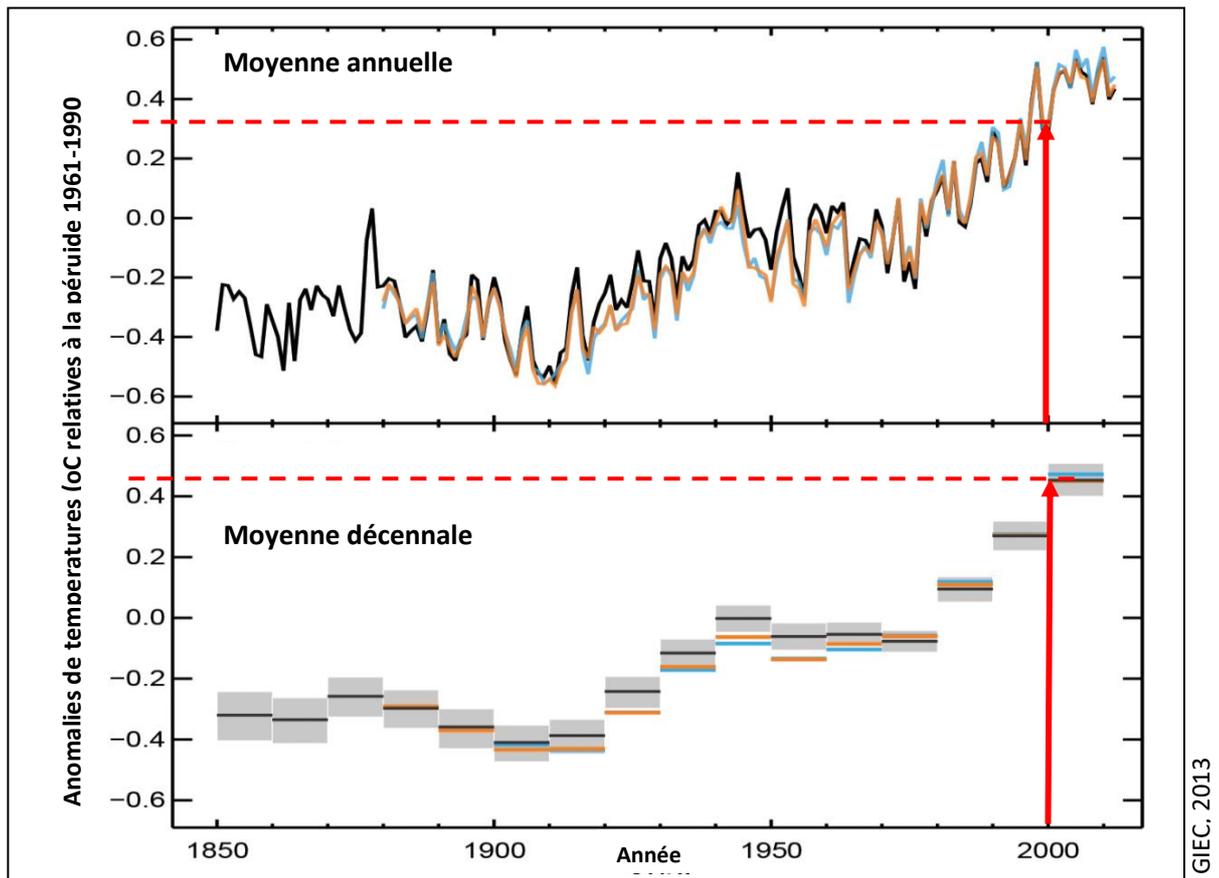


Earth Policy Institute, 2014

Fig. 29 vous montre encore deux graphiques indiquant l'évolution des températures globales. Ils furent créés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) en 2013. L'expression « **anomalie de températures** » signifie la différence entre la température et la température moyenne au cours de la période 1961 à 1990, représentée par la valeur 0,0 sur l'axe vertical. Les différentes couleurs se réfèrent aux différentes sources de preuves utilisées.

Au graphique supérieur de Fig. 29, vous pouvez voir la température moyenne de chaque année. Donc pour l'année 2000, vous pouvez constater que la température était d'entre 0,2°C et 0,4°C plus élevée que la température moyenne de la période 1961-1990.

Fig. 29



Au graphique inférieur de Fig. 29, vous pouvez voir la température moyenne de chaque **décennie**, soit d'une période de 10 ans. Donc pour la décennie de 2000 à 2010, vous pouvez constater que la température moyenne était d'entre 0,4°C et 0,6°C plus élevée que la température moyenne de la période 1961-1990.

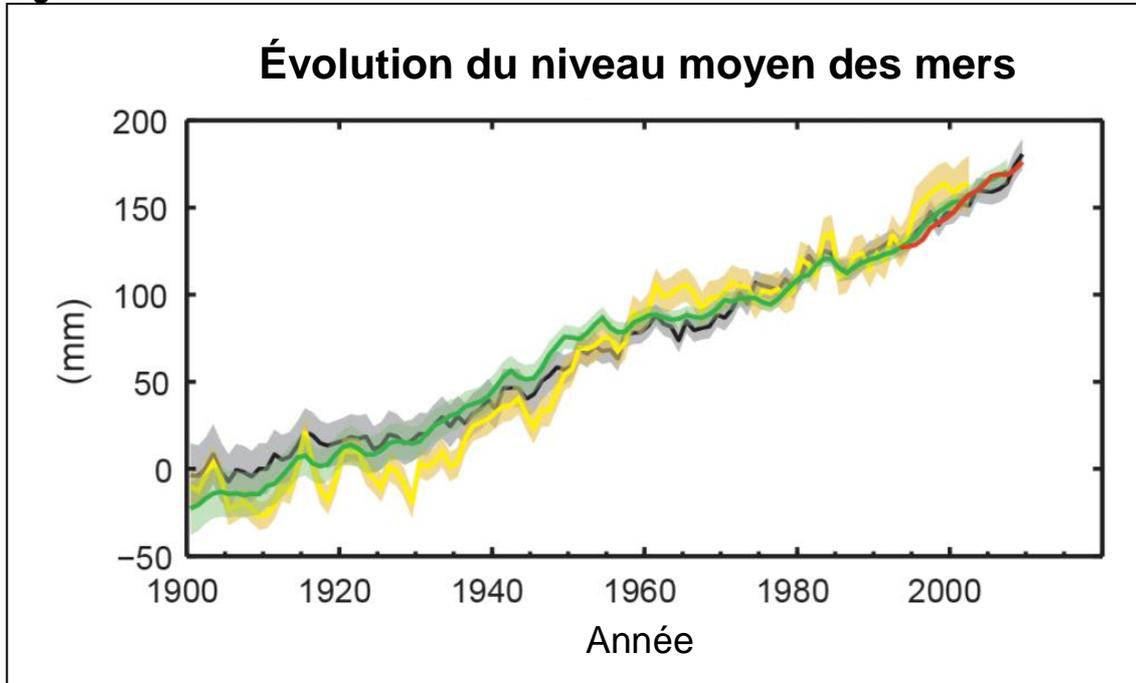
La preuve du réchauffement planétaire vient également de plusieurs autres indicateurs, dont deux sont l'**élévation du niveau de la mer** et la **diminution de la couverture mondiale de glace et de neige**.

Élévation du niveau de la mer : L'histoire géologique de la Terre démontre que chaque fois que des hausses de température sont apportées, le niveau de la mer augmente. C'est causé par deux facteurs : d'abord, par l'expansion des eaux océaniques vers le haut lorsqu'elles deviennent plus chaudes ; deuxièmement, par la fonte des calottes et des glaciers couvrant la terre aux régions polaires et montagneuses. Il faut noter que la fonte des calottes déjà flottant sur la mer n'entraîne aucune élévation additionnelle du niveau de la mer.

Diminution de la couverture mondiale de glace et de neige : Quand les températures sont plus chaudes, la glace et la neige vont fondre.

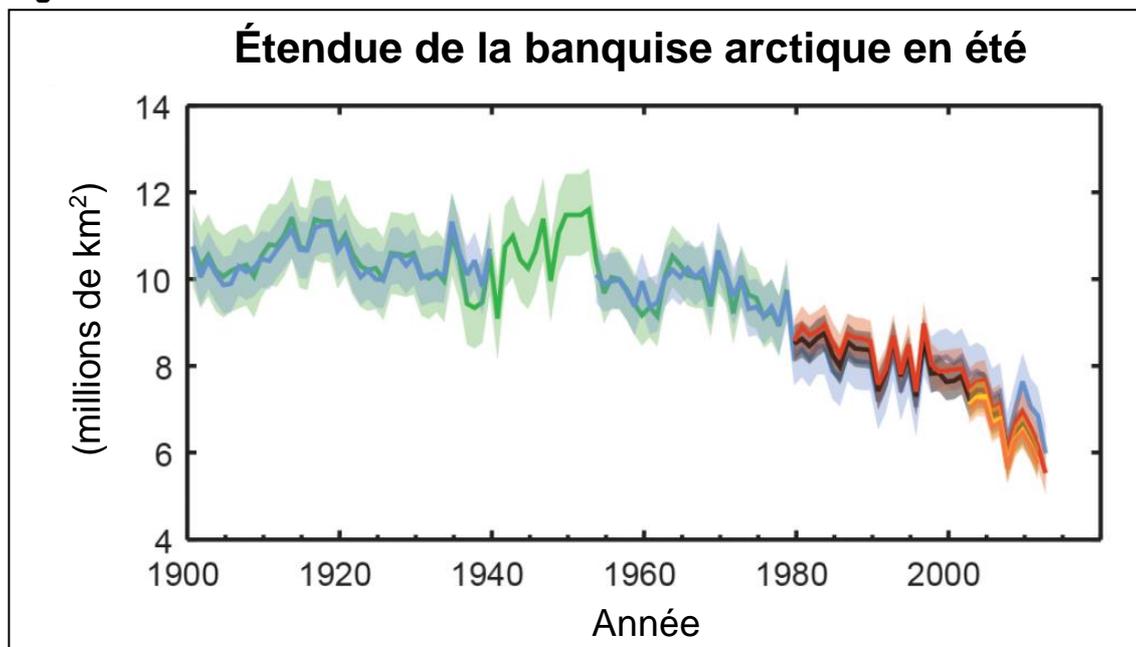
Voici deux graphiques (Fig. 30 et Fig. 31) publiés par le GIEC en 2013. Fig. 30 démontre l'évolution du niveau moyen des mers depuis 1900. Fig. 31 démontre d'évolution de l'étendue de la calotte polaire arctique au cours de la même période. Les lignes colorées indiquent les différentes sources de données utilisées.

Fig. 30



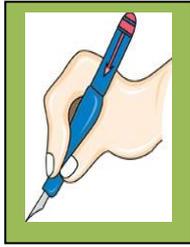
GIEC, 2013

Fig. 31



GIEC, 2013

Quelles sont les preuves du réchauffement climatique fournies par ces graphiques ?



Veuillez compléter les activités **6.1a** et **6.1b** dans votre Cahier de l'apprenant

Mes notes:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



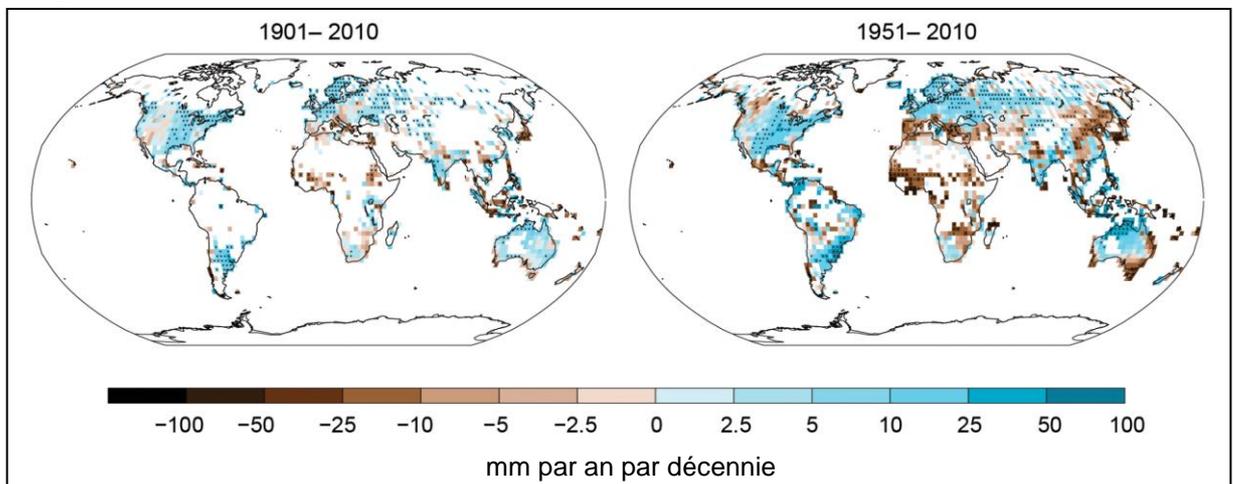
Concept	Je comprends ce concept	Des questions que j'aimerais tout de même poser
6.1 Preuves des concentrations accrues de GES et du réchauffement planétaire.		

6.2 Les impacts de l'augmentation des températures atmosphériques sur d'autres aspects du climat

Les régimes de l'humidité et de la pluviosité : Il est prouvé que le réchauffement planétaire actuel a une incidence sur l'humidité et sur les précipitations. Rappelez que plus l'air est chaud, plus il peut contenir de la vapeur d'eau, donc plus l'humidité. Cela devrait conduire à des précipitations plus importantes dans le monde entier. Mais les systèmes météorologiques sont compliqués, étant également influencés par les vents, les courants océaniques, l'intensité du rayonnement solaire et par la configuration du terrain. Selon les changements météorologiques déjà enregistrés, certaines régions ont reçu des précipitations plus importantes, tandis que d'autres en ont reçu moins, avec des sécheresses plus fréquentes.

Les deux cartes en Fig. 32 démontrent les changements mondiaux des précipitations annuelles entre 1901 et 2010, et entre 1951 et 2010. Depuis 1951, quelles régions ont reçu davantage de précipitations (en bleu) ? Quelles régions ont reçu moins (en brun) ?

Fig. 32

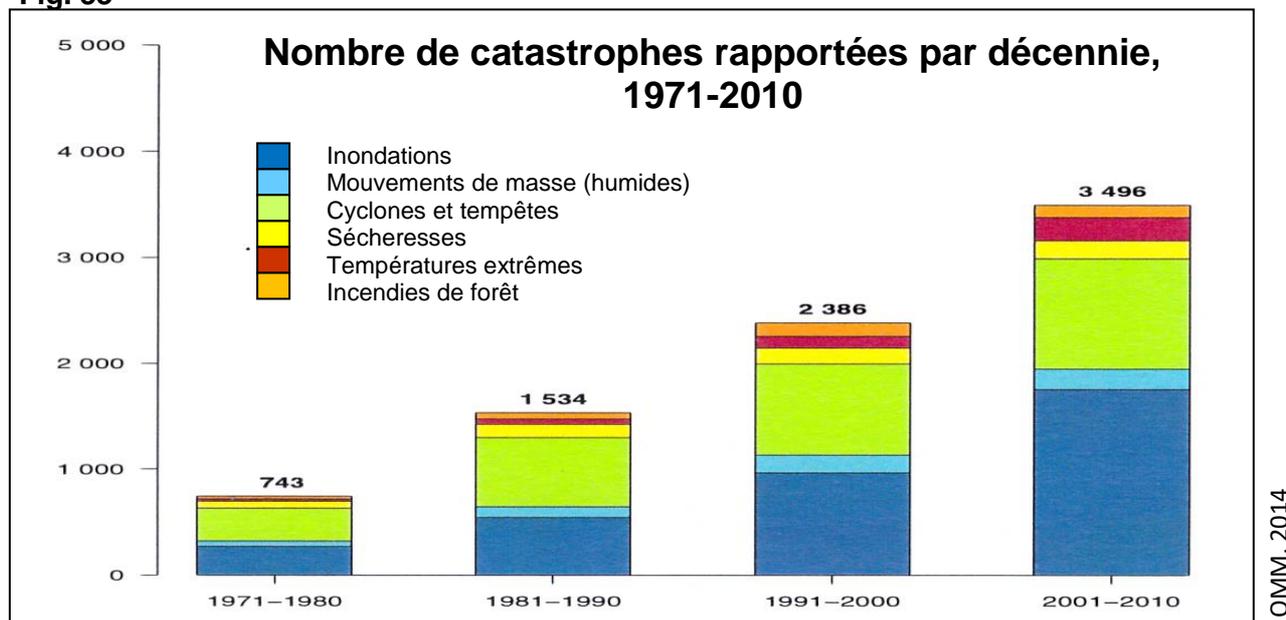


GIEC, 2013

Des événements climatiques extrêmes plus fréquents: Un « événement climatique extrême » signifie une époque où les conditions météorologiques sont plus chaudes, plus froides, plus humides ou plus sèches que d'habitude. Par exemple, un lieu pourrait connaître une augmentation du nombre de jours chauds dans l'année, ou une hausse du nombre annuel de cyclones.

Le graphique suivant (Fig. 33) indique une augmentation du nombre de catastrophes résultant des événements météorologiques extrêmes depuis 1971. Pourtant, n'oubliez pas que le reportage de tels événements est devenu plus précis pendant les dernières années, et cela pourrait peut-être expliquer une partie de l'augmentation observée.

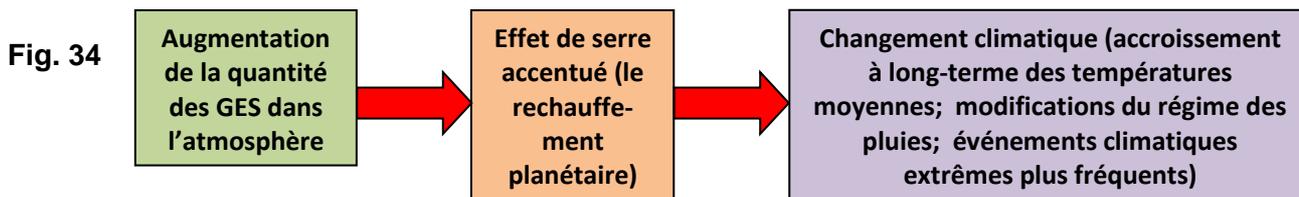
Fig. 33



Changements dans la circulation atmosphérique et océanique : Nous avons déjà vu que l'alternance des épisodes d'El Niño et de La Niña constitue un des moteurs de la variabilité climatique dans la région océanique et dans d'autres régions du monde. Pourtant, il n'existe pas suffisamment de preuves qu'un climat plus chaud affecte le cycle OAEN. Et il n'y a pas encore assez de preuves d'une évolution à long terme de la circulation globale de vents et de courants océaniques. Mais les scientifiques pensent que de tels changements peuvent se produire à l'avenir.

Résumé

En résumé, la section 6 de ce module a démontré l'idée suivante (Fig. 34):





Veillez compléter les activités 6.2a, 6.2b et 6.2c dans votre Cahier de l'apprenant

Mes notes:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Concept	Je comprends ce concept	Des questions que j'aimerais tout de même poser
6.2 L'impact de l'augmentation des températures sur d'autres aspects du climat.		

Section **7** Apporter des raisons de la hausse du niveau de la mer et de l'acidification océanique

Après avoir complété cette section, vous devriez être capable :

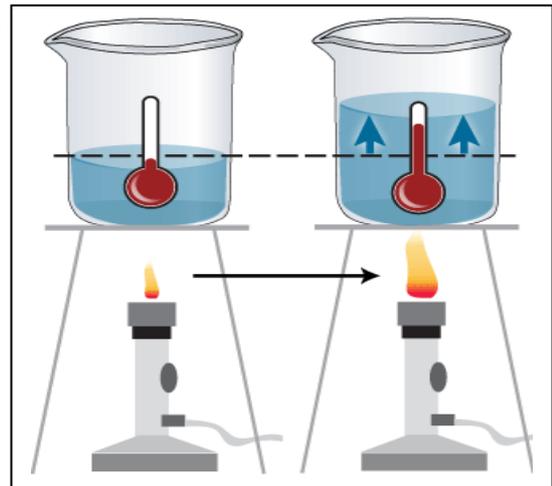
- 7.1 de démontrer l'effet des niveaux accrus de gaz à effet de serre sur la hausse du niveau de la mer, à cause de la dilatation thermique des océans et la fonte de la glace terrestre ;
- 7.2 de démontrer les liens entre l'augmentation de GES, les températures plus élevées à la surface de mer, l'acidification océanique et la dégradation des récifs coralliens.

7.1 Niveaux accrus de GES et l'hausse des niveaux de la mer

Nous avons vu que l'augmentation des quantités de dioxyde de carbone, de méthane et d'oxyde nitreux dans l'atmosphère entraîne l'augmentation des températures tant dans l'atmosphère que dans les océans. Cette tendance a déjà des répercussions sur les niveaux mondiaux de la mer, et elle continuera de le faire au cours des siècles à venir, même s'il y a une réduction des émissions de GES. Il y a deux raisons fondamentales de l'élévation du niveau de la mer - la dilatation thermique des océans et la fonte de la

Dilatation thermique : Cela signifie qu'en se réchauffant, les océans se dilatent. À cause de la solidité du fonds marin, l'eau ne peut pas s'étendre vers le bas, et donc s'élève. En Fig. 37, vous voyez que l'eau est chauffée dans un contenant. Lorsque la température augmente, il en va de même du niveau de l'eau dans le contenant. La même chose se produit lorsque la température des océans augmente : le niveau de la mer s'élève.

Fig. 35



UMCES, 2014

Fonte de glace : Des températures plus chaudes causeront la fonte des calottes glacières et des glaciers, lorsque les températures dans les zones très froides dépassent le 0°C. On a déjà la preuve que c'est ce qui se passe déjà aux immenses calottes glacières de l'Antarctique et de Groenland, à la glace maritime autour du pôle nord, et aux glaciers dans les régions montagneuses. À mesure que les calottes se fondent, davantage d'eau s'abîme en mer, et le niveau de la mer s'élève. Rappelez que ce n'est que la fonte de glace d'origine terrestre qui contribue à la hausse du niveau de la mer. La fonte de glace maritime (glace de mer flottant) n'entraîne aucun changement du volume de l'eau de mer avoisinante. Fig. 36 explique qu'est-ce qui se passe à la calotte de l'Antarctique occidental.

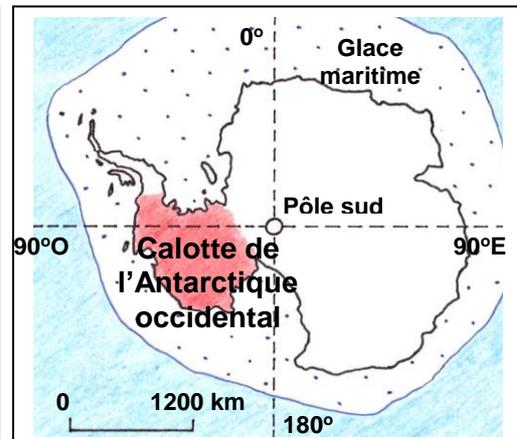


Fig. 36

LE RÉCHAUFFEMENT DE L'ANTARCTIQUE NE NOUS ATTENDRA PAS

La semaine dernière, nous avons annoncé qu'on avait rassemblé des preuves suffisantes pour démontrer qu'il n'est plus possible d'arrêter le recul de glace dans la région de la mer Amundsen de l'Antarctique occidental. Ceci provoquera une hausse mondiale du niveau de la mer d'un mètre. De plus, il est possible que sa disparition déclenchera l'effondrement du reste de la calotte de l'Antarctique occidental, ce qui causera une hausse du niveau de la mer d'entre 3 et 5 mètres. Un tel événement déplacera des millions de personnes dans le monde entier. Deux siècles peuvent paraître longtemps, mais il n'y a aucun bouton rouge pour arrêter ce processus.

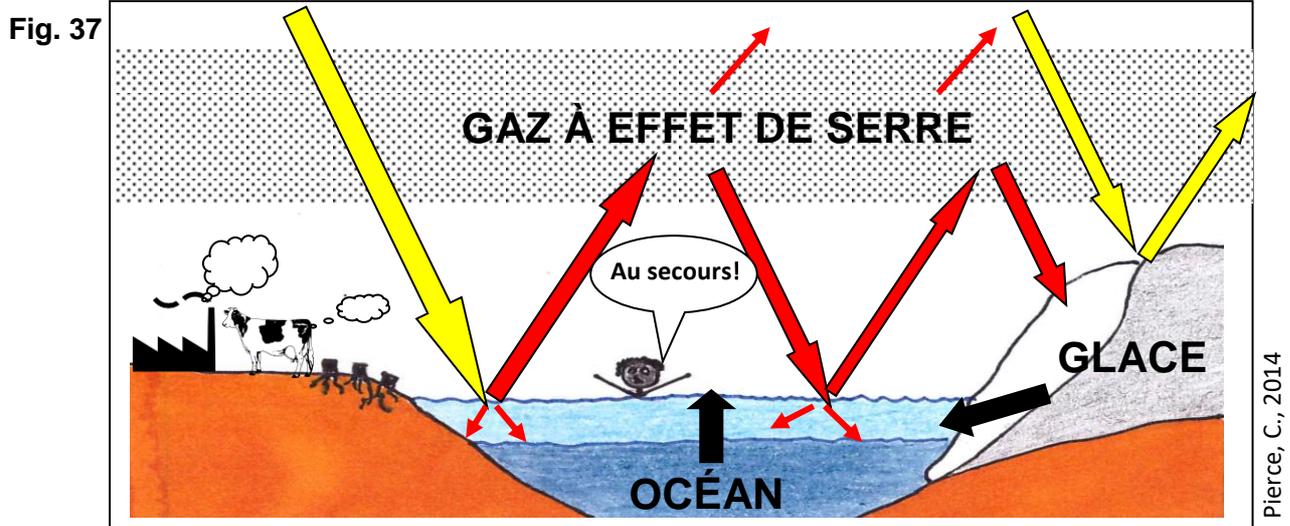
Eric Rignot, NASA



Adapté d'un article de *The Observer*, publié dans le *Guardian Weekly*, 23 mai 2014

Pierce, C., 2014

Ce cartoon (Fig. 37) montre bien les causes de l'augmentation du niveau des océans. Pouvez-vous expliquer ce qui se passe ?



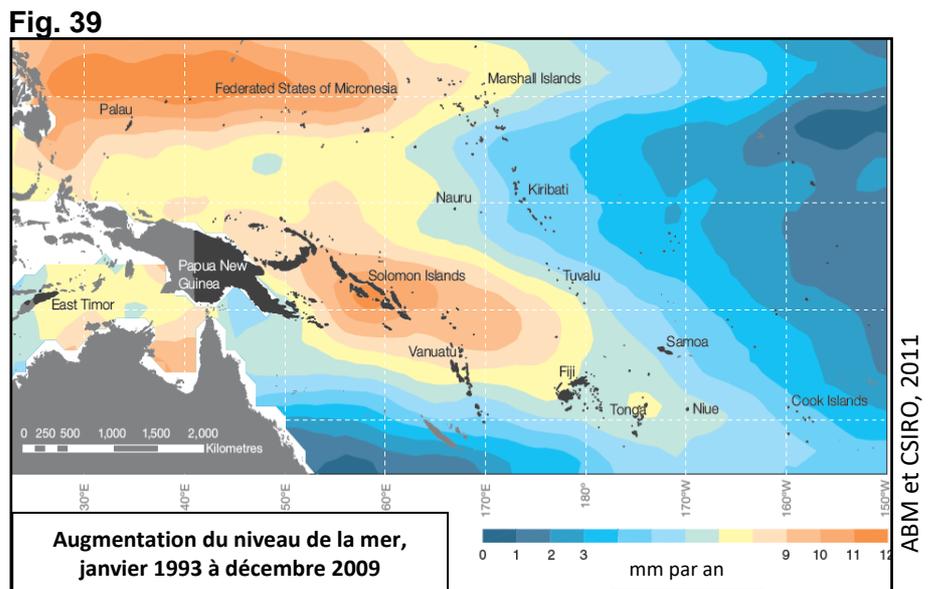
Il est prouvé que le niveau des mers dans le monde entier s'élève d'environ 3mm par an. Pourtant, il y a des variations locales. Dans certaines régions de la planète, la terre est aussi en cours de soulèvement, à cause des mouvements tectoniques. Vanuatu se trouve dans une de ces régions.

Lorsque la terre est aussi en cours de soulèvement, l'augmentation du niveau de la mer n'est pas très visible. Mais si la terre s'affaisse, l'élévation du niveau de la mer sera rapide (Fig. 38).



Cette carte (Fig. 39) démontre les variations de l'élévation du niveau de la mer déjà observées dans le Pacifique Sud.

Quels groupes d'îles sont les plus touchés par l'élévation du niveau de la mer?



Voici deux images (Fig. 40 et Fig. 41) qui nous démontrent les effets probables de l'acidification océanique et des températures océaniques plus chaudes sur les systèmes de récifs de corail dans le Pacifique.

Fig. 40

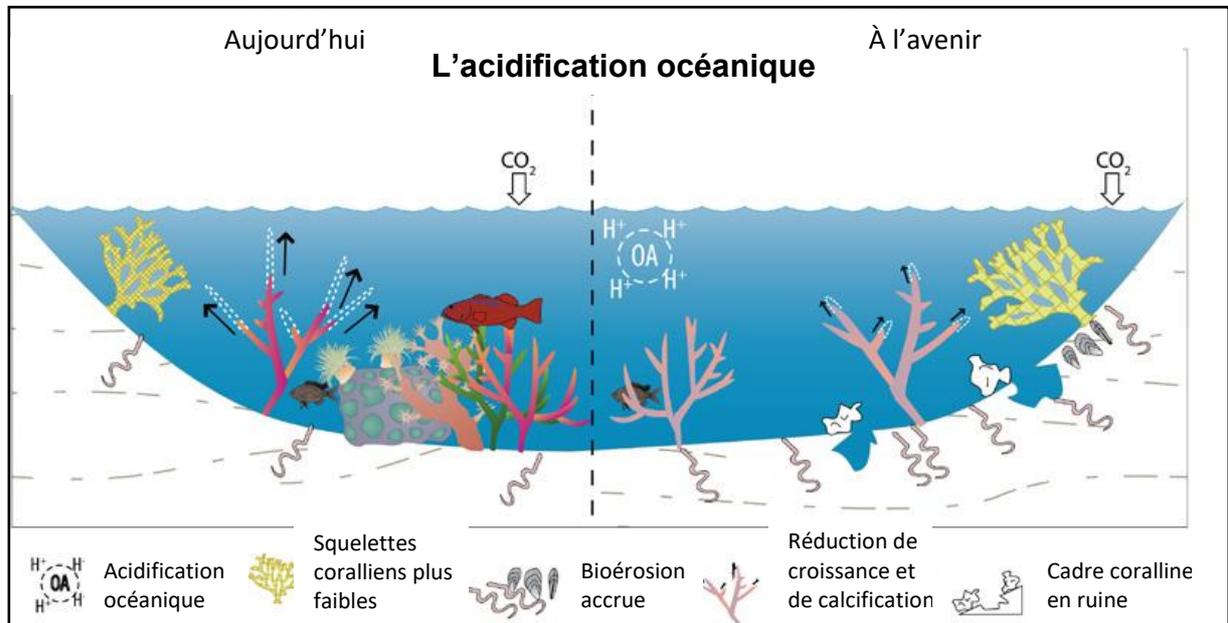
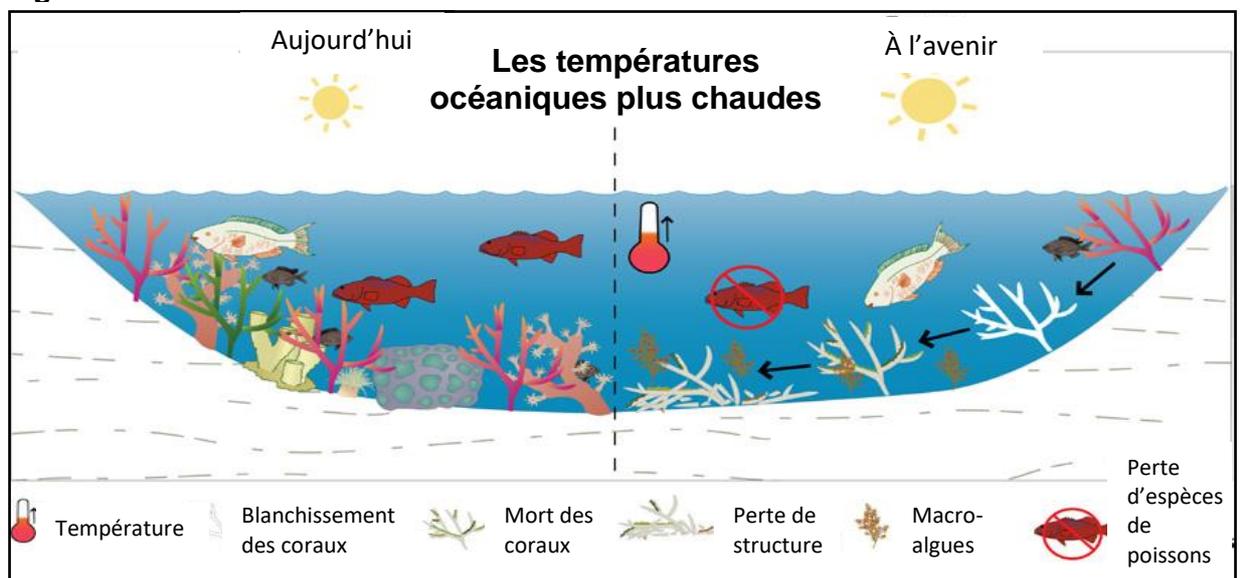
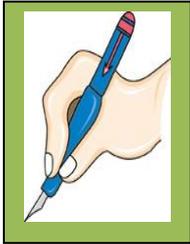


Fig. 41



Maintenant, parlez de ces deux images avec votre facilitateur.



Veuillez compléter les activités 7.2a et 7.2b dans votre Cahier de l'apprenant

Mes notes:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Concept	Je comprends ce concept	Des questions que j'aimerais tout de même poser
7.2 Les liens entre l'augmentation de GES, les températures océaniques plus élevées, l'acidification océanique et la dégradation des récifs coralliens.		

Section **8**

Donner un aperçu des projections futures climatiques

Après avoir complété cette section, vous devriez être capable :

- 8.1 de résumer les projections futures du changement climatique au Vanuatu ;
- 8.2 de préciser les effets probables du changement climatique sur les îles et sur les mers.

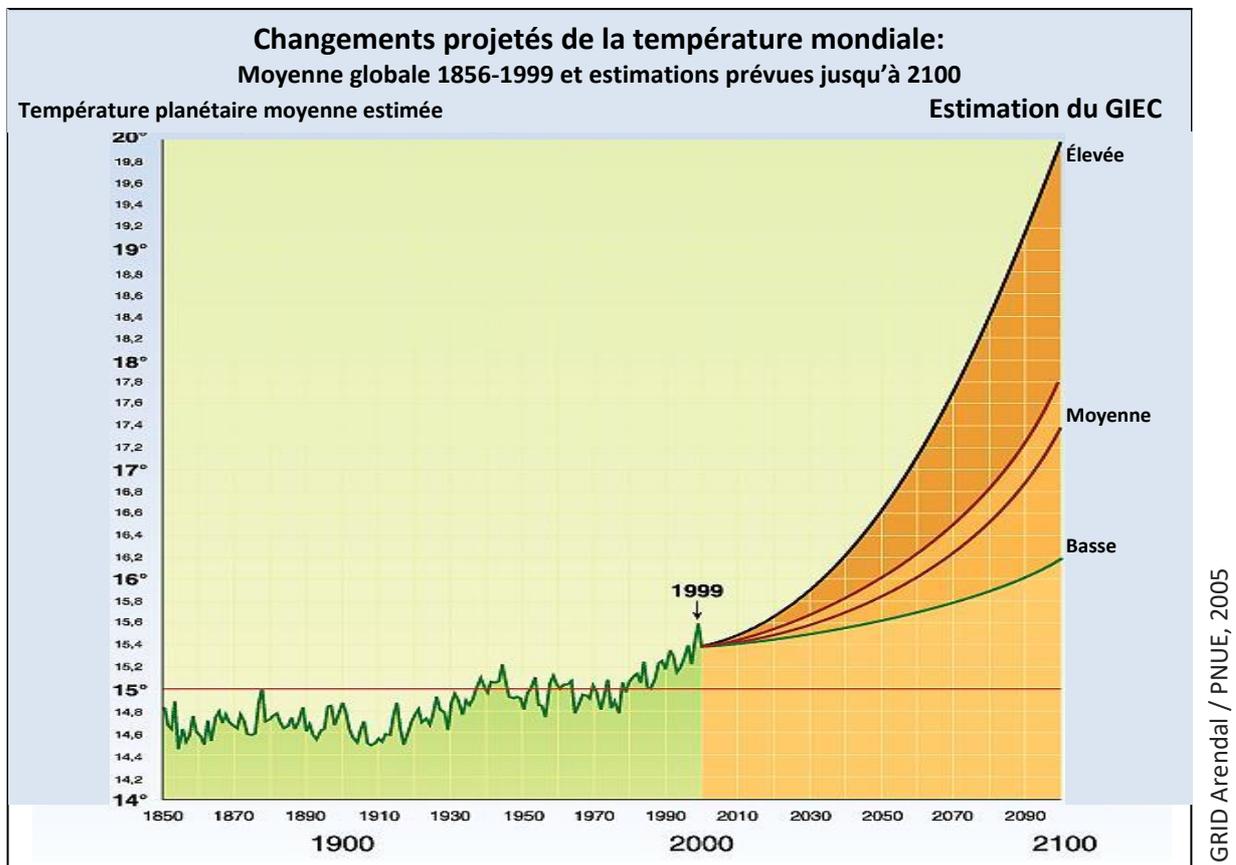
8.1 Projections du changement climatique



Le terme « **projection** » signifie une description de l'avenir et de la voie qui y mène. En ce qui concerne le changement climatique, « projection » veut dire « une estimation du climat futur faite à partir des modèles » (définition simplifiée basé sur celle du GIEC, 2013). Cela signifie que les scientifiques représentent le système climatique par l'utilisation des équations mathématiques basées sur les lois physiques, chimiques et biologiques : ils utilisent des ordinateurs pour calculer ces équations et pour **prédire**, c'est-à-dire pour préciser préalablement, ce qui devrait se passer à l'avenir.

Ce graphique (Fig. 42) est fondé sur les conclusions du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat en 2000. Il fournit des projections futures des températures mondiales moyennes. L'axe vertical montre la température moyenne de la planète entière en °C. L'axe horizontal montre le temps.

Fig. 42



La ligne sinuée verte nous montre qu'entre 1850 et 1940, la température planétaire moyenne était de 14°C à 15°C. Elle a commencé à augmenter au-dessus de 15°C à partir de 1980. Au cours du siècle 2000 à 2100, les projections font référence à trois scénarios possibles concernant l'estimation des émissions mondiales de gaz à effet de serre :

- BASSE : Les émissions de GES sont réduites par rapport aux niveaux actuels
- MOYENNE : Les émissions de GES restent aux niveaux actuels
- ÉLEVÉE : Les émissions augmentent par rapport aux niveaux actuels

Comme vous le voyez, si les émissions de GES continuent d'augmenter, la température planétaire moyenne pourrait atteindre une valeur de 20°C - environ 4-5°C plus haute qu'à présent. Même si nous parvenons à réduire les émissions globales de GES, le GIEC dit que les effets du réchauffement planétaire vont continuer longtemps après 2100 :

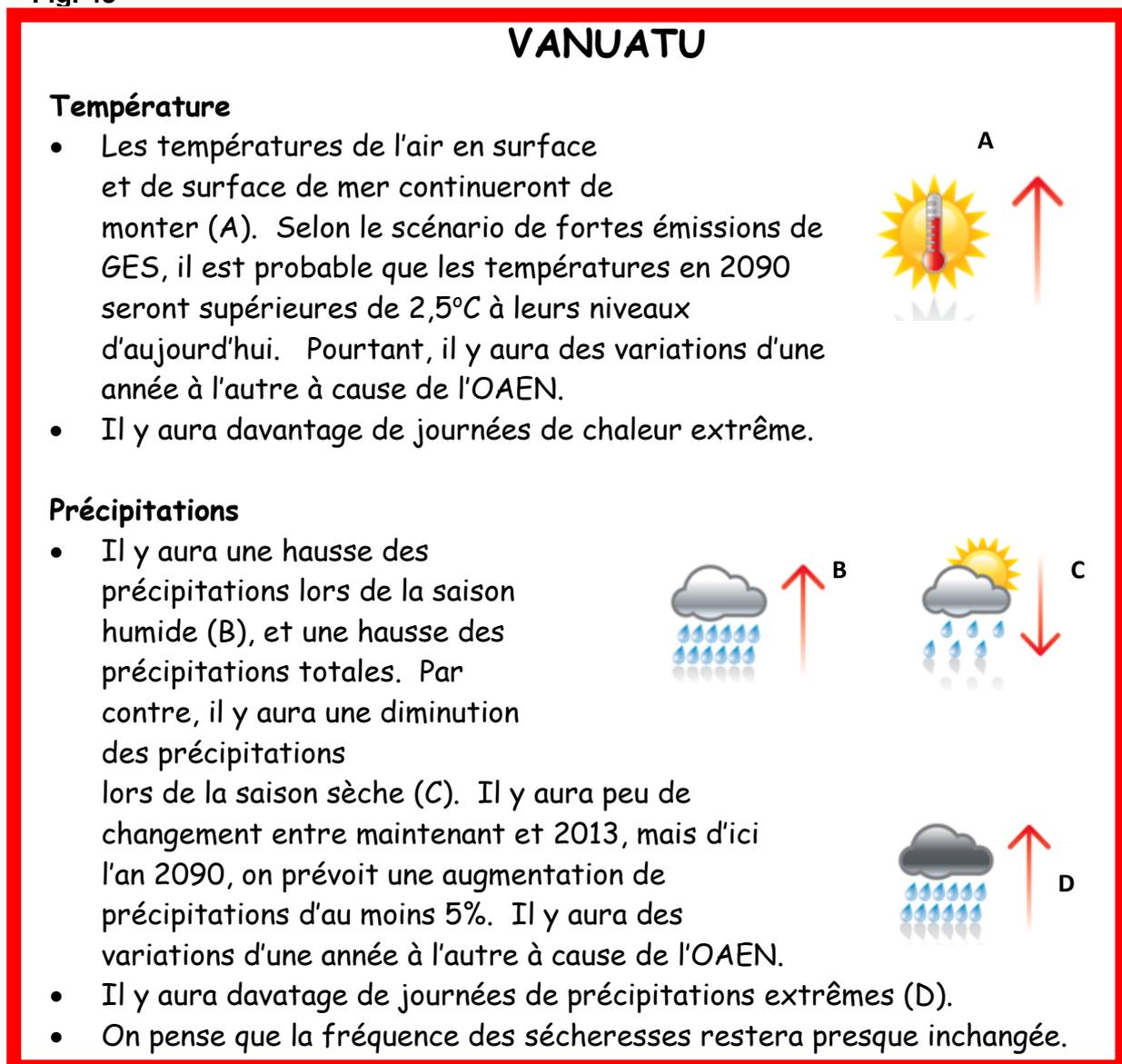
« La plupart des caractéristiques du changement climatique persisteront pendant de nombreux siècles même si les émissions de CO₂ sont arrêtées. »
(GIEC, 2013)

Quant au Vanuatu, des projections des changements climatiques futurs ont été calculées par le Département de la Météorologie et des Géorisques de Vanuatu (DMGV /VMGD), en collaboration avec le Bureau Australien de Météorologie (ABM) et le Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) d'Australie. Vous pouvez les accéder par l'internet à www.pacificclimatechangescience.org.

Ces projections sont fondées sur des informations provenant d'autant que 18 modèles climatiques mondiaux, et se réfèrent à une évolution moyenne sur tout le Vanuatu et son océan avoisinant. Les projections donnent trois scénarios possibles concernant l'estimation des émissions mondiales de gaz à effet de serre - basse, moyenne et élevée, tout comme on a expliqué à la page précédente.

Fig. 43 résume les projections pour Vanuatu au cours du siècle actuel (d'ici jusqu'à 2100) (ABM, CSIRO, VMGD, 2011).

Fig. 43



Symboles: SCP et GIZ, 2014 : Guide illustré

- On s'attend à ce que les cyclones tropicaux seront moins fréquents mais plus violents (E)

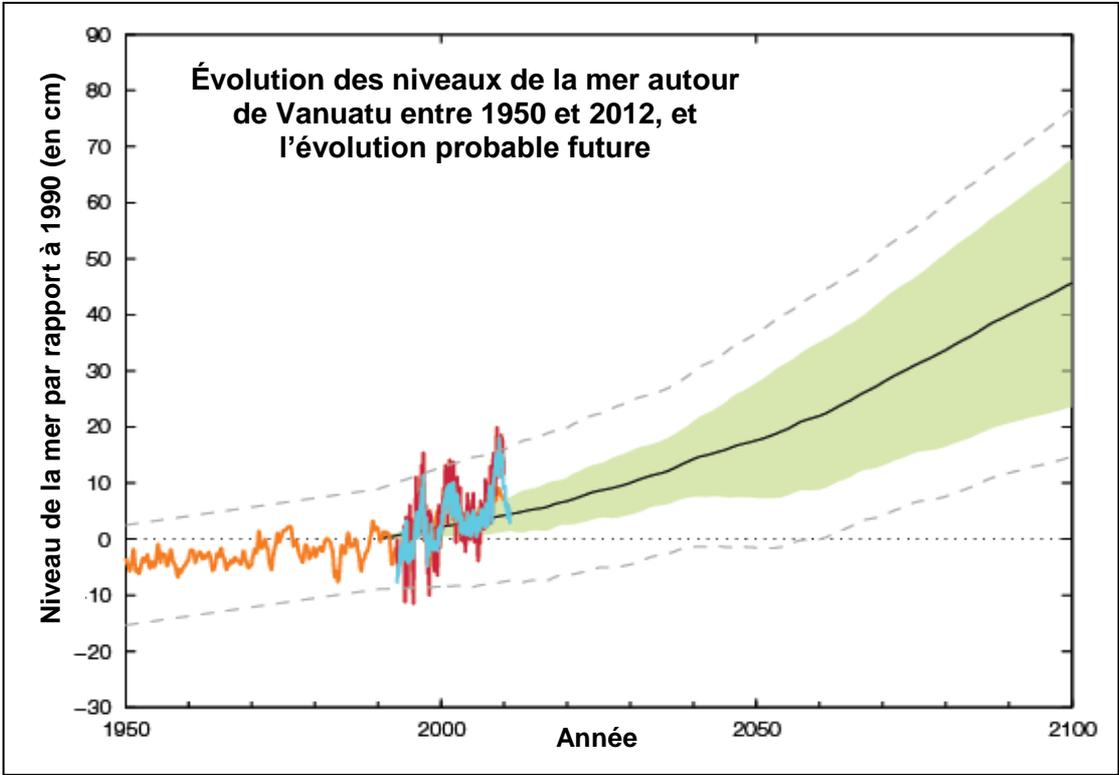
Niveaux de la mer et l'acidification océanique

- L'acidification océanique va s'aggraver au Vanuatu (F).
- Le niveau moyen de la mer continuera de s'élever (G). Selon le scénario des fortes émissions, le niveau augmentera de 5-15 cm par 2030 et de 20-60 cm par 2090.

Symboles: SCP et GIZ, 2014: Guide illustré

Fig 44 démontre ce qui peut se passer aux niveaux de la mer autour de Vanuatu. La valeur « 0 » sur l'axe vertical indique le niveau de la mer en 1990. La ligne orange est une estimation de ce qui s'est passé avant cette date. La ligne noire indique ce qui s'est passé depuis, basé sur les observations par satellite (en bleu), sur la mesure des marées (en rouge), et sur ce qui peut se passer à l'avenir. La limite supérieure de la zone verte indique le plus haut niveau qui pourrait survenir à l'avenir, tandis que la limite inférieure de cette zone indique le plus bas niveau possible. En moyenne, le niveau de la mer a augmenté de 6mm par an depuis 1993.

Fig. 44



ABM et CSIRO, 2011

Glossaire

Acidification océanique	Augmentation de l'acidité des océans, provoquée quand l'eau de mer absorbe le dioxyde de carbone supplémentaire produit par les populations humaines.
Âge de glace (ou ère de glace)	Période de temps dans l'histoire de la Terre où les températures étaient beaucoup plus basses, entraînant la formation de calottes glaciaires sur les continents et de glaciers dans les montagnes. Un âge de glace est composé des périodes glaciaires et interglaciaires.
Âge de glace du Pléistocène	Âge de glace le plus récent dans l'histoire de la Terre. Il a commencé il y a près de 2 millions d'années et s'est terminé environ 12.000 années avant le présent. Il est composé des périodes glaciaires et interglaciaires.
Albédo	Capacité d'une surface de réfléchir et/ou d'absorber la chaleur. Les surfaces blanches telles que la neige et la glace réfléchissent la chaleur et ont un albédo élevé. Les surfaces sombres ou plus foncées telles que les océans et les forêts absorbent la chaleur et ont un albédo plus faible.
Anomalie de température	Différence entre une température réelle et la température moyenne enregistrée au même endroit sur une période donnée.
Astéroïde	Morceau de roche ou de glace qui se déplace dans l'espace.
Blanchissement des coraux	Processus qui se produit lorsque la température de l'eau devient trop chaude et les polypes coralliens expulsent les algues vivant à leur intérieur : les polypes perdent leurs couleurs et deviennent blancs.
Changement climatique	Processus continu de changement à long terme dans le climat ou dans la gamme des conditions météorologiques (par exemple, davantage d'événements extrêmes), mesuré sur des décennies, des siècles ou des millions d'années, et justifié par des preuves statistiques.
Chlorofluorocarbones (les CFC)	Les composés créés par l'homme qui constituent un des principaux gaz à effet de serre. De plus, ils détruisent la couche d'ozone de la haute atmosphère.
Circulation atmosphérique	Mouvement d'air (des vents) autour de la Terre. L'air circule à l'intérieur des grandes zones de vent ; par exemple, dans les zones tropicales, les alizés font partie de la circulation de la cellule Hadley.
Circulation océanique	Mouvement des eaux océaniques autour de la Terre, causé par les vents et les différences de température et de salinité.

Combustible fossile	Substance contenant du carbone, autrefois un organisme vivant. Des exemples sont le charbon, le pétrole brut et le gaz naturel. On peut brûler les combustibles fossiles pour fournir de l'énergie, mais en même temps, ils dégagent du CO ₂ .
Décennie	Une période de dix ans.
Décharge contrôlée	Grande fosse à ciel ouvert où les ordures sont jetées
Déforestation (ou déboisement)	Enlèvement de la brousse et des forêts.
Dégradation	Lorsque quelque chose perd sa qualité, ou il est gâché, amoindri ou abimé.
Dilatation thermique	Lorsque quelque chose s'agrandit, s'étend ou se dilate par raison d'être chauffé.
Dioxyde de carbone	Le gaz à effet de serre le plus abondant, émis dans l'atmosphère par les éruptions volcaniques, les feux naturels et les activités humaines.
Effet de serre (ou effet de serre naturel)	Manière dont certains gaz atmosphériques absorbent une partie de la chaleur provenant de la Terre, ainsi réchauffant l'atmosphère et renvoyant une partie de la chaleur vers la Terre. L'effet de serre permet à la vie d'être présente sur Terre.
Effet de serre accentué	Augmentation de l'effet de serre naturel causée par les émissions de gaz à effet de serre par les activités humaines. Parfois appelé « le réchauffement planétaire ».
Émission	Renvoi d'un gaz dans l'atmosphère.
Énergie infrarouge	Énergie thermique ayant une longueur d'onde plus longue que celle de la lumière visible.
Époque de l'Éocène	Une période de temps dans l'histoire de la Terre il y a 55 à 34 millions d'années.
Expansion thermique	Lorsque quelque chose s'agrandit, s'étend ou se dilate par raison d'être chauffé.
Fluctuer	Varier, <u>ou</u> se déplacer en haut et en bas, <u>ou</u> augmenter et diminuer.
Forçage climatique	Quelque chose qui cause, forme ou exerce une forte influence sur le climat.
Forçages humains (ou forçages anthropiques) du changement climatique	Activités humaines (anthropiques) qui causent, forment ou exercent une forte influence sur le changement climatique ; des exemples sont la combustion des combustibles fossiles, la déforestation, la culture du riz irrigué, l'élevage de bétail et de chèvres, la création des déchets organiques et toxiques.

Forçages naturels du changement climatique	Processus ou événements naturels qui causent, forment ou exercent une forte influence sur le changement climatique ; des exemples sont les éruptions volcaniques, et la quantité d'énergie emise par le Soleil.
Gaz à effet de serre	Gaz présent dans l'atmosphère qui peut absorber et emprisonner le rayonnement thermique renvoyé de la Terre et donc réchauffer l'atmosphère. Des exemples sont le dioxyde de carbone et le méthane.
Géologue	Scientifique qui fait des études des minéraux, des roches et des structures de la Terre, ainsi que des processus qui se déroulent sur et dedans la planète.
GES	Courte façon d'écrire « gaz à effet de serre ».
Histoire géologique	L'entière histoire de la planète Terre du début il y a 4.600 millions d'années jusqu'à maintenant.
Humidité	Quantité de vapeur d'eau dans l'air.
Longueur d'onde	Distance entre la crête (sommet) d'une vague et la crête de la prochaine vague.
Météorite	Morceau de roche ou de glace qui se déplace dans l'espace.
Orbite	Trajectoire de la Terre à mesure qu'elle effectue chaque année une seule révolution autour du Soleil. Parfois cette trajectoire est de forme généralement circulaire, et parfois elle est de forme elliptique.
Oscillation australe El Niño (OAEN ou ENSO)	Mouvement du bassin d'eau chaude et la zone pluvieuse associée vers l'est et puis l'ouest du Pacifique. Ce mouvement a toujours été une caractéristique du climat du Pacifique, et d'habitude elle suit un cycle d'entre trois et sept ans. Les deux extrêmes de ce mouvement s'appellent El Niño et La Niña.
Période Carbonifère	Une période de temps dans l'histoire de la Terre d'il y a entre 360 et 300 millions d'années, quand le climat était beaucoup plus chaud qu'aujourd'hui et les conditions de croissance des plantes étaient idéales. Les épaisse forêts se sont finalement décomposées sous forme de charbon.
Période glaciaire	Époque d'un âge de glace où les températures étaient beaucoup plus froides : la glace s'avancait et s'étendait sur les continents.
Période interglaciaire	Époque d'un âge de glace où les températures étaient plus chaudes : la glace a fondu et le niveau de la mer a augmenté.
Photosynthèse	Processus par lequel les plantes vertes utilisent la lumière du soleil pour extraire les nutriments du dioxyde de carbone et de la vapeur de l'eau dans l'atmosphère. Au cours de ce processus, les plantes absorbent le dioxyde de carbone et émettent l'oxygène.
Prédire	Préciser préalablement ce qui devrait se passer à l'avenir, basé sur les preuves existantes ou les tendances.

Projection	Description de l'avenir et de la voie qui y mène.
Projection du changement climatique	Une estimation du climat futur faite à partir de l'étude des modèles et l'utilisation des ordinateurs pour calculer des équations mathématiques.
Rayonnement (ou énergie) à ondes longues	Énergie thermique à ondes longues renvoyée par la Terre dans l'atmosphère.
Rayonnement solaire (ou rayonnement électromagnétique)	Ondes d'énergie émises par le Soleil. Les ondes sont de différentes longueurs d'onde, variant de très courte à très longue. Pourtant, la plupart du rayonnement solaire consiste d'ondes plus courtes qui donnent à la fois la chaleur et la lumière.
Réchauffement planétaire	Augmentation de températures atmosphériques causée par l'effet de serre accentué, principalement en raison des activités humaines.
Riz irrigué	Riz qui est planté et qui pousse dans l'eau.
Ruminant	Mammifère qui mange des végétaux, fait fermenter la matière végétale dans une section de son estomac, puis la régurgite dans sa bouche et la mâche pour obtenir les nutriments. Le bétail, le chèvre, le mouton et le cerf sont tous des ruminants.
Scénario	Quelque chose qui pourrait se passer à l'avenir, ou une succession possible d'événements qui pourrait se dérouler.
Tendance	Changement au fil du temps.
Urbanisation	La façon dont plus et plus de personnes vont habiter dans les villes.
Variabilité climatique	Fluctuation annuelle du climat au-dessus et au-dessous de la valeur moyenne à long terme. Les saisons chaude, froide, sèche et humide ne sont pas identiques d'une année sur l'autre.

Références

- Australian Bureau of Meteorology (ABM) et Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), 2011, *Climate Change in the Pacific: Scientific Assessment and New Research, Volume 2: Country Reports - Vanuatu*
- Community Education Training Centre (CETC)/Secrétariat-générale de la communauté du Pacifique (CPS)/ Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ)/ Université du Pacifique Sud, 2014, *Training on Climate Change and Disaster Risk Management in Community Development*, CCCPIR, Suva, Fiji.
- Département de la Météorologie et des Géorisques de Vanuatu (DMGV/VMGD), 2014, site WEB, consulté le 15 janvier 2015 sur le site [www.meteo.gov.vu/VMSLinks/ Services/ tabid/109/Default.aspx](http://www.meteo.gov.vu/VMSLinks/Services/tabid/109/Default.aspx)
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), Groupe de travail II, 2007: *Changements climatiques 2007: Quatrième Rapport d'évaluation du GIEC (AR4): Impacts, Adaptation et Vulnérabilité : Glossaire*, consulté le 19 janvier 2015 sur le site http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/annexessglossary-a-d.html
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 2013: *Résumé à l'intention des décideurs, Changements climatiques 2013 : Les éléments scientifiques : Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* [sous la direction de T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, État de New York, États-Unis, consulté le 5 décembre 2014 sur le site http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SPM_brochure_fr.pdf
- Musée de paléontologie, Université de Californie (UCMP), 2014, consulté le 10 décembre 2014 sur le site <http://www.ucmp.berkeley.edu/tertiary/eocene.php>
- Nunn, P., 1997, *Human and Non-Human Impacts on Pacific Island Environments*, Université du Pacifique Sud (UPS), Suva.
- O'Neil, D., 2008-2013, *Climate Change and Human Evolution*, consulté le 6 décembre 2014 sur le site www.anthro.palomar.edu/homo/homo_3.htm
- Oxford Dictionaries, 2014, consulté le 5 décembre 2014 sur le site www.oxforddictionaries.com
- Rosenberg, M., 2014, *Mount Pinatubo Eruption*, consulté le 6 décembre 2014 sur le site <http://geography.about.com/od/globalproblemsandissues/a/pinatubo.htm>
- Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (SCP/SPC) et Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ), 2014, *Étudier le changement climatique dans le contexte océanien : Guide illustré – Vanuatu*. Consulté le 12 décembre 2014 sur le site <http://www.spc.int/images/climate-change/cc-project/Vanuatu-complete.pdf>

- Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (SCP/SPC) et Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ), 2014, *Étudier le changement climatique dans le contexte océanique : Guide pour l'enseignant – Vanuatu*.

Illustrations

Numéro de l'image	Source
Couverture	Andreas / Wikimedia Commons, 2014, <i>Usine de combustion de charbon en Chine</i> , consulté le 15 janvier 2015 sur le site http://www.esg-search.com/wp-content/uploads/2014/11/Chinese_factory_pollution_WikimediaCommons_Andreas.jpg
1.	Pierce, C., 2014, <i>Schéma de l'organisation d'information dans le module CDRR03</i> .
2.	Morgan, B., 2014, <i>Une représentation artistique de la période Carbonifère</i> .
3.	Morgan, B., 2014, <i>Une représentation artistique du début de l'Éocène</i> .
4.	O'Neil, D., 2008-2013, <i>Tutoriel: Changement climatique et l'évolution humaine</i> , consulté le 6 décembre 2014 sur le site http://anthro.palomar.edu/homo/homo_3.htm
5.	O'Neil, D., 2008-2013, <i>Tutoriel: Changement climatique et l'évolution humaine</i> , consulté le 6 décembre 2014 sur le site http://anthro.palomar.edu/homo/homo_3.htm
6.	Anton, M. (artiste), c. 2004, Public Library of Science, USA, <i>Une représentation artistique du nord de l'Espagne pendant une période glaciaire du dernier âge de glace</i> , consulté le 1 décembre 2014 sur le site www.Ice_age_fauna_of_northern_Spain_-_Mauricio_Anton.jpg et sur le site http://www.plosbiology.org/article/slideshow.action?uri=info:doi/10.1371/journal.pbio.0060099&imageURI=info:doi/10.1371/journal.pbio.0060099.g001
7.	Pierce, C., 2014, <i>Le cycle hydrologique pendant une période glaciaire du dernier âge de glace</i> .
8.	Pierce, C., 2014, <i>L'Asie du Sud-Est et le Pacifique du Sud-Ouest pendant le dernier âge de glace</i> .
9.	United States Geological Survey (USGS), <i>Fact Sheet # 113-97</i> , consulté le 5 décembre 2014 sur le site http://pubs.usgs.gov/fs/1997/fs113-97/
10.	Pierce, C., 2014, <i>Les variations de l'orbite de la Terre autour du Soleil</i> .
11.	Morgan, B., 2014, <i>Une représentation artistique de l'astéroïde frappant la Terre il y a 66 millions d'années</i> .
12.	Pierce, C., 2014, <i>Ondes longues et ondes courtes</i> .
13.	National Aeronautics and Space Agency (NASA), 2007, <i>The Electromagnetic Spectrum</i> , consulté le 4 décembre 2014 sur le site http://science.hq.nasa.gov/kids/imagers/ems/waves3.html . Annoté par Pierce, C., 2014
14.	National Aeronautics and Space Agency, 2005, <i>Global Change / Climate Change</i> , consulté le 4 décembre 2014 sur le site http://asd-www.larc.nasa.gov/SOLAR/learning-warming.html
15.	Pierce, C., 2014, <i>La façon dont la chaleur est emprisonnée par une serre</i> .
16.	Pierce, C., 2014, <i>L'effet de serre</i> .
17.	Agence européenne pour l'environnement, 2014, <i>Concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, 1750-2010</i> , consulté le 6 décembre 2014 sur le site http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/atmospheric-concentration-of-co2-ppm/csi013_fig04_co2_concentration.png/image_original

18.	Andreas / Wikimedia Commons, 2014, <i>Usine de combustion de charbon en Chine</i> , consulté le 15 janvier 2015 sur le site http://www.esg-search.com/wp-content/uploads/2014/11/Chinese_factory_pollution_WikimediaCommons_Andreas.jpg
19.	Pierce, C., 2013, <i>Des bus à Port-Vila</i> .
20.	Pierce, C., 2015, <i>Déforestation près de Lae, Papouasie Nouvelle Guinée</i> .
21.	Pierce, C., 2007, <i>Jardin à culture vivrière, près de Lolowai, Ambae, Vanuatu</i> .
22.	Pierce, C., 2006, <i>Le bétail près du Lac aux Canards, Efate, Vanuatu</i> .
23.	Quynh Anh Nguyen, 2014, <i>Champs irrigués de riz dans la vallée Tu Le, Yen Bai, Vietnam</i> .
24.	Karthikeyan, A. K. / Wikimedia, 2012, <i>Décharge publique de Sithalapakkam</i> , consulté le 15 janvier 2015 sur le site http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sithalapakkam_Garbage_Dump_1.jpg
25.	Pierce, C., 2010, <i>Modèle de l'effet de serre naturel</i> .
26.	Pierce, C., 2010, <i>Modèle de l'effet de serre accentué</i> .
27.	Earth Systems Research Laboratory, National Oceanic and Atmospheric Administration, 2014, <i>Le CO₂ atmosphérique mesuré à l'observatoire de Mauna Loa</i> , consulté le 6 décembre 2014 sur le site www.esrl.noaa.gov
28.	Earth Policy Institute / National Aeronautics and Space Administration (NASA) / Goddard Institute for Space Studies (GISS), <i>Température globale moyenne, 1880-2010</i> , consulté le 6 décembre 2014 sur le site http://www.earth-policy.org/indicators/C51/temperature_2011
29.	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 2013: Résumé à l'intention des décideurs, <i>Changements climatiques 2013 : Les éléments scientifiques : Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat</i> [sous la direction de T.F. Stocker et al.], Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, État de New York, États-Unis, consulté le 5 décembre 2014 sur le site http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SPM_brochure_fr.pdf
30.	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 2013: Résumé à l'intention des décideurs, <i>Changements climatiques 2013 : Les éléments scientifiques : Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat</i> [sous la direction de T.F. Stocker et al.], Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, État de New York, États-Unis, consulté le 5 décembre 2014 sur le site http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SPM_brochure_fr.pdf
31.	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 2013: Résumé à l'intention des décideurs, <i>Changements climatiques 2013 : Les éléments scientifiques : Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat</i> [sous la direction de T.F. Stocker et al.], Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, État de New York, États-Unis, consulté le 5 décembre 2014 sur le site http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SPM_brochure_fr.pdf
32.	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 2013: Résumé à l'intention des décideurs, <i>Changements climatiques 2013 : Les éléments scientifiques : Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat</i> [sous la direction de T.F. Stocker et al.], Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, État de New York, États-Unis, consulté le 5 décembre 2014 sur le site http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SPM_brochure_fr.pdf

33.	Organisation météorologique mondiale, 2014, <i>Nombre de catastrophes rapportées par décennie, par type de risqué (1971-2010)</i> , <i>Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes</i> , page 9, consulté le 13 février 2015 sur le site 2014.06.12-WMO1123_Atlas_120614.pdf
34.	Pierce, C., 2014, <i>Organigramme du lien entre les gaz à effet de serre, le réchauffement planétaire et le changement climatique.</i>
35.	University of Maryland Centre for Environmental Science (UMCES), 2014, consulté le 5 décembre 2014 sur le site http://teachoceanscience.net/teaching_resources/education_modules/barrier_islands_and_sea_level_rise/learn/
36.	Pierce, C., 2014, <i>Carte de la calotte de l'Antarctique occidentale.</i>
37.	Pierce, C., 2014, <i>Cartoon montrant les causes de l'augmentation du niveau des océans.</i>
38.	Environmental Protection Agency (EPA), 2014, <i>A student's guide to climate change</i> , consulté le 6 décembre 2014 sur le site epa.gov/climatestudents/impacts/signs/sea-level.html
39.	Australian Bureau of Meteorology (ABM) et Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), 2011, <i>Climate Change in the Pacific: Scientific Assessment and New Research, Volume 2: Country Reports - Vanuatu</i>
40.	Secrétariat-générale de la communauté du Pacifique (CPS), 2011, <i>L'acidification océanique</i> , reproduit dans Community Education Training Centre (CETC)/Secretariat of the Pacific Community (SPC)/ Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ)/ Université du Pacifique Sud (UPS/USP), 2014, <i>Training on Climate Change and Disaster Risk Management in Community Development</i> , CCCPIR, Suva, Fiji.
41.	Secrétariat-générale de la communauté du Pacifique (CPS), 2011, <i>Les températures océaniques plus chaudes</i> , reproduit dans Community Education Training Centre (CETC)/Secretariat of the Pacific Community (SPC)/ Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ)/ Université du Pacifique Sud (UPS/USP), 2014, <i>Training on Climate Change and Disaster Risk Management in Community Development</i> , CCCPIR, Suva, Fiji.
42.	GRID Arendal /Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE/UNEP), 2005, <i>Changements projetés de la température mondiale</i> , consulté le 6 décembre 2014 sur le site http://www.grida.no/publications/vg/climate/page/3076.aspx
43.	Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (SCP/SPC) et Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ), 2014, <i>Étudier le changement climatique dans le contexte océanique : Guide illustré - Vanuatu</i> . Consulté le 12 décembre 2014 sur le site http://www.spc.int/images/climate-change/cc-project/Vanuatu-complete.pdf
44.	Australian Bureau of Meteorology (ABM) et Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), 2011, <i>Climate Change in the Pacific: Scientific Assessment and New Research, Volume 2: Country Reports - Vanuatu</i>