



VOIE GÉNÉRALE

2^{DE}

1^{RE}

T^{LE}

Sciences de la vie et de la Terre

ENSEIGNEMENT

SPECIALITE

TRAJECTOIRES ET STRATÉGIES D'ATTÉNUATION

Thème

Thème 2 - Enjeux planétaires contemporains.

Note d'intention

Les élèves étant amenés à évaluer, dans leur complexité, des stratégies d'atténuation en réponse aux problèmes posés par le réchauffement climatique, il peut être intéressant de travailler avec eux sur des graphiques extraits des rapports du GIEC concernant les trajectoires d'atténuation et les solutions qui peuvent être mises en œuvre. L'objectif de cette ressource est double : faciliter l'analyse de ces graphiques (qui peut se révéler compliquée) et aider à appréhender la complexité du choix de solutions pour lutter contre le changement climatique (mesures souvent associées à des questions socialement vives). L'élève peut ainsi prendre conscience du rôle descriptif et non prescriptif des scientifiques et de la science en général.

Mots-clés

Stratégies d'atténuation, actions individuelles et collectives, gaz à effet de serre (GES), stockage du carbone, réchauffement climatique, décisions publiques.

Références au programme

Les climats de la Terre : comprendre le passé pour agir aujourd'hui et demain.
Comprendre les conséquences du changement climatique et les possibilités d'action.

Connaissances

Aux niveaux individuel et collectif, il convient de mener des recherches et d'entreprendre des actions : en agissant par la réduction des émissions de gaz à effet de serre (les bénéfices et inconvénients de méthodes de stockage du carbone sont à l'étude).
Il existe, dans différents pays, des plans d'action bâtis sur un consensus scientifique, dont l'objectif est de renforcer l'acquisition des connaissances, ainsi que l'évaluation éclairée et modulable des stratégies mises en place.

Cette partie du programme est particulièrement adaptée à un travail sur des compétences travaillées en enseignement moral et civique (par exemple : être rigoureux dans ses recherches et ses traitements de l'information, distinguer savoir et croyance, être capable de mettre à distance ses propres opinions et représentations, comprendre le sens de la complexité des choses, respecter la diversité des points de vue...).

SOMMAIRE

<i>Les conséquences du changement climatique et la volonté d'atténuation</i>	3
Le changement climatique et ses conséquences	3
L'atténuation pour limiter le changement climatique	4
<i>Les méthodes d'atténuation du changement climatique</i>	5
La réduction des émissions positives de carbone	5
L'augmentation des émissions négatives de carbone	6
<i>Les forêts et le cycle du carbone</i>	7
Les forêts, des stocks de carbone	7
Les forêts, des puits de carbone ?	7
La déforestation, responsable d'émissions de GES ?	8
<i>La séquestration géologique du carbone (CSC)</i>	10
<i>La bioénergie avec captage et stockage du carbone (BECCS)</i>	10
<i>La géo-ingénierie de l'environnement pour limiter le changement climatique ?</i>	11
<i>Résumé des méthodes d'atténuation du changement climatique</i>	12
<i>Trajectoires d'atténuation du changement climatique</i>	13
Objectif et élaboration de trajectoires d'atténuation	13
La lecture des trajectoires d'atténuation	14
<i>La complexité du choix des stratégies d'atténuation</i>	16
Des choix de solutions complexes	16

Retrouvez éducol sur



Les conséquences du changement climatique et la volonté d'atténuation

Le changement climatique et ses conséquences

Acquis des élèves

Au cours de l'année de terminale dans le programme d'enseignement scientifique, les élèves ont :

constaté le changement climatique actuel (*parties 1.2¹ et 1.3²*);

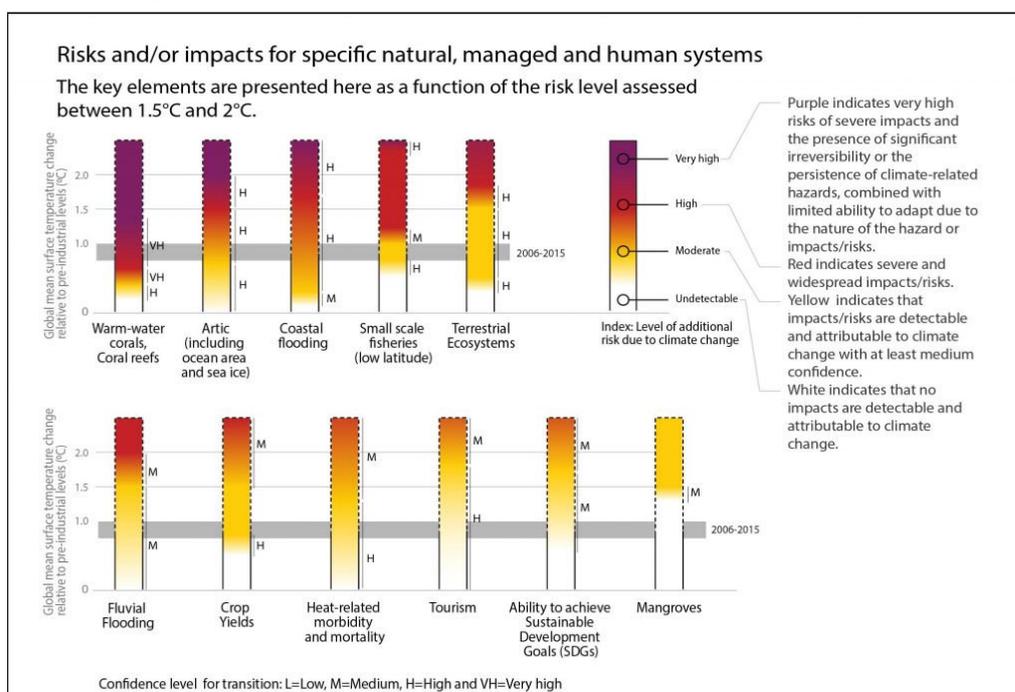
identifié les causes de celui-ci (*parties 1.2 et 1.3*);

observé les projections pour le climat futur (*parties 1.3 et 1.4³*);

étudié les risques pour la biodiversité et les populations humaines (*parties 1.3 et 1.4*).

Le constat et les causes du changement climatique actuel sont à nouveau étudiés dans la partie « Reconstituer et comprendre les variations climatiques passées » du programme de spécialité SVT. Les conséquences du changement climatique sur la biodiversité et les populations humaines sont approfondies dans la partie « Comprendre les conséquences du réchauffement climatique et les possibilités d'actions » du programme de spécialité SVT.

Avec l'enseignement de tronc commun et de spécialité, les élèves doivent prendre conscience que le niveau des différents risques climatiques pour les écosystèmes et les humains est variable selon l'intensité du changement climatique futur, ce qui est illustré par la figure du GIEC présentée ci-dessous.



Résumé des impacts et risques majeurs par secteur selon le niveau de réchauffement climatique⁴

1.1.2 La complexité du système climatique

2.1.3 Le climat du futur

3.1.4 Énergie, choix de développement et futur climatique

4. Rapport GIEC « Réchauffement planétaire de 1,5 °C », Résumé à l'intention des décideurs : https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_fr.pdf

L'analyse de cette figure permet de constater que le niveau des risques change beaucoup entre un réchauffement de +1,5 °C par rapport à la période préindustrielle, et un réchauffement de +2 °C.

Par exemple :

- le risque pour l'écosystème arctique passe de « élevé » à « très élevé »;
- le risque pour les écosystèmes terrestres passe de « modéré » à « élevé »;
- le risque pour les inondations fluviales passe de « modéré » à « élevé »;
- le risque pour le rendement des cultures passe de « modéré » à « élevé »...

Dans le résumé à l'intention des décideurs du rapport du GIEC « Réchauffement planétaire 1,5 °C », on peut lire :

« Les risques liés au climat auxquels sont exposés les systèmes naturels et humains sont plus élevés pour un réchauffement planétaire de 1,5 °C qu'à présent, mais moins élevés que pour un réchauffement de 2 °C (degré de confiance élevé). »

L'atténuation pour limiter le changement climatique

L'atténuation du changement climatique correspond à l'ensemble des mesures qui peuvent être mises en œuvre pour limiter l'ampleur du changement climatique.

Comme les modèles montrent de grandes différences d'impacts entre 1,5 et 2 °C de réchauffement, un des objectifs du rapport spécial du GIEC de 2018 « Réchauffement planétaire de 1,5 °C » est de présenter des mesures d'atténuation qui permettraient de limiter le réchauffement climatique à +1,5 °C par rapport à la période préindustrielle.

Dans ce résumé à l'intention des décideurs, on peut lire : « Les risques futurs liés au climat seraient réduits par l'amplification et l'accélération de mesures d'atténuation des effets du changement climatique à grande échelle, multi-niveaux et transsectorielles et par la mise en œuvre d'une adaptation à la fois incrémentale et transformationnelle (degré de confiance élevé). »

La différence entre l'atténuation et l'adaptation

Atténuation et adaptation sont des notions couramment utilisées pour décrire des stratégies qui peuvent être mises en œuvre face à un risque. Dans le glossaire du GIEC⁵, les définitions suivantes correspondent à l'atténuation du changement climatique et à l'adaptation au changement climatique.

Atténuation : intervention humaine visant à réduire les sources ou à renforcer les puits de gaz à effet de serre.

Adaptation : pour les systèmes humains, démarche d'ajustement au climat actuel ou attendu ainsi qu'à ses conséquences, de manière à en minorer les effets préjudiciables et à en exploiter les effets bénéfiques. Pour les systèmes naturels, démarche d'ajustement au climat actuel ainsi qu'à ses conséquences : l'intervention humaine peut faciliter l'adaptation au climat attendu et à ses conséquences.

Ainsi, **l'atténuation du changement climatique** vise à réduire la quantité de GES atmosphériques, et donc à limiter le dérèglement climatique, tandis que **l'adaptation au changement climatique** vise à réduire la vulnérabilité des sociétés humaines et des écosystèmes face aux risques climatiques.

Retrouvez éducol sur



5. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/10/SR15_Glossary_french.pdf

Les méthodes d'atténuation du changement climatique

Comme le changement climatique actuel est causé par l'augmentation rapide de la quantité de GES dans l'atmosphère, pour le limiter, des mesures d'atténuation doivent être prises afin de diminuer la quantité de GES atmosphériques. Pour cela, on distingue deux types de méthodes : la réduction des émissions de GES dans l'atmosphère (on parle de réduction des émissions positives de carbone) et le stockage du carbone atmosphérique (on parle d'augmentation des émissions négatives de carbone).

La réduction des émissions positives de carbone

Les émissions positives de carbone correspondent aux activités humaines qui sont à l'origine d'une libération de GES dans l'atmosphère : CO₂ produit par la combustion d'hydrocarbures, déforestation (voir la partie « les forêts et le cycle du carbone »), production de ciment, fuite de CH₄ lors de son extraction, son transport et son traitement, fermentation dans les décharges, certaines activités agricoles⁶...

La réduction des émissions positives de carbone consiste donc à limiter voire stopper les différentes activités humaines libérant des GES dans l'atmosphère. Parmi ces différentes mesures, on peut distinguer les solutions individuelles et les solutions collectives.

Les solutions collectives

Parmi les **solutions collectives** d'atténuation, on peut citer (liste non exhaustive) :

- décarbonation de la consommation d'énergie, c'est-à-dire désinvestissement des énergies fossiles, remplacement de la consommation des énergies fossiles par la consommation d'énergies renouvelables et/ou d'énergie nucléaire;
- investissements dans des technologies à faibles émissions de carbone (dans le secteur des transports publics par exemple);
- mise en place de politiques publiques d'augmentation de l'efficacité énergétique des habitats...

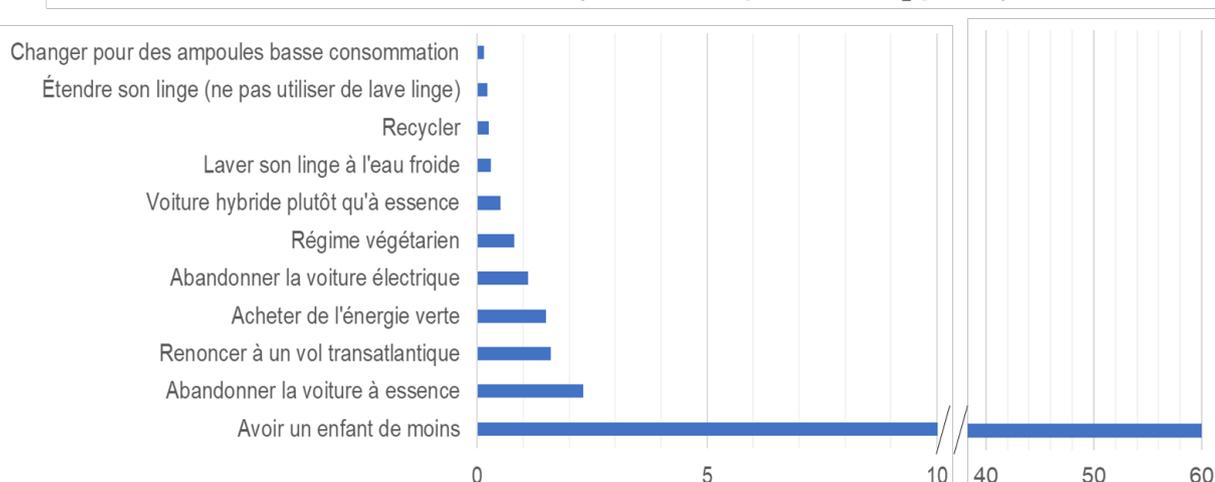
Les solutions individuelles

Parmi les **solutions individuelles** d'atténuation, on peut citer (liste non exhaustive) :

- limiter les trajets en voiture et/ou les voyages aériens;
- limiter la consommation de viande;
- améliorer l'efficacité énergétique de son habitat...

6. Programme d'enseignement scientifique de terminale, partie 1.3 Le climat du futur.

Réduction des émissions (en tonnes équivalent CO₂ par an)



Réductions des émissions (en tonnes équivalent CO₂ par an) pour différentes solutions individuelles permettant de réduire l'empreinte carbone

Remarque : ce graphique est extrait d'une publication de 2017 sur l'efficacité des pratiques éducatives et les recommandations des gouvernements concernant les actions individuelles⁷. Si certaines solutions sont communément reprises et admises par les sociétés humaines, comme limiter les trajets en voiture et/ou les voyages aériens et améliorer l'efficacité énergétique de son habitat, d'autres sont peu reprises. À noter que l'item « avoir un enfant en moins » a été très critiqué, autant du fait de son impact psychologique tant il touche à l'intimité des personnes, que des modalités de calculs qui sont à son origine. Rapporté à un an et non à une quantité totale, il s'agit là d'une valeur moyenne calculée sur la base du niveau de vie en 2005 (donc sans modification des comportements individuels après cette date) en prenant en compte la descendance de cet individu sur la base d'une fécondité moyenne et qui masque des écarts très importants en fonction du niveau de vie. Ainsi, l'émission additionnelle moyenne par enfant supplémentaire au Bangladesh est de 56 tonnes équivalent CO₂ alors qu'elle est estimée à 9 441 s'il vit aux États-Unis (2 498 en Russie, 2 026 au Japon...)⁸. Dans une interview, l'auteur précise que le vrai problème n'est pas d'avoir des enfants, mais la très forte consommation de la société dans laquelle certains peuvent naître.

L'augmentation des émissions négatives de carbone

Les émissions négatives de carbone correspondent aux activités humaines qui permettent d'éliminer le CO₂ de l'atmosphère et de le stocker, de manière durable, dans des réservoirs géologiques, terrestres ou océaniques.

L'augmentation des émissions négatives de carbone consiste donc à développer différentes mesures permettant le stockage du carbone. Parmi ces différentes mesures, il faut distinguer le stockage du carbone par des puits naturels (forêts essentiellement) et le stockage artificiel du carbone.

7. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa7541/pdf>

8. https://www.biologicaldiversity.org/programs/population_and_sustainability/pdfs/OSUCarbonStudy.pdf

Le stockage du carbone dans des puits naturels

Concernant les **puits naturels de carbone**, on peut citer les mesures d'atténuation suivantes (liste non exhaustive) :

- la préservation des forêts (voir la partie « les forêts et le cycle du carbone »);
- l'afforestation (plantation d'arbres sur des surfaces dépourvues de forêts);
- la reforestation (plantation d'arbres sur des surfaces anciennement occupées par des forêts);
- l'amélioration de la gestion des sols (certaines pratiques agricoles comme l'absence de labour, le paillage, le biochar⁹... favorisent la séquestration du carbone dans les sols)...

Ces quatre solutions concernent le secteur AFAT¹⁰ (agriculture, foresterie et autres utilisations des terres).

Le stockage du carbone dans des puits artificiels

Pour le **stockage artificiel du carbone**, on peut citer (liste non exhaustive) :

- la séquestration géologique du carbone (CSC);
- la bioénergie avec captage et stockage du carbone (BECCS)...

Les forêts et le cycle du carbone

Les forêts, des stocks de carbone

La matière organique contenue dans les forêts constitue un réservoir de carbone. On peut considérer deux grands types de stocks de carbone au sein des écosystèmes forestiers :

- le **carbone de la biomasse forestière** qui inclut :
 - la biomasse aérienne (les tiges et les feuilles principalement);
 - la biomasse souterraine (les racines);
 - la nécromasse ligneuse (le bois mort au sol);
 - la litière (les feuilles mortes et autres débris végétaux au sol);
- et le **carbone du sol forestier** (matière organique, principalement issue des végétaux, stockée dans les sols).

À l'échelle mondiale, en considérant les différents types de forêts (tropicales, tempérées et boréales), le stock de carbone dans la biomasse forestière est d'environ 359 GtC tandis que le stock de carbone du sol forestier est d'environ 787 GtC. Au total, les forêts constituent un réservoir mondial de carbone d'environ 1146 GtC, soit un stock plus de 1,5 fois supérieur au stock de carbone atmosphérique (730 GtC)¹¹.

Les forêts, des puits de carbone ?

Lors de la photosynthèse, les végétaux fixent le carbone atmosphérique; lors de la respiration, de la décomposition ou de la combustion, le carbone stocké dans la matière organique des végétaux est restitué à l'atmosphère.

9. Biochar : amendement du sol issu de la pyrolyse de biomasse (ajoute du carbone au sol).

10. AFOLU en anglais.

11. D'après « The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide », GIEC, 2018. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/TAR-03.pdf>

Il est souvent admis que lorsqu'une forêt atteint sa maturité (forêt à l'équilibre, c'est-à-dire dont la biomasse ne croît pas, où il y a autant d'arbres qui naissent et poussent que d'arbres qui meurent), les deux flux sont relativement équilibrés, la forêt émet autant de carbone dans l'atmosphère qu'elle en absorbe. Ainsi, on peut régulièrement lire que les forêts en croissance constituent des puits de carbone tandis que les forêts anciennes, étant à l'équilibre, ne peuvent pas être considérées comme des puits de carbone.

Cependant, cette affirmation semble fautive et les forêts âgées seraient également des puits de carbone¹², car :

- lors de leur phase de vieillissement, les forêts conservent une vitesse d'assimilation du carbone comparable à celle des jeunes forêts (même si l'accroissement des arbres atteint un optimum voire décroît¹³, les arbres de gros diamètres compensent cette baisse de productivité par une surface foliaire plus étendue¹⁴) ;
- les forêts âgées ont une capacité de stockage de carbone maximale (expliquée en grande partie par l'importante densité de gros arbres). Les forêts âgées accumulent du carbone pendant des siècles sans interruption et ce carbone n'est pas « déstocké » vers l'atmosphère lors des perturbations naturelles comme la mortalité ou le déracinement lors d'une tempête. En effet, ces perturbations naturelles entraînent plus une réorganisation du carbone dans les compartiments de l'écosystème forestier qu'un relargage dans l'atmosphère¹⁵. Ainsi, l'augmentation du volume de bois mort augmente la part de carbone du sol ;
- même si, lors d'un incendie la forêt émet localement et temporairement plus de carbone vers l'atmosphère qu'elle n'en stocke, le bois mort constitue un apport de carbone au sol et l'incendie est suivi d'une phase de régénération de la forêt accompagnée d'une vitesse d'assimilation du CO₂ atmosphérique élevée.

À l'échelle mondiale, entre 1993 et 2003, le flux de carbone de l'atmosphère aux forêts était d'environ 3,3 Gt/an¹⁶ (cette valeur ne tient pas compte des flux liés aux changements anthropiques d'utilisation des terres, secteur AFAT, voir paragraphe suivant). Pour cette période, les écosystèmes forestiers mondiaux se sont comportés globalement comme des puits de carbone.

La déforestation, responsable d'émissions de GES ?

Selon le GIEC, entre 1750 et 2011, le changement d'utilisation des terres (secteur AFAT, lié principalement à la déforestation et au développement des terres agricoles) a été responsable d'une émission de 180 GtC dans l'atmosphère (en comparaison, l'utilisation des combustibles fossiles et la production de ciment ont contribué à l'émission de 375 GtC sur la même période)¹⁷.

Entre 2007 et 2016, le changement d'utilisation des terres a été responsable de 23 % des émissions de GES anthropiques¹⁸ (soit un flux de 5,2 GtC/an¹⁹), dont 90 % exclusivement dus à la déforestation²⁰.

12. http://refora.online.fr/parutions/Rapport_carbone_forestier.pdf

13. Lecoq & al., 2008 ; De Turkheim et Bruciamacchie, 2005.

14. Stephenson & al., 2014.

15. Luysaert et co, https://www.researchgate.net/publication/42089659_Old-growth_forests_as_global_carbon_sinks_Nature

16. D'après <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg3-chapter9-1.pdf>

17. D'après https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter06_FINAL.pdf

18. D'après https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2019/12/04_Chapter-1.pdf

19. D'après https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/07/05_Chapter-2-V2.pdf

20. D'après <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/TAR-03.pdf>

Si, à l'échelle mondiale, la déforestation semble constituer une cause importante du changement climatique actuel, il est cependant important de distinguer les différentes causes de déforestation, ainsi que leurs effets respectifs sur le cycle du carbone et donc sur le dérèglement climatique.

Les causes de la déforestation sont (liste non exhaustive) :

- l'expansion agricole (cause de 80 % de la déforestation mondiale²¹);
- l'expansion urbaine et l'installation d'infrastructures (routes, chemin de fer...);
- l'exploitation de ressources minières;
- l'exploitation des ressources forestières.

Déforestation liée à l'expansion agricole : dans le cadre du remplacement de forêts par des surfaces agricoles, l'effet sur le changement climatique est important, notamment parce que dans les cultures, le stock de carbone par unité de surface est bien moindre que le stock de carbone de l'écosystème forestier. De plus, lorsque la déforestation se fait en incendiant les arbres, le stock de carbone constitué par les arbres sur pied est en grande partie (hors cendres et charbon de bois) directement renvoyé dans l'atmosphère. Enfin, la mise en place d'élevage sur des surfaces anciennement occupées par des forêts s'accompagne d'émissions importantes de méthane par le bétail (par exemple, selon le gouvernement brésilien, 80 % de la déforestation de l'Amazonie serait imputable à l'élevage de bétail²²).

Déforestation liée à l'expansion urbaine, à l'installation d'infrastructures et à l'exploitation de ressources minières : dans ce cadre, la perte du stock de carbone de l'écosystème forestier est directement responsable d'une amplification du changement climatique.

Déforestation liée à l'exploitation des ressources forestières : les arbres prélevés dans les forêts peuvent être utilisés comme matériaux de construction, on parle de « bois-construction ». Dans le cadre de l'utilisation du « bois-construction », une grande partie du carbone fixé par les végétaux de la forêt reste stocké. En France 85 MtC sont stockées grâce à l'utilisation de produits bois²³. Lorsque le bois est utilisé comme combustible, il peut se substituer à l'utilisation de combustibles fossiles (et donc participer à réduire les émissions anthropiques de carbone). Contrairement à la déforestation liée à l'expansion agricole, la déforestation liée à l'exploitation des ressources forestières a donc plutôt un effet stabilisateur sur le changement climatique.

La gestion durable des forêts (préservation, afforestation, reforestation mais aussi substitution de matériaux de construction ou de combustibles fossiles par des produits bois) est un enjeu essentiel de lutte contre le changement climatique.

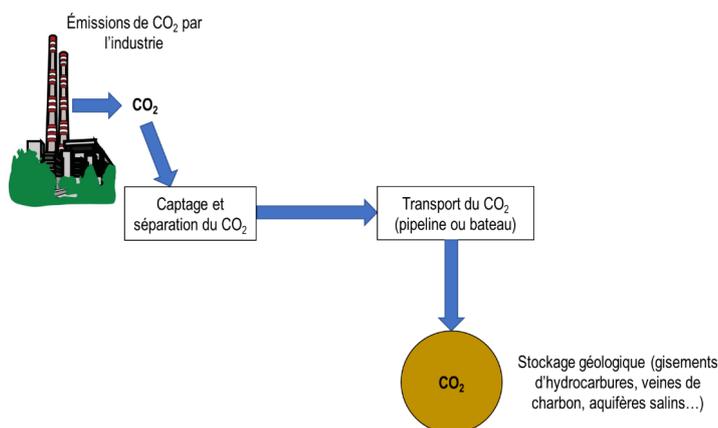
21. Drivers of Deforestation and Forest Degradation, Université et centre de recherche de Wageningen, 2012, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/65505/6316-drivers-deforestation-report.pdf

22. https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842008000500004&lng=en&nrm=iso&lng=en

23. <https://www.onf.fr/+ /480::rapport-du-giec-quel-role-de-la-foret-face-au-rechauffement-climatique.html>

La séquestration géologique du carbone (CSC)

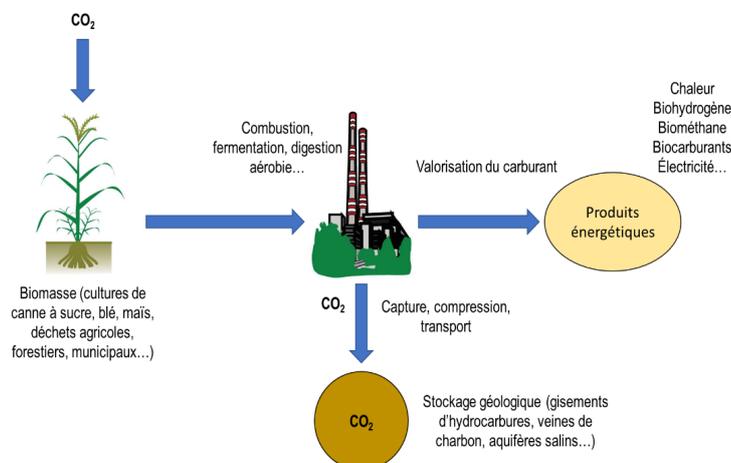
Le CO₂ peut être transporté de son lieu d'émission jusqu'à un site de stockage où il sera séquestré dans des roches sédimentaires poreuses en profondeur (gisements d'hydrocarbures, veines de charbon, aquifères salins...).



La bioénergie avec captage et stockage du carbone (BECCS)

La biomasse peut être utilisée pour fournir de l'énergie, on parle de bioénergie. On peut citer la production de biocarburants (huile végétale carburant, biogazole, bioéthanol...) ou de biogaz (biométhane...). Ces derniers peuvent être utilisés dans des centrales thermiques ou électriques où la combustion de la biomasse libère du CO₂ et permet de fournir de la chaleur et de l'électricité.

Lors du raffinage de l'éthanol, ou de la combustion de la biomasse dans les centrales de production de chaleur et d'électricité, le CO₂ libéré peut-être capturé puis pompé et séquestré sous terre.



Retrouvez éducol sur



La géo-ingénierie de l'environnement pour limiter le changement climatique ?

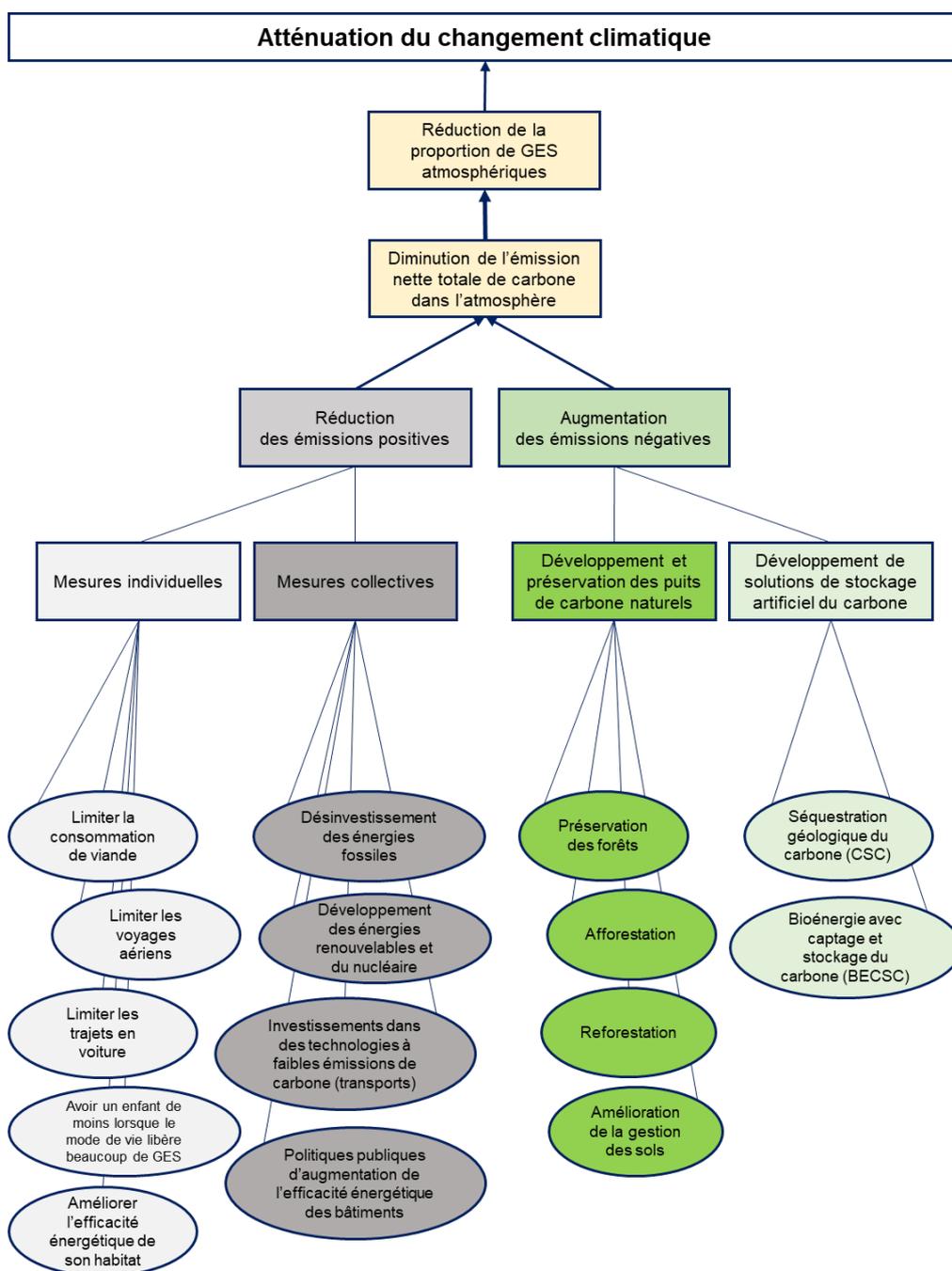
La géo-ingénierie de l'environnement correspond à l'ensemble des techniques qui visent à manipuler et modifier le climat global. Parmi les techniques étudiées, on peut citer :

- **la gestion du rayonnement solaire**, qui a pour but de réduire la quantité d'énergie solaire absorbée par la Terre. Elle vise à augmenter l'albédo par l'ensemencement des nuages, l'injection d'aérosols réfléchissants dans l'atmosphère ou la mise en place de vastes miroirs dans l'espace ;
- **l'élimination du dioxyde de carbone de l'atmosphère par la fertilisation des océans** (en déversant par exemple du sulfate de fer pour permettre le développement d'algues planctoniques capables de stocker de grande quantité de CO₂ dissous dans l'eau).

Certains scientifiques considèrent les techniques de CSC et de BECSC comme des techniques de géo-ingénierie. D'autres distinguent la géo-ingénierie des différentes mesures d'atténuation : « L'action [de la géo-ingénierie] est correctrice d'effets parce que ne relevant pas directement des activités primaires génératrices de la pression anthropique (comme il en est par exemple de l'atténuation de l'émission de gaz à effet de serre, préventive mais non correctrice d'effets établis dans l'atmosphère). »²⁴

24. Atelier de Réflexion Prospective, REAGIR Réflexion systémique sur les enjeux et méthodes de la géo-ingénierie de l'environnement (lancés par l'Agence nationale de la recherche ANR). <http://minh.haduong.com/files/Boucher.ea-2014-RapportFinalREAGIR.pdf>

Résumé des méthodes d'atténuation du changement climatique



Diverses mesures d'atténuation du changement climatique (liste non exhaustive)

Trajectoires d'atténuation du changement climatique

Objectif et élaboration de trajectoires d'atténuation

Définition d'une trajectoire d'atténuation

Dans le glossaire du GIEC²⁵, on trouve les définitions ci-dessous.

« **Trajectoire** : évolution temporelle future des systèmes naturels ou humains. Ces trajectoires peuvent consister en un ensemble de scénarios [...] relatifs à des évolutions futures possibles, ou en des processus de prise de décision axés sur la recherche de solutions visant à atteindre des objectifs souhaitables pour la société. Elles sont généralement centrées sur l'évolution biophysique, techno-économique ou socio-comportementale, impliquent des dynamiques, des objectifs et des acteurs divers et sont établies à différentes échelles.

Trajectoire d'atténuation : évolution temporelle d'un ensemble de caractéristiques utilisées dans les scénarios d'atténuation, telles que les émissions de gaz à effet de serre ou le développement socio-économique. »

Objectif des trajectoires d'atténuation

En produisant des trajectoires d'atténuation, les scientifiques cherchent à montrer par quels moyens on peut aboutir à une atténuation du changement climatique actuel.

Par exemple, dans le rapport du GIEC « Réchauffement planétaire 1,5 °C », différentes trajectoires permettant de limiter le réchauffement à +1,5 °C par rapport à la période préindustrielle sont proposées. Pour chacune des trajectoires, l'objectif est le même (un réchauffement ne dépassant pas +1,5 °C) mais les moyens pour y parvenir sont différents (choix des solutions d'atténuation différents).

Élaboration des trajectoires d'atténuation

Pour élaborer des trajectoires d'atténuation, les scientifiques utilisent les modèles numériques pour produire des projections climatiques.

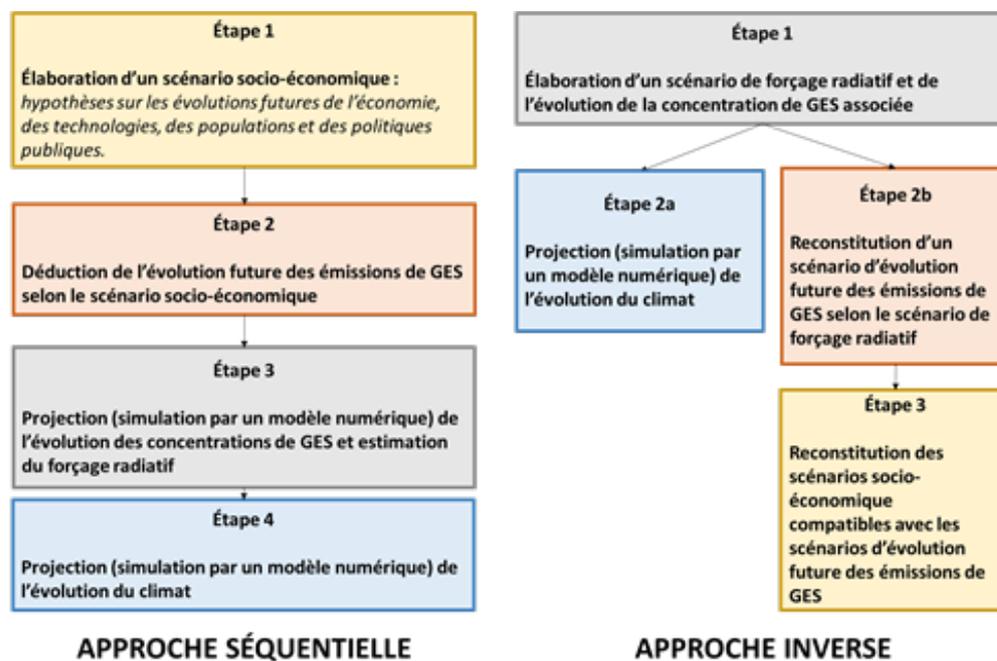
Il existe deux méthodes pour obtenir des projections climatiques : l'approche séquentielle et l'approche inverse.

Dans l'approche séquentielle, on fixe un scénario socio-économique dans le modèle, on déduit l'évolution des émissions de GES associée à ce scénario et on simule l'évolution du climat associée à ces émissions de GES.

Dans l'approche inverse, on fixe un forçage radiatif et on reconstitue les différents scénarios socio-économiques pouvant aboutir à ce forçage.

Pour élaborer des trajectoires d'atténuation, les scientifiques utilisent donc l'approche inverse.

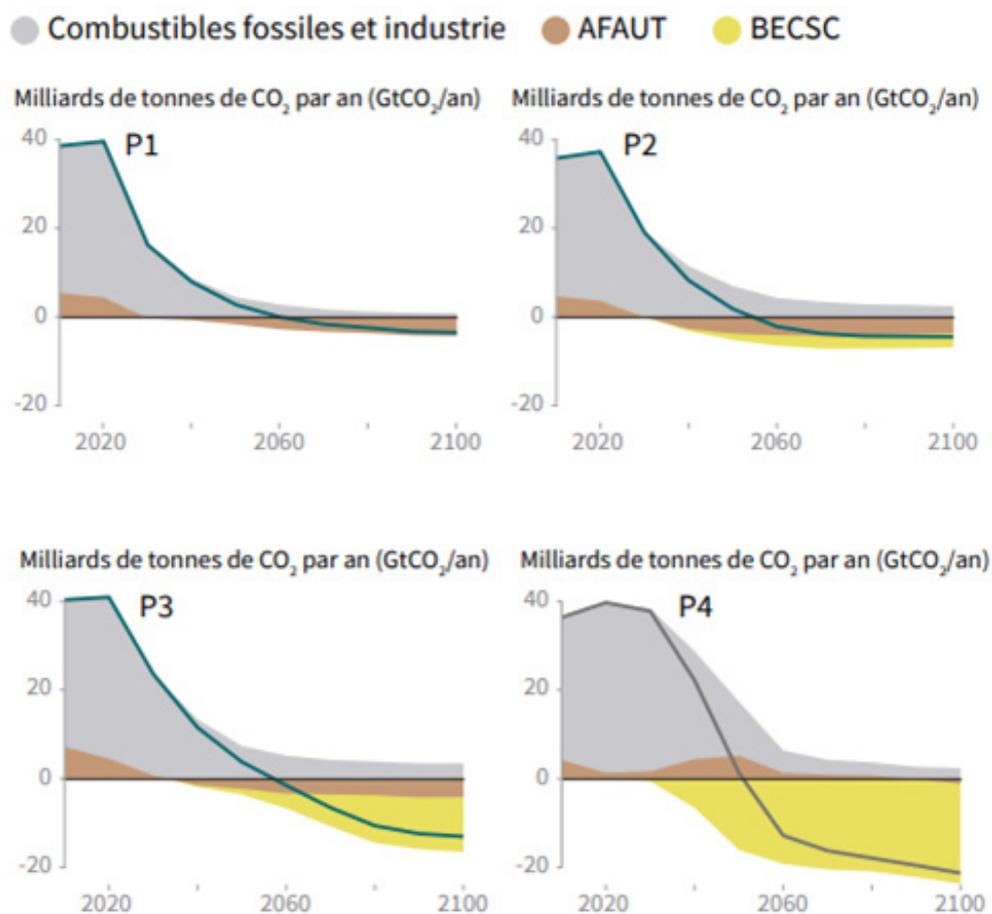
25. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/10/SR15_Glossary_french.pdf



L'approche séquentielle et l'approche inverse pour établir des projections climatiques

La lecture des trajectoires d'atténuation

Comme expliqué précédemment, les risques associés à un réchauffement climatique de +1,5 C par rapport à la période préindustrielle sont bien plus faibles que ceux associés à un réchauffement de +2 C. Par conséquent, il semble nécessaire de limiter le réchauffement à +1,5 C. Dans le rapport du GIEC « Réchauffement planétaire 1,5 C », différentes trajectoires permettant de limiter le réchauffement à +1,5 C sont proposées.



Trajectoires d'atténuation P1, P2, P3 et P4 permettant de limiter le réchauffement à +1,5 °C²⁶

Pour ces quatre trajectoires d'atténuation, le résultat est le même (limiter le réchauffement à +1,5 C par rapport à la période préindustrielle), mais les moyens pour y parvenir sont différents.

Pour la trajectoire P1, l'atténuation est permise par une très forte diminution des émissions positives (diminution importante et rapide de l'utilisation de combustibles fossiles) et une faible augmentation des émissions positives. Tandis que pour la trajectoire P3, la réduction des émissions positives est plus tardive, mais compensée par une plus forte augmentation des émissions négatives (par le stockage artificiel du carbone essentiellement). D'autres moyens d'atténuation distinguent ces trajectoires. Le tableau ci-dessous compare deux de celles-ci.

26. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_fr.pdf

	P1	P3
Réduction des émissions positive : décarbonation de la consommation d'énergie		
Diminution de l'exploitation des énergies fossiles	Évolution entre 2010 et 2050	Évolution entre 2010 et 2050
Charbon	-97 %	-73 %
Pétrole	-87 %	-81 %
Gaz	-74 %	+21 %
Augmentation de l'exploitation du nucléaire et des énergies renouvelables		
Nucléaire	+150 %	+501 %
Énergies renouvelables	+833 %	+878 %
Augmentation des émissions négatives		
AFAT* (agriculture, foresterie et autres utilisations des terres) * AFOLU en anglais	Reforestation et afforestation	Reforestation et afforestation
BECSC (bioénergie avec captage et stockage du carbone)	non	Important (414 Gt de carbone stocké d'ici 2100)
Autres CSC	non	Important (273 Gt de carbone stocké d'ici 2100)

Comparaison des trajectoires P1 et P3

La complexité du choix des stratégies d'atténuation

Des choix de solutions complexes

Il n'existe aucune solution d'atténuation « idéale ». Chacune des méthodes présentées plus haut présente des inconvénients. Le choix des solutions d'atténuation est donc complexe.

Par exemple, l'arrêt de l'utilisation des énergies fossiles s'accompagne, dans les différentes trajectoires retenues par le GIEC²⁷, d'un développement plus ou moins important du nucléaire. L'acceptabilité par les populations d'une telle solution ne peut être totale.

Le développement des techniques de stockage artificiel de carbone CSC présente un coût très important et peut constituer un danger pour la santé humaine et les écosystèmes en cas de fuite du CO₂ lors du transport ou du stockage... De plus, le développement des BECSC implique l'utilisation de très grandes surfaces.

27. Le calcul et le politique Le Débat national sur la Transition énergétique et la construction des choix énergétiques en France

<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02429257/document>

La place de la science dans le choix des stratégies d'atténuation

Les trajectoires d'atténuation proposées par les scientifiques ne sont pas normatives. Il ne s'agit pas d'imposer les choix que doivent faire les sociétés pour le futur. L'exemple des trajectoires d'atténuation P1, P2, P3 et P4 permet de montrer que, tout en tenant compte des contraintes liées à l'objectif à atteindre, aucune solution n'est privilégiée.

La science n'a pas un rôle prescriptif mais un rôle descriptif. Les chercheurs apportent les connaissances permettant de décrire le monde (tel qu'il a été, tel qu'il est et tel qu'il pourrait être) et de développer des techniques qui pourraient être utiles aux sociétés. En aucun cas les scientifiques ne définissent les caractéristiques du monde tel qu'il devrait être, ce sont les sociétés qui doivent faire des choix en fonction de leurs objectifs; la science ne peut qu'éclairer ces choix par des faits.

Retrouvez éduscol sur

