



# CAUSES & ENJEUX DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

*Ce document contient la transcription textuelle d'une vidéo du MOOC « Causes et enjeux du changement climatique ». Ce n'est donc pas un cours écrit au sens propre du terme ; le choix des mots, l'articulation des idées et l'absence de chapitrage sont propres aux interventions orales des auteurs.*

## *Les scénarios climatiques*

**Olivier BOUCHER**

*Directeur de recherche – CNRS*

Parler de scénario climatique, nous invite tout d'abord à nous interroger de manière générale sur le concept de scénario. Qu'est-ce qu'un scénario ?

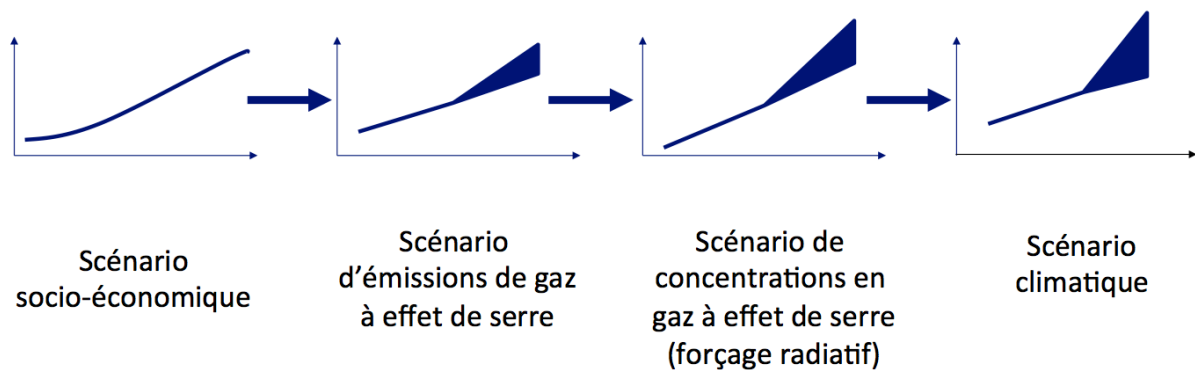
- C'est tout simplement une représentation d'un futur possible que l'on établit dans un but prospectif.
- Cette histoire du futur se veut exploratoire, elle doit être plausible, c'est-à-dire qu'elle ne doit pas contrevenir aux lois de la physique, elle ne doit pas s'écarter de trop de la théorie économique, ou alors, si elle le fait, ce doit être de manière explicite.
- Un scénario n'a pas à être probable et en général on ne cherche d'ailleurs pas à estimer la probabilité qu'il se réalise.
- Un scénario n'a pas vocation à représenter toute la complexité du monde qui nous entoure, c'est pourquoi il peut être simpliste, voire idéalisé.
- Enfin, un scénario peut-être volontairement utopique ou à contrario inacceptable.

Les scénarios climatiques, ne visent cependant pas à être normatifs, c'est-à-dire à imposer un futur donné. C'est pourquoi on considère non pas un mais plusieurs scénarios.

On distingue deux approches dans l'élaboration des scénarios climatiques :

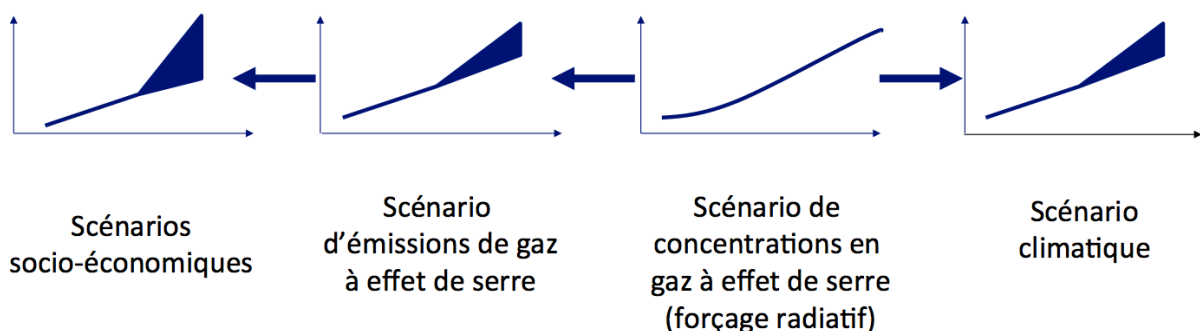
- Dans une première approche, dite séquentielle, on part d'un scénario socio-économique que l'on peut ensuite traduire en scénario d'émissions de gaz à effet de serre.

## Approche séquentielle



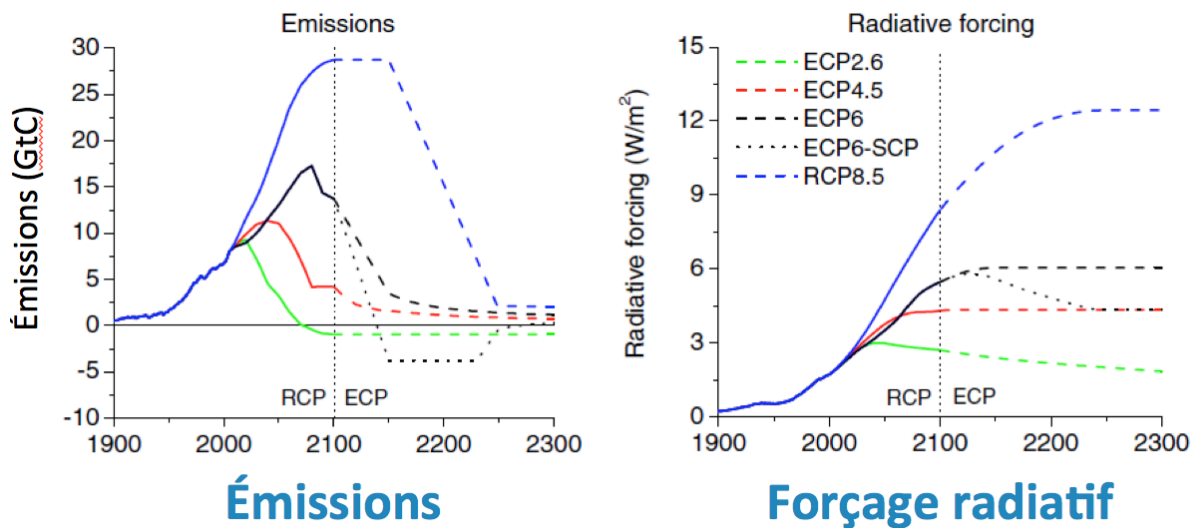
- On peut ensuite, à l'aide de nos connaissances des grands cycles biogéochimiques traduire cela en concentration de gaz à effet de serre et avec un modèle climatique, estimer le forçage radiatif associé à ces trajectoires de concentration et en prédire une projection climatique.
- À l'inverse, une deuxième approche que je qualifie ici d'inverse, part d'un scénario de concentrations en gaz à effet de serre ou un scénario de forçage radiatif à partir duquel on peut estimer un scénario climatique, comme précédemment, mais à partir duquel on peut aussi reconstruire à posteriori des scénarios socio-économiques qui sont compatibles avec ce scénario de concentration en gaz à effet de serre.
- Un scénario de forçage radiatif correspond donc à plusieurs scénarios socio-économiques compatibles.
- C'est cette approche qui a été choisie pour le cinquième rapport d'évaluation du GIEC parce que d'une part, elle permet de dépolitiser le débat quant au choix du scénario socio-économique, et d'autre part, parce qu'elle permet plus facilement de considérer des scénarios avec des politiques climatiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

## Approche inverse



- ⇒ Je donne un exemple ici : les quatre scénarios dits RCP - RCP pour *representative concentration pathways* -, qui ont été utilisés pour le cinquième rapport d'évaluation du

GIEC.



Selon van Vuuren et al., *Climatic Change*, 2011

- Les forçages radiatifs varient entre des valeurs de 2,6 et 8,5 W par mètre carré en 2100, ce qui donne d'ailleurs les noms de ces scénarios, RCP 2,6 et RCP 8,5.
- ⇒ Il s'agit là de scénarios extrêmes avec un tas de scénarios intermédiaires.
- Ces scénarios impliquent des émissions de dioxyde de carbone qui sont représentées sur la gauche.
- ⇒ Pour le scénario RCP 2,6, les émissions doivent atteindre un plateau très rapidement avant de décroître et de s'annuler quasiment vers l'année 2080.
- ⇒ Pour le scénario RCP 8,5, au contraire, les émissions continuent d'augmenter jusqu'à atteindre une valeur de 27 gigatonnes de CO<sub>2</sub> en 2100, soit trois fois plus que les émissions actuelles.
- Enfin, ces scénarios ont été prolongés au-delà du XXI<sup>e</sup> siècle de manière très stylisée et c'est ce qu'on voit avec les traits en tirets sur ce graphique.

Le dioxyde de carbone n'est pas le seul gaz à effet de serre qu'il faut prédire, et donc on envisage des scénarios pour les autres gaz à effet de serre, en particulier le méthane (CH<sub>4</sub>), et le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) que l'on montre ici.

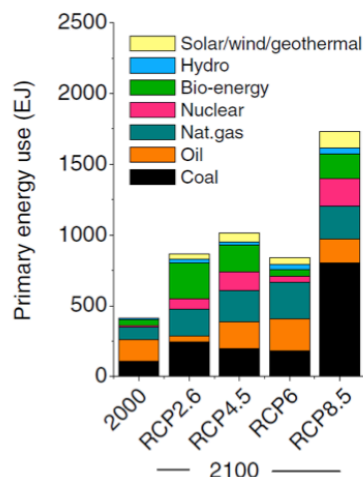
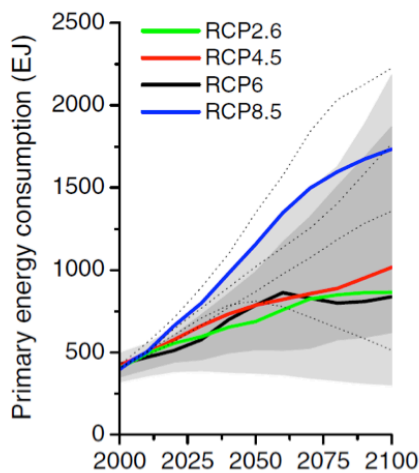
- Les enveloppes grises, ici, cherchent à englober l'ensemble des futurs possibles sans politique d'atténuation des émissions.
- Les gaz à effet de serre ne sont pas les seuls facteurs qui influent le climat, il ne faut pas oublier qu'il y a aussi des polluants à courte durée de vie qui ont aussi un impact sur le climat, comme le dioxyde de soufre qui est responsable d'un forçage radiatif négatif lié à la formation d'aérosols soufrés et donc un refroidissement du climat, ou encore les oxydes

d'azote qui combinés avec les composés organiques volatiles mènent à la formation d'ozone qui est un autre gaz à effet de serre.

- Ces polluants à courte durée de vie ont aussi un effet sur la qualité de l'air et donc en général, on peut considérer que leurs émissions et donc leur concentration va baisser au cours du XXI<sup>e</sup> siècle à une vitesse qui va dépendre des hypothèses que l'on fait sur la croissance économique et aussi sur la convergence entre pays en voie de développement et pays industrialisés, pays développés.

Il existe un certain nombre de paramètres importants qui permettent de caractériser ces scénarios socio-économiques, comme :

- La consommation d'énergie primaire ;
- le mix énergétique ;

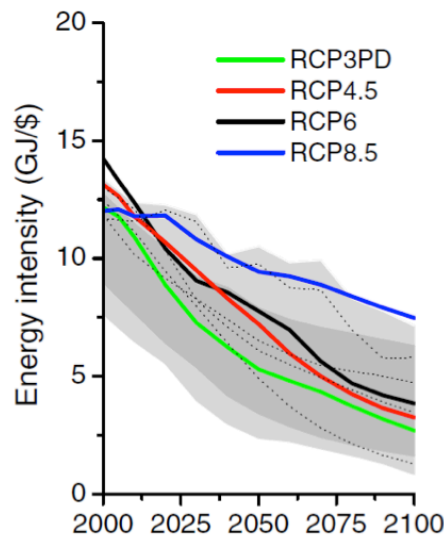
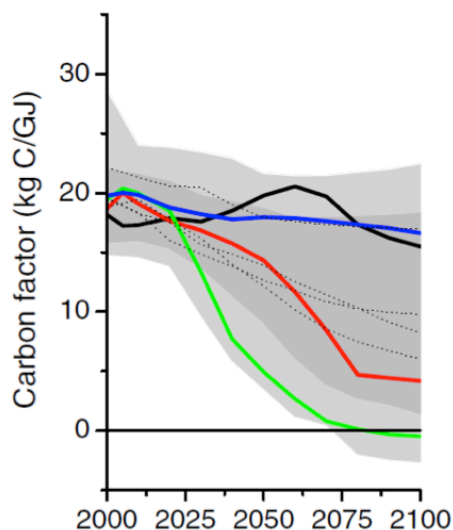


## Consommation d'énergie primaire (EJ)

Selon van Vuuren et al., *Climatic Change*, 2011

Et deux autres paramètres, que je montre ici :

- D'une part le facteur d'émission en kilogrammes de carbone émis dans l'atmosphère par unité d'énergie utilisée



## Facteur d'émissions      Intensité énergétique

Selon van Vuuren et al., *Climatic Change*, 2011

⇒ Ce facteur décroît relativement lentement pour les scénarios RCP 6 et RCP 8,5 qui sont forts en forçage radiatif, mais il décroît beaucoup plus rapidement pour les scénarios RCP 4,5, RCP 2,6, à la fois sous l'effet de l'introduction des énergies renouvelables mais aussi de la mise en place du procédé de captage et de stockage du carbone en sortie de cheminée pour les centrales thermiques et pour l'industrie lourde fonctionnant au charbon.

- Le deuxième paramètre important - qui est montré ici sur la droite -, est l'intensité énergétique, c'est-à-dire la quantité d'énergie nécessaire pour produire un dollar de produit intérieur brut, donc pour produire de la richesse.

⇒ Ce facteur décroît dans tous les scénarios, mais il rend compte aussi du type d'économie vers lequel le scénario peut s'orienter.

Au final, un scénario climatique nécessite :

- la connaissance des émissions ou des concentrations de gaz à effet de serre ;
- la connaissance aussi des émissions ou des concentrations de polluants à courte durée de vie ;
- mais aussi l'évolution de l'utilisation des sols sur les continents qui est une autre condition aux limites nécessaire au modèle de climat.

Enfin, si on veut traduire les projections climatiques qui ont été réalisées avec le modèle de climat en projection d'impacts, à la fois sur les écosystèmes ou sur les sociétés humaines, il faut combiner ces projections climatiques avec des données socio-économiques sous-jacentes qui sont dans les scénarios socio-économiques (comme la population, son degré d'urbanisation, la structure des sociétés, l'agriculture, l'industrie etc.).

Il existe un certain nombre de questions ouvertes sur ces scénarios climatiques.

- ⇒ On peut en particulier se poser la question de savoir si les scénarios extrêmes (RCP 2,6 et RCP 8,5), sont plausibles, ce qui renvoie à des paramètres ou à des hypothèses qui sont faites dans les modèles socio-économiques,
  - Comme par exemple le taux de décroissance des émissions.
- ⇒ Peut-on vraiment atteindre des réductions d'émissions de plusieurs pour cent par an ?
  - Sur les taux de croissance des rendements agricoles ;
  - Ou encore sur le taux d'investissement dans les combustibles fossiles.
- Mais surtout, il faut garder à l'esprit que les scénarios socio-économiques ne sont pas indépendants des scénarios climatiques compte-tenu du fait des rétroactions qui existent ou pourront exister entre l'évolution du climat et les politiques climatiques.
- ⇒ On peut s'attendre par exemple à ce que, si la sensibilité du climat à l'effet de serre est grande, alors les politiques climatiques deviendront plus ambitieuses au cours du XXI<sup>e</sup> siècle.
- Il y a aussi un certain nombre de paramètres qui sont incertains, difficiles à prévoir ou non pris en compte.
- ⇒ C'est le cas côté climat de la possibilité d'avoir des émissions massives d'hydrates de méthane contenues dans les sédiments marins ou avoir des émissions importantes de dioxyde de carbone et de méthane suite à la fonte du pergélisol en Sibérie et au Canada.
- ⇒ Côté socio-économique, il y a aussi la possibilité d'avoir des ruptures technologiques importantes qui sont difficiles à prévoir ou un recours éventuel à des techniques de géo-ingénierie du climat.

Il est donc important de garder ces incertitudes en tête et de considérer les scénarios pour ce qu'ils sont, une histoire d'un futur possible.