

## Le climat du futur :

La communauté scientifique met au point des modèles numériques destinés à calculer l'évolution dans le temps de paramètres climatiques. Les modèles obtenus rendent compte de ce que pourrait être le climat du futur.

Une simulation est un outil utilisé pour étudier les résultats d'une action sans réaliser l'expérience sur élément réel. Concernant le climat, les simulations numériques sont réalisées par le GIEC grâce à des calculateurs puissants.

## Problématique : Comment modéliser le climat de façon fiable et précise ?

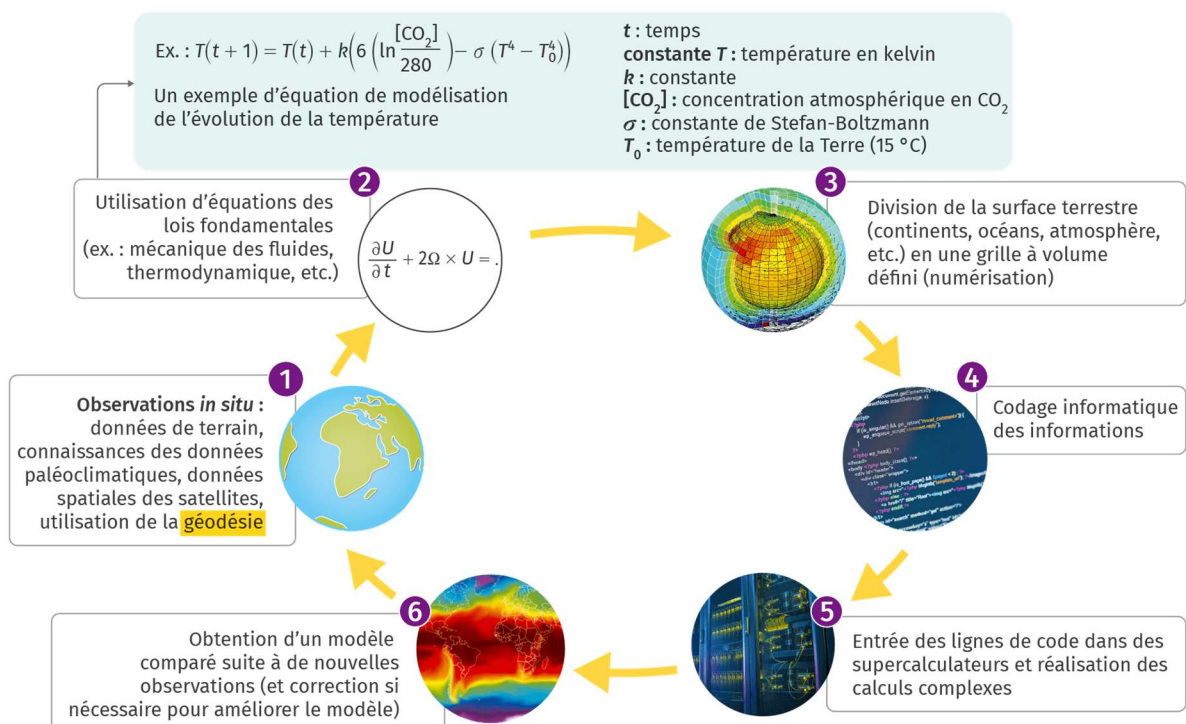
### Activité 1 : Modélisation du climat de la Terre.

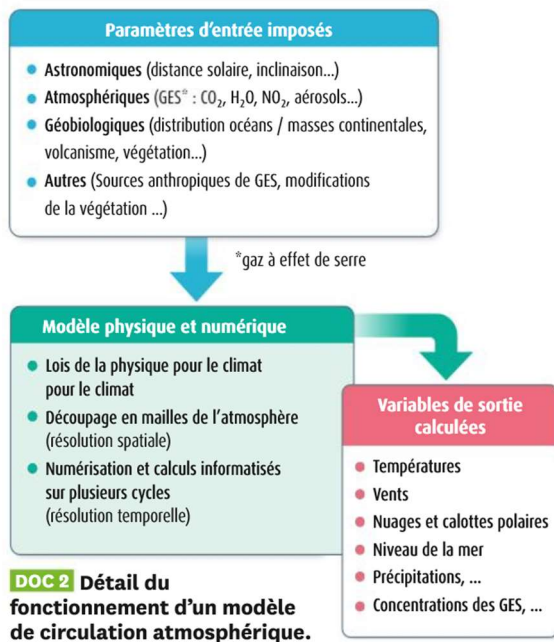
Dans un premier temps, nous allons chercher à comprendre comment se construit un modèle climatique.

Tout d'abord on décompose la planète en de multiples mailles sur une grille en 3 dimensions, puis en utilisant les équations des lois fondamentales de physique et de chimie, les modèles calculent les **vents, transferts de chaleur, humidité...** et cela dans chaque maille de la grille et calculent également les interactions entre les mailles.

A noter que si l'on veut augmenter la précision de notre modèle alors il faut réduire la taille des cases, mais attention dans ce cas il y aura davantage de valeurs et par conséquent le temps de calcul sera plus long !

Pour assurer la validité d'un calcul de modèle, on simule des variations anciennes du climat dont on connaît déjà les conséquences.

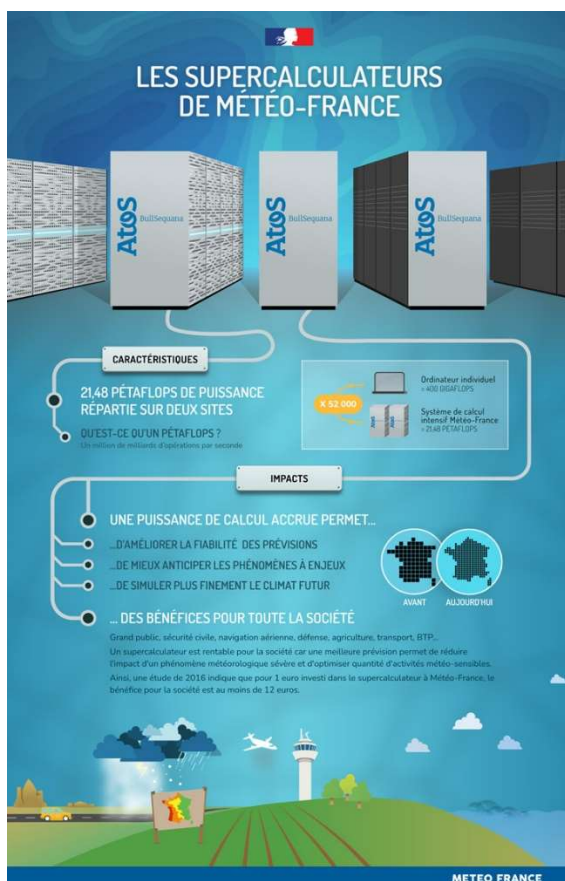




Comme on peut le voir sur les deux représentations, la **complexité d'un modèle climatique s'explique par le nombre d'étapes, de calculs, ainsi que le nombre de valeurs d'entrées et de sorties qui compose sa construction !**

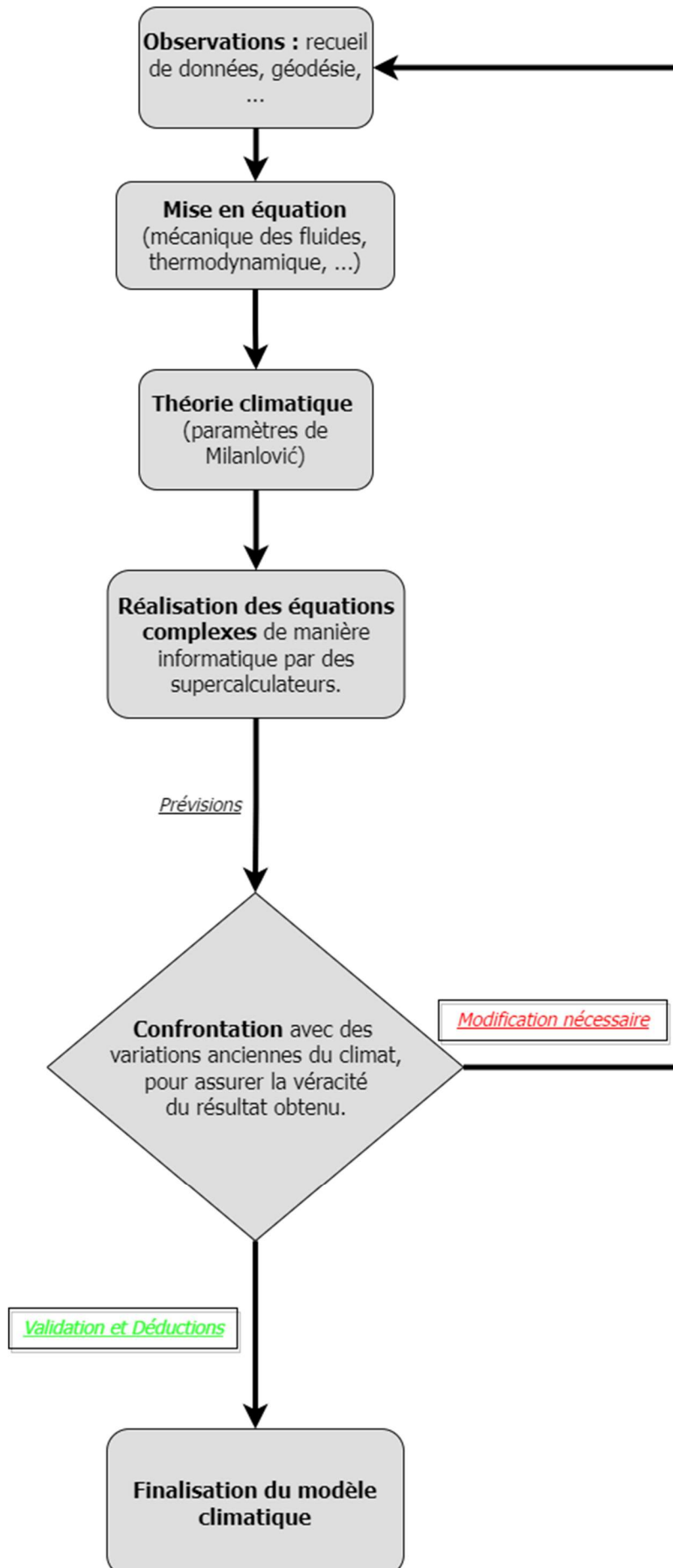
On pourra donc retenir qu'un modèle climatique c'est une **représentation numérique des interactions entre les différents réservoirs du système climatique (atmosphère, hydrosphère, etc.) et de leur évolution dans une zone climatique donnée.**

Si l'on s'intéresse maintenant à l'évolution des performances des différents modèles, on constate que selon Météo France, grâce à leurs nouveaux supercalculateurs (**Belenos et Taranis**), datant de juin 2021, l'institution est maintenant dotée de 10 millions de fois plus de puissance de calcul qu'il y a 30 ans !



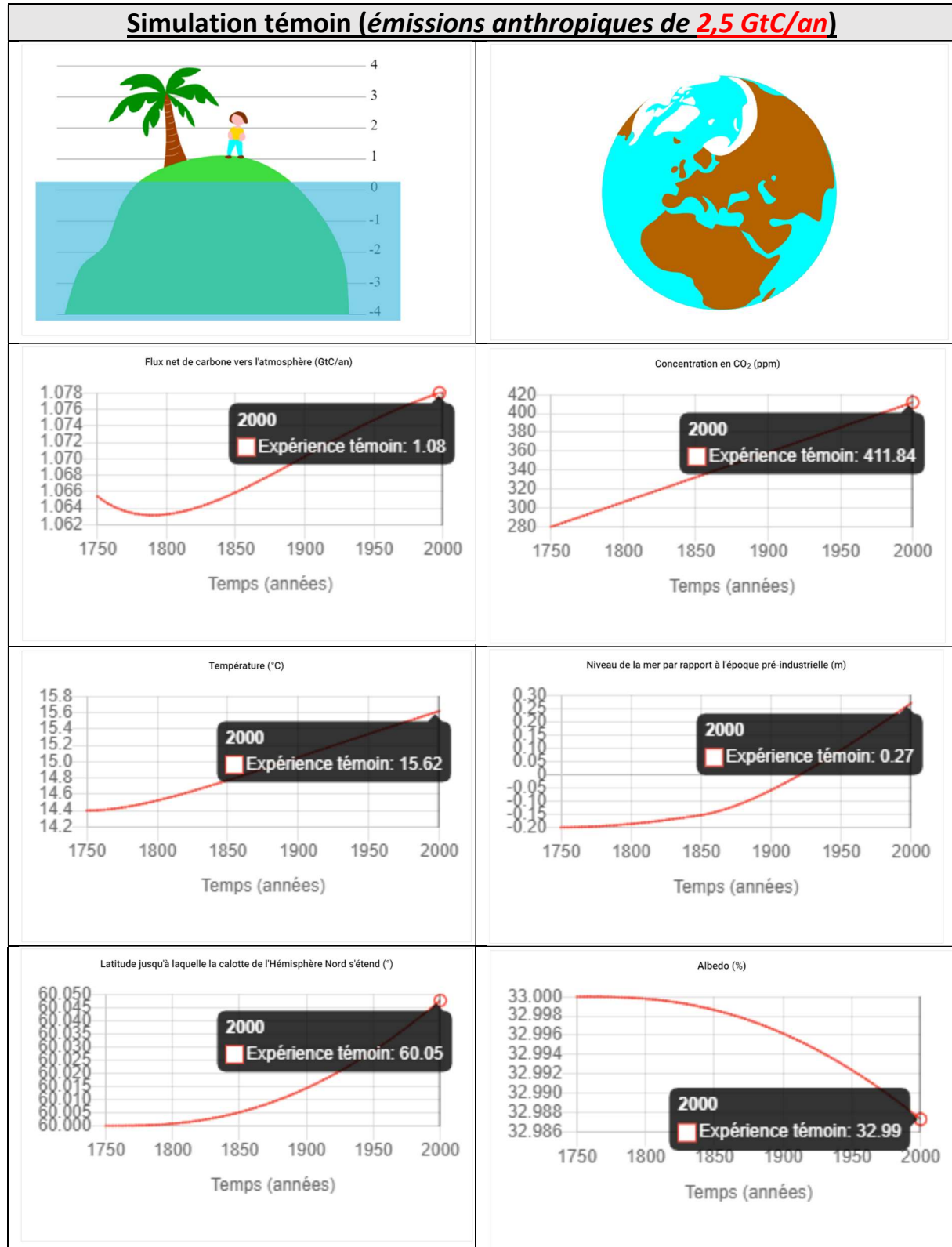
La puissance de calcul de l'établissement est donc **multipliée par 5,5** par rapport à la précédente configuration.

Depuis 1992, date d'acquisition du premier supercalculateur et aujourd'hui, la **puissance de calcul théorique a été multipliée par plus de 10 000 000 !**

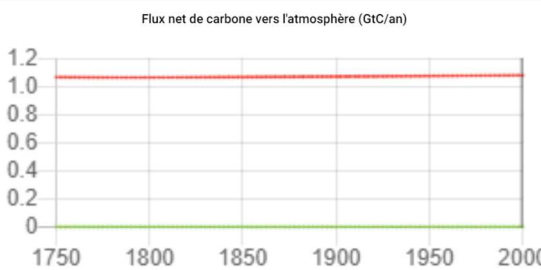
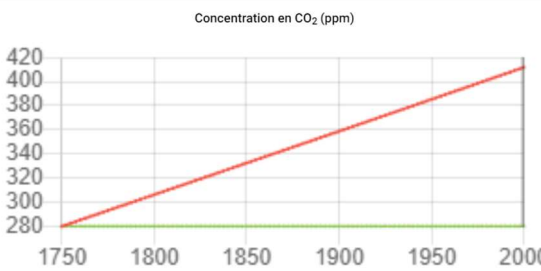
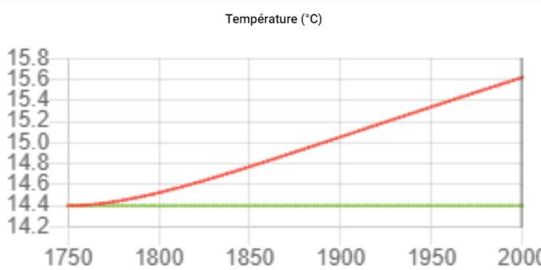
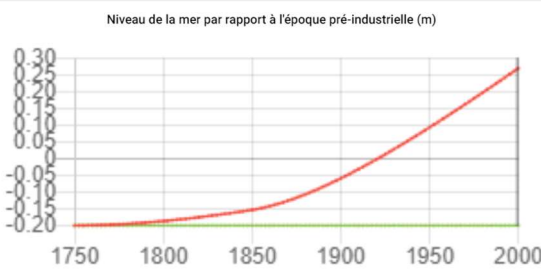


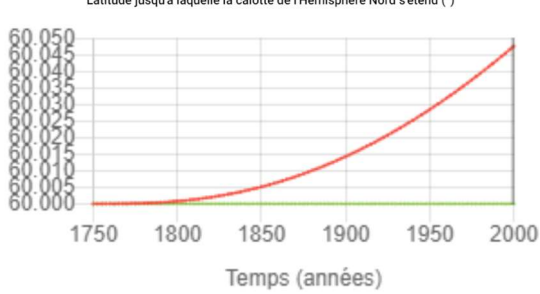
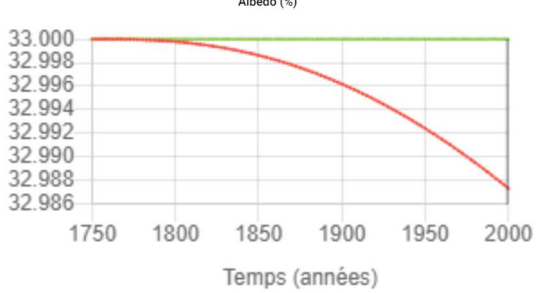
## Activité 2 : Utilisation du logiciel « Simclimat » et étude des 5 scénarios du GIEC.

- Mise en évidence du rôle du CO<sub>2</sub> dans le réchauffement climatique :



On considère maintenant une simulation dite de « comparaison », où nos émissions anthropiques sont nulles ! Nous la confrontons à notre simulation témoin :

<b>Simulation témoin vs Simulation avec émissions anthropique nulles</b>		
<b>Résultats (captures <i>Simclimat</i>)</b>	<b>Observations</b>	<b>Déductions</b>
<p>Flux net de carbone vers l'atmosphère (GtC/an)</p>  <p>Temps (années)</p>	<p>Au cours du temps, le flux net de carbone émis vers l'atmosphère reste évidemment nul pour la situation verte, tandis que pour la situation rouge on constate une oscillation entre 1.06 et 1.08 GtC/an.</p>	<p><b>Suite à ces nombreuses observations, on peut aisément en déduire que le <math>\text{CO}_2</math> joue un rôle majeur sur les différents paramètres influant directement sur le réchauffement climatique !</b></p> <p><b>Plus l'émission de <math>\text{CO}_2</math> est importante et plus cela impactera le réchauffement climatique...</b></p>
<p>Concentration en <math>\text{CO}_2</math> (ppm)</p>  <p>Temps (années)</p>	<p>Au cours du temps, par rapport à la situation nulle, la situation avec émissions résulte à une augmentation constante de la concentration en <math>\text{CO}_2</math>.</p>	
<p>Température (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</p>  <p>Temps (années)</p>	<p>Comme on peut le voir ci-contre, entre 1750 et 2000, dans la situation qui est sous l'effet d'émissions anthropiques, la température terrestre a augmenté de l'ordre de <math>1.4^{\circ}\text{C}</math></p>	
<p>Niveau de la mer par rapport à l'époque pré-industrielle (m)</p>  <p>Temps (années)</p>	<p>Le <math>\text{CO}_2</math> joue aussi un rôle non négligeable sur le niveau de la mer ! En effet contrairement à la situation où les émissions sont nulles, le niveau de la mer augmente bien de 0.5 mètre dans la situation avec émission de <math>\text{CO}_2</math> !</p>	

 <p>Latitude jusqu'à laquelle la calotte de l'Hémisphère Nord s'étend (°)</p> <p>Temps (années)</p>	<p>Suite à la hausse de température que l'on a mis en évidence précédemment, les grands glaciers de l'Hémisphère Nord perdent en surface seulement sur la situation où les Hommes émettent du <math>\text{CO}_2</math>.</p>	<p>Voir page précédente.</p>
 <p>Albedo (%)</p> <p>Temps (années)</p>	<p>Sachant que l'albedo représente le pouvoir réfléchissant de la surface terrestre, ici la moyenne décroît suite à la réduction des glaciers, étant (avec la neige) les éléments avec l'albedo le plus élevé que l'on peut trouver sur la planète !</p>	

- **Faire des prévisions sur l'évolution du climat dans 100 ans :**
  - Comment le climat de la Terre va-t-il évoluer dans les 100 prochaines années ?
  - La température va-t-elle continuer à augmenter ?

### Hypothèses :

On sait maintenant que l'évolution du climat à l'avenir dépend de la quantité de gaz à effet de serre émise par les activités humaines.

On réfléchit à 3 hypothèses possibles, et on étudie les conséquences de ces choix sur le climat :

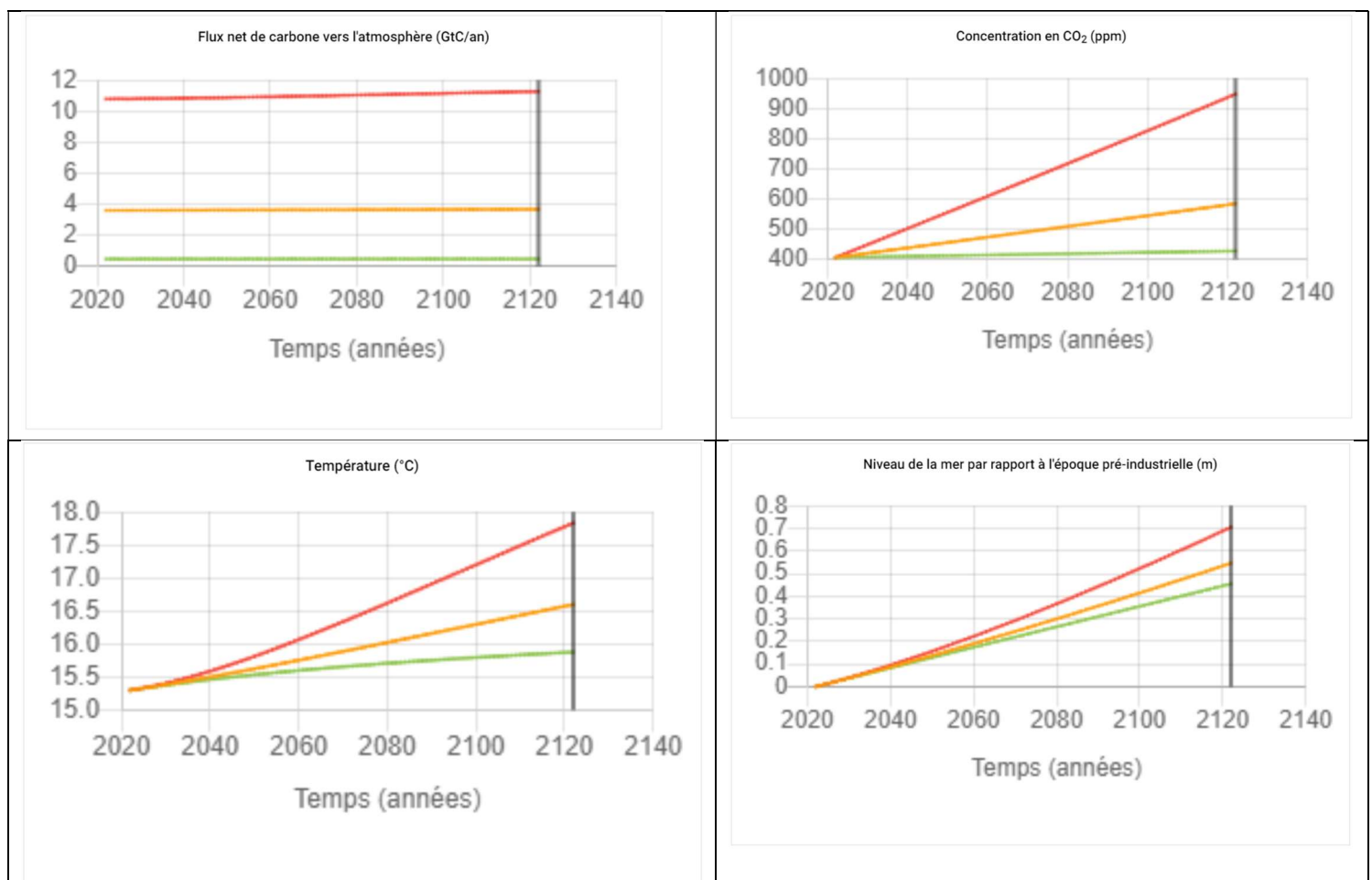
- **Hypothèse 1 (scénario 1) :** On peut imaginer que les émissions de  $\text{CO}_2$  resteront constantes. On ne fait rien ou pas grand-chose... !! On continue à émettre autant de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère qu'actuellement, soit **8 GtC/an.**
- **Hypothèse 2 (scénario 2) :** On peut aussi imaginer qu'à cause de la croissance démographique et de l'amélioration du niveau de vie dans le monde, les émissions continueront à augmenter. On continue à émettre beaucoup plus de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère, sans se soucier du lendemain, soit **24 GtC/an.**
- **Hypothèse 3 (scénario 3) :** On peut au contraire imaginer que face à l'ampleur aux risques liés au réchauffement climatique, les gouvernements des différents états prendront des mesures drastiques pour limiter les émissions. On prend sévèrement les « choses en main » ! On divise par 8 nos émissions actuelles de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère, soit **1 GtC/an.**



On réalise donc les trois scénarios dans le logiciel « *SimClimat* ».

**Résultats des simulations à partir de ces 3 scénarios, en partant de l'état actuel de notre planète :**

	Emission de Co <sub>2</sub> dans l'atmosphère (en GtC/an)	Concentration de CO <sub>2</sub> atmosphérique en 2122 (en ppm)	Température moyenne en 2122 (en °C)	Hausse du niveau de la mer (par rapport à l'ère préindustrielle) En mètres
<b>Scénario 1 (témoin)</b>	3.65	583.29	16.60	0.55
<b>Scénario 2</b>	11.26	947.45	17.83	0.71
<b>Scénario 3</b>	0.44	426.47	15.88	0.45



La première chose que l'on peut remarquer c'est que, comme prévu, suivant nos choix au niveau des émissions anthropiques de Co<sub>2</sub>, alors on se retrouve en 2122 avec des situations totalement différentes.

La deuxième chose que l'on peut remarquer, est que nous nous trouvons dans une boucle rétroactive, et que donc cette inertie ne nous permettra pas d'empêcher le réchauffement climatique, en effet même en prenant dès à présent des mesures drastiques sur nos

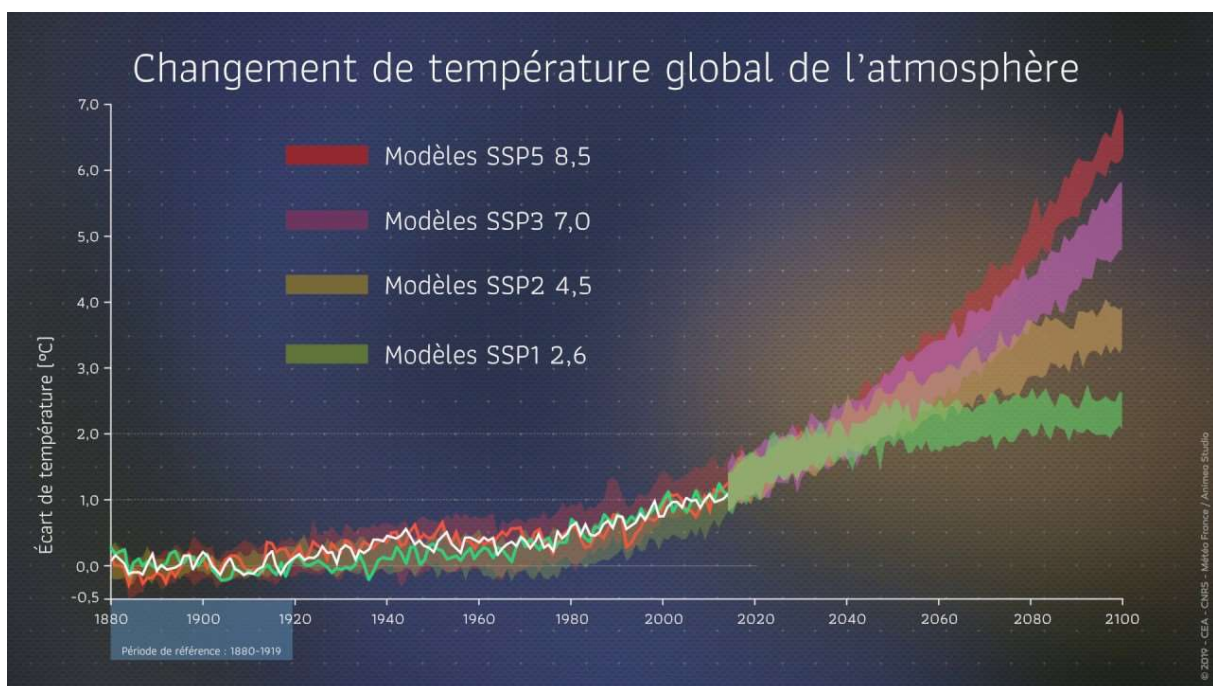
émissions comme le suppose la situation 3, cela ne nous permet pas d'empêcher une augmentation de la température moyenne terrestre de l'ordre du degré Celsius !  
**Et c'est de même pour le niveau de la mer, ainsi que la fonte des glaces, même en étant le plus optimiste possible, le réchauffement climatique aura des effets de plus en plus visibles, d'ici la fin du siècle courant.**

Enfin, si on s'intéresse maintenant à la situation la plus pessimiste de notre simulation (**24 GtC/an**), alors on constate que dans ce cas la Terre subira une augmentation d'environ 3°C de sa température moyenne. Ce petit chiffre, a en réalité un **impact conséquent sur les glaciers ainsi que sur les océans.**

En effet, dans ce cas on approche dangereusement d'une **augmentation d'un mètre du niveau de la mer**, cela affectera donc directement le littoral mondial, avec une érosion qui semble inévitable...

## **Conclusion :**

*Si l'on compare maintenant nos résultats avec ceux du GIEC (disposant de modèles plus complexes) :*



Tout comme nous, le GIEC résulte à la même déduction, même le scénario le plus optimiste ne permet pas une stabilisation nette et directe de l'écart de température, dès aujourd'hui. Nos tracés ont donc à peu près la même allure, même si eux parviennent à avoir une courbe bien plus précise que la nôtre !

On peut donc se demander s'il existe un scénario du GIEC qui permettrait une stabilisation du climat ?

La réponse est oui, en effet **le modèle SSP1 semble subvenir à une stabilisation** de la température moyenne, une solution existe, bien qu'elle soit lente : **il faudrait attendre le 22<sup>ème</sup> siècle pour un véritable arrêt du réchauffement climatique actuel !**

**Il ne faut donc pas se résigner, et agir en faveur du climat !**