

Thème I : Science, Climat et Société.

Thème 1 : Science, climat et société

L'atmosphère primitive de la Terre était différente de celle d'aujourd'hui. Sa transformation au cours des milliards d'années est liée aux processus géologiques et biologiques. Depuis la révolution industrielle, l'activité humaine modifie de manière significative la composition atmosphérique. Ces modifications affectent l'équilibre dynamique des enveloppes fluides de la Terre. Les conséquences de l'activité humaine sur la composition atmosphérique, celles qui sont déjà observées et celles qui sont prévisibles, sont multiples et importantes, tant pour l'humanité que pour les écosystèmes. Les choix raisonnés des individus et des sociétés dans ce domaine s'appuient sur les apports des sciences et des technologies.

Histoire, enjeux et débats - Les enjeux du réchauffement climatique global. - Les acteurs des analyses climatiques : recherche et programmes mondiaux (Organisation Météorologique Mondiale, modèles climatiques) ; coordination (Nations-Unies) ; évaluation (Groupe Intergouvernemental pour l'Étude du Climat). - Un enjeu mondial : l'océan. - Les ressources et les utilisations de l'énergie dans le monde. - Le trou dans la couche d'ozone : de sa découverte à des prises de décisions mondiales.

Chapitre 3 : Le climat du futur

L'analyse du système climatique, réalisée à l'aide de modèles numériques, repose sur des mesures et des calculs faisant appel à des lois physiques, chimiques, biologiques connues. Assorties d'hypothèses portant sur l'évolution de la production des gaz à effet de serre, les projections issues de ces modèles dessinent des fourchettes d'évolution du système climatique au XXI^e siècle.

Savoirs :

1- Les modèles climatiques s'appuient sur :

- la mise en équations des mécanismes essentiels qui agissent sur le système Terre ;
- des méthodes numériques de résolution.

Les résultats des modèles sont évalués par comparaison aux observations *in situ* et spatiales ainsi qu'à la connaissance des paléoclimats.

Ces modèles, nombreux et indépendants, réalisent des projections climatiques. Après avoir anticipé les évolutions des dernières décennies, ils estiment les variations climatiques globales et locales à venir sur des décennies ou des siècles.

2- L'analyse scientifique combinant observations, éléments théoriques et modélisations numériques permet aujourd'hui de conclure que l'augmentation de température moyenne depuis le début de l'ère industrielle est liée à l'activité humaine : CO₂ produit par la combustion d'hydrocarbures, la déforestation, la production de ciment ; CH₄ produit par les fuites de gaz naturel, la fermentation dans les décharges, certaines activités agricoles.

Les modèles s'accordent à prévoir, avec une forte probabilité d'occurrence, dans des fourchettes dépendant de la quantité émise de GES :

- une augmentation de 1,5 à 5°C de la température moyenne entre 2017 et la fin du XXI^e siècle ;
- une élévation du niveau moyen des océans entre le début du XXI^e siècle et 2100 pouvant atteindre le mètre ;
- des modifications des régimes de pluie et des événements climatiques extrêmes ;
- **une acidification des océans** ;
- un impact majeur sur les écosystèmes terrestres et marins.

Savoirs faire :

1- Mettre en évidence le rôle des différents paramètres de l'évolution climatique, en exploitant un logiciel de simulation de celle-ci, ou par la lecture de graphiques.

2- Exploiter les résultats d'un modèle climatique pour expliquer des corrélations par des liens de cause à effet.

Prérequis et limites

Les notions déjà connues sur la photosynthèse et les écosystèmes sont mobilisées. Les équations mathématiques utilisées dans les modèles climatiques ne sont pas évoquées.

→ **Tâches :**

Séance 1 : docs sur Ordi avec Simclimat

Comprendre les paramètres qui ont influencé les climats passés permet de mettre en place des modèles numériques permettant d'anticiper le devenir du climat en fonction des variations de ces paramètres. Une fois ce modèle de base mis en place, on peut projeter les effets de l'émergence de nouveaux paramètres...

A) Mettre en évidence l'influence humaine sur l'évolution climatique.

A- 1- Mettre en place des modèles climatiques pour comprendre et anticiper

Introduction :

Depuis 150 ans, la température globale de la Terre a augmenté d'environ 1° C. Ce réchauffement est-il lié à l'augmentation de la concentration atmosphérique en gaz à effet de serre émis par les activités humaines ? Pour répondre à cette question selon la démarche expérimentale classique, il faudrait dupliquer notre planète, lui faire remonter le temps 150 ans plus tôt, et la laisser évoluer jusqu'à nos jours sans émettre de gaz à effet de serre, tout en accélérant le temps pour obtenir les résultats rapidement. C'est impossible, on n'a qu'une seule Terre... De même, de combien le climat se réchauffera-t-il si on double la concentration en gaz à effet de serre ? Pour répondre à cette question, il faudrait dupliquer notre planète, doubler la concentration en CO₂, et accélérer le temps jusqu'en 2100 pour obtenir les résultats rapidement. C'est également impossible.

Pour tester des hypothèses, quantifier l'importance de différents mécanismes ou anticiper le climat futur, on a donc recours à des **expériences virtuelles** par le biais de la **modélisation**.

Le climat est un système très complexe, mettant en interaction de nombreuses composantes : l'atmosphère, l'océan, les surfaces continentales, les glaces. Chacune de ces composantes est elle-même très complexe, avec de nombreux processus en jeu ; par exemple, dans l'atmosphère : les vents, le cycle de l'eau... Face à une telle complexité, la modélisation doit être **numérique**. On utilise ce qu'on appelle des **modèles numériques du climat**.

PB : Comment mettre en évidence l'influence humaine sur le bouleversement climatique global?

Bilan séance 1 :

Il existe donc des modélisations comme simClimat qui permettent d'avoir un aperçu des modifications globales planétaires en prenant en compte quelques paramètres. La réalité est bien plus complexe....

Le texte ci-après est issu de <https://jancovici.com/changement-climatique/predire-lavenir/quest-ce-quun-modele-climatique-quels-sont-leurs-premieres-conclusions/> il a été **simplifié** par mes soins.

A- Qu'est ce qu'un modèle climatique ?

Un **modèle climatique** n'est rien d'autre qu'un **logiciel très complexe**, dont le but est de **reproduire aussi fidèlement que possible le comportement du climat terrestre**. Il est construit de la manière suivante :

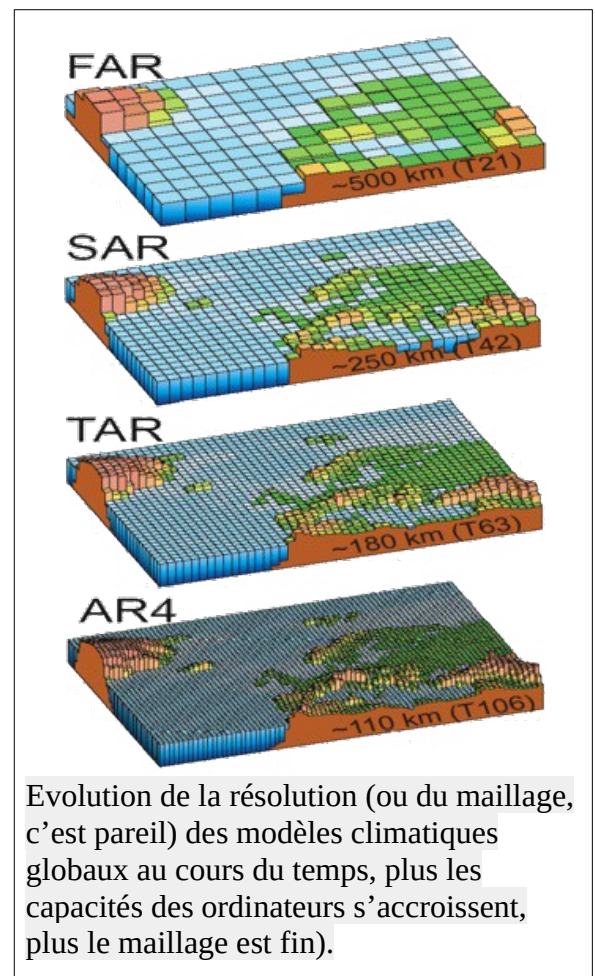
- les scientifiques compétents sélectionnent, au sein du système climatique planétaire quelques paramètres qui sont considérés comme suffisants pour caractériser le système dans son ensemble de manière satisfaisante pour la question posée : par exemple la température annuelle moyenne et sa répartition par grande zone, les précipitations saisonnières par grandes zones, la couverture végétale avec le contenu en carbone de chaque type de couverture, etc.

- On exprime les relations d'un compartiment à un autre par des lois physiques (par exemple on exprime de manière explicite les fonctions qui permettent de passer de la température de surface à l'évaporation, ou encore les équations de la physique auxquelles l'atmosphère doit obéir en permanence, comme la conservation de l'énergie).

- Comme on ne peut pas décrire ce qui se passe absolument partout (cela demanderait de traiter un nombre infini de points), on fait un **maillage**: on recouvre notre planète d'un filet imaginaire dont la maille (comme pour un filet de pêche, la maille est la distance qui sépare deux fils) mesure de l'ordre de quelques centaines de km de côté (cela dépend des modèles et de l'époque), et ce maillage est en trois dimensions.

- à chaque « nœud » de ce maillage en trois dimensions (c'est à dire aux sommets de chaque boîte à chaussures), ou au sein de chaque boîte (cela dépend du paramètre considéré), on fixe les conditions de départ en indiquant les valeurs initiales des différents paramètres avec lesquels l'ordinateur va travailler : si on a affaire à une terre émergée ou à de l'eau, éventuellement quel type de végétation l'occupe, quelle est la température moyenne de départ, la pression, l'humidité, la salinité pour l'eau de mer, la couverture nuageuse, le vent, et plus généralement on initialise tous les paramètres utilisés.

- Puis on fait « tourner le modèle », c'est à dire que l'ordinateur se lance et calcule, sur la base des règles qui lui ont été fournies et des valeurs initiales, comment évoluent les paramètres à chaque « nœud » du filet – ou au sein de chaque « boîte » – à intervalles de temps réguliers (en fonction de la puissance informatique dont on dispose, ce sera tous les mois ou toutes les demi-heures !).



En fonction de la puissance informatique dont on dispose, ce sera tous les mois ou toutes les demi-heures !).

Il existe actuellement une **quinzaine de modèles globaux de par le monde**, ils diffèrent par les paramètres pris en compte.... Ce qui est remarquable, dans tout cela, est que cette complexification progressive des outils utilisés n'a pas invalidé les conclusions des modèles des années 1970, à savoir que nos émissions allaient modifier le climat, en augmentant notamment la température moyenne de quelques degrés si nous doublons la concentration du CO₂ en un siècle.

Voici les **principaux items pris en compte** dans les modèles utilisés aujourd'hui:

- les **échanges d'énergie**, en particulier sous forme de rayonnement électromagnétique, entre la Terre, l'océan, l'atmosphère et l'espace (tous les modèles).
- les **transferts radiatifs** dans l'atmosphère, c'est à dire la manière dont le rayonnement solaire et celui émis par la Terre traversent l'atmosphère ou sont absorbés par les divers gaz à effet de serre contenus dans cette dernière,
- la **circulation de l'air** dans l'atmosphère (tous les modèles), et donc les transports **d'eau** qui y sont associés,
- la **circulation océanique** (tous les modèles), et les **interactions entre l'océan et l'atmosphère**,
- la **formation et la fonte de la glace de mer** (tous les modèles),
- les **nuages** (tous les modèles), mais une modélisation correcte des nuages reste un des points où la marge de progression est très importante,
- les **échanges de carbone** entre l'atmosphère et la planète (tous les modèles, mais avec des degrés de sophistication différents), et depuis peu certaines **rétroactions du réchauffement sur les émissions « naturelles » de gaz à effet de serre, et notamment le comportement de la végétation** (pas tous, et avec des degrés de sophistications différents).

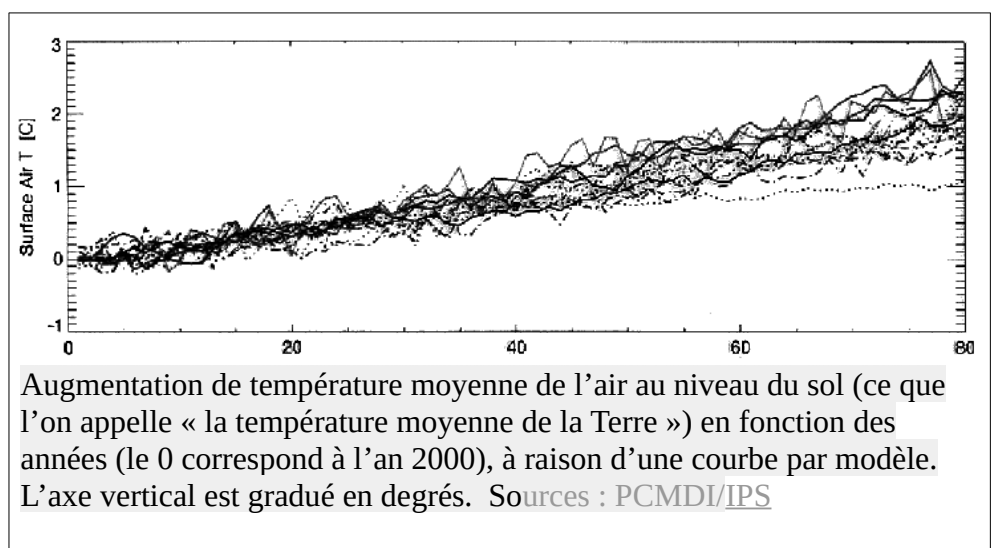
Les **modèles sont testés grâce à des valeurs connues** : on le fait tourner en partant du passé et on compare les résultats avec un état concrets, mesuré actuellement.

Quelles sont les faiblesses de ces modèles?

Les trois grandes sources d'incertitude des modèles sont les suivantes :

- Tout d'abord **notre système atmosphérique n'est pas entièrement prévisible**.
- Ensuite il y a d'**inévitables simplifications lorsque l'on construit un modèle**.
- ils ne représenteront toujours qu'une partie du système

Un point essentiel est que, même si ils sont construits de manière différente, même si les résultats chiffrés auxquels ils parviennent ne sont pas rigoureusement identiques, **tous ces modèles aboutissent à des conclusions de même nature : l'homme modifie le climat dans le sens d'un réchauffement global de la planète**. En outre ces modèles indiquent aussi que plus les émissions de gaz à effet de serre sont élevées, et plus le système réagit de manière forte. La température moyenne de la planète va augmenter. Selon le scénario d'émission pris en compte, il est question de 1°C à 6 °C entre 2000 et 2100.



A)

A- 2- Quelles modifications du climat pour demain?

Introduction :

La modélisation permet d'anticiper le climats de demain avec de plus en plus de précision. Deux problèmes majeurs se posent :

- Les activités humaines ne sont pas anticipables, leur effets non plus,
- Il existent des rétroactions qui ne sont pas encore bien décrites.

PB : Envisager les interactions entre les paramètres climatiques. Comment les représenter ?

Bilan séance 2 :

L'ajout par les activités humaines de GES dans l'atmosphère engendre des cascades de conséquences qui conduisent, malgré des rétrocontrôles négatifs, à une augmentation de la température globale. Cette augmentation de la température semble pouvoir s'accélérer du fait des rétrocontrôles positifs plus abondants que les négatifs.

Le schéma global de quelques uns des éléments principaux suffira à illustrer ce propos..

- Séance 3 : **Ordinateurs/ clac// EM : Visionnage vidéo.**
- <https://www.youtube.com/watch?v=HdYhXQ-0fZg>

— **B) Les effets du changement climatique.**

— **Introduction :**

— Nous avons déjà vu que de nombreux paramètres influencent le climat mondial. Il est temps à présent de s'intéresser aux conséquences mondiales ET régionales d'un changement climatique.

- **PB : Quels sont les effets directs et indirects de ces bouleversements climatiques ?**

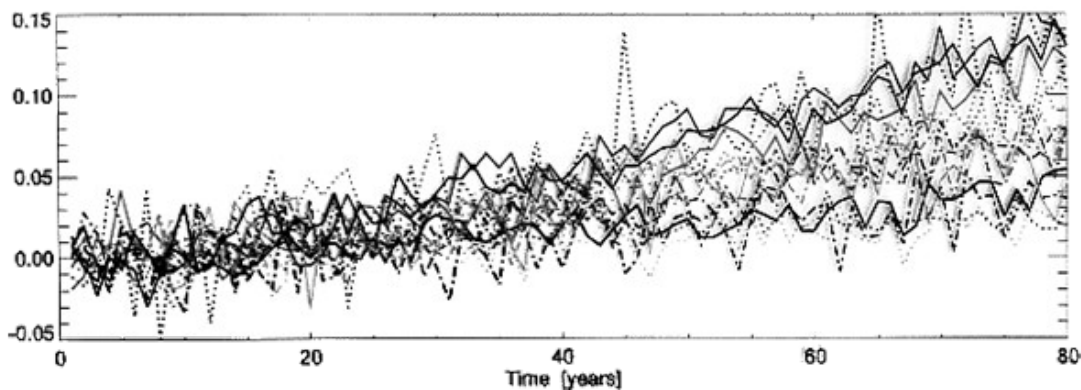
Bilan séances 3 :

L'augmentation générale de la température va avoir de nombreux effets :

1- La pluviométrie.

un air globalement plus chaud peut contenir plus de vapeur d'eau, et donc l'évaporation augmentera. Comme la vapeur d'eau ne s'accumule pas dans l'atmosphère, tout ce qui monte doit redescendre, et donc une évaporation accrue engendrera globalement plus de précipitations. Cela signifiera qu'il va pleuvoir plus souvent, ou...plus fort (avec une augmentation du risque d'inondations dans ce dernier cas)... Mais pas partout !

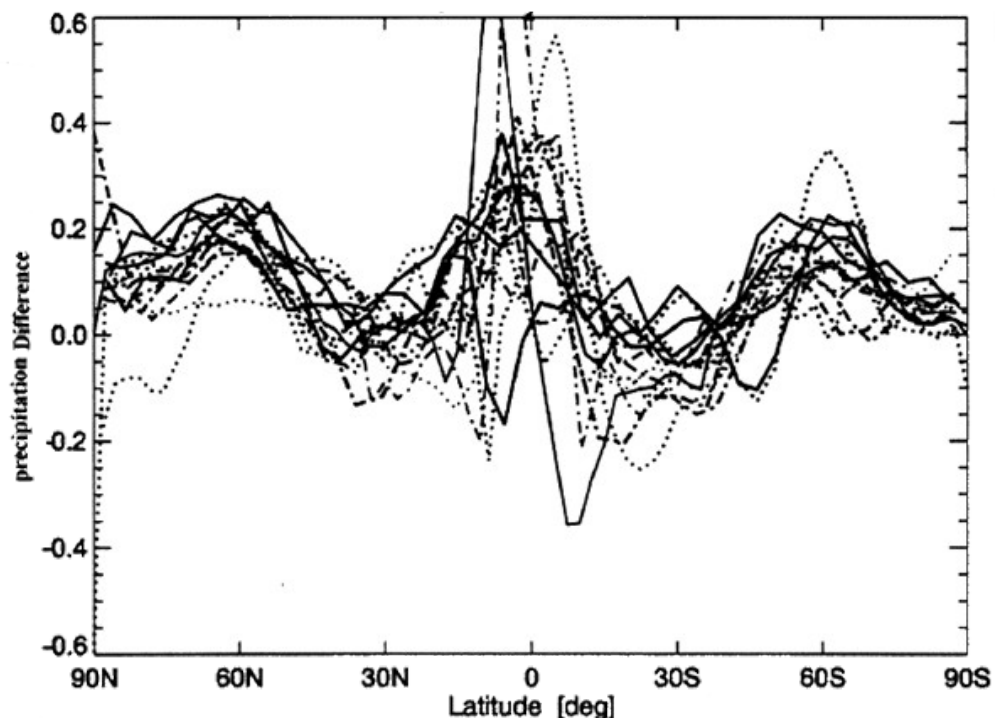
Evolution des précipitations moyennes annuelles par rapport à l'an 2000 (0 des ordonnées) à raison d'une



courbe par modèle. L'axe vertical est gradué en millimètres d'eau par jour.

Toutefois ce surplus de précipitations ne serait pas réparti de manière égale partout : les modèles prévoient de grandes disparités en fonction de la latitude.

Répartition du surplus (ou du déficit) de précipitations en fonction de la latitude au moment où la concentration de CO₂ dans l'atmosphère aura doublé (entre 2060 et 2080 ans selon les émissions futures), à raison d'une courbe par modèle. L'axe vertical est gradué en mm d'eau par jour, et donne donc la différence de la moyenne journalière de précipitations (pour la terre entière) entre la situation future de la simulation et aujourd'hui.



On voit par exemple que à la latitude 60° Nord (Nord de

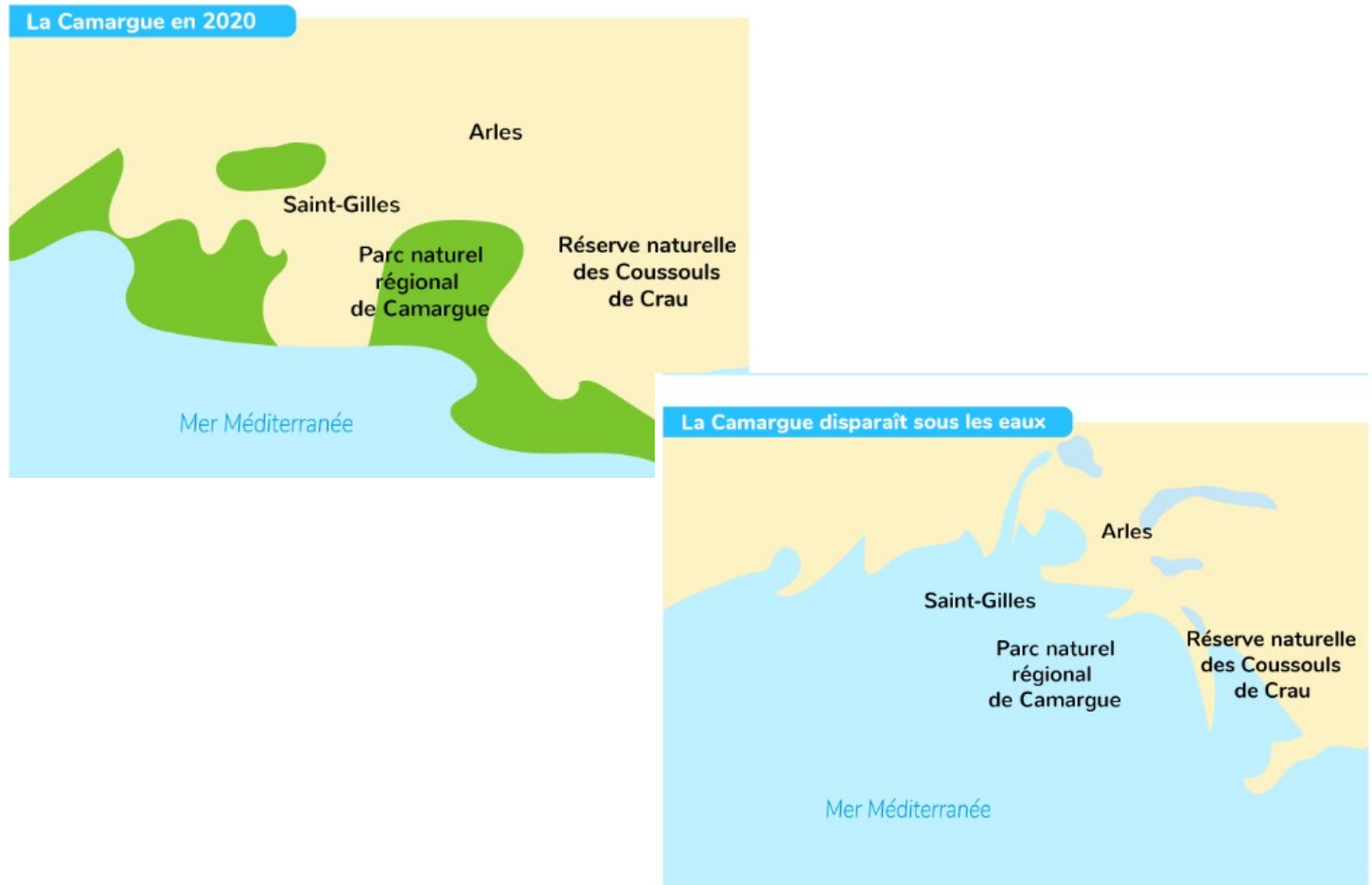
l'Ecosse, Sud de la Norvège, où il pleut déjà pas mal, il pleuvrait encore plus (70 mm d'eau par an en plus en moyenne) alors que vers 30° à 40°N (Californie, Sahara, Mongolie, bassin méditerranéen, bref des endroits peu arrosés) il pleuvrait autant ou plutôt moins, et que vers 30 °S (Afrique du Sud, Australie, Argentine) il pleuvrait plutôt un peu moins.

2- Les déplacements de gaz et d'eau.

L'accentuation des courants ascendants liée à l'augmentation de l'énergie thermique va engendrer des dépressions plus importantes et donc des vents et courants accrus(cyclones, tempêtes...).

Les inégales répartition d'énergie thermiques océaniques vont bouleverser les courants océaniques(effets multiples...)

La fonte des glaces continentales et la dilation thermique des océans va provoquer une hausse moyenne du niveau des mers engendrant l'immersion de Terre jusqu'alors émergées en peuplées.



3- Répartition des êtres vivants.

Compte tenu des exigences écologiques des êtres vivants, de nombreuses espèces vont migrer ou disparaître si le biotope ne leur convient plus. Les interactions trophiques ou de parasitisme vont entraîner des réactions en chaîne(positives ET négatives...).

L'acidification des océans va engendrer un affaiblissement des organismes qui stockent le CO₂ pour produire leur coquille/ squelette. Associé à l'augmentation de la température de l'eau, le phénomène risque de déstabiliser de nombreux écosystèmes(barrières de corail en tête.)