

THEME2 B : Les climats passés de la Terre

Classe : Terminales SPECIALITE SVT

Durée conseillée : 3 semaines

Nombre de TP : 3

En rouge : les objectifs

En bleu : les activités pratiques

En vert : problématiques et objectifs



Chapitre 3 Le changement climatique actuel

Aujourd'hui, le réchauffement climatique est très largement admis parmi la population grâce au constat scientifique opéré par de nombreuses organisations : le GIEC (groupeement intergouvernemental d'étude du climat), la NASA et même des groupes comme Google. On parle de **consensus scientifique**. Le réchauffement est de l'ordre de 1 à 1,2°C depuis 1880. En 2020, le taux de CO₂ était de 411 ppm, un record très au-delà de tous les enregistrements au sein des calottes glaciaires. L'augmentation du taux de CO₂ est en lien avec le développement des sociétés humaines : on parle d'**apports anthropiques** (dus à l'humain).

Problématique : Comment évaluer l'impact de l'augmentation du taux de CO₂ d'origine anthropique et comment s'adapter aux risques liés au réchauffement climatique ?

Plan :

- 1- L'évolution climatique actuelle et les apports scientifiques
- 2- Les conséquences sur les écosystèmes et les humains (agrosystèmes et santé)
- 3- Des solutions individuelles et collectives pour s'adapter et atténuer les conséquences

TP3 – Le réchauffement climatique actuel

Objectifs :

- Evaluer l'impact du CO₂ sur le climat actuel et ses conséquences sur le climat
- Appréhender les enjeux climatiques du XXIème siècle et les conséquences (biosphère, santé)
- Identifier des stratégies pour lutter contre le réchauffement climatique et ses effets

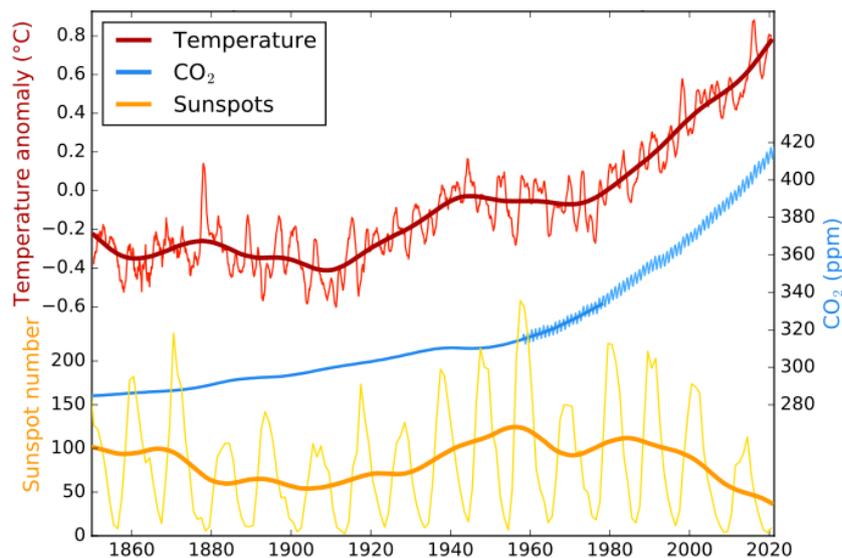
I. Le consensus scientifique et la prise de conscience

1- Un bilan chiffré très inquiétant

Dès 1896, Arrhenius envisageait que l'utilisation des combustibles fossiles porterait la température de la planète à +4° en cas de doublement de la concentration en CO₂ dans l'atmosphère, un chiffre très proche des modèles actuels.

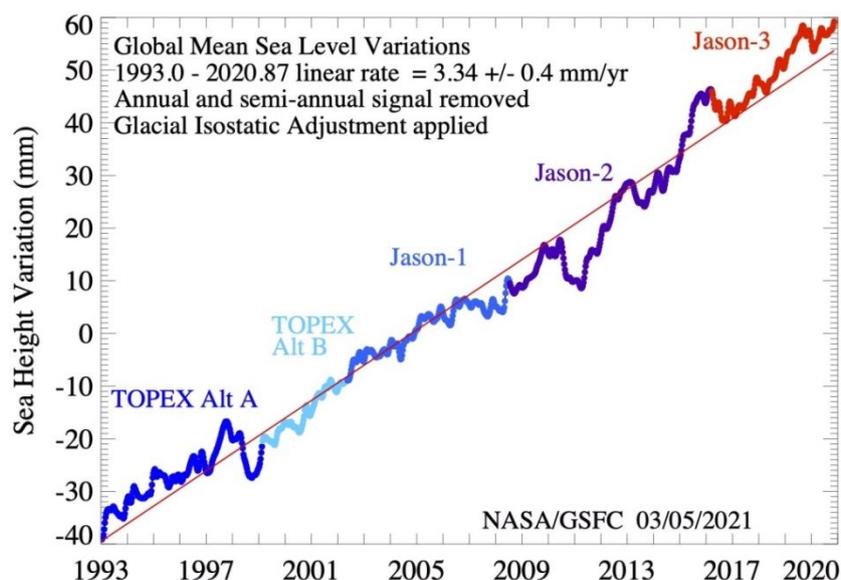
En 1988, le GIEC est créé afin d'évaluer l'ampleur et les conséquences du réchauffement climatique. Ce groupement d'experts scientifique a déjà produit 5 rapports (dernier en 2014 et prochain pour 2022) qui dressent un bilan tranché dès ses premiers rapports :

- Augmentation des températures de 1 à 1,2°C
- Elévation du niveau de la mer de l'ordre de 17 à 20 cm (10 depuis 1993)
- Fonte des glaces arctiques (surface divisée par 2 de 1979 à 2010)



Document 1 : Graphique de l'évolution des températures, du CO₂ et de l'activité solaire depuis 1850

Source Leland McInnes, Wikipédia Licence GFDL



Document 2 : Graphique de l'évolution du niveau de la mer observée par les satellites TOPEX/Poseidon et Jason 1 à 3

Source NASA : https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/merged_tp_j1_ostm_ost_gmsl_ascii_v5

Remarque :

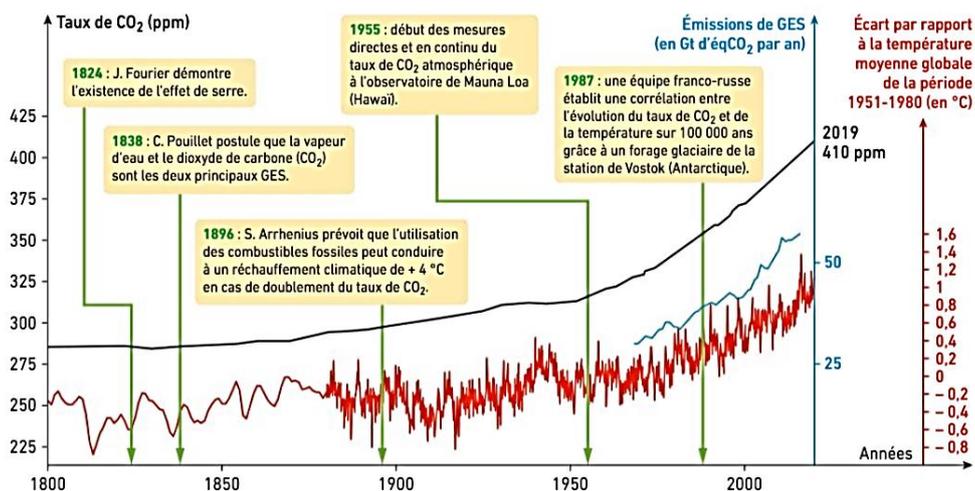
Il faut noter que l'augmentation du niveau des océans n'est actuellement pas ou très peu reliée à la fonte des glaces mais plutôt à la dilatation thermique de l'eau. En effet, la glace qui a fondu est une glace de mer (banquise) qui est en équilibre sur l'eau. Néanmoins, la fonte des glaces terrestres (inlandsis) s'accélère et devrait modifier la vitesse d'augmentation du niveau des océans. C'est déjà un élément identifié car la moyenne 1993-2015 est de 2,16mm/an contre 3,3mm/an pour 2015-2020.

2- Un lien très étroit avec le développement de l'humain

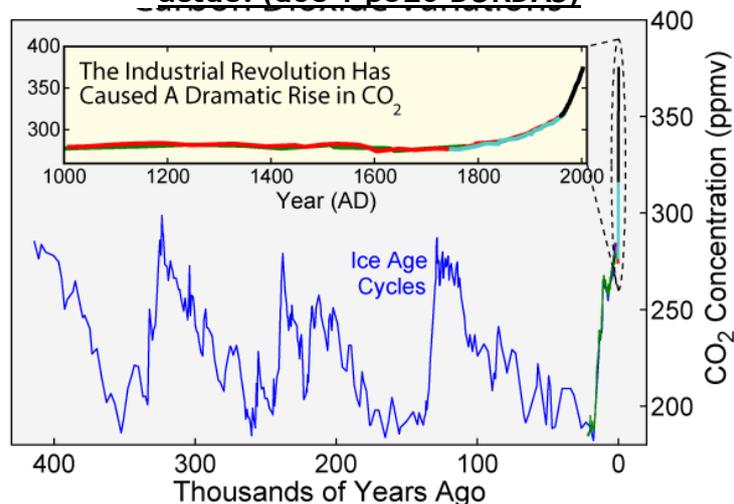
Dans le même temps, on constate plusieurs phénomènes qui sont corrélés à ce réchauffement climatique tels que :

- Augmentation de la population humaine : de 150M en 1850 à 7,5G en 2018
- Augmentation du taux de CO₂ (288 à 41 ppm en 2020 = +145%)
- Augmentation des émissions de CO₂ de 1 à 35 GigaTonnes/an
- Peu de variations des phénomènes naturels (Soleil, volcans)

Ainsi, l'évolution du taux de CO₂ actuel est associée aux activités humaines : on parle d'apports anthropiques. Il s'agit notamment de la production de CO₂ via la combustion des énergies fossiles et la déforestation. Depuis 1980, on constate une accélération du réchauffement et de l'ensemble des phénomènes anthropiques.



Document 3 : Graphique montrant quelques paramètres du réchauffement climatique actuel (doc 1 p320 BORDAS)

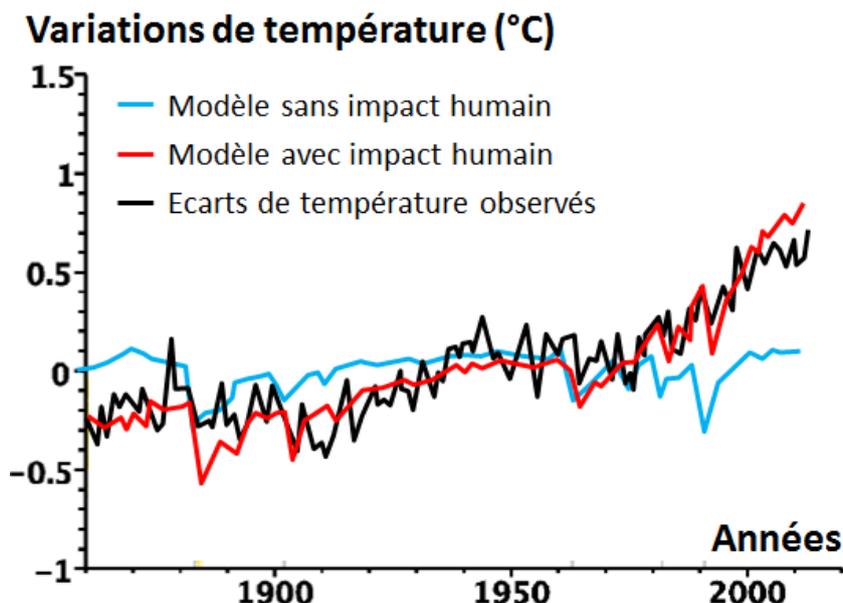


Document 4 : Graphique montrant l'évolution du taux de CO₂ depuis 400 000 ans (Source : Robert A. Rohde, Wikipédia Licence GFDL)

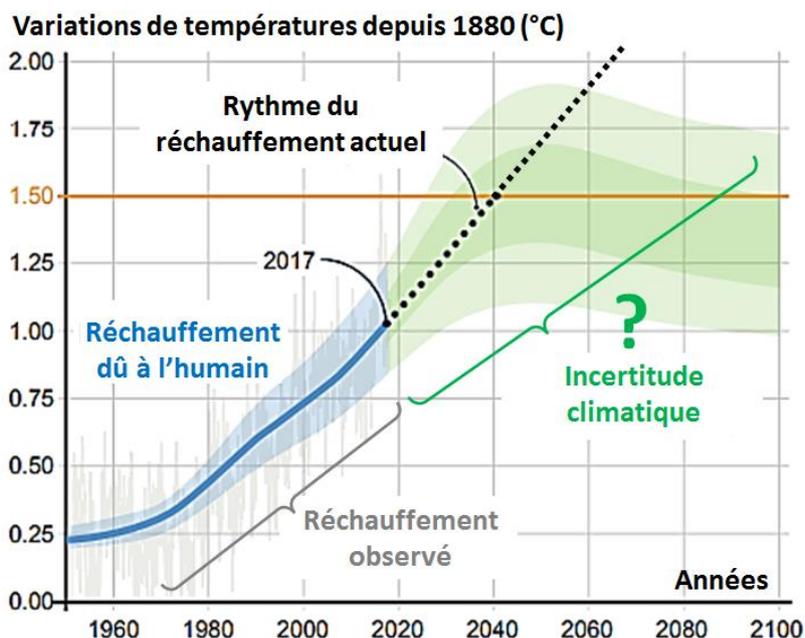
3- Une très lente prise de conscience

Si les scientifiques ont très rapidement mesuré l'ampleur du réchauffement et de ses conséquences potentielles, le monde politique et économique présente une très forte inertie pour agir en conséquence et ce, à cause de nombreuses difficultés :

- Des confusions et imprécisions sur le plan scientifique
- Une difficulté de remise en cause des modèles socio-économique qui permettent des profits importants (nécessité de croissance économique, stratégie de « fuite en avant »).
- Des comportements antagonistes de type « climato-scepticisme » tendant à contrer les arguments des scientifiques ou à manipuler les données voire à discréditer les experts scientifiques.



Document 5 : Graphique comparant les prévisions des modèles et la réalité (écarts de température par rapport à la période 1961-1990)
Source : Carnet d'enseignement scientifique Hatier



Document 6 : Graphique montrant les incertitudes sur l'évolution climatique
Source : Carnet d'enseignement scientifique Hatier

II. Les conséquences du réchauffement climatique

1. Une crise biologique sans précédent

Actuellement, les activités humaines sont déjà responsables d'un effondrement de la biodiversité mondiale : on parle de 6^{ème} crise biologique (voir programme de 2^{nde}). Selon l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN), plus de 1 000 espèces connues sont déjà éteintes et plus de 26 500 espèces sont menacées d'extinction, ce qui représente plus d'un quart des espèces évaluées. D'ici à 2050, on estime que 25 à 50 % des espèces pourraient disparaître.

Les causes principales de cette destruction sont :

- la surexploitation (pêche, chasse ...)
- la destruction des milieux (déforestation, artificialisation pour la construction, les routes, assèchement de marais ...).
- les pollutions (pesticides, herbicides, métaux lourds, ...)

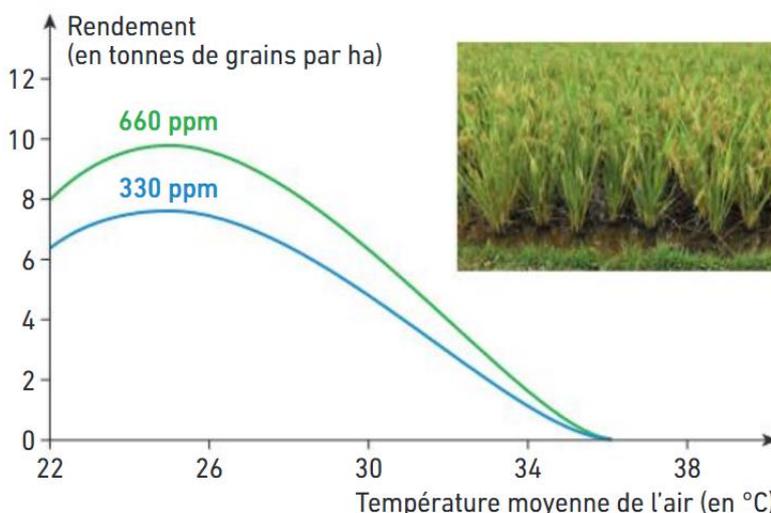
Néanmoins, une part non négligeable des espèces est affectée par le changement climatique actuel. Ce phénomène pourrait s'amplifier dans les années à venir. Les experts estiment que le franchissement des 2°C d'augmentation aurait des conséquences catastrophiques sur les écosystèmes. Certains écosystèmes sont déjà très fortement fragilisés comme l'Arctique. Dans ces régions, le réchauffement est plus marqué et la migration vers de plus hautes latitudes est impossible. La vitesse du réchauffement est telle que les espèces n'auront pas le temps de s'adapter ni de migrer.

Source intéressante : <https://www.nature.com/news/biodiversity-the-ravages-of-guns-nets-and-bulldozers-1.20381>

2. L'impact sur les agrosystèmes (nourrir la planète)

Les agrosystèmes sont des écosystèmes entretenus par l'Homme (voir 1^{ere} SPE) qui permettent d'assurer nos besoins alimentaires mais également en matériaux (bois, paille, agrocarburants ...).

L'augmentation du taux de CO₂ favorise la photosynthèse néanmoins, ce gain de rendement est très largement dégradé par les pertes liées à l'impact négatif de la température sur la photosynthèse. D'autre part, le réchauffement implique des sécheresses importantes qui détruisent les récoltes.

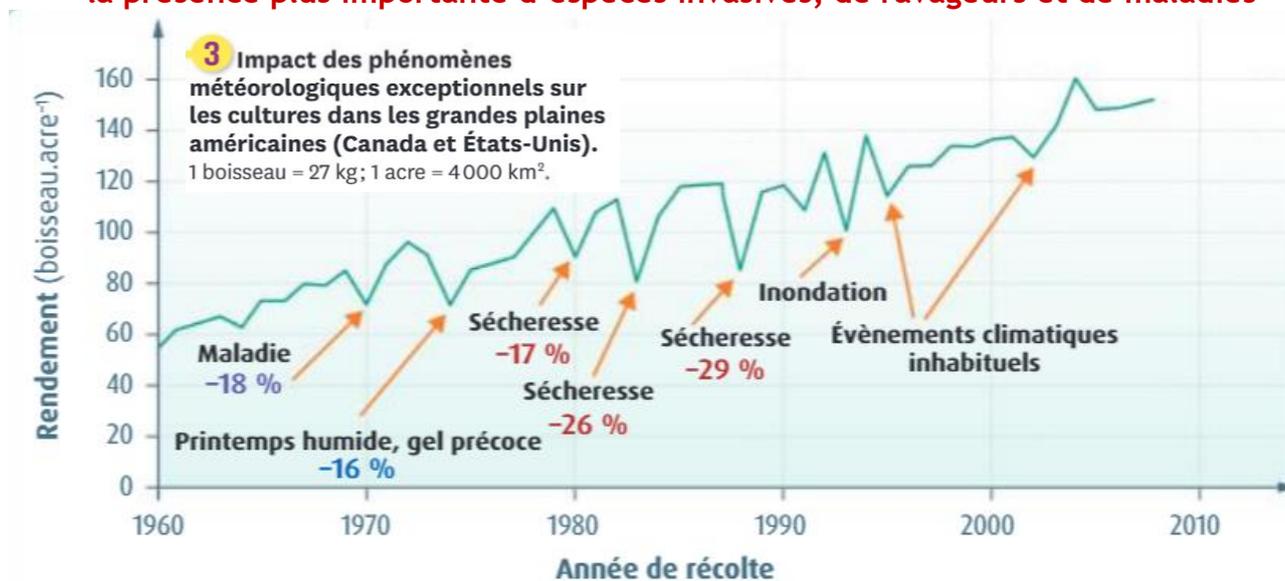


Document 7 : Graphique l'impact du taux de CO₂ et de la température sur les plantes

Source : Doc 1 p326 BORDAS

De plus, le réchauffement climatique de nombreuses modifications qui bouleversent les agrosystèmes :

- périodes de sécheresses importantes et canicules quasi systématiques
- des épisodes de gelées tardives (après un hiver trop doux)
- des événements climatiques extrêmes plus fréquents (tempêtes, inondations, incendies ...)
- une raréfaction de l'eau douce et une désertification des milieux
- l'élévation du niveau de la mer implique une salinisation des zones côtières
- la présence plus importante d'espèces invasives, de ravageurs et de maladies



Document 8 : Graphique montrant l'impact du réchauffement climatique sur la production agricole - Source : doc3 p348 BELIN

Ainsi, notre production agricole et alimentaire est menacée alors que la population humaine continue à croître.

3. L'impact sur la santé humaine

La santé humaine est également menacée, en particulier à cause des épisodes de canicules qui deviennent quasi systématiques. On estime qu'en 2050, les étés correspondront à la canicule de 2003. Ces épisodes affectent principalement les individus fragiles (bébés, enfants et personnes âgées). Les effets sont ceux de l'hyperthermie (déshydratation, difficultés cardiaques, respiratoires ...). Plus les épisodes sont fréquents, longs et chauds, plus la population est impactée, y compris des personnes moins fragiles. Plus de 350 millions de personnes pourraient être exposées à des vagues mortelles de chaleur d'ici 2050.

D'autre part, le changement climatique favorise la propagation de maladies, notamment tropicales (chikungunya, dengue, paludisme, fièvre jaune ...) en impliquant la migration des vecteurs (moustiques) voire à l'émergence de nouvelles maladies infectieuses.

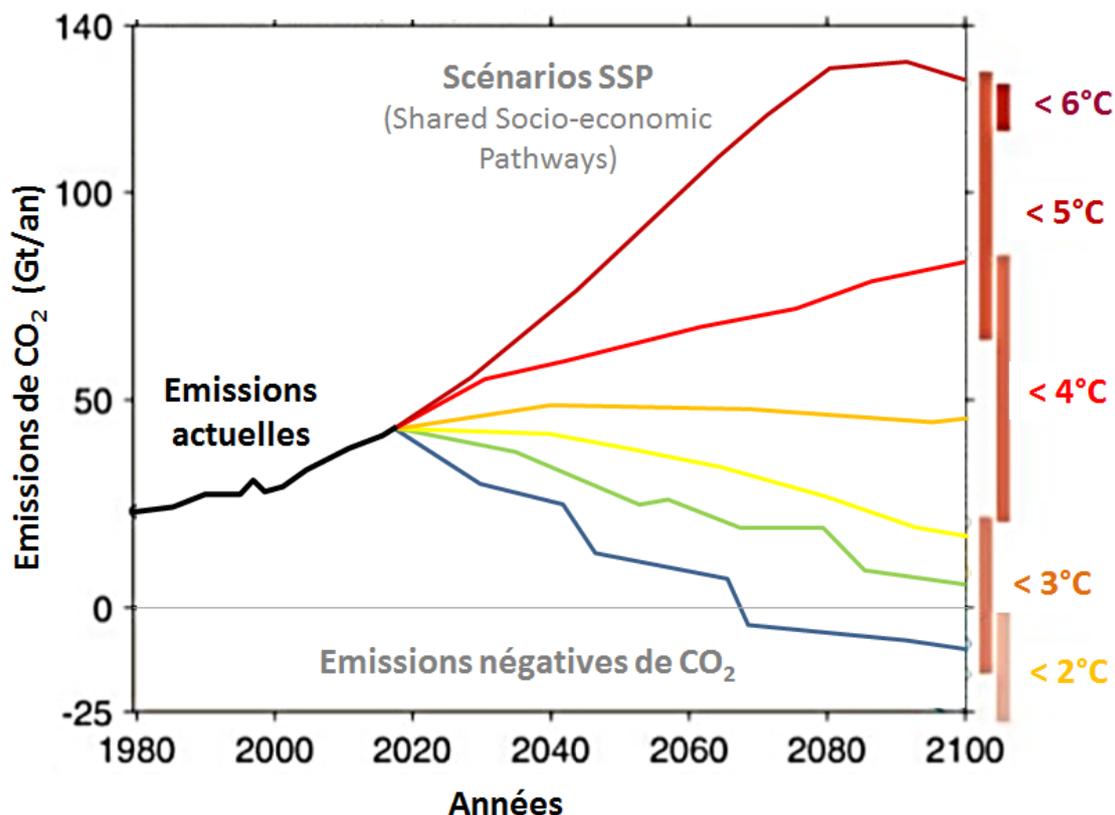
Enfin, on constate également une dégradation des services écosystémiques (voir 1ere SPE) qui correspondent aux phénomènes qui se déroulent naturellement dans les écosystèmes et dont l'humain tire profit comme :

- l'épuration de l'eau par les végétaux aquatiques (stations d'épuration)
- l'épuration de l'air par les végétaux terrestres (et la captation du CO₂)
- La fixation des dunes et la limitation de l'érosion des côtes

III. Les solutions et stratégies d'adaptation

1- Les objectifs de réduction des émissions de GES

Selon le GIEC, il est crucial de limiter le réchauffement climatique à +2°C par rapport à 1850. Ceci impose une diminution de 20% des émissions en 2030 et leur arrêt total en 2075 (scénario bleu ci-dessous), ce qui permettrait même d'avoir des émissions négatives pour envisager une diminution du CO₂ atmosphérique à l'horizon 2080-2100.



Document 9 : Graphique montrant les scénarios d'émission de CO₂ et températures envisagées

Source : Carnet d'enseignement scientifique Hatier

A l'échelle mondiale, les pays se réunissent durant les COP (*Conference of Parties*) qui ont lieu chaque année depuis 1995 (Berlin). La COP3 de Kyoto en 1997 a marqué les esprits en permettant à 37 pays de s'accorder sur une réduction de 5% des émissions de GES (par rapport à 1990). La COP21 de Paris a rassemblé un accord de 195 pays mais sans objectif global. De plus, malgré ces « succès », la trajectoire globale du réchauffement a toujours été dans les pires scénarios du GIEC.

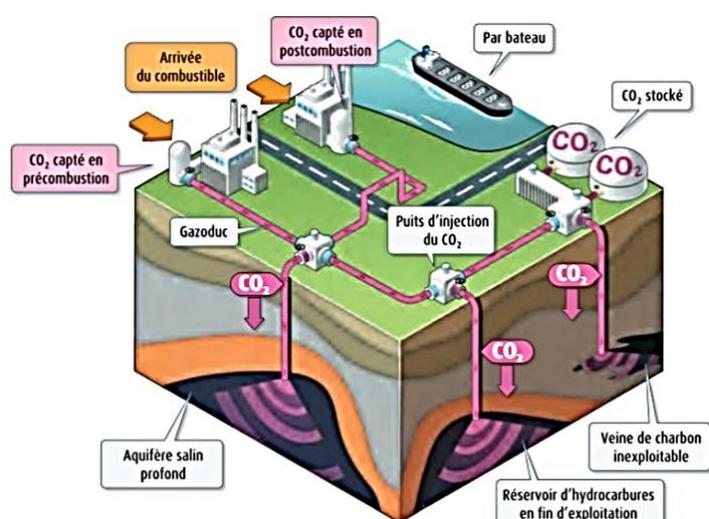
En France, un Plan National d'Action sur le Changement Climatique (PNACC) a été mis en place à partir de 2011. Il est chargé d'évaluer les risques climatiques dans différents domaines (biodiversité, agriculture, santé, ...) et de proposer des méthodes pour limiter les risques : ce sont les stratégies d'atténuation et d'adaptation.

2- Les stratégies d'atténuation

L'ensemble des mesures qui permettent de freiner l'accumulation du CO₂ et l'effet de serre sont appelées stratégie d'atténuation. Plusieurs techniques sont mises en œuvre et d'autres sont également à l'étude, notamment :

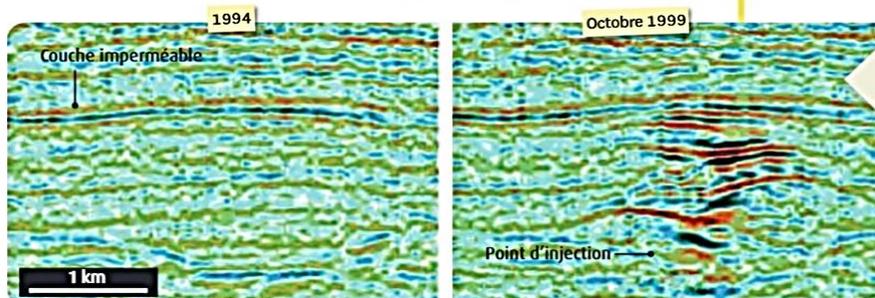
- le développement des énergies renouvelables
 - o Solaire
 - o Eolien
 - o Hydro-électrique
 - o Hydrogène vert
- La taxe carbone qui consiste à pénaliser financièrement les entreprises polluantes en CO₂. Ceci les incite à limiter leurs émissions ou à s'impliquer dans des stratégies de captation/stockage.
- la captation et le stockage du CO₂ à long terme (> 1000 ans). Ces structures sont très coûteuses (à la construction et à l'utilisation)
 - o Pompage dans des réservoirs profonds (mines, puits de pétrole/gaz)
 - o Transformation du CO₂
- Le reboisement massif pour permettre une photosynthèse accrue. On estime que l'ensemble des forêts contient 1200 GigaTonne de carbone soit l'équivalent de 570 ppm de CO₂ atmosphérique.
- L'agroforesterie (culture mixte : arbres / plantes rases) qui permet de limiter l'échauffement des surfaces et la sécheresse.
- La modification des habitudes individuelles (réduction de la consommation) en ce qui concerne transport, chauffage, alimentation ...

Remarque : Des stratégies plus controversées existent également à propos d'une modification du pouvoir réfléchissant de l'atmosphère (stratégie risquée).



3 Le principe du stockage géologique du CO₂. Le CO₂ produit par des centrales électriques au gaz ou au charbon est injecté dans des réservoirs géologiques souterrains profonds. Avant injection, le CO₂ peut éventuellement être transporté et stocké temporairement en surface.

4 Suivi du remplissage d'un réservoir et de l'imperméabilité du toit après une injection de CO₂. Données obtenues par réflexion sismique après injection 2.10⁶ tonnes de CO₂. Le toit est la couche géologique qui forme la limite supérieure du réservoir.



Je manipule

Activité Google Earth :
extraction du CH₄ et
stockage du CO₂ à
Prudhoe Bay (Alaska)

→ Voir p. 357

Document 10 : Schéma et coupes de sismique réflexion montrant le principe de l'enfouissement du CO₂ dans un gisement

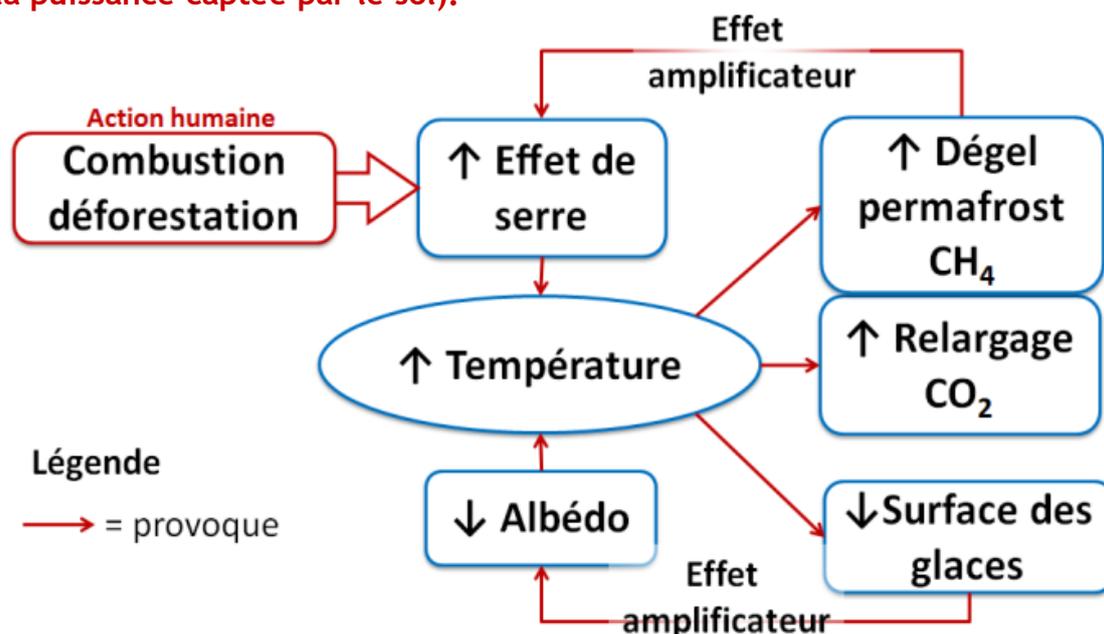
Source : Doc 3 et 4 p356 (BELIN)

3- Les stratégies d'adaptation

Malgré les efforts consentis, il est probable que l'inflexion du réchauffement climatique ne se produise très lentement. En effet, le temps de résidence du CO₂ est de l'ordre de 100 ans.

De plus, nous avons déjà vu dans les précédents chapitres que les paramètres climatiques présentent plusieurs facteurs amplificateurs :

- La solubilité du CO₂ (relargage océanique favorisé par la température)
- La fonte des glaces implique un dégel du permafrost et une libération de méthane (CH₄)
- La fonte des glaces implique une diminution de l'albédo (et une augmentation de la puissance captée par le sol).

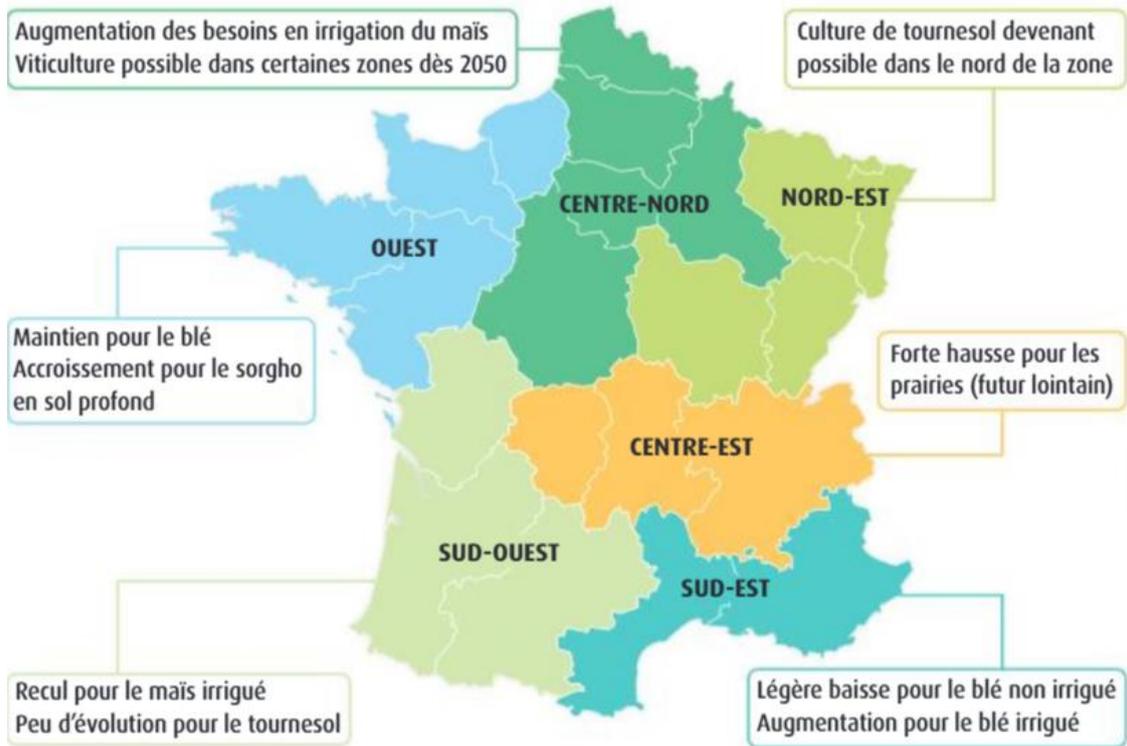


Document 11 : Diagramme montrant les principales rétroactions climatiques

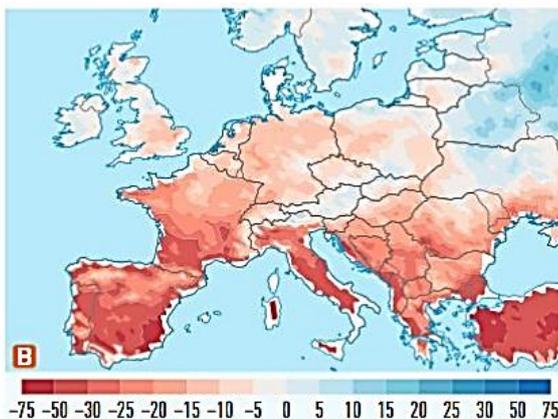
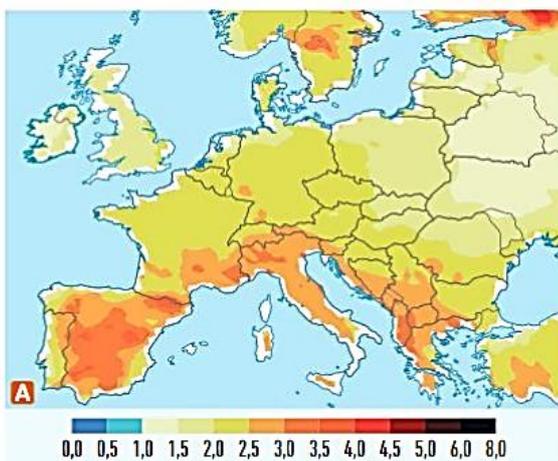
Source : Carnet d'enseignement scientifique Hatier

Les méthodes qui visent à limiter les conséquences du changement climatique correspondent aux stratégies d'adaptation, en particulier :

- Une prévision des choix des cultures (modifications des cultures en fonction des changements climatiques locaux : cas de la vigne, en particulier dans le Bordelais)
- Une réorganisation des méthodes de culture, de chasse/pêche
- Une réorganisation des circuits de distribution (consommer local)
- Des choix énergétiques (suppression des chaudières fioul, incitation à l'installation de pompe à chaleur)
- Des choix de construction (meilleure isolation, constructions plus claires ...)
- La végétalisation des espaces urbains pour limiter l'échauffement des surfaces
- La construction de digues, de cordons dunaires sur le littoral (limitation de l'érosion)



Document 12 : Carte de France montrant les prévisions de changements pour les cultures - Source : doc2p348 BELIN

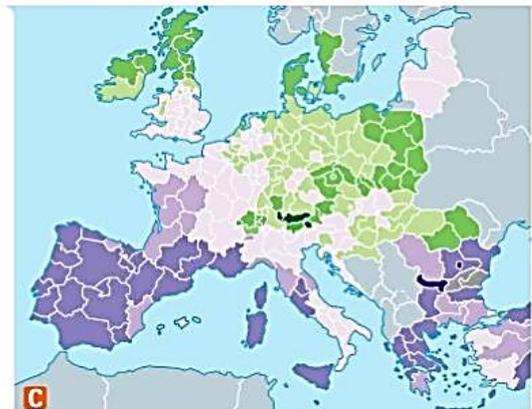


La productivité d'un agrosystème dépend de nombreux facteurs comme la nature du sol ou les décisions prises par les agriculteurs (modes de culture, choix des variétés, etc.). Cependant, humidité et température restent les facteurs majeurs conditionnant le succès d'une production.

Dans un contexte de réchauffement, les chercheurs anticipent l'évolution des rendements agricoles en fonction des changements du régime des précipitations et de la température.

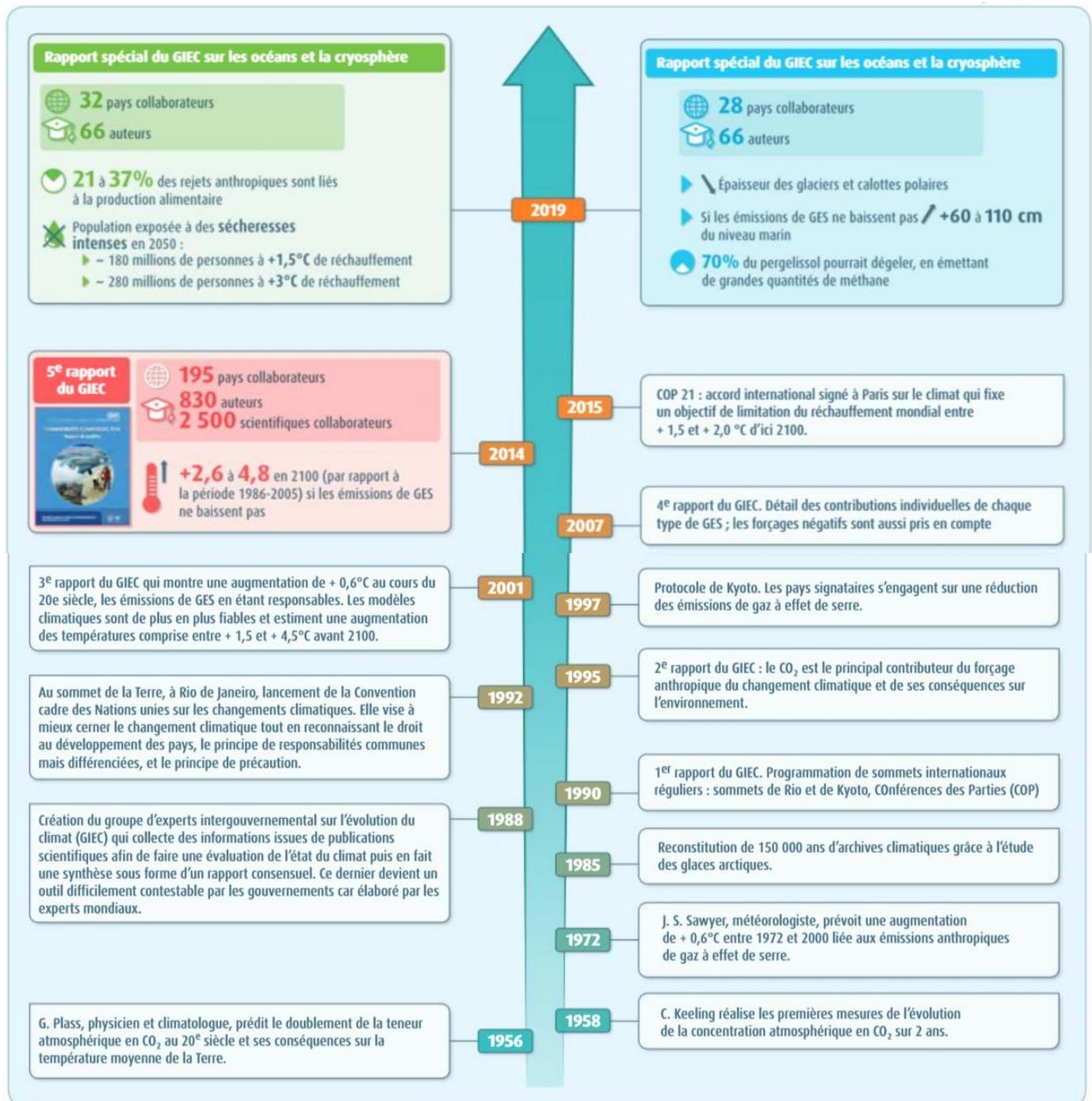
Rendement

- < - 50
- - 30 à - 50
- - 10 à - 30
- - 5 à - 10
- 5 à - 5
- 5 à 10
- 10 à 30
- 30 à 50
- > 50



- Projections, sur la période 2021-2050 par rapport à la période 1981-2010 dans le cas d'une élévation de température de 2 °C, des écarts :
 - A - de la température estivale (en °C)
 - B - des précipitations annuelles (en mm)
 - C - du rendement de la betterave sucrière (en %)

Document 13 : Cartes de France montrant des projections climatiques et culturelles
Source : doc2p326 BORDAS



1 La prise de conscience du dérèglement climatique : quelques dates.

Document 14 : Les principales dates de la prise de conscience du réchauffement climatique - Source : doc 1p344 BELIN

CONCLUSION :

Le réchauffement climatique est le principal défi du 21^{ème} siècle car de lui découlent de nombreux éléments associés à l'équilibre et à la viabilité des écosystèmes dont l'humain est un maillon et dont il est très dépendant pour son alimentation.

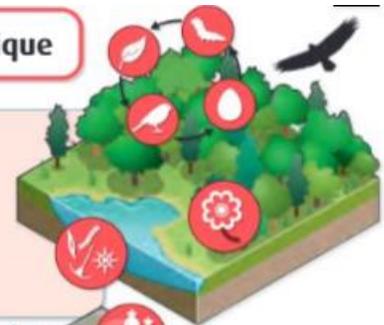
Recherche d'un modèle robuste sur le changement climatique



Conséquences du changement climatique

Écosystèmes

- Modification de la phénologie
- Modification de la physiologie
- Modification de la répartition spatiale des espèces = migration



Agrosystèmes

- Sécheresses/inondations
- Érosion des sols
- Salinisation des sols
- Désertification



Humains

- Risques sanitaires
- Dégradation de l'habitat = migration



Plans d'action face au changement climatique

Atténuation

- Diminution de la consommation énergétique
- Diminution des émissions de gaz à effet de serre
- Stockage du CO₂



Adaptation

- Aménagements urbains
- Modifications des pratiques d'agriculture (élevage et plantes cultivées) et de pêche



Bilan p361 BELIN