

# Comprendre les conséquences du réchauffement climati...

Cours

## Sommaire

### I La recherche sur le climat

- A Les progrès de la recherche
- B L'élaboration d'un consensus scientifique

### II Les conséquences du changement climatique

- A Les impacts abiotiques
- B Les conséquences sur la biodiversité
  - 1. Des effets directs
  - 2. Des effets indirects
- C Les conséquences sur la santé humaine

### III Les plans d'action face aux changements climatiques

- A Les stratégies d'atténuation
- B Les stratégies d'adaptation

## RÉSUMÉ

Afin de comprendre les évolutions du climat et ses conséquences, un effort majeur de recherche est mené depuis quelques dizaines d'années au niveau international. Les conséquences du réchauffement climatique sont déjà visibles. L'utilisation de modèles permet de prévoir les conséquences à long terme en fonction de l'évolution des comportements humains. L'objectif est de permettre aux décideurs d'élaborer des plans d'action pour lutter contre ce phénomène.

## I La recherche sur le climat

Depuis une trentaine d'années, la recherche a progressé pour arriver à établir des modèles robustes et fiables capables de prévoir le climat du futur. Ces modèles ont permis d'arriver à un consensus scientifique sur l'évolution du climat.

### A Les progrès de la recherche

Les progrès de la recherche sont intimement liés aux progrès technologiques. Les mesures *in situ* associées au développement des satellites et des ordinateurs ont permis d'établir des modèles fiables. L'implication et le financement de la recherche par de nombreux pays ont permis ces progrès.

On peut noter quatre étapes dans les progrès de la recherche. La première étape a eu lieu dans les années 1970 : les mesures *in situ* (sur terre) des paramètres météorologiques permettent d'établir les premières prévisions météorologiques. Elles ne permettent pas encore de comprendre le climat.

La deuxième étape a eu lieu dans les années 1980 : les premières mesures du bilan radiatif de la Terre sont effectuées.

La troisième étape a eu lieu dans les années 1990 : les mesures *in situ* sont réalisées à l'aide de nombreux outils (ballons sondes, aéronefs, bouées océaniques, flotteurs, navires, etc.). Les satellites permettent de décrire et de suivre le système climatique. Les flux d'énergie sont établis. Il apparaît que la Terre accumule de l'énergie du fait de l'augmentation de GES. Près de 90 % de cette énergie est absorbée par les océans. Toutefois, ces informations ne permettent pas de comprendre comment les éléments du système climatique interagissent, ni comment le climat pourrait changer.

La quatrième étape est celle où des modèles climatiques sont créés grâce au développement des supercalculateurs. Les mécanismes du système climatique (mouvement de l'atmosphère, des océans, le cycle de l'eau, les interactions atmosphère-océan, etc.) sont mis en équations. La terre et les océans sont découpés en mailles pour permettre aux ordinateurs de résoudre les équations. Les innovations technologiques décuplent les capacités de calcul des ordinateurs.

En parallèle de ces évolutions techniques, le GIEC, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, est créé en 1988. Il regroupe aujourd'hui 195 pays qui financent la recherche sur le climat. Ces experts rendent un rapport tous les quatre ans afin d'informer les populations et de permettre aux décideurs de prendre des mesures pour lutter contre le réchauffement climatique. Le GIEC dispose depuis 2016 d'un budget de 6 millions d'euros par an pour financer le travail de 2 500 scientifiques internationaux.



REMARQUE

En 2016, les États-Unis ont cessé leur financement de 1,6 million d'euros. La France a augmenté le sien à hauteur de 1 million d'euros.

## **B** L'élaboration d'un consensus scientifique

**Le consensus scientifique est le fait que l'ensemble de la communauté scientifique admet que le réchauffement climatique actuel est réel et qu'il est en grande partie dû aux émissions de GES anthropiques.**

Les modèles climatiques utilisés par les différentes équipes du GIEC révèlent que les causes du réchauffement climatique actuel sont liées aux émissions de GES des activités humaines. L'augmentation de la température depuis un siècle est estimée à 1 °C. Les différents corps scientifiques nationaux et internationaux ne contestent pas les conclusions du GIEC et plus de 99 % des scientifiques partagent cet avis. C'est en cela que l'on parle de consensus scientifique.

Ce consensus est très important pour convaincre la population et les décideurs de l'existence de ce réchauffement anormalement rapide et intense relié aux émissions de GES anthropiques. Ces GES amplifient l'effet de serre et le climat global de la planète se réchauffe. Ainsi, les décideurs peuvent prendre des décisions politiques et mettre en place des stratégies d'atténuation des émissions de GES et d'adaptation face aux conséquences du réchauffement climatique.

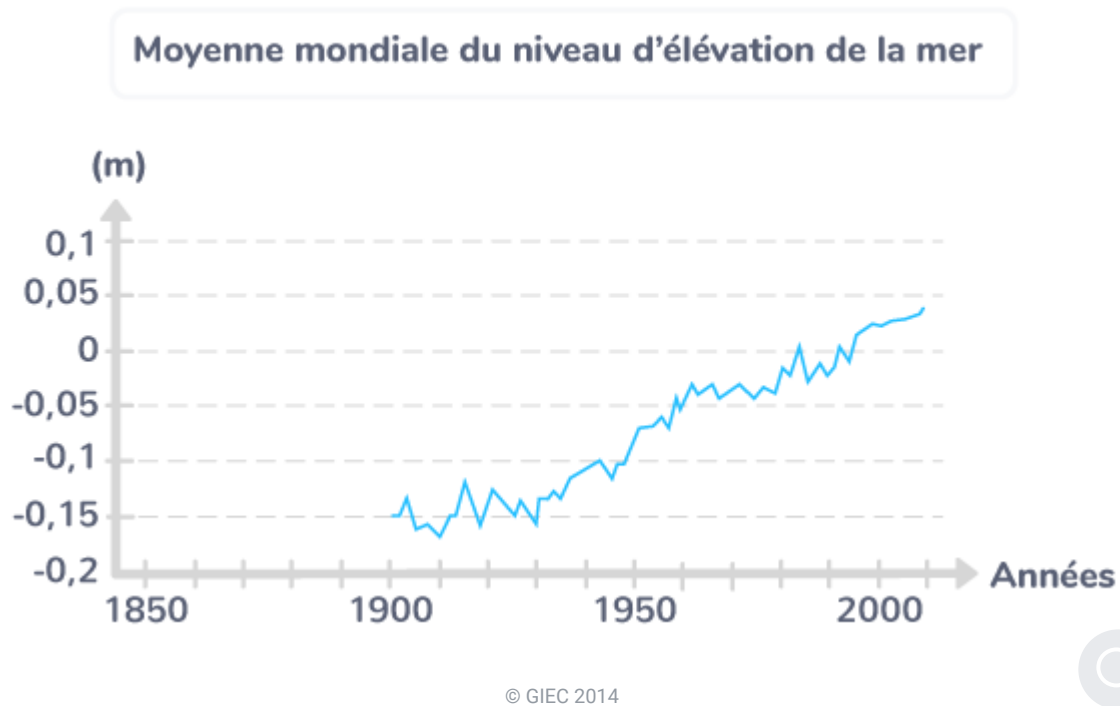
## **II** Les conséquences du changement climatique

**Les rapports du GIEC présentent les conséquences du réchauffement climatique. En dehors des effets abiotiques, le changement climatique a des conséquences importantes sur la biodiversité et la santé humaine.**

## A Les impacts abiotiques

Les impacts abiotiques sont les conséquences du réchauffement climatique sur des phénomènes physiques. L'élévation du niveau de la mer, l'acidification des océans et l'augmentation de phénomènes météorologiques extrêmes sont des impacts abiotiques.

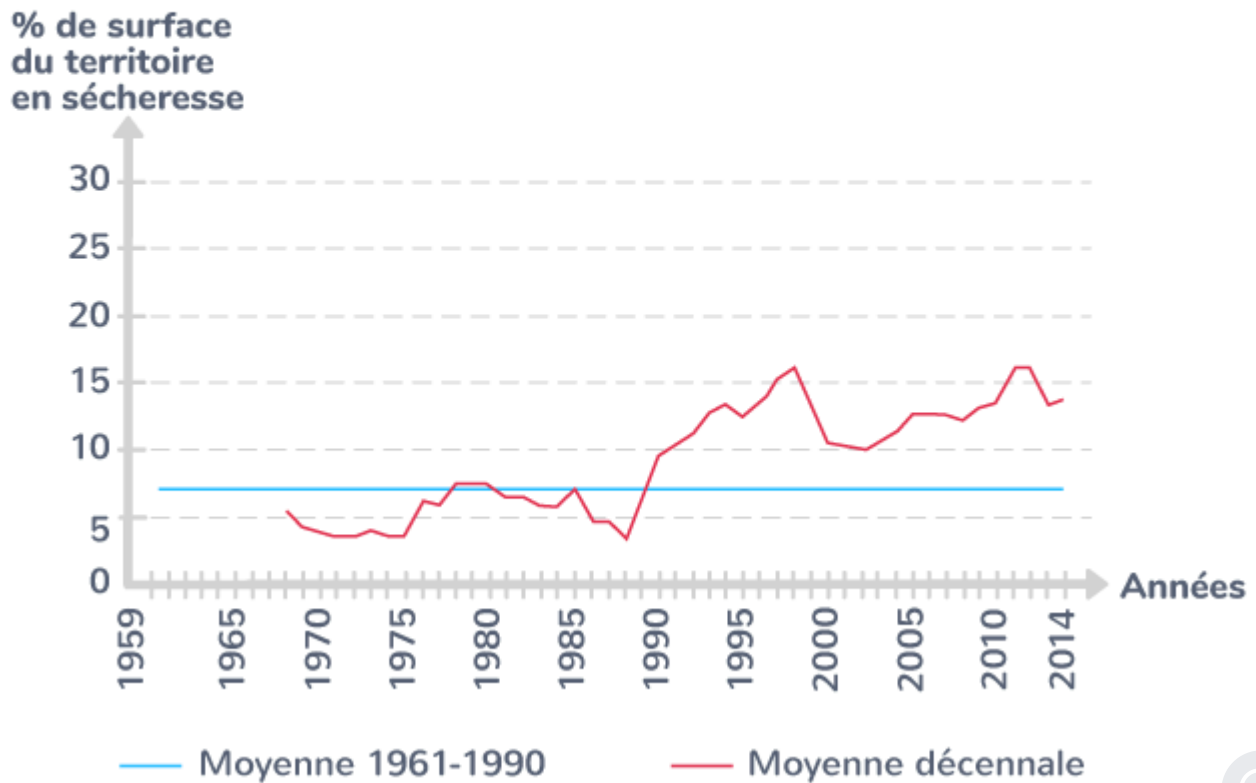
Au niveau des océans, le réchauffement climatique de 1 °C a déjà des conséquences visibles. On note ainsi une élévation du niveau de la mer entraînée par la fonte des glaciers, principalement du Groenland et de l'Antarctique. Le niveau de la mer s'est déjà élevé de 19 cm depuis un siècle.



On note également une acidification des océans. L'augmentation de la quantité de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère augmente également la concentration de  $\text{CO}_2$  dans l'eau. Le  $\text{CO}_2$  dissous diminue le pH de l'eau. Le pH a déjà diminué de 0,1. C'est un très petit nombre, mais compte tenu de l'échelle logarithmique du pH, les conséquences sur la biocénose sont déjà importantes.

Les phénomènes climatiques extrêmes sont aussi en augmentation. Les tempêtes et les inondations sont plus fréquentes, les ouragans sont plus violents. Les vagues de chaleur se font également plus nombreuses, tout comme la sécheresse des sols.

## L'évolution de la surface des sols touchés par la sécheresse depuis 1900



© GIEC 2014

## B Les conséquences sur la biodiversité

Les conséquences du réchauffement climatique sur la biodiversité des écosystèmes se manifestent par des effets directs tels que la modification des aires de répartition des espèces. Les effets peuvent également être indirects. C'est le cas de la modification des espaces naturels ou agricoles qui engendrent des conséquences sur les espèces qui y vivent.

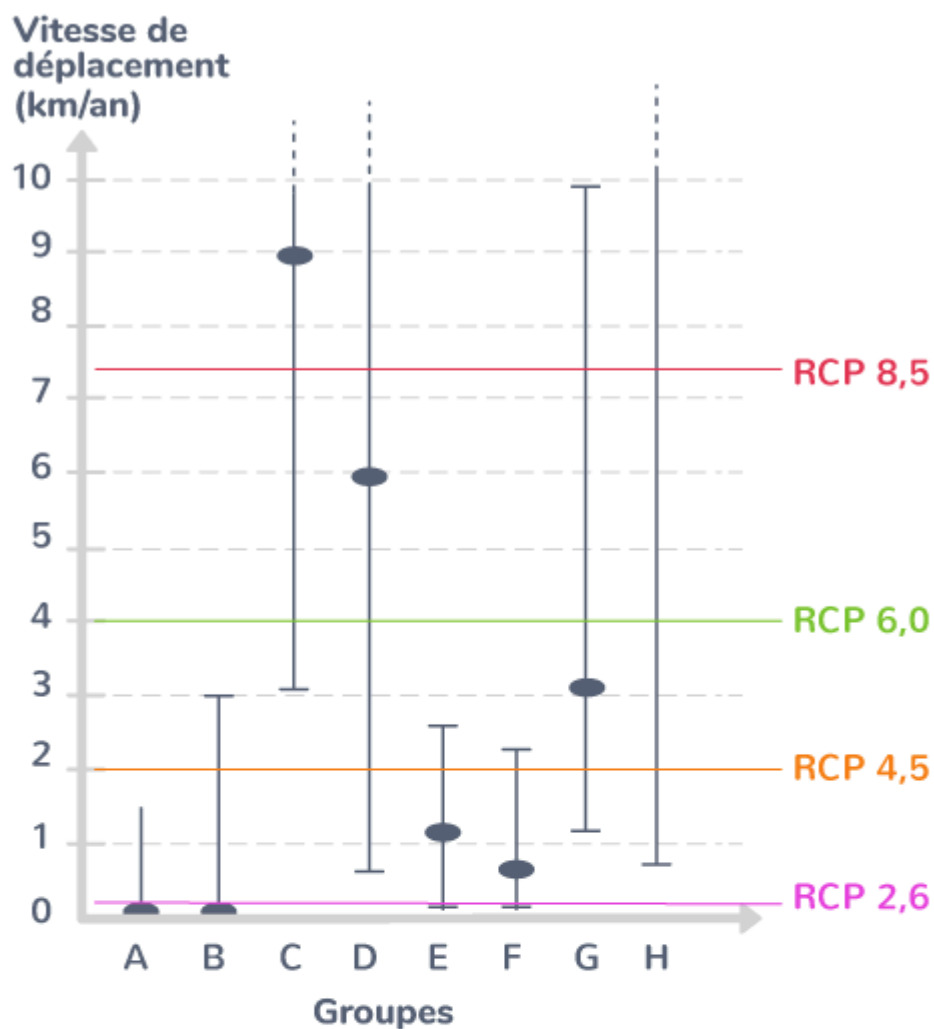
### 1. Des effets directs

L'augmentation de la température entraîne un déplacement des aires de répartition vers le nord. Les espèces doivent se déplacer pour retrouver les conditions optimales de leur milieu de vie. Si les espèces ne parviennent pas à s'adapter, cela engendre leur extinction. Ces modifications de température entraînent aussi l'installation d'espèces invasives.

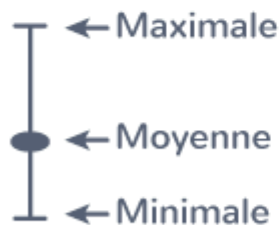
La modification des aires de répartition est un effet direct du réchauffement climatique. Les populations déplacent leur aire de répartition vers le nord.

Les espèces ne sont pas toutes égales face à cette augmentation de température. Certaines peuvent se déplacer rapidement, sur de grandes distances, et s'adapter au réchauffement climatique. D'autres, telles que les végétaux, les mollusques (escargots), ont une capacité d'adaptation limitée par leur capacité de déplacement.

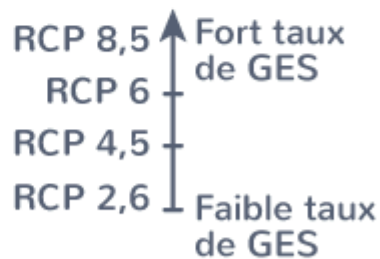
Dans le cas d'une faible émission de GES (RCP2,6), les aires de répartition changeront peu, les espèces survivront. Dans le cas d'une forte augmentation des GES (RCP8,5), les espèces devront se déplacer sur de grandes distances pour retrouver les conditions dans lesquelles elles vivent. Cela causera l'extinction de nombreuses espèces ne pouvant pas ou peu se déplacer.



Vitesse de déplacement



Scénarios climatiques



- A Arbres
- B Plantes herbacées
- C Mammifères à sabots fendus (cerfs)
- H Insectes se nourrissant de plantes (papillons)

- D Mammifères carnivores
- E Rongeurs
- F Primates
- G Mollusques d'eau douce

© GIEC 2014



Dans le cas du scénario RCP6,0 (augmentation assez importante des émissions de GES), on voit que certains groupes (arbres, plantes herbacées, rongeurs, primates) ne se déplaceraient pas assez vite pour suivre le déplacement de leurs conditions de vie. Elles seraient donc en danger d'extinction.

Les espèces les plus en danger d'extinction sont celles vivant dans les milieux extrêmes comme la montagne ou la banquise. Leur aire de répartition ne peut pas se déplacer.

Il en est de même en milieu océanique avec les coraux qui ne peuvent pas se déplacer. L'acidification du pH et l'augmentation de la température de l'eau entraînent leur mort ainsi que des répercussions dans tout le réseau trophique.

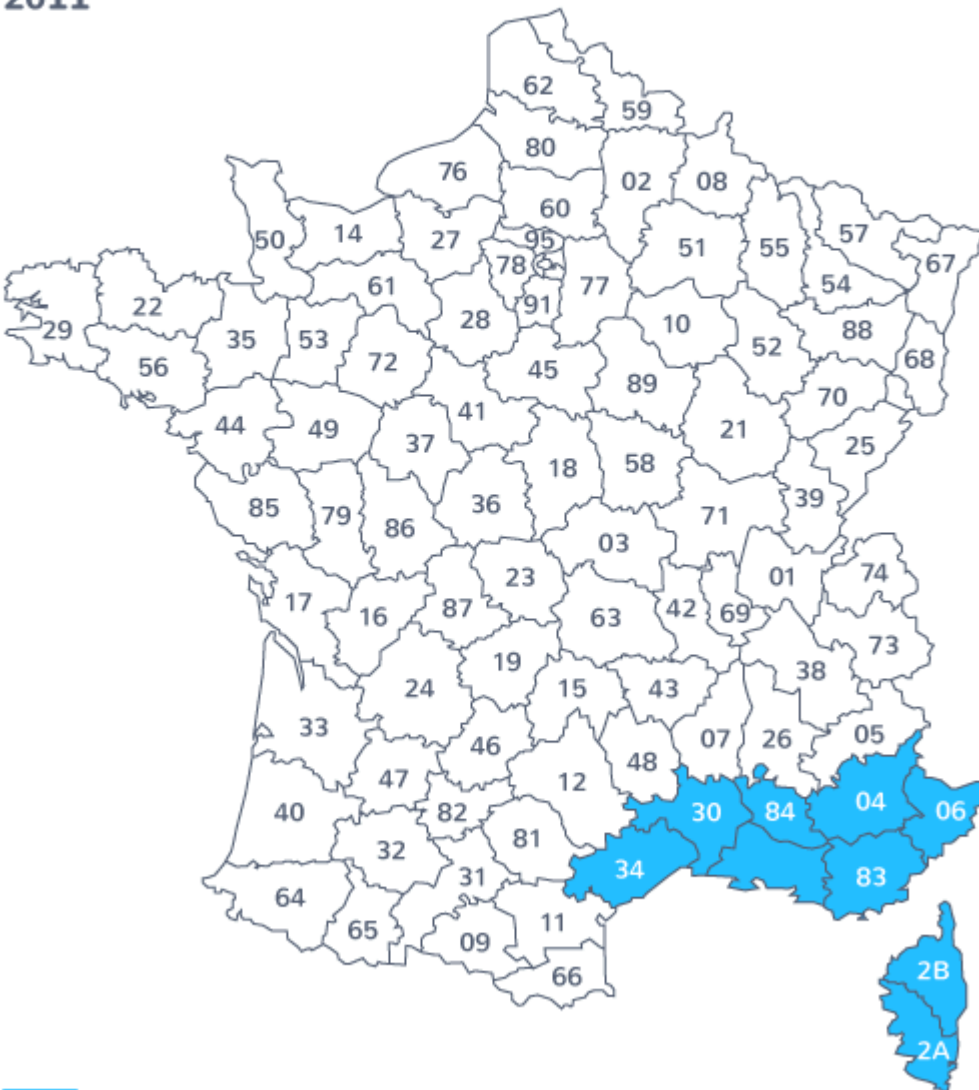
D'autres espèces, au contraire, accroissent leur aire de répartition. C'est le cas des espèces invasives.

#### EXEMPLE

Le moustique tigre (*Aedes albopictus*), espèce caractéristique des zones tropicales, a été identifié pour la première fois en France en 2004 dans le département des Alpes-Maritimes. Chaque année, il gagne du terrain, d'abord dans les départements du Sud, puis dans les départements en direction du nord. En 2020, il est présent dans plus de la moitié des départements.

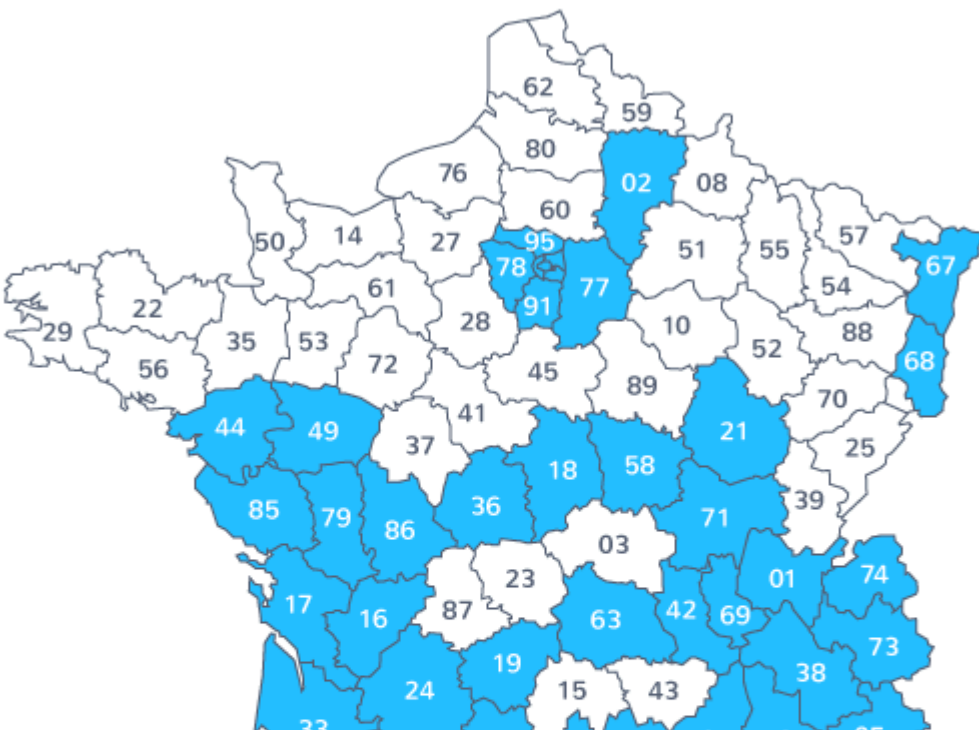
### Répartition du moustique-tigre en France

2011

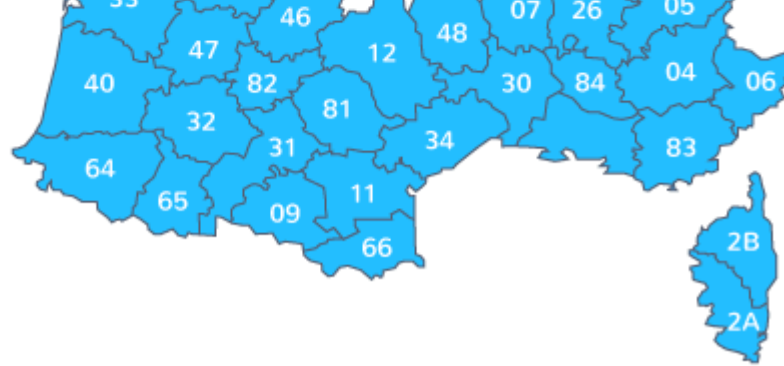


**Aedes albopictus** installée

2020







 **Aedes albopictus installée**

© Solidarités Santé Gouv



## 2. Des effets indirects

L'augmentation de la température a aussi des effets indirects liés aux perturbations des écosystèmes naturels et agricoles. La modification du biotope entraîne une modification des cycles de vie des espèces. Cela concerne d'autres espèces par le biais des chaînes alimentaires. Dans le milieu agricole, l'augmentation des rendements dus au réchauffement climatique pose notamment des problèmes de ressources hydriques.

La modification des cycles de vie est un effet indirect de l'augmentation de la température globale. Cela entraîne des conséquences sur les espèces d'oiseaux migrateurs.

### EXEMPLE



© Wikimedia Commons



Le Gobemouche noir hiverne en Afrique et se reproduit en Europe à partir du mois d'avril. Cette date est fixée génétiquement. Les chenilles, proies permettant l'élevage des jeunes, se métamorphosent précocement en papillon du fait de l'avancée du printemps. Ce décalage du cycle de vie des chenilles est à l'origine du déclin du Gobemouche noir en Europe. La vitesse d'adaptation génétique des Gobemouches n'est pas assez rapide par rapport à la vitesse du réchauffement climatique.



Dans le milieu agricole, l'augmentation de  $\text{CO}_2$  est responsable d'une augmentation de la production de biomasse. En effet, l'augmentation de la photosynthèse est proportionnelle à celle du  $\text{CO}_2$ . Cela pourrait être une bonne nouvelle afin de subvenir aux besoins alimentaires grandissant de la population mondiale. Cependant, la disponibilité des terres agricoles est limitée. L'augmentation des zones touchées par la sécheresse ou recouvertes par l'augmentation du niveau de la mer réduit les zones cultivables. Par ailleurs, l'augmentation de biomasse nécessite une augmentation des besoins en eau douce qui, eux, sont limités. Cela contribue à assécher les terres.

## C Les conséquences sur la santé humaine

**Le réchauffement climatique a également des effets sur la santé humaine. Il est responsable d'une mortalité plus élevée pendant les épisodes de canicule. De plus, il favorise le développement de micro-organismes responsables de maladies infectieuses telles que la dengue.**

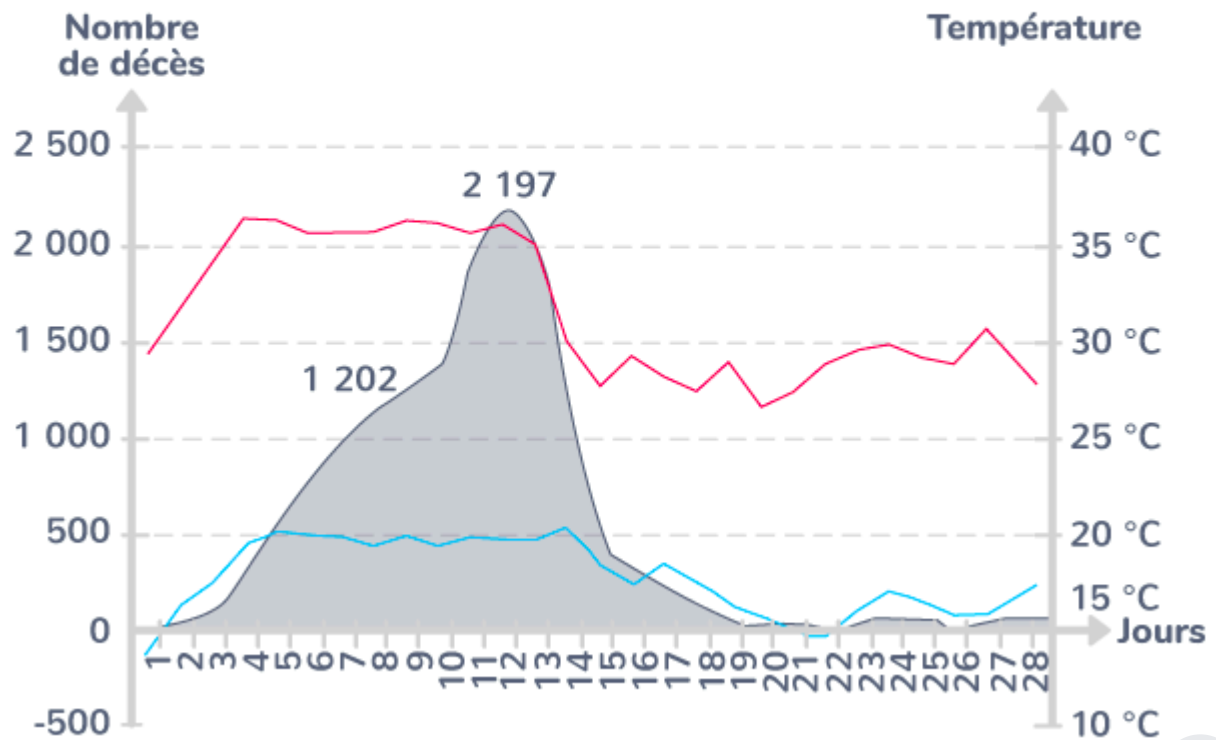
Les épisodes de canicule de plus en plus fréquents sont responsables d'une augmentation de la mortalité, surtout chez les personnes âgées.

### EXEMPLE

La canicule de 2003 a eu d'importantes conséquences sur la mortalité. Plus de 70 000 décès supplémentaires (par rapport aux étés sans canicule) ont été enregistrés au total dans 12 pays européens.

L'augmentation de la température interne du corps peut avoir des effets différents sur la santé, dont le pire est le coup de chaleur (température interne supérieure à 40 °C), potentiellement mortel. L'augmentation de la température corporelle ne serait-ce que de 1 °C entraîne une vasodilatation des vaisseaux sanguins et un débit plus important dans la peau afin d'évacuer cet excès de chaleur. Le débit cardiaque augmente. De plus, la sudation augmente jusqu'à 2 litres par heure. La perte en eau et en électrolytes ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) entraîne une sévère déshydratation pouvant conduire à la mort. Ainsi, épuisement, crampes, syncope, AVC (accident vasculaire cérébral), accroissement des pathologies cardiaques et respiratoires sont des conséquences des fortes chaleurs.

## Nombre de décès et relevés de température quotidiens durant le mois d'août 2003



Le nombre de décès augmente lors des 10 jours de canicule, lorsque les températures diurnes dépassent 35 °C et que la nuit les températures ne redescendent pas suffisamment pour soulager l'organisme des efforts faits durant la journée afin de lutter contre l'augmentation de la température corporelle.

Le réchauffement climatique entraîne aussi le développement de maladies infectieuses.

### EXEMPLE

La dengue, maladie infectieuse des régions intertropicales ayant pour vecteur le moustique tigre, apparaît en Europe. Le réchauffement climatique permet au moustique tigre de coloniser de nouveaux milieux. En France, les premiers cas de dengue autochtone ont été déclarés en 2019.

## III Les plans d'action face aux changements climatiques

Les rapports du GIEC proposent des solutions aux décideurs afin de mettre en place des plans d'action pour limiter les causes et les conséquences du réchauffement climatique. Des stratégies d'atténuation et d'adaptation leur sont proposées.

### A Les stratégies d'atténuation

Les stratégies d'atténuation consistent à réduire les causes du réchauffement climatique. Une réduction des émissions de GES est indispensable afin de limiter le réchauffement climatique à 1,5 °C voire 2 °C maximum.

#### DÉFINITION

Stratégie d'atténuation

**Une stratégie d'atténuation** agit sur les causes du réchauffement climatique. Elle regroupe les actions permettant de diminuer les émissions de GES. Une stratégie d'atténuation prévoit des actions au niveau collectif, mais aussi au niveau individuel.

Au niveau collectif, les choix énergétiques permettent de réduire les émissions de GES (énergies renouvelables, énergie nucléaire). Les orientations économiques aident la population à s'équiper en solutions technologiques moins polluantes (voiture électrique, isolation des bâtiments, etc.) et incitent aux relocalisations des entreprises. La politique agricole vise à réduire les cheptels, ainsi que l'utilisation d'engrais azotés, sources de GES.

Au niveau individuel, la prise de conscience des causes du réchauffement climatique actuel et de ses conséquences incite chacun à modifier ses comportements afin de réduire les émissions de GES (utilisation de transports en commun, achat de véhicules moins polluants, consommation de produits locaux, tri des déchets, etc.).

L'efficacité des solutions dépend de l'harmonisation des politiques internationales. Pour cela, des accords internationaux sont signés.

#### EXEMPLE

L'accord de Paris sur le climat signé en 2015, suite aux négociations lors de la COP 21. C'est le premier accord universel sur le climat et le réchauffement climatique. L'Union européenne et 195 pays s'engagent à réduire leurs émissions de GES.



#### REMARQUE

La Chine est le pays qui émet le plus de GES (20 %), suivi des États-Unis (18 %) et de la Russie (7,5 %). La France est au 20<sup>e</sup> rang avec 1,3 % des émissions mondiales de GES.

## B Les stratégies d'adaptation

**Les stratégies d'adaptation consistent à mettre en œuvre des solutions pour s'adapter aux conséquences inéluctables du réchauffement climatique telles que la montée du niveau de la mer.**

#### DÉFINITION

### Stratégie d'adaptation

**Une stratégie d'adaptation** agit sur les conséquences du réchauffement climatique. Elle regroupe les actions permettant de diminuer les conséquences négatives du réchauffement climatique.

Des stratégies d'adaptation sont mises en place à tous les niveaux : international, national, régional et local. Au niveau international, le GIEC en est un exemple.

#### EXEMPLE

Au niveau national, la France a mis en place le PNACC (Plan national d'adaptation au changement climatique). Son objectif est de mieux protéger la population face aux conséquences du réchauffement climatique et de favoriser la résilience des principaux secteurs économiques. Il propose des fiches d'actions sur les différents domaines touchés par les conséquences climatiques (ressources en eau, biodiversité, agriculture, littoral, etc.).

Le choix d'une solution d'adaptation doit prendre en compte de nombreux paramètres : les solutions techniques, la préservation des paysages et de la biodiversité, les bénéfices, les inconvénients, le coût, etc.

Le choix de la stratégie est le résultat d'une longue démarche combinant :

- les aspects techniques de la solution envisagée ;
- l'évaluation des conséquences provoquées par la mise en place de cette solution ;
- le calcul bénéfices/inconvénients ;
- la priorité d'emploi des fonds publics ;
- la concertation avec les habitants.

Le calcul bénéfices/inconvénients est indispensable et spécifique d'un lieu.

ILLUSTRATION

Face au risque de submersion marine lié à l'élévation du niveau de la mer, deux solutions peuvent être envisagées : la construction d'une digue ou la relocalisation des personnes et des biens, c'est-à-dire déplacer et reconstruire plus loin des zones exposées au risque. Le choix doit être adapté à la situation locale en étudiant la faisabilité du projet, ses bénéfices et ses inconvénients.

Avantages d'une digue	Inconvénients d'une digue
<ul style="list-style-type: none"><li>• Protège la population et les infrastructures.</li><li>• Évite les indemnisations dues aux inondations.</li><li>• Évite le déplacement des populations et des infrastructures.</li><li>• Peut améliorer le paysage.</li><li>• Peut favoriser les retombées touristiques.</li><li>• Peut favoriser la biodiversité.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Disparition de la plage (effet de la réflexion de l'énergie des vagues sur la digue).</li><li>• Coût de l'infrastructure et de son entretien.</li><li>• Perte d'accès aux plages pour les parcelles privées.</li><li>• Peut dégrader le paysage naturel.</li><li>• Perturbation de la population et de la biodiversité si la digue est aménagée en chemin de randonnée.</li></ul>

Digue Carnot à Boulogne-sur-Mer



Digue de grande ampleur aux Pays-Bas



© Wikimedia Commons

