

# Thème n°17

## Le climat dans la tourmente

### Les objectifs :

- Comprendre le climat et le rôle des activités humaines dans son changement.
- Enrichir ses connaissances en vue de respecter et de mieux gérer son environnement.
- Adopter un comportement responsable et apprendre à limiter les émissions de gaz à effet de serre.

### Ce qu'il faut savoir :

#### QU'EST-CE QUE LE CLIMAT ?

Le climat définit les conditions de l'atmosphère dans une région donnée à moyen ou long terme. Son étude est la climatologie, elle s'appuie sur les valeurs moyennes de paramètres tels que la température, la pression atmosphérique, les précipitations, l'ensoleillement, l'humidité, la vitesse du vent. Elle étudie ces paramètres à l'échelle des années et des siècles tandis que la météorologie mesure leur moyenne à l'échelle des jours et des semaines sur des zones ponctuelles.

Le climat varie en fonction des latitudes. Les rayons solaires ne sont pas reçus de manière homogène à la surface de la Terre du fait de son inclinaison et de sa rotation. Les régions tropicales reçoivent beaucoup plus d'énergie solaire que les régions situées aux pôles. Les eaux tropicales peuvent atteindre la température de 30°C. Les eaux polaires quant à elles peuvent descendre jusqu'à -2°C.

L'atmosphère, l'océan et les continents composent le système climatique. Il dépend essentiellement de 3 facteurs : le rayonnement solaire, les circulations atmosphérique et océanique et l'effet de serre (v thème 16 : *de l'océan à atmosphère, l'eau dans tous ses états*).

#### RENFORCEMENT DE L'EFFET DE SERRE

Le calcul de la température moyenne à la surface de la Terre est complexe, mais de nombreuses études démontrent qu'elle a augmenté de 0,85°C depuis 1880. Cette hausse semble dérisoire, elle est pourtant sans précédent à l'échelle planétaire et ne peut s'expliquer par des causes naturelles. Elle serait en grande partie due à un accroissement des gaz à effet de serre. Les activités humaines conduisent à augmenter le rejet de ces gaz. La hausse de leur concentration dans l'atmosphère est responsable de **l'effet de serre dit « renforcé »**.

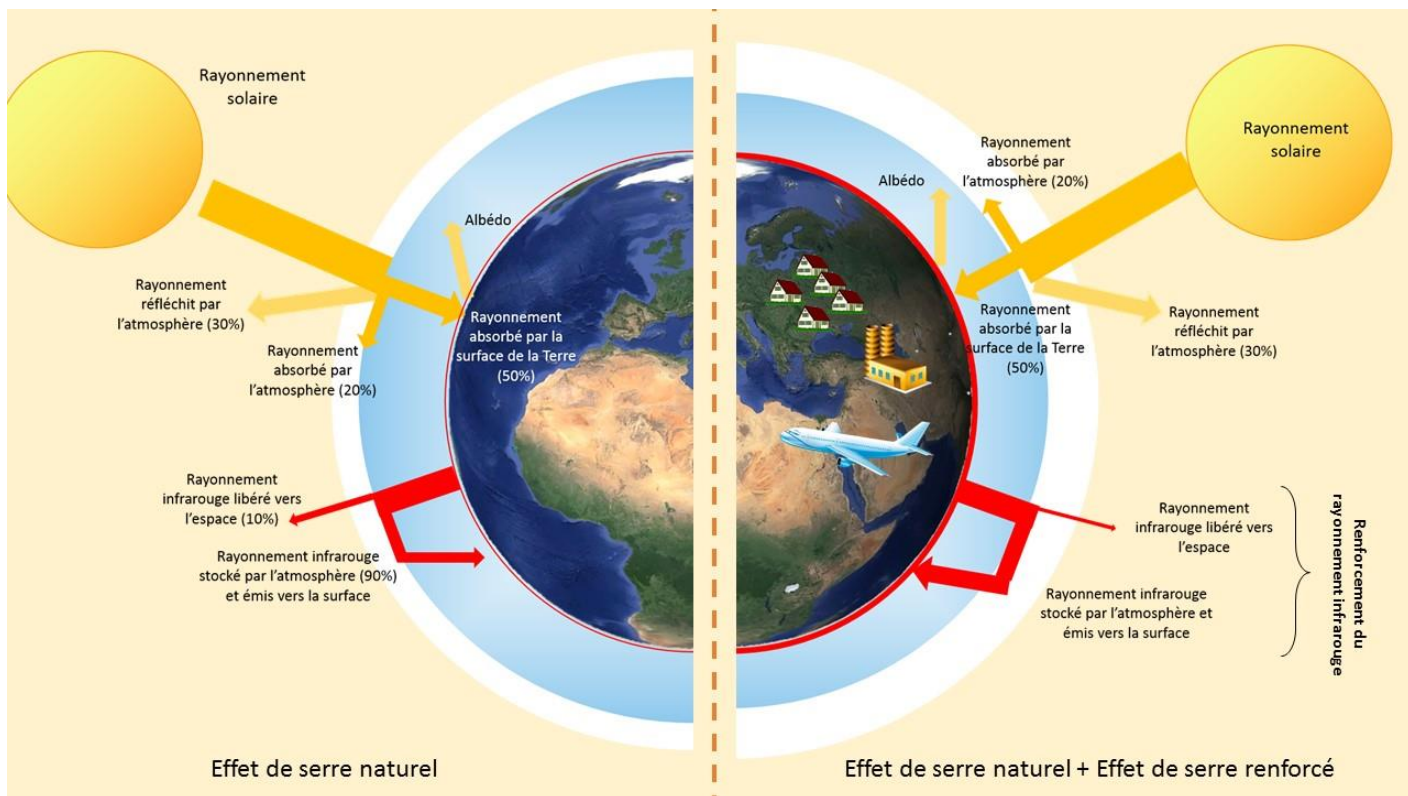


Illustration de l'effet de serre naturel et renforcé

Le principal gaz incriminé est le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Sa concentration a augmenté de 40% depuis 1850. Avec la révolution industrielle, l'homme a commencé à utiliser massivement les combustibles fossiles : charbon, pétrole, gaz naturel et à détruire de grandes étendues de forêts, réservoir important de carbone. De grandes quantités de dioxyde de carbone sont ainsi libérées dans l'atmosphère chaque année.

La concentration des autres gaz, comme le méthane, a également augmenté en raison de l'élevage intensif de bovins. Et de nouveaux gaz tels les gaz fluorés d'origine purement anthropique (présents dans les aérosols, climatiseurs, réfrigérateurs) s'y ajoutent. Si leur concentration est faible, leur impact n'est pas à négliger en raison de leur potentiel de réchauffement et de leur durée de vie souvent supérieurs à ceux du dioxyde de carbone.

## LES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA RELATION ATMOSPHERE/OCEAN

L'absorption par l'océan de l'excès de chaleur induit par l'augmentation des gaz à effet de serre provoque un réchauffement des eaux marines. Ce phénomène aura des conséquences sur les propriétés et la dynamique de l'océan, sur ses échanges avec l'atmosphère (notamment le cycle des précipitations et les événements extrêmes) et sur les écosystèmes marins.

### Réchauffement des océans

Les données marégraphiques montrent que le niveau des mers n'est plus aussi stable qu'auparavant, et que, comme pour la hausse des températures, leur évolution est rapide.

Depuis le début du XXème siècle il suit une progression moyenne de 3,5mm/an.  
Deux phénomènes entraînent la montée des eaux marines :

La fonte des glaces continentales et des calottes polaires est responsable pour 2/3 de la hausse du niveau marin. Les glaciers subissent un recul majoritairement au niveau des moyennes latitudes (entre 50° et 60°) et des zones subpolaires où ils perdent en moyenne 1m/an d'épaisseur, contre 0,4m aux autres latitudes. Les calottes ne montrent pas d'évolution claire de leur masse mais la surface sujette à des épisodes de fonte a augmenté de 40% en 25 ans. La banquise, couche de glace formée par le gel des eaux salées, a subi une perte de 50% de sa surface en l'espace de 30 ans. Déjà sur les flots, sa fonte n'a aucune incidence sur le niveau des mers.

#### Dilatation des océans

L'océan stocke près de 90% de l'excès de chaleur accumulé dans l'atmosphère. L'augmentation de la température moyenne des eaux de surface s'accompagne d'une dilatation thermique. Lorsque la température d'un corps augmente, les molécules qui le constituent vibrent davantage et occupent donc un espace plus grand. L'élévation du niveau des mers est due à ce processus pour un tiers. La répartition de la chaleur reçue n'étant pas égale en tous points du globe, la dilatation n'est pas uniforme sur l'ensemble des océans.

### Modification des cycles biogéochimiques : eau et carbone

- L'augmentation des températures dans l'atmosphère s'accompagne d'une hausse de la température des eaux de surface de l'ordre de 0,5°C depuis 1960. Cette augmentation affecte le **cycle de l'eau** :

- l'évaporation s'accroît et entraîne une forte humidité dans l'atmosphère. Le cycle de l'eau s'accélère entraînant une intensification des événements météorologiques extrêmes tels que sécheresses et inondations.

- le réchauffement des eaux augmente les écarts de salinité océanique. Une forte évaporation dans les zones chaudes conduit à une hausse de la concentration en sels. Dans les zones froides en revanche, la salinité diminue avec l'augmentation de la pluviométrie.

- La hausse de température a également des conséquences sur le **cycle du carbone**. La température modulant la solubilité des gaz dans l'eau, une augmentation de celle-ci entraîne une diminution de la dissolution des gaz. Ainsi, le réchauffement réduit la capacité de l'océan à absorber le CO<sub>2</sub> atmosphérique.

L'oxygène connaît les mêmes perturbations. Il existe dans l'océan des zones de minimum d'oxygène (ZMO), où la saturation en dioxygène est au plus bas. Ces zones ont quadruplé depuis 1960. L'asphyxie de la biodiversité marine et la limitation de son habitat sont des conséquences du réchauffement.

### Modification des courants marins

Les courants marins étant en grande partie dus aux différences de température et de salinité entre les masses d'eau, le changement climatique pourrait avoir des conséquences sur la circulation océanique. Ainsi les apports d'eau froide et non salée de la fonte des glaciers du Groenland et de la banquise arctique ralentissent le courant du Gulf Stream qui joue un rôle sur le climat de l'Europe. Celui-ci pourrait de ce fait être modifié dans les années à venir.

## Modification de l'albédo

La fonte des glaces (calotte, glacier et banquise) impacte l'albédo (quantité d'énergie solaire reçue par un corps et réfléchi vers l'espace). Les surfaces blanches réfléchissent la lumière et leur albédo est proche de 100%. A l'inverse, les surfaces sombres absorbent une grande part du rayonnement solaire qu'elles reçoivent et leur albédo est proche de 0%. Lorsque la glace fond, sa surface blanche disparaît au profit de celle de l'océan ou du sol, sombre. Les rayons sont davantage absorbés par la Terre qui se réchauffe plus rapidement accentuant encore la fonte des glaces. On parle de phénomène de **rétroaction**.

## Acidification des océans

Chaque jour, les océans absorbent 1/4 du CO<sub>2</sub> produit par l'homme. Ce phénomène contribue à réduire la quantité de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et par conséquent à modérer le réchauffement global de la planète. Mais cette absorption de CO<sub>2</sub> n'est pas sans conséquence sur les océans et est à l'origine d'un phénomène qui menace les équilibres chimiques de l'eau de mer : **l'acidification des océans**.

Une partie du CO<sub>2</sub> gazeux se dissout dans l'eau et forme de l'acide carbonique. Il en résulte d'une part une augmentation en ions hydrogènes responsables de l'acidification et d'autre part une diminution d'ions carbonates de l'eau de mer.

Ces carbonates sont pourtant essentiels à de nombreuses espèces marines pour fabriquer leur coquille, carapace ou squelette calcaire. C'est le cas du phytoplancton, des crustacés, des mollusques, des coraux, des échinodermes (oursins, étoiles de mer).

S'il y a moins de carbonates dans l'eau, ces espèces deviendront plus fragiles, leur croissance sera ralentie et les individus seront moins nombreux.

De plus, en affectant les animaux à coquille qui filtrent quotidiennement de grands volumes d'eau, l'acidification peut conduire à une dégradation de la qualité de l'eau et des sédiments. L'acidification a augmenté de 26 % depuis le début de la révolution industrielle (1800). Mais ce phénomène continue à s'amplifier. Certains modèles de prédiction prévoient une augmentation de 150 % de l'acidité d'ici à 2100.

Cela aura des conséquences environnementales mais également socio-économiques (stocks de pêche, sécurité alimentaire...).

## LES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES ESPECES MARINES

L'évolution des températures et teneurs en gaz dans les océans entraîne une transformation des habitats et des conditions de vie des espèces. Ce changement a des incidences sur leur abondance, leur diversité, leur distribution, mais également leurs fonctions vitales : alimentation, développement et reproduction.

Si certaines espèces s'adaptent aux changements de température, d'autres se déplacent vers les pôles ou vers les eaux plus profondes afin de retrouver les conditions propices à leur développement et cycle de vie.

Ce changement est déjà entamé puisque des modifications d'aires de répartition d'espèces vivantes ont été observées (organismes planctoniques, poissons).

D'après une étude, les espèces marines se dirigent six fois plus vers les pôles que les espèces terrestres. La vitesse de déplacement en direction des pôles atteindrait plus de 50 km par

décennie. Certaines espèces de phytoplancton se sont déplacées de près d'un millier de kilomètres en quelques dizaines d'années.

Cette convergence des espèces vers les eaux polaires entraînera, une compétition pour l'espace et la nourriture.

Mais certaines espèces ne pourront pas étendre leur aire de distribution, soit parce qu'elles vivent déjà à proximité des pôles, soit parce que tous les facteurs ne sont pas réunis pour qu'elles puissent s'implanter sur de nouveaux territoires (quantité de lumière, alternance des saisons, présence de nourriture...). Si elles ne peuvent s'adapter rapidement, elles seront amenées à disparaître.

Le réchauffement des eaux modifie également les cycles biologiques. Ainsi, au cours des cinquante dernières années, les pics de production de plancton ont lieu plus tôt pour de nombreuses espèces, avec une progression moyenne d'environ 4 à 5 jours par décennie. Si les autres espèces dépendantes de cette production printanière ne décalent pas leur cycle de ponte à la même vitesse que le plancton, leurs larves risquent alors de naître trop tard, quand la nourriture sera moins abondante.

Le réchauffement des eaux de surface entrave également la remontée des eaux froides riches en sels nutritifs nécessaires au développement du phytoplancton. Celui-ci étant à la base de nombreuses chaînes alimentaires marines, celles-ci seront profondément perturbées. Depuis 1980, la productivité des océans aurait diminué de 6%.

L'appauvrissement en espèces due au réchauffement va d'autant plus fragiliser les écosystèmes marins qui sont déjà très perturbés par les pollutions et la surexploitation par l'Homme. En perdant leur biodiversité, ils perdront également leur capacité à s'adapter au changement des conditions du milieu.

## Blanchissement des coraux

Les coraux vivent en symbiose avec des microalgues. Celles-ci, grâce au phénomène de photosynthèse, leur procurent des sucres et le dioxygène nécessaires à leur développement. En parallèle, le corail apporte aux algues des ions minéraux tels que de l'azote et du phosphate. Cette association se trouve bouleversée par le changement climatique.

Si l'eau devient plus acide ou plus chaude (de 1°C à 2°C dans les régions les plus exposées), les zooxanthelles vont « agresser » les polypes en produisant trop de nutriments et endommager leurs cellules. Les polypes vont alors expulser ces microalgues. Ils perdent leur couleur et laissent apparaître leur squelette calcaire, ce phénomène est appelé « blanchissement des coraux ».



Récifs coralliens en bonne santé  
©IRD Catherine Geoffroy



Décoloration des coraux  
©IRD Pierre Laboute

Si les conditions liées au milieu ambiant redeviennent normales, les zooxanthelles reviennent coloniser les polypes. Mais si leur exil dure plus de quelques semaines, les coraux meurent de faim essentiellement, ou de maladie.

Les récifs de corail sont qualifiés de « hot spot » de biodiversité, leur rôle est majeur dans l'écosystème marin. Ils constituent une zone de ponte et de nurserie pour de nombreuses espèces (crustacés, mollusques, poissons, ...). À la base du réseau trophique, leur disparition aurait des conséquences sur les chaînes alimentaires, la protection des côtes, les pêches et le tourisme avec de fortes répercussions économiques pour l'humain.

## COMMENT ATTENUER CES CHANGEMENTS ?

Devant le constat alarmant du changement climatique, la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre (GES) est devenue une préoccupation mondiale et individuelle.



La Convention-cadre des Nations unies sur le changement climatique (CCNUCC) a été créée et signée par 154 États lors du Sommet de la Terre de Rio de Janeiro en 1992.

Il s'agit pour les différents états de prendre des mesures pour limiter ce réchauffement climatique.

Tous les pays se réunissent chaque année (COP) pour décider des objectifs en matière de réduction des gaz à effet de serre ou de lutte contre la déforestation. Mais vingt ans plus tard, les rejets de gaz à effet de serre continuent d'augmenter.

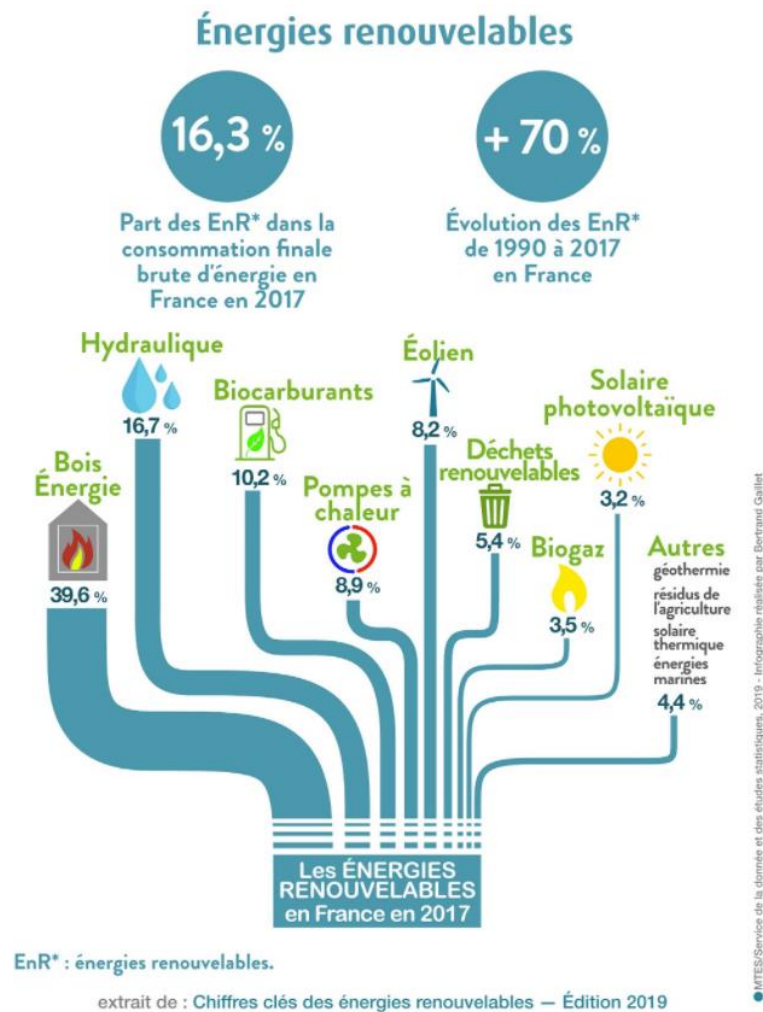
Malheureusement, comme la plupart des accords internationaux, les États ne sont pas sanctionnés s'ils ne respectent pas leurs engagements.

L'humanité doit rechercher de nouvelles voies de développement, de nouvelles sources d'énergie et des innovations technologiques permettant de réduire ces émissions de CO<sup>2</sup>. Cet effort global et concerté est nécessaire à des relations viables et durables entre les activités humaines et les milieux naturels.

## Les énergies renouvelables

Les énergies fossiles produites à partir du charbon, du pétrole et du gaz naturel représentent aujourd'hui plus des  $\frac{3}{4}$  de la consommation mondiale d'énergie. Pourtant, lors de leur extraction et de leur combustion, ces matières premières composées de carbone sont très émettrices de gaz à effet de serre. La perspective d'un épuisement des ressources fossiles

avait déjà motivé le développement des énergies primaires inépuisables mais le réchauffement a permis de donner une nouvelle impulsion à la recherche. On parle de **transition énergétique**.



- **L'énergie hydraulique** est la source d'énergie renouvelable la plus utilisée dans le monde (78%). L'énergie hydraulique représente la force générée par les courants de l'eau (vagues, marées, chutes d'eau...) qui est transformée en électricité. Il existe aujourd'hui de nombreuses installations : usine marémotrice, barrage hydroélectrique, hydrolienne (turbine immergée) ...

- **L'énergie éolienne**, terrestre ou offshore, capte l'énergie du vent afin de la convertir en électricité.

- **L'énergie solaire**, thermique ou photovoltaïque, capte les rayons solaires afin de produire de la chaleur ou de l'électricité.

- **La biomasse** comprend tous les matériaux d'origine biologique employés pour la production de chaleur, d'électricité et de carburants. Le bois, le biogaz et les biocarburants en font partie. Bien qu'elle soit renouvelable, cette ressource rejette du CO2 dans l'atmosphère.

- **L'énergie géothermique**, la chaleur stockée dans le sol est utilisée sous forme de chauffage ou transformée en électricité.

Les énergies renouvelables, dont le renouvellement naturel est assez rapide pour qu'elles puissent être considérées comme inépuisables, représentent l'avenir et l'un des grands espoirs dans la lutte contre le réchauffement climatique.

Elles produisent désormais plus de 26 % de l'électricité mondiale (en 2018).

## Lutter contre la déforestation

La forêt est avec l'océan l'un des principaux boucliers de la planète contre le réchauffement car elle absorbe une partie du CO<sub>2</sub> que nous émettons. De ce fait, la déforestation contribue au réchauffement et représente l'équivalent de 13% des émissions de CO<sub>2</sub> mondiales.

Ce phénomène est largement lié à l'expansion agricole qui pousse à déboiser au profit de l'élevage, de la culture de soja (Brésil), du palmier à huile (Asie) ou du cacao (Afrique). La conversion des forêts tropicales pour des cultures d'exportation est la conséquence du mode de consommation voire de surconsommation des pays industrialisés.

Certains labels garantissent une gestion durable des forêts. En achetant des produits (papier, meubles, etc.) portant le label Forest Stewardship Council (FSC) ou Programme Européen des Forêts Certifiées (PEFC), nous pouvons contribuer à la préservation des forêts et limiter ainsi les émissions de GES.

## Produire autrement

Le secteur du bâtiment doit favoriser des méthodes de construction qui requièrent moins d'énergie fossile et privilégier l'isolation.

Il faudrait également trouver des solutions pour diminuer la consommation énergétique du secteur numérique. Les serveurs informatiques contenant nos données utilisent actuellement beaucoup trop d'énergie. *2 recherches sur internet produisent autant de CO<sub>2</sub> que de porter à ébullition de l'eau pour une tasse de thé.*

## La responsabilité de chacun

La diminution des émissions de dioxyde de carbone tient aussi au comportement et à la consommation de chacun au quotidien. Le logement, les déplacements et l'alimentation sont des secteurs qui causent des dépenses énergétiques considérables et qui, individuellement, sont contrôlables.

- Réduisons nos consommations d'énergie

A l'intérieur des bâtiments, le gaspillage énergétique est immense : défaut d'isolation, appareil électrique peu économe, qui reste allumé ou en veille...

Une rénovation du parc existant s'impose et les nouvelles constructions devront être économes en énergie.

Nous avons aujourd'hui la possibilité de choisir des appareils électriques qui consomment peu (un appareil classé A++ consomme 45% d'énergie en moins qu'un appareil classé A). Et une ampoule basse consommation, par exemple, nécessite 5 fois moins d'énergie qu'une ampoule classique.

- Modifions nos habitudes alimentaires

Pour limiter l'impact de notre alimentation sur le climat, privilégions autant que possible les fruits et légumes de saison. En effet, ils génèrent en moyenne 7 fois moins de GES que les



produits cultivés sous des serres chauffées. De nombreux calendriers de fruits et légumes de saison sont disponibles pour nous guider dans nos achats.

Eviter le gaspillage alimentaire :

1/3 de la production alimentaire destinée à la consommation humaine dans le monde est jetée ou utilisée à d'autres fins. 28% des terres agricoles sont utilisées pour produire des denrées qui seront ensuite jetées. Or, la production, le stockage, la transformation et la distribution de ces denrées nécessitent de l'énergie et émettent donc du CO2 dans l'atmosphère.

- Réduisons notre consommation de viande

L'élevage du bétail participe pour 18% aux émissions de GES. Ils sont produits directement par les animaux, le fumier ou lié à la déforestation et la transformation des surfaces en pâturages ou cultures pour nourrir le bétail (40% des céréales et 80% du soja mondial sont destinés à nourrir le bétail). 7 kg de céréales sont nécessaires pour produire 1kg de viande. Réduire notre consommation en viande permettrait de lutter contre la pénurie alimentaire et limiterait les émissions de GES.

- Privilégions l'économie circulaire

En s'appuyant sur le principe des 3 R, Réduire, Réutiliser et Recycler, nous pouvons réduire considérablement nos quantités de déchets et éviter de produire inutilement de nouveaux objets. Mobilier, textiles ou électroménager, tous nos produits de consommation quotidiens peuvent être réparés ou trouver une nouvelle vie grâce au recyclage.

Nous devons aussi nous interroger sur la nécessité de nos achats, privilégier les produits en vrac ou sans suremballage, préférer les éco-recharges etc...

Le tri permet de limiter la quantité d'ordures incinérées et favoriser le recyclage. Le tri de 3,2 millions de tonnes de déchets permet d'éviter l'émission de 2,1 tonnes de GES.

- Utilisons d'autres modes de transport

Privilégier les transports en commun ou faire du covoiturage sont des solutions efficaces pour réduire nos émissions de gaz à effet de serre lorsque nous nous déplaçons. Les meilleures solutions restent évidemment le vélo et la marche à pied. Une enquête de l'ADEME révèle que la moitié des déplacements en voiture font moins de 3 km, une distance parfaitement adaptée pour le vélo ou la marche.

## En direct de l'Aquarium

- Les aquariums de la salle atlantique présentent des organismes, crustacés, bivalves et échinodermes, qui produisent des coquilles et squelettes faits de calcaire et dont la croissance est directement menacée par l'acidification des océans.
- De nombreux aquariums tropicaux présentent des colonies coralliennes, également tributaires de l'acidification et du réchauffement des océans (Aquariums 47, 48, 50, 59).
- L'aquarium 60 est composé de boutures de coraux réalisées par les biologistes afin d'éviter le prélèvement en milieu naturel d'espèces protégées.
- Le toit de l'Aquarium est équipé de 104 m<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques.

# Activités pédagogiques en lien avec ce thème

## Atelier découverte : Niveau CE2 à CM2

- Coup de chaud sur ma planète

La fiche descriptive de cet atelier est disponible sur le site.

[http://www.aquarium-larochelle.com/sites/default/files/activite\\_coup\\_de\\_chaud\\_1.pdf](http://www.aquarium-larochelle.com/sites/default/files/activite_coup_de_chaud_1.pdf)

## Travaux pratiques : Niveau CE2 à CM2

- La biodiversité marine, pourquoi la préserver ?

La fiche descriptive de ce TP est disponible sur le site :

[http://www.aquarium-larochelle.com/sites/default/files/activite\\_la\\_biodiversite\\_pourquoi\\_la\\_preserver\\_1.pdf](http://www.aquarium-larochelle.com/sites/default/files/activite_la_biodiversite_pourquoi_la_preserver_1.pdf)

## Rencontres thématiques : Niveau CE2 au Lycée

- L'Homme et la mer
- La diversité marine, c'est la vie
- Le corail : de l'animal à l'écosystème corallien

## Lors de votre visite

- Venir en vélo à l'Aquarium si c'est réalisable.
- Demander aux élèves de prévoir un pique-nique zéro déchet.

## Après votre visite

- Entreprendre un travail de recherche et de documentation sur la migration d'une espèce impactée par le changement climatique (phytoplancton par exemple) et voir les répercussions de cette migration sur le milieu et le réseau alimentaire.
- Etablir une carte de répartition des récifs coralliens et la comparer à différentes cartes indiquant des données climatiques (température, oxygène, courants marins, ...)
- Prolonger l'enseignement d'un comportement responsable et éco-citoyen dans la vie de tous les jours, gaspillage alimentaire, mode de transport et logement.

## Ressources

### Les thèmes du dossier pédagogique

- Thème n°1 : L'Homme et la mer
- Thème n°12 : Les récifs coralliens
- Thème n°13 : Gérer la ressource en eau vers un développement durable
- Thème n°16 : De l'océan à l'atmosphère, l'eau dans tous ses états

## En ligne :

- <https://wwz.ifremer.fr/L-ocean-pour-tous/Nos-ressources-pedagogiques/Comprendre-les-oceans/Ocean-et-climat/Absorption-de-CO2-comment-l-ocean-regule-le-climat>
- [https://ocean-climate.org/?page\\_id=4534](https://ocean-climate.org/?page_id=4534)
- <https://oceans.taraexpeditions.org/m/education/les-ressources-pedagogiques/>
- <http://pdfgratuits.blogspot.fr/2015/08/15-contes-pedagogiques-sur-les.html>
- <http://www.lesdessousdelocean.com/oceansMoteurClimat/oceans-moteur-climat.html#panelCycle>
- <https://oceans.taraexpeditions.org/m/education/thematiques-phares/ocean-et-climat/>