



ICOS |  Cities

QUEL RÔLE POUR LE CO₂ DANS NOTRE CLIMAT?

Astrid Hügli-Frautschi / Marc Delmotte



Mentions légales :

Direction du projet :

Astrid Hügli-Frautschi

Contact LSCE :

Marc Delmotte

marc.delmotte@lsce.ipsl.fr

LSCE

CE Saclay, L'orme des Merisiers

Bât 714, Point courrier n°129

91191 Gif sur Yvette Cedex

France

Astrid Hügli-Frautschi

astrid@ahsc.ch

Andrea Fischer

andrea.fischer@empa.ch

Empa

Überlandstrasse 129

8600 Dübendorf

Suisse

Remerciements

L'auteur remercie le projet ICOS-Cities et ses participants, en particulier l'équipe de l'Empa, dirigée par le Dr Lukas Emmenegger, pour leur excellente collaboration.

Nous remercions tout particulièrement les personnes suivantes pour leurs échanges constructifs, leurs réactions expertes et leurs suggestions utiles lors de l'élaboration de ce matériel pédagogique :

Dr. Lukas Emmenegger, Empa, Suisse

Dr. Andrea Fischer, Empa, Suisse

Hubertus Fischer, Université de Berne, Suisse

Dr Martin Steinbacher, Empa, Suisse

Dr. Roland Vogt, Université de Bâle, Suisse



"PAUL, Pilot Applications in Urban Landscapes - Towards integrated city observatories for greenhouse gases (ICOS Cities), has received funding from the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Programme under grant agreement No 101037319."

Matériel pédagogique "Quel rôle pour le CO₂ dans notre climat ?", version 1, décembre 2023 (traduit et adapté en français par M. Delmotte). Licence [CC BY-NC-ND 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)





Liste du matériel

- 8 planètes Laminées
- fil chenille (rouge + jaune),
- flèche solaire (papier jaune et épais)
- 4x boîtes avec des billes en aluminium
- Ballons
- bicarbonate de soude
- 15x pinces à ballons
- 8x petit bocal avec couvercle
- 2x appareil de mesure du CO2 EmpAir
- 4x grands récipients en verre transparent
- 2x Tupperware
- 2x moule à glaçons (min. 40 glaçons)
- Chiffon
- Ruban adhésif de peintre
- 8x récipients en verre (2dl)
- Papier blanc et noir (160g/cm²)
- Elastiques
- 4x thermomètres (jusqu'à 100°C)
- Plaque isolante
- Bandelettes de mesure du pH
- Eau minérale à forte teneur en CO2
- Craie de rue
- 6x petit bocal avec couvercle
- Petite cuillère et couteau à légumes
- 4x support réfractaire
- Aiguilles sèches et fraîches (conifères)
- 8x loupes





Les villes sont des points chauds pour les émissions de gaz à effet de serre causées par l'homme (anthropiques). Au niveau mondial, les villes émettent environ 2/3 des gaz à effet de serre et jouent donc un rôle important dans les efforts de réduction des émissions et dans la mise en œuvre de l'accord de Paris sur le climat. C'est pourquoi de nombreuses villes ont pris des mesures pour réduire ces émissions. En France, La ville de Paris est engagée sur une trajectoire de réduction de ses émissions de gaz à effet de serre depuis 30 ans (plan climat 2024-2030, <https://www.paris.fr/pages/paris-pour-le-climat-2148#le-plan-climat-de-paris>)

Le projet européen ICOS Cities soutient les villes dans cette démarche en identifiant, observant et vérifiant les émissions de gaz à effet de serre (par exemple les émissions de CO₂).

En Europe trois villes pilotes ont été choisies:

- **Paris** (une grande métropole)
- **Munich** (une grande ville)
- **Zurich** (une ville de taille moyenne)

Les objectifs du projet ICOS Cities sont les suivants :

- La mesure des émissions de gaz à effet de serre
- Le développement de protocoles et de modèles pour l'analyse et la présentation des observations.
- La sensibilisation de la population
- Le soutien aux villes dans la mise en œuvre de plans d'action climatiques urbains

Les principaux partenaires français d'ICOS Cities sont : LSCE (CEA, CNRS, UVSQ), INRAE.

Plus d'informations sur ICOS-Cities :

<https://www.icos-cp.eu/projects/icos-cities>



Table des Matières

Atmosphère

- Effet de serre
- Gaz à effet de serre

Glaciers et zones englacées

- Les Alpes
- L'arctique et l'Antarctique
- L'effet d'albédo

Eau

- Température de l'eau
- Niveau de la mer
- Acidification

Sol et Végétation

- Source et puits de CO₂
- Biodiversité
- Evènements météorologiques extrêmes

Que pouvons nous faire?

- Manifestations du réchauffement climatique
- Causes
- Que pouvons nous faire
- Désinformation et réalité observée


La fresque du climat

- 42 cartes à découvrir
- Groupe de 5-7 Personnes
- Relier les causes et les effets du changement climatique en un puzzle







Nomenclature du module CO₂





*En classe
entière*

ICOS 





*Explications
pour les
enseignants*

ICOS 




Expérience

ICOS 

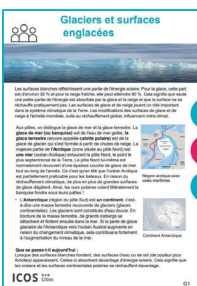
 **FT1 :**

*FT = Fiche de
Travail*

ICOS  U4

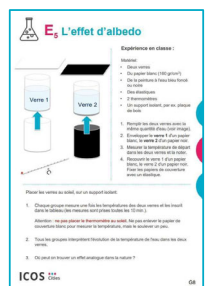
- "Image" indique la carte graphique correspondante de la fresque du climat. Par exemple, image 12

Ex. aménager un lieu d'expérimentation:



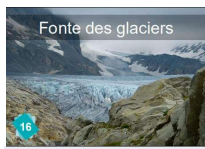
Fiche théorique

+




Guide d'expérimentation

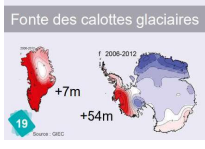
+




16



18



19



31

+

Matériel



Objectifs d'apprentissage

Pour les élèves :

- Comprendre comment le dioxyde de carbone (CO₂) est produit.
- Comprendre le lien entre CO₂ et réchauffement climatique
- Reconnaître les effets du réchauffement climatique
- Comprendre que le CO₂ ne disparaîtra pas de lui-même
- Apprendre à démasquer les fausses affirmations courantes sur le climat.
- Prendre connaissance des solutions possibles pour réduire les émissions de CO₂.
- S'engager à réduire leur propre empreinte carbone





Compétences

Pour les élèves :

- Pouvoir expliquer l'effet de serre naturel et l'effet de serre additionnel provoqué par l'homme à l'aide d'un modèle.
- Pouvoir expliquer l'augmentation du CO₂ et la mettre en relation avec le réchauffement climatique.
- Pouvoir proposer des solutions pour réduire le CO₂
- Connaître la notion d'empreinte carbone et pouvoir réfléchir à leur propre empreinte.
- Pouvoir décrire les conséquences à long terme du réchauffement climatique.





Déroulement des cours I

Préparation:

- Préparer des glaçons
- Chercher des aiguilles de sapin sèches et des branches d'aiguilles vertes et les préparer
- Mettre de l'eau minérale gazeuse dans le réfrigérateur

Théorie et Expérience

- Préparer le guide d'expérimentation avec les images, les instructions et la fiche théorique plus le matériel. 2 élèves par groupe d'expérimentation.
Questions sur les expériences : où les écrire ? Papier ou ipad ?
- **Mettre en place des expériences de classe (E4/E5)**
- **Planifier 4 chapitres: Atmosphère, glaciers et banquise, eau, sol et végétation**

Entrée en matière : Que savez vous déjà? Qu'est ce que vous aimeriez/devriez savoir?

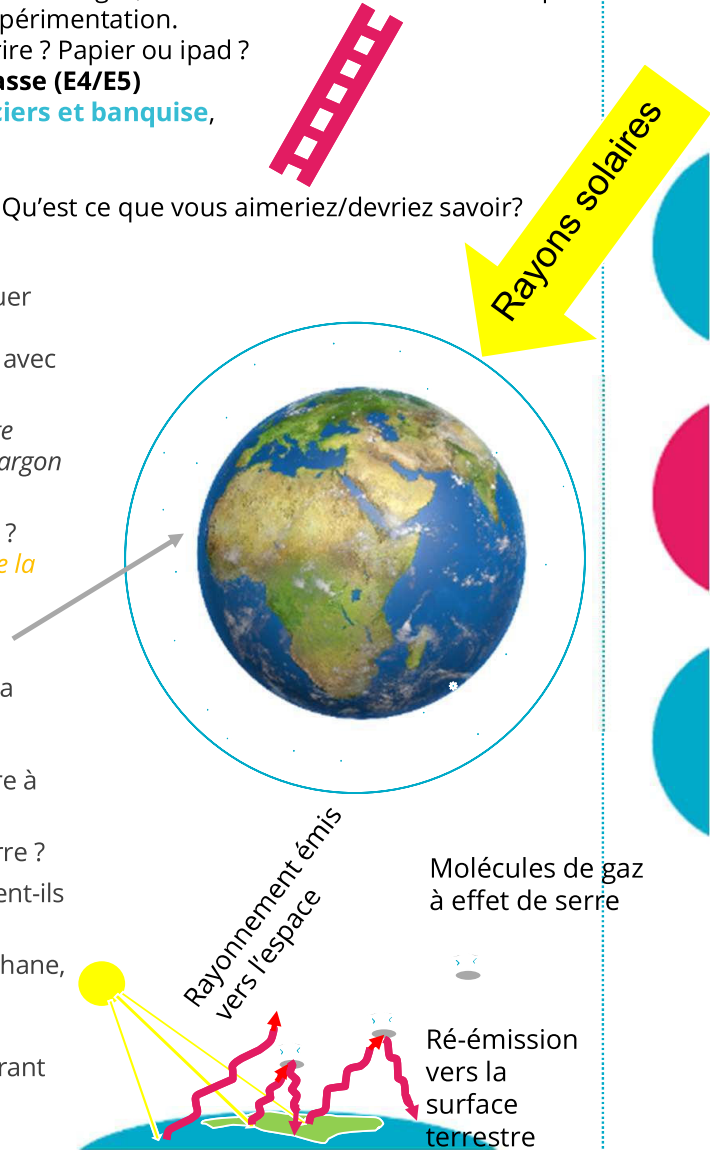
Atmosphère

- Discuter ensemble ou en groupes (distribuer une planète à chacun) de la structure de l'atmosphère : modèle de planète + cercle avec craie = utiliser l'atmosphère
- De quoi est composée l'atmosphère ? Azote 78%, oxygène, 21% de gaz à effet de serre et argon = gaz rare (décomposition du potassium).
- Pourquoi la Terre a-t-elle une atmosphère ? Protection contre les radiations, régulation de la température

Les gaz à effet de serre de l'atmosphère absorbent le rayonnement thermique de la terre puis le réémettent vers la surface terrestre.

Définir ce qu'est une serre et l'effet de serre à partir d'illustrations

- Comment se forment les gaz à effet de serre ?
- Comment les gaz à effet de serre influencent-ils la température globale ?
- Nommer les gaz à effet de serre (CO_2 , méthane, protoxyde d'azote).
- Combien de CO_2 (0.042 %) y a-t-il dans l'atmosphère ? Montrer le cube en comparant les chiffres
- Réaliser les expériences (E1a/E1b/E2/E3)
Télécharger l'application E3. Faire éventuellement les mesures ensemble sous forme de promenade (chantier, cour de récréation) . Discuter des valeurs mesurées.
- Histoire de Hiéropolis (facultatif)





Déroulement des cours II

Glaciers et banquise:

Préparer des glaçons (env. 50 cubes) la veille.

Différence entre l'Arctique (pôle Nord) → Glace de mer et Antarctique (pôle sud) → Expliquer le terme de calotte de glace. Expliquer l'effet albédo, analogie avec les surfaces blanches et noires dans la vie quotidienne (T-shirt).

Aborder la question de la fonte des glaciers dans les Alpes :

L'eau de fonte est très importante pour l'agriculture.

Les expériences E4 et E5 peuvent être réalisées en classe.



Expérience E4 (en classe) :

Les élèves observent le déroulement de l'expérience (env. 2h) et répondent aux questions avec l'aide d'images: 16, 18, 19, 31.

L'enseignant peut accélérer la fusion avec un sèche-cheveux.

Expérience E5 :

En plein air d'avril à septembre ou dans la salle de classe derrière la vitre.

Préparer des enveloppes ou des couvercles blancs et noirs pour les bocaux.

Prévoir 2 Thermomètres à disposition. Préparer des supports en bois pour les bocaux.

Déterminer l'emplacement.

Créer une série de mesures de température avec différents groupes.

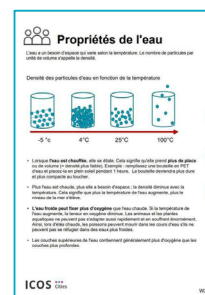
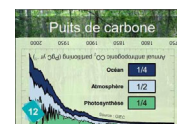
Eau

Pour les expériences, mettre de l'eau minérale fortement gazéifiée au réfrigérateur.

La terre est constituée à 70% d'eau. Les océans régulent la température. Image 12 → Ils sont un grand puits de carbone = ils absorbent une partie du CO₂ de l'atmosphère..

La densité de l'eau dépend de la température. Cela signifie que le volume augmente avec la température → Le niveau de la mer s'élève. Image 17/22

Discuter des problèmes des océans. La température de l'eau augmente, l'oxygène diminue, l'acidification, la surpêche, le plastique, les produits chimiques... Image 23/24



Que dit le pH ? A quel point un liquide (solution) est-il acide ou basique ? Ex : notre peau a un manteau protecteur acide pH 5.5, acide gastrique 1-1.5 = extrêmement acide, vinaigre env. 2,8, savon 8-10.

Mesurer avec une bandelette de mesure du pH.



Déroulement des cours III

Expériences:

- **E6:** Mesurer le pH. Préparer l'eau minérale froide et fermée, conserver les bandelettes de test dans un environnement sec.
Image: 17, 20, 22, 23, 24, 27
- **E7:** Utiliser de la craie de rue, elle se dissout mieux que la craie de table, garder l'eau minérale au frais et fermée.
- Histoire du lac Nyos (facultatif)

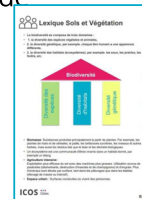
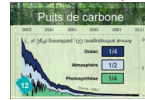
Sol et végétation:

Préparation : collecter des aiguilles sèches et vertes de conifères.

Discuter du vocabulaire du sol, aborder la biodiversité, exemples tirés de l'environnement. Répéter la photosynthèse.

Puits de CO₂ = lieu où le CO₂ peut être absorbé dans l'atmosphère.

Image: 6, 8, 9, 12, 25 à discuter.



Photosynthèse = puits de CO₂.

Biodiversité et agriculture. Discuter des puits de CO₂ Image 25

- **E8:** Déterminer l'emplacement, réaliser l'expérience avec une loupe en été (mai-sept):
la réaliser avec une allumette en laboratoire en saison fraîche → supports réfractaires



Signes du changement climatique →

Et maintenant

- Illustrer les causes et les effets à l'aide d'images
- Réaliser la fresque du climat (2 enseignants nécessaires par classe)
- D'où viennent les gaz à effet de serre ? → Image: 1, 2, 3, 4, 5, 8
Conséquences:
La température de l'air augmente et la température de l'océan augmente
- Image: 21, 30, 35, 36 Image: 17, 22, 26, 33, 34, 24
- Que pouvons-nous faire ?
- Vrai ou Faux ?





Intégrer le projet CO₂ dans différentes matières

Biologie

- Etudier la photosynthèse
- Les puits de CO₂ : forêt, prairie, marais
- La serre en jardinerie
- L'effet de serre pour la terre : comment se forme-t-il.
- Brûler des aiguilles de sapin (sèches, fraîches)
- Dégradation biologique par les micro-organismes

Chimie

- Réactions acide-base
- Mesure du pH
- Produire du CO₂
- Mesurer le pH de l'eau gazeuse
- Dissoudre le calcaire
- Composition chimique de l'air atmosphérique
- Formule chimique des gaz à effet de serre.

Physique

- La lumière est une onde
- Spectre de la lumière solaire
- Couleurs
- Rayonnement infra-rouge
- Diffusion du rayonnement infrarouge par les gaz à effet de serre (modèle)
- Les gaz à effet de serre régulent la température globale

Géographie

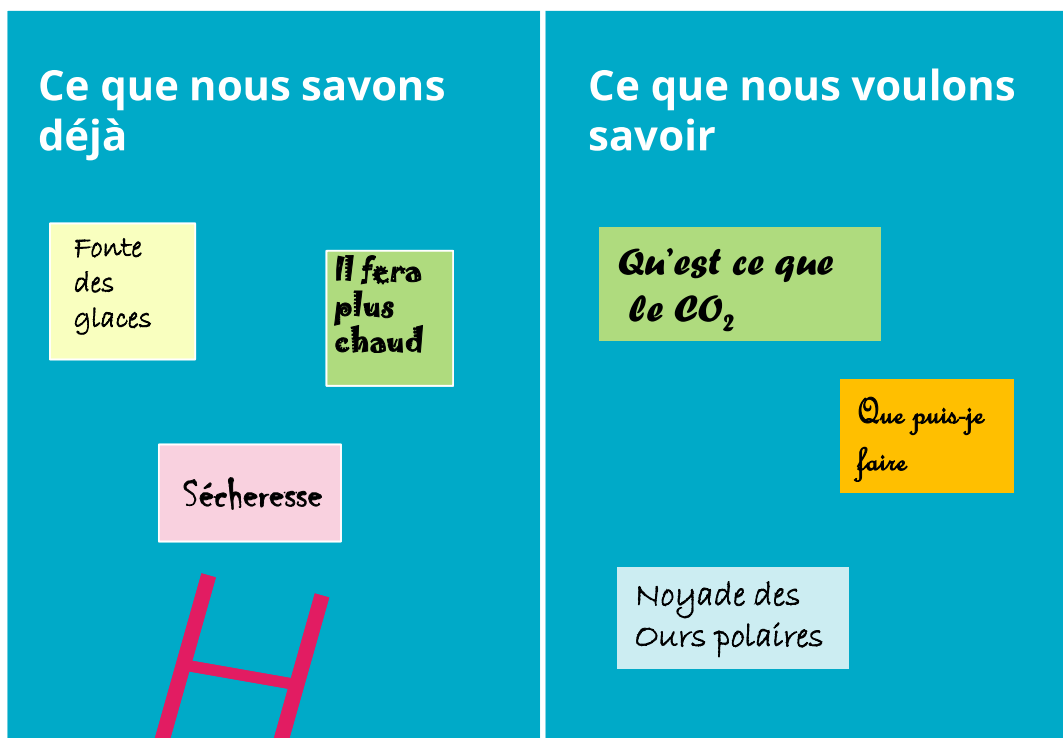
- Structure de l'atmosphère
- Effet de serre
- Gaz à effet de serre





Entrée en matière

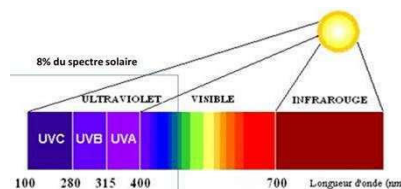
Rassembler les connaissances préalables :





Vocabulaire Atmosphère

- **Atmosphère** : enveloppe gazeuse (air) de la Terre qui entoure la planète et permet la vie sur Terre...
- **Émission** : émission de substances solides, liquides ou gazeuses, p. ex. rejet ou libération de CO₂.
- **Réchauffement global** = réchauffement globale de la planète/de la Terre. Cela signifie que la température moyenne globale de la Terre augmente sur une période de temps significative (au moins 30 ans). Le terme global ne signifie pas nécessairement que l'augmentation de température se produit de manière uniforme sur toute la planète.
- **Rayonnement infrarouge** = rayonnement thermique : rayonnement à ondes longues.
- **Météorologie** : la météorologie est la description du temps présent et la prévision du temps sur des périodes courtes et sur des zones géographiques restreintes (locales). Elle se caractérise par une grande variabilité dans le temps et dans l'espace.
- **Climat** : évolution météorologique typique d'une grande zone géographique et définie sur une période longue de 30 ans (moyenne). Le climat caractérise de larges zones (souvent associées aux bandes de latitudes géographiques).
- **Réchauffement climatique** : le réchauffement climatique (global) actuel ou réchauffement de la Terre (couramment appelé "changement climatique") est la conséquence du réchauffement des basses couches de l'atmosphère, des continents et de océans. Ce réchauffement est causé par l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère liées aux activités humaines.
- **Dioxyde de carbone** = gaz carbonique = CO₂ : liaison chimique entre deux atomes d'oxygène et un atome de carbone O=C=O. Le gaz dioxyde de carbone est incolore, facilement soluble dans l'eau, ininflammable et inodore.
- **ppm** = parties par million (1 : 1'000'000).
- **Effet de serre** : les gaz à effet de serre contenus dans l'atmosphère absorbent le rayonnement thermique et le réémettent aussitôt dans toutes les directions. Il existe deux formes d'effet de serre. L'effet de serre naturel (sources naturelles de CO₂) constitue sur la Terre la base de températures propices à la vie. L'effet de serre additionnel du aux activités humaines (principalement la combustion de gaz à effet de serre) est une forme de réchauffement climatique.
- **Effet de serre anthropique** = effet de serre provoqué par l'homme. Causé par la combustion d'énergies fossiles et le changement d'usage des surfaces terrestres.





Atmosphère



La planète Terre est entourée d'une enveloppe gazeuse appelée atmosphère. Elle protège la Terre des radiations dangereuses, assure des températures propices à la vie sur Terre, permet le cycle de l'eau et notre respiration. L'atmosphère est composée à 78% d'azote (N_2) et à 21% d'oxygène (O_2). De l'argon (0,9 %) et des gaz dits "à l'état de traces", dont les gaz à effet de serre, sont présents en petites quantités. Les rayons du soleil traversent en grande partie l'atmosphère et rencontrent la terre, l'eau ou la glace en surface. Ces dernières absorbent l'énergie et se réchauffent. Une partie de la chaleur est renvoyée dans l'espace sous forme de rayonnement thermique à travers l'atmosphère.

Influence des gaz à effet de serre :

- Pour que la vie soit possible sur Terre, la température ne doit pas varier trop fortement. Cela est possible grâce à un équilibre entre le rayonnement solaire et le rayonnement thermique. Cet équilibre est influencé par les gaz à effet de serre.
- Les principaux gaz à effet de serre sont : La vapeur d'eau H_2O , le dioxyde de carbone CO_2 , le méthane CH_4 et le protoxyde d'azote N_2O .
- Lorsque le rayonnement thermique émis par la surface de la Terre rencontre les molécules des gaz à effet de serre (par exemple le CO_2), celles-ci ont la capacité d'absorber puis de réémettre une partie du rayonnement thermique vers la Terre.
- La quantité de gaz à effet de serre dans l'atmosphère détermine la part du rayonnement thermique qui reste dans le système Terre-atmosphère et la part qui est émise vers l'espace. Les gaz à effet de serre ont donc un rôle important à jouer dans le bilan thermique de la Terre.

Que se passe-t-il aujourd'hui :

- La concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère augmente principalement en raison des activités humaines. Les causes en sont la combustion massive de sources d'énergie fossiles, l'agriculture intensive et la déforestation. L'augmentation continue de la quantité de gaz à effet de serre dans l'atmosphère entraîne une hausse continue de la température sur la Terre et donc un changement climatique.



Modèle théorique: Atmosphère avec gaz à effet de serre



Atmosphère:
78% Azote N_2 , 21% Oxygène,
0.9% gaz rares, 0.04% dioxyde de
carbone CO_2 et autres gaz à effet
de serre.



Les rayons du soleil traversent
l'atmosphère. La surface de la
Terre absorbe, selon la nature de la
surface, l'énergie solaire et renvoie
de l'énergie thermique en direction
de l'espace.





L'effet de serre

- Une serre est une maison transparente en verre ou en plastique. Le verre laisse passer la lumière visible, mais le rayonnement thermique (lumière infrarouge) ne peut guère s'échapper. On génère ainsi un climat chaud où les plantes poussent plus rapidement et où les fruits peuvent être récoltés plus tôt. La température peut être régulée en ouvrant certaines surfaces vitrées.

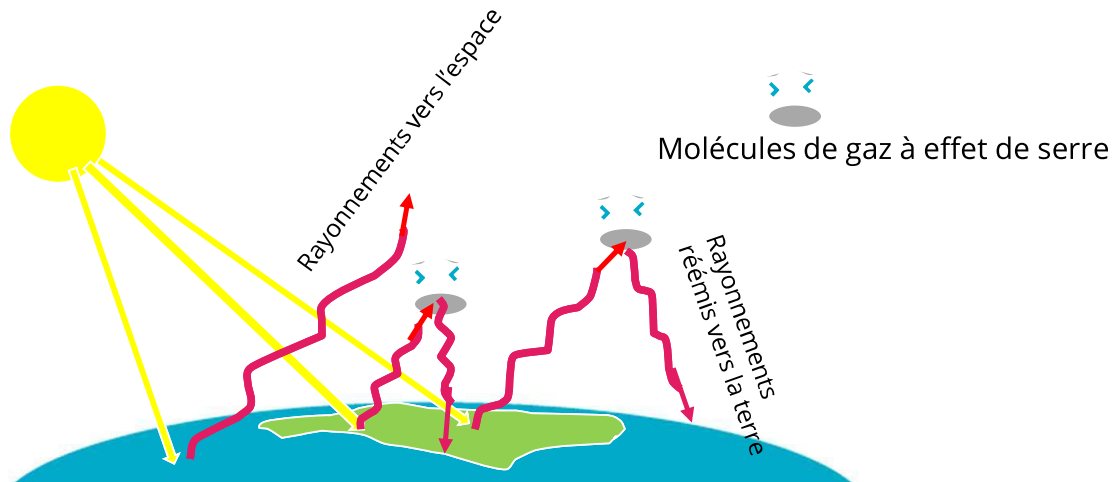


- L'atmosphère a en partie des propriétés similaires à celles de la serre. Les gaz dits à effet de serre (molécules) tels que la vapeur d'eau H_2O , le dioxyde de carbone CO_2 , le méthane CH_4 et le protoxyde d'azote N_2O agissent comme les surfaces vitrées.
- Le rayonnement solaire traverse l'atmosphère. Il est transformé en rayonnement thermique réémis par la surface de la terre. Ce rayonnement thermique est en partie diffusé par les gaz à effet de serre. Le rayonnement de la chaleur vers l'espace est ainsi entravé et une partie de la chaleur reste dans l'atmosphère.
- Une partie de ces gaz à effet de serre est présente naturellement dans l'atmosphère et permet la "vie" sur Terre. C'est ce qu'on appelle **l'effet de serre naturel**.
L'effet de serre naturel est principalement dû à la **vapeur d'eau**, qui pénètre dans l'atmosphère par évaporation, et au **CO_2** , qui est notamment formé à chaque **expiration** et chaque processus de **combustion naturelle**.
- L'effet de serre naturel est renforcé par les activités humaines, notamment par la **combustion de sources d'énergie fossiles** (par ex. pétrole, gaz, charbon). Il en résulte surtout d'énormes quantités de dioxyde de carbone **CO_2** . C'est un gaz à effet de serre qui absorbe le rayonnement thermique de la terre puis le réémet vers sa surface. Par conséquent, notre climat se réchauffe (= réchauffement climatique).
C'est ce que l'on appelle **l'effet de serre d'origine humaine (= anthropique) ou effet de serre additionnel**.



Les gaz à effet de serre

- Les molécules de gaz contenant plus de deux atomes, comme le dioxyde de carbone CO_2 , le méthane CH_4 , la vapeur d'eau H_2O et le protoxyde d'azote N_2O , absorbent le rayonnement thermique et le diffusent vers la Terre. On appelle ces gaz des gaz à effet de serre.
- Une autre caractéristique des gaz à effet de serre est qu'ils restent longtemps dans l'atmosphère. Cela augmente l'effet climatique.



- Le charbon, le pétrole et le gaz naturel se sont formés au cours de millions d'années par des processus de transformation à partir de forêts, de plancton et de plantes dans les couches profondes de la terre. C'est pourquoi on appelle ces sources d'énergie des énergies fossiles. Déjà à l'époque, les plantes prélevaient du CO_2 dans l'atmosphère et le fixaient dans le sol. En brûlant des sources d'énergie fossiles, par exemple en se chauffant ou en conduisant une voiture thermique, le CO_2 est à nouveau libéré.
- La proportion de gaz à effet de serre dans l'air est exprimée en parties par million (ppm) ou en pourcentage (%). 420 ppm de CO_2 signifie que dans un million de molécules d'air, il y a 420 molécules de CO_2 . Cela équivaut à 0,042 %.
- Exemple : Lorsqu'un véhicule consomme un litre d'essence, cela correspond à une production de CO_2 (émission) d'environ 2,37 kilogrammes.
- Depuis la révolution industrielle du 19e siècle, la concentration de CO_2 a augmenté de 43%. Sans l'influence actuelle de l'homme sur le système climatique, la Terre ne se réchaufferait donc pas dans de telles proportions. Aujourd'hui, il fait déjà globalement environ 1,2 degré de plus qu'au début de l'ère industrielle autour de 1850.

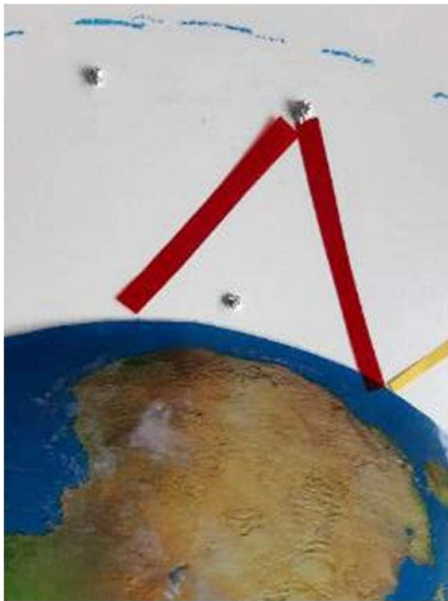
Les gaz à effet de serre sont des molécules qui renvoient la chaleur vers la Terre et produisent ainsi le réchauffement climatique.



Modèle d'effet de serre



Si le rayonnement thermique rencontre une molécule de gaz à effet de serre (ici des billes d'aluminium), le rayonnement thermique est à nouveau diffusé en direction de la terre.



Les billes d'aluminium représentent les gaz à effet de serre dans le modèle.



Plus il y a de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, plus le climat de la planète se réchauffe.



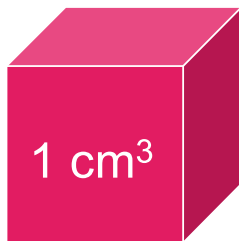


Volume de CO₂

Pour les gaz, une mole a un volume de 22,4 litres dans des conditions normales.

- 1 mole = 24,46 l
- 1/ 24,46 mole = 1 l = 1 dm³
- 1 Mole représente $6,022 \times 10^{23}$ particules élémentaires => 24,46 l
- 1l → $24,6 \times 10^{21}$ particules → 1dm³
- Dans 1 cm³ d'air, il y a environ $24,6 \times 10^{18}$ particules
- dont 0.04% de CO₂ donc $9,8 \times 10^{15}$ soit environ. **10¹⁶ particules.**

25 x 10¹⁸ molécules d'air
25'000'000'000'000'000'000
25 milliards de milliards



Dont 1x 10¹⁶ CO₂
10'000'000'000'000'000
10 000 milliards

Une mole occupe en effet un volume de 22,4 litres.

La masse atomique de l'oxygène = 16 grammes par mole,
La masse atomique de carbone = 12 grammes par mole →
 $16 + 16 + 12 = 44$ g de masse atomique du CO₂ .

Une mole de CO₂ pèse donc 44 g correspondant à 22,4 l.
1l de CO₂ pèse $44/22,4 = 1,96$ g → 1kg CO₂ = 520 l

Les autres gaz à effet de serre:



Méthane CH₄ / Protoxyde d'azote N₂O

- **Le Méthane (CH₄)**, également appelé gaz naturel, est un gaz à effet de serre **30 fois plus puissant** que le CO₂.
- Le méthane se forme lorsque les plantes se décomposent en l'absence d'air, par exemple dans l'estomac d'une vache, dans les rizières, dans les décharges, dans les marécages.
- Le méthane se forme également lors de l'extraction de combustibles fossiles par fracturation. Il s'échappe aussi des gazoducs qui fuient.
- Le méthane est dû à 37 % à l'élevage et contribue à hauteur d'environ 20 % à l'effet de serre d'origine humaine. Il a fortement augmenté en raison de l'élevage intensif.
- Les molécules de méthane restent dans l'atmosphère pendant environ 12 ans.

Méthane CH₄

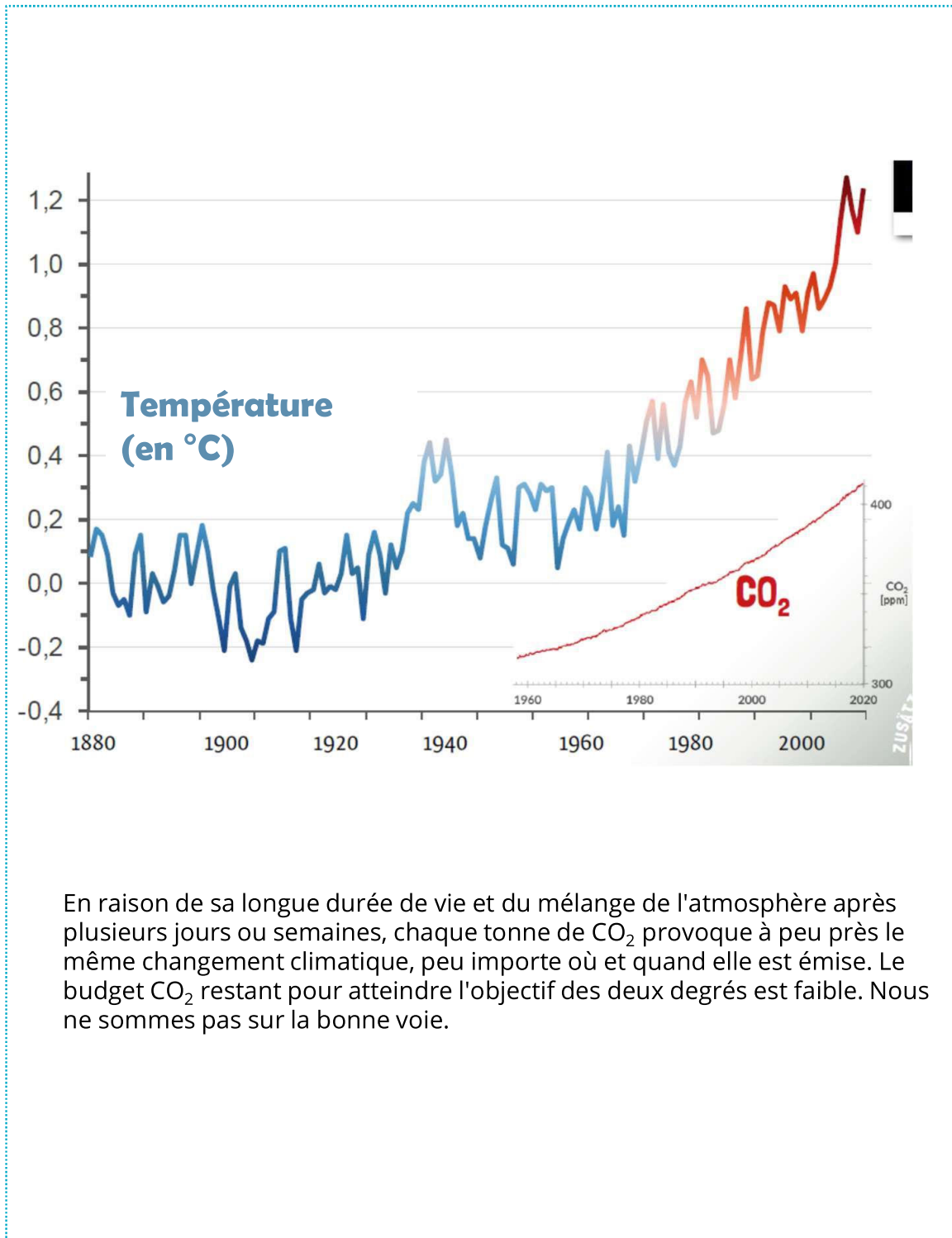


- **Le protoxyde d'azote N₂O** = Le protoxyde d'azote est incolore et inodore.
- Le protoxyde d'azote est un gaz à effet de serre environ 200 fois plus puissant que le CO₂.
- Les deux tiers du protoxyde d'azote proviennent de l'agriculture. Si les sols sont fertilisés de manière trop intensive avec des engrais artificiels contenant de l'azote, les plantes ne peuvent pas absorber suffisamment d'azote. L'excédent d'engrais est dégradé par des micro-organismes. Il en résulte notamment du gaz hilarant, qui contribue au réchauffement climatique. Le protoxyde d'azote contribue à hauteur d'environ 7 % à l'effet de serre provoqué par l'homme. Le protoxyde d'azote reste dans l'atmosphère pendant plus de 100 ans.



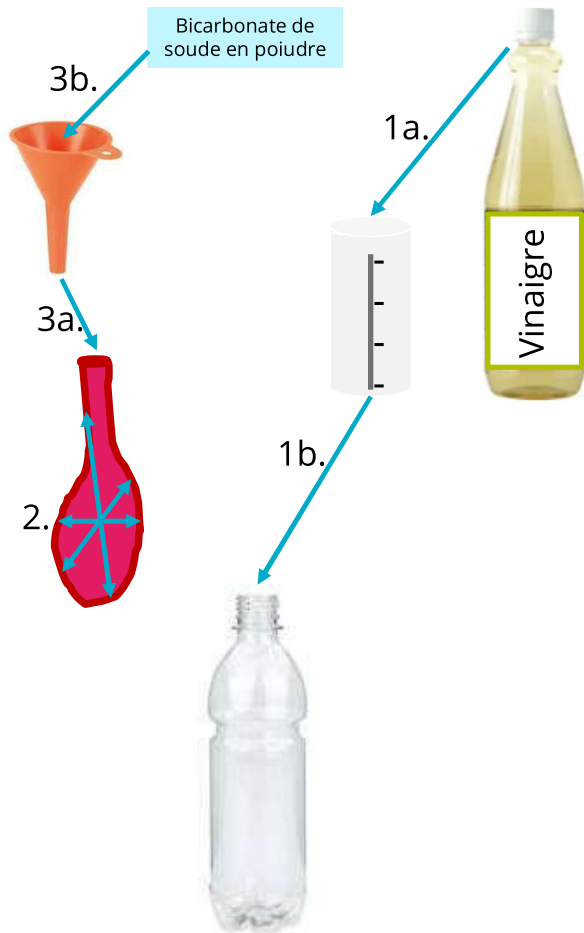


Lien CO₂ et augmentation de la température





E_{1a} Fabriquer le CO₂



Bicarbonate de soude en poudre

Vous avez besoin :

- D'une bouteille (PET ou en verre de 0.5 l – 0.75 l) avec un bouchon
- De bicarbonate de soude en poudre
- Du vinaigre
- d'un Entonnoir
- D'une cuillère à café
- D'un ballon
- D'une pince
- D'un verre gradué pour le vinaigre

1. Verser 1 dl de vinaigre dans la bouteille à l'aide du verre doseur.
2. Etirer le ballon plusieurs fois de tous les côtés.
3. Introduire l'entonnoir dans le col du ballon. Saupoudrer 2 cuillères à café de bicarbonate de soude dans l'entonnoir.

Retourner le ballon sur le goulot de la bouteille et le maintenir avec la main. Une deuxième personne redresse le ballon de manière à ce que la poudre puisse descendre dans la bouteille. Ne pas lâcher le ballon.

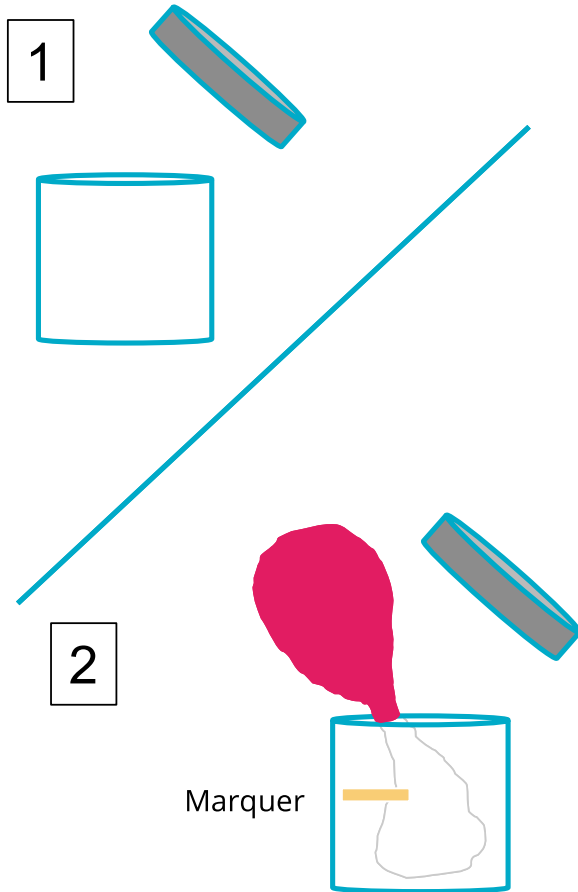
1. Attendre jusqu'à qu'il ne se passe plus rien. Décrire l'expérience.
2. Comment expliquez-vous le résultat?

Tourner le col du ballon 2-3 fois avant de le retirer. Fermez-le avec une pince et réalisez ensuite l'expérience E1b.

Après l'expérience, rincer la bouteille en PET et emporter le ballon fermé pour l'expérience E1b.



E_{1b} Quel gaz se trouve dans le bocal?



Expérience suivant E1a

Vous avez besoin :

- De 2 bocaux avec couvercle
- Des allumettes
- Du ruban adhésif de peintre
- Du ballon rempli lors de l'expérience E1a

Faire une marque sur un des verres avec un morceau de ruban adhésif.

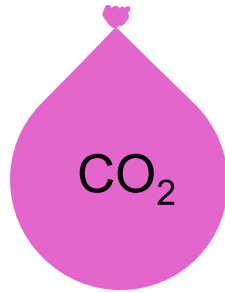
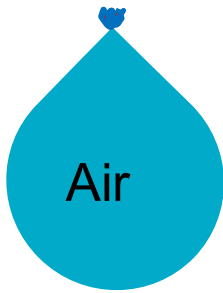
1. Ouvrir le bocal non marqué (1) et tenir une allumette allumée à l'intérieur. Retirer l'allumette et refermer le bocal.
2. Ouvrir le bocal marqué (2). Retirer la pince du ballon et laisser le gaz se répandre doucement à l'intérieur du bocal. Ensuite, tenir une allumette allumée dans ce bocal. Retirer l'allumette et refermer le bocal (2).
3. Noter les observations. Quelles conclusions tirez-vous de cette expérience ?

Se débarrasser du reste du contenu du ballon le cas échéant (ne pas jouer avec pour les élèves!).



E₂

Comparer les gaz



Vous avez besoin :

- De 2 ballons
- De CO₂ (de la bouteille de CO₂ sous pression ou de E1a)

Préparation :

1. Remplir un ballon avec du CO₂ provenant d'une bouteille de CO₂ sous pression.

Ou bien :

créer du CO₂ dans un ballon (expérience E_{1a}) et nouer le ballon.

2. Gonfler un deuxième ballon de manière à ce que sa circonférence soit identique à celle du premier. Nouer le également.

1. Essayer de déterminer la différence entre les deux gaz.
2. Quelle différence avez-vous découverte ?

Veuillez laisser les deux ballons noués sur le lieu d'expérience.



E_{1ab/2}

Caractéristiques du CO₂

E1a Produire du CO₂

Lorsque l'on mélange du vinaigre et du bicarbonate de soude, on obtient du dioxyde de carbone (CO₂) et de l'eau (H₂O) en faisant vivement mousser le mélange.

Le CO₂ gazeux monte de la bouteille dans le ballon de baudruche, écarte l'enveloppe en caoutchouc et le gonfle.

La formule chimique du bicarbonate de soude est NaHCO₃ (bicarbonate de sodium). On peut imaginer que cette substance peut conduire à la création de CO₂.

Le bicarbonate de soude est également utilisé comme agent levant en pâtisserie. La levure chimique est composée de bicarbonate de soude, d'acide et d'amidon. Dans la pâte humide, la poudre acide se dissout et réagit avec le bicarbonate de soude. Il se forme de petites bulles de CO₂ qui rendent la pâte aérée.



E1b Quel gaz se trouve dans le bocal

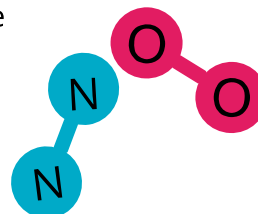
Dans le premier verre, il y a un mélange d'air atmosphérique. L'allumette ne s'éteint pas, car il y a suffisamment d'oxygène pour la flamme.

Dans le 2eme verre, qui a été rempli avec le gaz du ballon de l'expérience E1a, il y a essentiellement du CO₂. Le CO₂ remplace l'oxygène dans le verre. La flamme de l'allumette s'éteint donc, car le feu a besoin d'oxygène pour brûler.

E2 Comparer les gaz

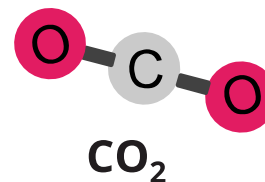
Un ballon est gonflé avec du CO₂, par exemple à partir d'une bouteille de CO₂ comprimé. Un deuxième ballon est gonflé à la même taille (comme le ballon de CO₂) avec de l'air atmosphérique.

Si l'on laisse tomber les deux ballons de la même hauteur, le ballon de CO₂ atteint le sol en premier. Cela signifie que le gaz CO₂ est plus lourd que l'air. La différence de poids est également perceptible lorsque l'on pose les deux ballons sur les mains.



Air :

O₂ et N₂



CO₂



Logiciel pour la mesure du CO₂

Description :

L'application EmpAir affiche la concentration de CO₂, la température et l'humidité. Les données peuvent également être enregistrées.

L'application est disponible pour Android et iOS.

- Plus d'informations et une version pour les téléphones Huawei : www.empa.ch/empair
- Donner l'autorisation pour les services de localisation (Android). Aucune localisation n'est enregistrée par l'application !

Instructions pour l'installation :

Fermer toutes les autres applications actives sur le téléphone portable ou l'iPad.

- Chercher EmpAIR dans Google Play (Android) ou App Store (iOS).
- Installer l'application et la lancer.
- Ou bien :
prendre son téléphone portable et scanner le QR code du capteur.
- Si l'application ne trouve pas de capteur : Activer les services de localisation en général sur l'appareil (Android) - Paramètres > Sécurité et localisation > Confidentialité > Localisation

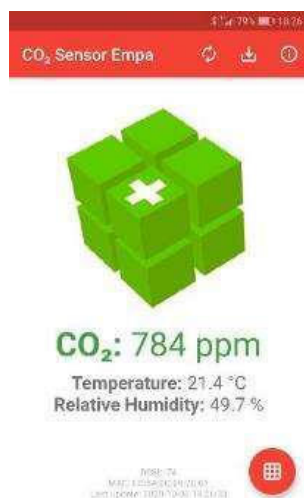
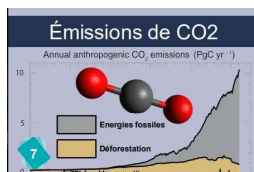
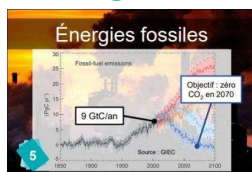


Image: 5, 7





E₃ Mesure du CO₂



Vous avez besoin :

- De l'appareil de mesure (capteur) du CO₂
- Du téléphone portable avec l'application du capteur.

Choisir différents lieux de mesure. Justifier le choix des différents lieux de mesure.

1. Mesurer les valeurs du CO₂ à différents endroits.
2. Noter les valeurs mesurées dans un tableau et comparer les.
3. Discuter les résultats en classe.

Hiérapolis



Hiérapolis, ville actuellement située en Turquie, était un lieu magique. La ville proche de Pamukkale attirait déjà des pèlerins il y a plus de 2000 ans.

Les historiens de l'Antiquité ont parlé de la "porte de l'enfer". Les événements suivants se sont produits lors de cérémonies dans ce lieu magique :

Dans le temple romain de Pluton, une grotte souterraine de Hiérapolis, des animaux sacrifiés tombaient morts, comme abattus par la main d'un fantôme. Les prêtres qui se tenaient juste à côté n'étaient pas blessés. Les gens étaient alors convaincus qu'il s'agissait du souffle mortel du chien infernal Kerberos. Celui-ci gardait l'entrée des enfers pour le dieu Hadès.

Les spectateurs pouvaient observer le spectacle mystique en toute sécurité depuis les gradins de l'arène.

Aucune force surnaturelle n'était cependant en jeu. Des études récentes ont montré que du dioxyde de carbone (CO_2) volcanique s'écoule dans cette grotte par des fissures dans le sol, formant, selon l'heure, un lac de gaz invisible et mortel. Le CO_2 étant plus lourd que l'air, les valeurs au sol sont particulièrement élevées.

C'est tôt le matin que la concentration de CO_2 est la plus élevée. Plus le soleil brille longtemps, plus l'environnement est chauffé. Cela crée des courants d'air qui dispersent les gaz et réduisent ainsi la concentration. Lorsque le soleil se couche, le dioxyde de carbone augmente à nouveau. C'est peut-être pour cette raison que les prêtres ont délibérément programmé les cérémonies tôt le matin. Des chercheurs ont démontré que la concentration de CO_2 dans les grottes est parfois extrêmement élevée (jusqu'à 53% de CO_2 dans l'air, mortel à partir d'environ 4%).

Les prêtres savaient quand le souffle mortel du kérosène agissait et jusqu'à quelle hauteur il était totalement inoffensif de rester. Le matin, c'était environ à 40 cm du sol. S'ils voulaient démontrer leurs pouvoirs surnaturels, ils se plaçaient sur des pierres autour des animaux sacrifiés. Les animaux se trouvaient cependant au milieu du lac de CO_2 , où ils inhalaient la dose mortelle. Les prêtres pouvaient rester sur leur position pendant environ 20 à 40 minutes sans être blessés.



Glaciers et surfaces englacées



Les surfaces blanches réfléchissent une partie de l'énergie solaire. Pour la glace, cette part est d'environ 30 % et pour la neige fraîche, elle peut atteindre 90 %. Cela signifie que seule une petite partie de l'énergie est absorbée par la glace et la neige et que la surface ne se réchauffe pratiquement pas. Les surfaces de glace et de neige jouent un rôle important dans le système climatique de la Terre. Les modifications des surfaces de glace et de neige à l'échelle mondiale, suite au réchauffement global, influencent notre climat.

Aux pôles, on distingue la glace de mer et la glace terrestre. La **glace de mer (ou banquise)** est de l'eau de mer gelée, la **glace terrestre** (encore appelée **calotte polaire**) est de la glace de glacier qui s'est formée à partir de chutes de neige. La majeure partie de **l'Arctique** (zone située au pôle Nord) est **une mer** (océan Arctique) entourant le pôle Nord, le point le plus septentrional de la Terre. Le pôle Nord lui-même est normalement recouvert d'une épaisse couche de glace de mer tout au long de l'année. Ce n'est qu'en été que l'océan Arctique est partiellement praticable pour les bateaux. En raison du réchauffement climatique, de plus en plus de grandes surfaces de glace dégèlent. Ainsi, les ours polaires voient littéralement la banquise fondre sous leurs pattes !

- L'**Antarctique** (région du pôle Sud) est **un continent**, c'est-à-dire une masse terrestre recouverte de glaciers (glaces continentales). Les glaciers sont constitués d'eau douce. En bordure de la masse terrestre, de grands icebergs se détachent et flottent ensuite dans la mer. Si la perte de glace glaciaire de l'Antarctique vers l'océan Austral augmente en raison du changement climatique, cela contribuera fortement à l'augmentation du niveau de la mer.



Région arctique avec voies maritimes



Continent Antarctique

Que se passe-t-il aujourd'hui :

Lorsque des surfaces blanches fondent, des surfaces d'eau ou de sol (*de couleur plus foncées*) apparaissent. Celles-ci absorbent davantage d'énergie solaire. Cela signifie que les océans et les surfaces continentales polaires se réchauffent davantage.



Fonte des glaciers Alpains

L'exemple de la mer de glace dans le massif du Mont Blanc (Chamonix, France)



- Les raisons du recul des glaciers sont la diminution des quantités de neige et surtout l'augmentation des températures (conséquence du changement climatique).
- La fonte des glaciers dans les Alpes progresse particulièrement vite lors des vagues de chaleur estivales.
- Au-dessus de 2500 mètres d'altitude, de nombreux sols sont gelés toute l'année, seuls quelques centimètres à la surface dégèlent en été. Ces sols sont appelés permafrost. En raison du réchauffement climatique, le permafrost commence également à dégeler et le sol peut devenir instable. Des glissements de terrain, des coulées de boue et des éboulements peuvent se produire.
- Les glaciers sont des réserves d'eau douce et jouent un rôle important dans l'approvisionnement en eau.
- L'eau douce est vitale pour tous les êtres vivants. L'eau douce représente environ 3 % des ressources en eau de la planète.
- La majeure partie de l'eau douce (environ 70 %) est piégée sous forme de glace et de neige dans les régions polaires et les hautes montagnes. Environ 30 % sont des eaux souterraines, c'est-à-dire situées sous la surface de la terre. Moins de 1 % de l'eau douce se trouve sous forme d'eau de surface dans les ruisseaux, les rivières et les lacs.



Effet d'albedo

L'effet albédo décrit la quantité d'énergie solaire réfléchiée par une surface (pouvoir de réflexion).

Exemples :

- La neige fraîche a un albédo de 0,9, ce qui signifie que 90% de l'énergie solaire est réfléchiée.
- En revanche, l'asphalte foncé a un albédo de 0,15, ce qui signifie que seulement 15% de l'énergie solaire est réfléchiée. 85% sont absorbés (avalés).

Comme les surfaces englacées sont très importantes (notamment en Antarctique), l'effet d'albédo a ici une influence directe sur le réchauffement de toute la Terre.



La neige recouverte par la poussière du Sahara (surface orange) ou les particules de suie (surface grise) absorbe davantage d'énergie solaire.

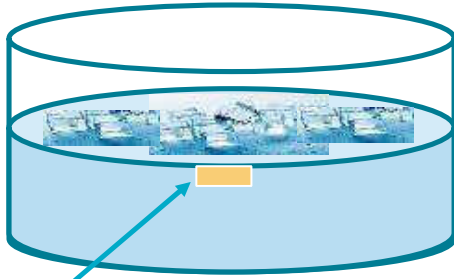
Plus les surfaces de glace disparaissent, plus l'énergie solaire est absorbée par l'océan sombre ou par les surfaces terrestres. Cela entraîne alors un réchauffement supplémentaire de l'eau et de l'air (on parle de rétroaction).

De plus, l'eau chaude occupe plus de volume et contribue ainsi - en plus de la fonte des masses de glace - à l'augmentation du niveau de la mer.



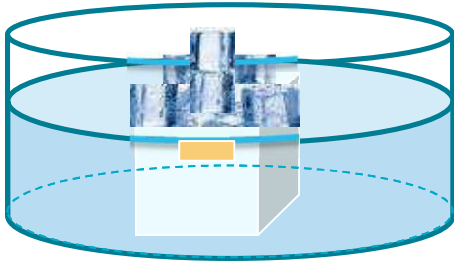
E₄ Fonte des glaces

1



Repérage du niveau d'eau avec du ruban adhésif

2



Expérience en classe :

Matériel:

- 2 bacs à glaçons
- env. 2 x 25 glaçons
- 2 grands récipients transparents
- Un petit récipient avec couvercle (récipient en plastique)
- Quelques petites pierres (optionnel)
- Ruban adhésif de peintre
- Chiffon
- Un sèche-cheveux (optionnel)

Placer les deux récipients dans un endroit chaud. Remplir le petit récipient d'eau (éventuellement avec quelques pierres) et le fermer avec le couvercle. Placer le récipient au **milieu du bol 2**.

Remplir le bol 2 d'eau froide de manière à ce que le petit récipient dépasse encore d'environ 2 cm du niveau de l'eau. Le récipient doit reposer sur le fond.

Remplir le **récipient 1** d'eau froide.

Bol 1 : placer 20 glaçons à la surface de l'eau, puis marquer le niveau d'eau avec du ruban adhésif.

Bol 2 : empiler 20 glaçons sur l'île (= couvercle du récipient), puis marquer le niveau de l'eau avec du ruban adhésif.

1. Que va-t-il se passer avec le niveau d'eau dans les deux récipients ? Chaque groupe note ses suppositions au début de l'expérience.
2. Chaque groupe observe l'expérience toutes les 15 minutes jusqu'à ce que tous les glaçons aient fondu et note ses observations. Interprétez le résultat de l'expérience.
3. Dans quels endroits ces deux expériences pourraient-elles être observées dans la nature ?
4. L'enseignant peut accélérer le processus de fonte à l'aide d'un sèche-cheveux (attention à ne pas mettre le sèche-cheveux en contact avec l'eau !)



E₄ Fonte des glaces

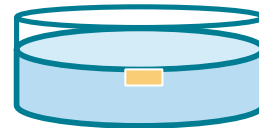
Cristallisoir rempli d'eau sans récipient

- Les glaçons fondent dans l'air chaud. Dans le cristallisoir n°1, cela ne modifie pas le niveau de l'eau. Les glaçons occupent à peu près le même volume que l'eau qui a gelé pour les former.



1

- C'est également le cas au **pôle Nord** (Arctique) : la glace se forme lorsque l'eau de mer gèle à basse température. Des plaques de glace se déplacent pour former la banquise. En été, elle dégèle à nouveau. Lorsque l'eau gèle, elle se dilate très légèrement. La glace déplace alors exactement la quantité d'eau nécessaire à sa formation. Lorsque **la glace de mer fond, le niveau de la mer reste inchangé.**



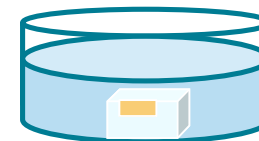
Cristallisoir contenant le récipient

- Lorsque la glace fond dans le second cristallisoir, l'eau s'écoule par-dessus le bord du récipient dans le cristallisoir. Il y a donc de l'eau qui s'ajoute et le niveau de l'eau augmente. Si des glaçons tombent dans l'eau, cela provoque également une augmentation du niveau de l'eau (glace supplémentaire).



2

- C'est le cas au **pôle Sud** (Antarctique) et au Groenland : l'Antarctique est une terre (plus grande que l'Europe, également appelée le 6e continent) recouverte d'une énorme calotte de glace. Le Groenland est la plus grande île du monde recouverte d'une calotte de glace de plus de 3 km d'épaisseur. Lorsque les masses de glace du pôle Sud ou du Groenland fondent, l'eau s'écoule dans l'océan et apportent un flux d'eau supplémentaire. **La fonte des glaces terrestres fait monter le niveau de la mer.**





Exp. E5


Effet d'albedo

L'effet albedo décrit la quantité d'énergie solaire réfléchi par une surface (pouvant être réfléchi).

Exemples :

- La neige fraîche a un albedo de 0,9, ce qui signifie que 90% de l'énergie solaire est réfléchi.
- Un nuage blanc épais a un albedo de 0,5, ce qui signifie que seulement 50% de l'énergie solaire est réfléchi, 50% sont absorbés (avalés).

Comme les surfaces englacées sont très importantes (notamment en Antarctique), l'effet d'albedo a eu une influence directe sur le réchauffement de toute la Terre.



La neige recouverte par la poussière ou d'autres particules absorbe les particules de saie (surface grise) absorbe davantage d'énergie solaire.

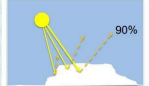
Plus les surfaces de glace épaissement, plus l'énergie solaire est absorbée par l'océan sombre ou par les surfaces terrestres. Cela entraîne ainsi un réchauffement supplémentaire de l'eau et de l'air (en partie de rétroaction).

De plus, l'eau chaude absorbe plus de volume et contribue ainsi - en plus de la fonte des masses de glace - à l'augmentation du niveau de la mer.

ICOS Cities 03

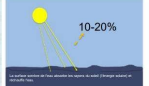
E₅ Effet d'albedo

L'effet d'albedo désigne le pouvoir d'une surface (non réfléchissante) à renvoyer la lumière, par exemple la neige et la glace.



90%

Les surfaces enneigées réfléchissent les rayons du soleil (énergie solaire) et les renvoient dans l'atmosphère.



10-20%

Dans l'expérience, la surface sombre de l'eau est stimulée par le carton noir. Une grande partie de l'énergie solaire peut ainsi pénétrer dans l'eau. Vu d'en haut, l'eau est également une surface noire, il absorbe donc la plus grande partie de l'énergie solaire et se réchauffe ainsi.

Les masses de glace du pôle Nord (Groenland dans l'océan) forment une grande surface blanche qui renvoie une grande partie des rayons solaires incidents. Plus cette glace disparaît, plus l'océan sombre absorbe les rayons du soleil. Cela provoque à son tour un réchauffement de l'eau.

E₅ : L'eau chaude se dilate, ce qui induit que le niveau de la mer monte.

ICOS Cities 09

Pas de cartes images pour cette expérience

Expérience en classe :

Matériel:

- Deux verres
- Du papier blanc (160 gr/cm³)
- De la peinture à l'eau bleu foncé ou noire
- Des élastiques
- 2 thermomètres
- Un support isolant, par ex. plaque de bois

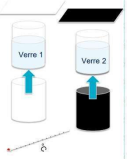
1. Remplir les deux verres avec la même quantité d'eau (voir image).
2. Envelopper le **verre 1** d'un papier blanc, le **verre 2** d'un papier noir.
3. Mesurer la température de départ dans les deux verres et la noter.
4. Recouvrir le verre 1 d'un papier blanc, le verre 2 d'un papier noir. Fixer les papiers de couverture avec un élastique.

E₅ L'effet d'albedo

Expérience en classe :

Matériel :

- Deux verres
- Du papier blanc (160 grammes)
- De la peinture à l'eau bleu foncé ou noire
- Des élastiques
- 2 thermomètres
- Un support isolant, par ex. plaque de bois



1. Remplir les deux verres avec la même quantité d'eau (voir image).
2. Envelopper le verre 1 d'un papier blanc, le verre 2 d'un papier noir.
3. Mesurer la température de départ dans les deux verres et la noter.
4. Recouvrir le verre 1 d'un papier blanc, le verre 2 d'un papier noir. Fixer les papiers de couverture avec un élastique.

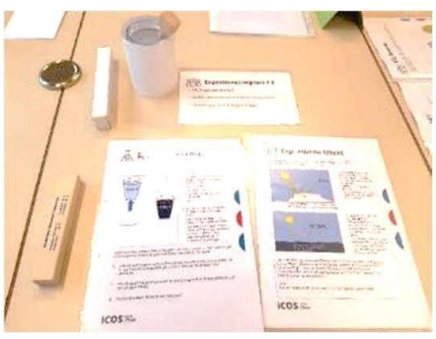
Placer les verres au soleil, sur un support isolant.

1. Chaque groupe mesure une fois les températures des deux verres et les inscrit dans le tableau des mesures sur votre feuille (E₅).

Attention : ne pas placer le thermomètre au soleil. Ne pas enlever le papier de couverture blanc pour mesurer la température, mais le soulever un peu.

2. Tous les groupes interprètent l'évolution de la température de l'eau dans les deux verres.
3. Où peut-on trouver un effet analogue dans la nature ?

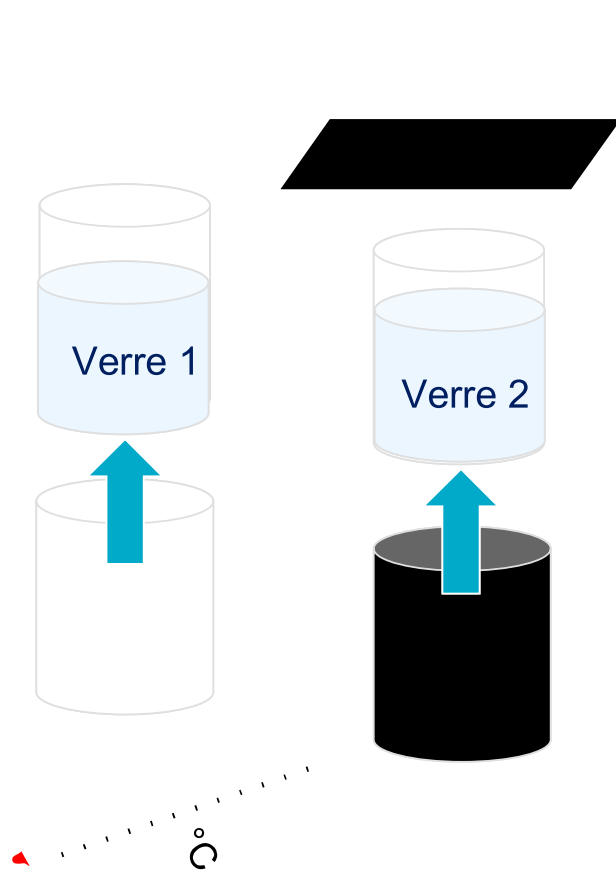
ICOS Cities 08



Le verre recouvert de noir se réchauffe davantage.
Le noir absorbe l'énergie solaire.



E₅ L'effet d'albedo



Expérience en classe :

Matériel:

- Deux verres
- Du papier blanc (160 gr/cm³)
- De la peinture à l'eau bleu foncé ou noire
- Des élastiques
- 2 thermomètres (jusqu'à 100°C)
- Un support isolant, par ex. plaque de bois

1. Remplir les deux verres avec la même quantité d'eau (voir image).
2. Envelopper le **verre 1** d'un papier blanc, le **verre 2** d'un papier noir.
3. Mesurer la température de départ dans les deux verres et la noter.
4. Recouvrir le verre 1 d'un papier blanc, le verre 2 d'un papier noir. Fixer les papiers de couverture avec un élastique.

Placer les verres au soleil, sur un support isolant.

1. Chaque groupe mesure une fois les températures des deux verres et les inscrit dans le tableau (les mesures sont prises toutes les 10 min.).

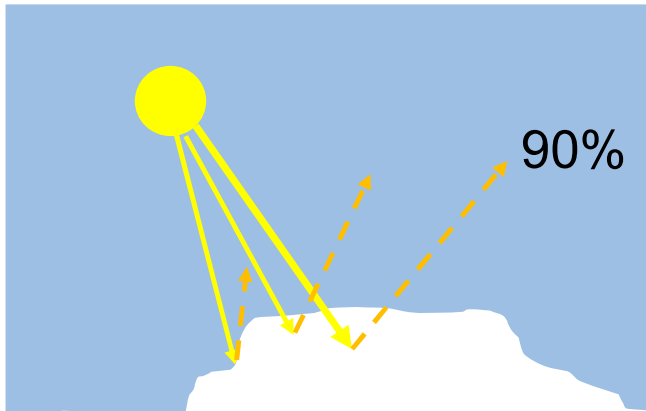
Attention : **ne pas placer le thermomètre au soleil**. Ne pas enlever le papier de couverture blanc pour mesurer la température, mais le soulever un peu.

2. Tous les groupes interprètent l'évolution de la température de l'eau dans les deux verres.
3. Où peut on trouver un effet analogue dans la nature ?

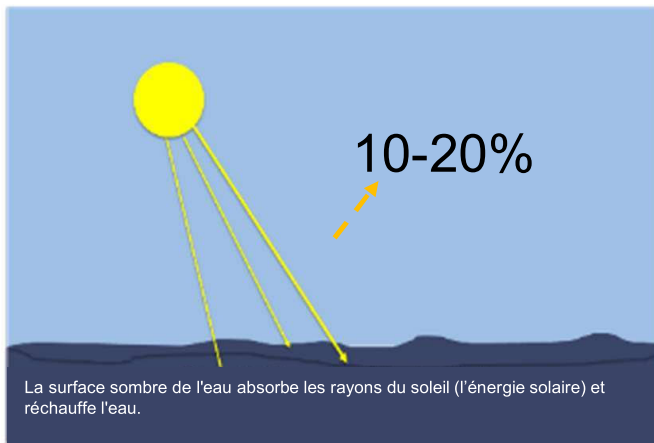


E₅ Effet d'albedo

L'**effet d'albédo** désigne le pouvoir d'une surface (non réfléchissante) à renvoyer la lumière, par exemple la neige et la glace.



Les surfaces enneigées réfléchissent les rayons du soleil (énergie solaire) et les renvoient dans l'atmosphère.



La surface sombre de l'eau absorbe les rayons du soleil (l'énergie solaire) et réchauffe l'eau.

Dans l'expérience, la surface blanche de la glace est remplacée par la surface blanche du carton. Elle réfléchit la lumière du soleil. Les surfaces enneigées réfléchissent environ 90% de l'énergie solaire. Ce sont des surfaces froides qui refroidissent notre climat.

Dans l'expérience, la surface sombre de l'eau est simulée par le carton noir. Une grande partie de l'énergie solaire peut ainsi pénétrer dans l'eau. Vu d'en haut, l'océan agit comme une surface noire, il absorbe donc la plus grande partie de l'énergie solaire et se réchauffe ainsi.

Les masses de glace du pôle Nord (flottant dans l'océan) forment une grande surface blanche qui renvoie une grande partie des rayons solaires incidents. Plus cette glace disparaît, plus l'océan sombre absorbe les rayons du soleil. Cela provoque à son tour un réchauffement de l'eau.

Et:

L'eau chaude se dilate, ce qui induit que le niveau de la mer monte.



L'eau



Les océans (= mers du monde) couvrent les 2/3 de la surface de la Terre. Ils nous fournissent de l'oxygène, de l'eau et de la nourriture, ils sont très importants pour la régulation de la chaleur.

Les océans absorbent d'énormes quantités de carbone. 25 % des émissions de CO₂ produites par l'homme jusqu'à présent (= rejets de CO₂) sont ainsi éliminés de l'atmosphère et fixés à long terme dans les océans. C'est ce qu'on appelle un puits de carbone :

- Une partie du CO₂ se dissout dans l'eau de mer. Les courants marins l'amènent jusqu'au fond, où il peut être stocké pendant longtemps.
- Le CO₂ dissous, qui produit de l'acide carbonique (H₂CO₃), rend l'eau légèrement plus acide. Cela signifie que le pH diminue.
- Une partie du dioxyde de carbone (CO₂) est utilisée par les algues et les herbes marines pour la photosynthèse et pour leur croissance. Après leur mort, elles tombent au fond de la mer et stockent ainsi durablement le CO₂ dans la mer.

Effets de l'augmentation de la température de l'eau :

- L'eau se dilate à mesure que sa température augmente. Cela signifie que le niveau de la mer augmente (lorsque la température de l'eau augmente).
- La capacité d'absorption du dioxyde de carbone par l'océan diminue avec l'augmentation de sa température. Par conséquent, lorsque la température de l'eau augmente, il reste plus de CO₂ dans l'atmosphère et le réchauffement global s'intensifie.

Que se passe-t-il aujourd'hui ?

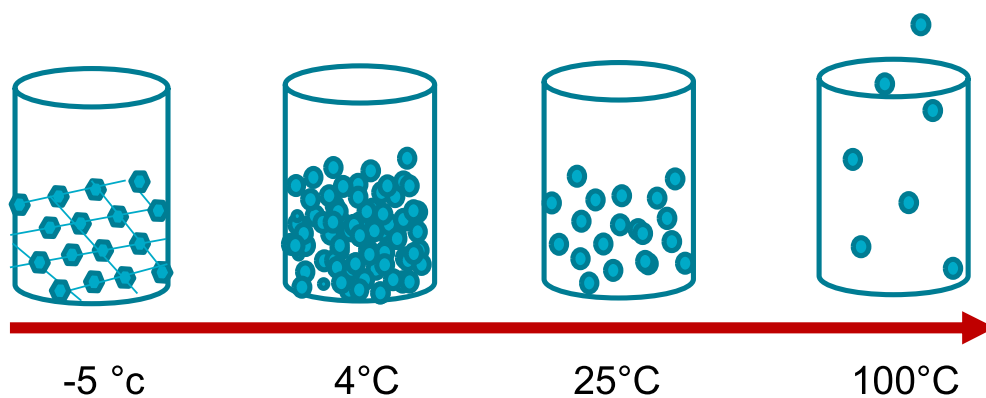
- Plus la quantité de CO₂ dissoute dans l'eau est importante, plus les océans deviennent acides.
- Réduction de la biodiversité dans les océans :
 - Les animaux à coquille calcaire (par ex. les moules ou les coraux) sont freinés dans leur développement.
 - Le phytoplancton calcifiant (plantes) perd du poids.
 - La teneur en oxygène de l'eau diminue avec l'augmentation des températures ; cela peut entraîner des problèmes pour les poissons.



Propriétés de l'eau

L'eau a un besoin d'espace qui varie selon la température. Le nombre de particules par unité de volume s'appelle la densité.

Densité des particules d'eau en fonction de la température



- Lorsque **l'eau est chauffée**, elle se dilate. Cela signifie qu'elle prend **plus de place** ou de volume (= densité plus faible). Exemple : remplissez une bouteille en PET d'eau et placez-la en plein soleil pendant 1 heure. La bouteille deviendra plus dure et plus compacte au toucher.
- Plus l'eau est chaude, plus elle a besoin d'espace ; la densité diminue avec la température. Cela signifie que plus la température de l'eau augmente, plus le niveau de la mer s'élève.
- **L'eau froide peut fixer plus d'oxygène** que l'eau chaude. Si la température de l'eau augmente, la teneur en oxygène diminue. Les animaux et les plantes aquatiques ne peuvent pas s'adapter aussi rapidement et en souffrent énormément. Ainsi, lors d'étés chauds, les poissons peuvent mourir dans les cours d'eau s'ils ne peuvent pas se réfugier dans des eaux plus froides.
- Les couches supérieures de l'eau contiennent généralement plus d'oxygène que les couches plus profondes.



Impacts sur les océans

Acidification

- Le CO₂ se dissout presque entièrement dans l'océan. Il réagit avec l'eau et forme de l'acide carbonique. Cela entraîne une diminution du pH de l'eau de mer. L'acidification de l'eau attaque les coquilles calcaires des animaux marins producteurs de calcaire. Conséquence possible : leurs coquilles s'amincissent ou peuvent se dissoudre.
- Le phytoplancton calcifiant (plantes) en souffre également. Il perd du poids et ne peut plus descendre au fond de la mer après s'être fané. En s'enfonçant, le carbone est fixé au fond de la mer pour des milliers d'années (grand puits de CO₂).
- L'acidification inhibe la formation de calcaire par les coraux. Les coraux sont des écosystèmes précieux et protègent les zones côtières.

Augmentation de la température de l'eau


- Pour les poissons, l'augmentation de la température est un problème, car ils ont besoin d'oxygène dans l'eau pour respirer. Plus l'eau est chaude, moins l'oxygène peut se dissoudre dans l'eau. Cela signifie que les poissons doivent respirer plus rapidement, ce qui nécessite plus d'énergie.
- Les coraux perdent leurs couleurs à cause de l'augmentation des températures. Des algues vivent en symbiose dans les tissus des coraux et les nourrissent par photosynthèse, ce qui leur donne leurs couleurs particulières. Lorsque les coraux sont stressés par la pollution ou la chaleur, ils expulsent les algues. Il ne reste alors que le squelette blanc.





Exp. E6

L'eau



Les océans (et mers du monde) couvrent les 2/3 de la surface de la Terre. Ils nous fournissent de l'oxygène, de l'eau et de la nourriture. Ils sont très importants pour la régulation de la chaleur.

Les océans absorbent d'énormes quantités de carbone. 25 % des émissions de CO₂ produites par l'homme jusqu'à présent (= gaz de CO₂) sont dans des atomes de ferrométhane et dans le long terme dans les océans. C'est un vrai piège en fait de carbone :

- Une partie du CO₂ se dissout dans l'eau de mer. Les courants marins l'entraînent jusqu'au fond où il est stocké pendant longtemps.
- Le CO₂ dissous, qui produit de l'acide carbonique (H₂CO₃), rend l'eau légèrement plus acide. Cela signifie que le pH diminue.
- Une partie du dissolvé de carbone (CO₂) est utilisée par les algues et les herbes marines pour la photosynthèse et pour leur croissance. Après leur mort, elles tombent au fond de la mer et stockent ainsi durablement le CO₂ dans la mer.

Effets de l'augmentation de la température de l'eau :

- L'eau se dilate à mesure que sa température augmente. Cela signifie que le niveau de la mer augmente lorsque la température de l'eau augmente.
- La capacité d'absorption du dioxyde de carbone par l'océan diminue avec l'augmentation de la température. Par conséquent, lorsque la température de l'eau augmente, il passe plus de CO₂ dans l'atmosphère et le réchauffement global s'intensifie.

Qu'a-t-on passé à l'ajout de CO₂ ?

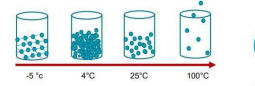
- Plus la quantité de CO₂ dissoute dans l'eau est importante, plus les océans deviennent acides.
- Réaction de la bicarbonate dans les océans :
 - Les animaux à coquille calcaree (par ex. les moules ou les coraux) sont touchés dans leur développement.
 - La phytoplankton calcifiant (plankton) perd du poids.
 - La mer est en oxygène de l'eau diminue avec l'augmentation des températures ; cela peut entraîner des problèmes pour les poissons.

ICOS Cities W1

Propriétés de l'eau

L'eau a un bassin d'expansion qui varie selon la température. Le nombre de particules par unité de volume s'appelle la densité.

Densité des particules d'eau en fonction de la température



- Lorsque l'eau est chauffée, elle se dilate. Cela signifie qu'elle prend plus de place ou de volume (= densité plus faible). Exemple : remplacez une bouteille en PET d'eau et placez-la en plein soleil pendant 1 heure. La bouteille gonflera plus dure et plus compacte au toucher.
- Plus l'eau est chaude, plus elle a besoin d'espace. La densité diminue avec la température. Cela signifie que plus la température de l'eau augmente, plus le niveau de la mer s'élève.
- L'eau froide peut faire plus d'oxygène que l'eau chaude. Si la température de l'eau augmente, le niveau en oxygène diminue. Les animaux et les plantes aquatiques ne peuvent pas respirer aussi rapidement et se soufflent inconsciemment. Ainsi, lors d'éclats de chaleur, les poissons peuvent mourir dans les cours d'eau où ils ne peuvent pas se réfugier dans des eaux plus froides.
- Les couches supérieures de l'eau contiennent généralement plus d'oxygène que les couches plus profondes.

ICOS Cities W2

Dissoudre des gaz dans l'eau

Air : 21% O₂, 78% N₂, 1% Ar, 0.04% CO₂

Eau pure (à 20°C, pH 7,3, KH 6)

Des gaz tels que l'oxygène ou le CO₂ peuvent se dissoudre dans l'eau.

- Plus l'eau est froide, plus le CO₂ peut s'y dissoudre.
- Plus l'eau est froide, plus l'oxygène peut s'y dissoudre.
- Plus la température de l'eau est élevée, plus les particules d'eau se déplacent rapidement. Par conséquent, la "barrière" pour les gaz, comme le CO₂ ou l'oxygène, diminue. Lorsque l'eau est chaude, les gaz restent donc dans l'eau et s'échappent dans l'atmosphère.

Par exemple, dans les lacs et les ruisseaux, les poissons absorbent l'oxygène dissous dans l'eau par leurs branchies. Plus l'eau est chaude, moins elle contient d'oxygène. Les mouvements des opercules branchiaux par lesquels les poissons absorbent l'oxygène sont plus rapides et plus fréquents. Si il n'y a pas assez d'oxygène dissous dans l'eau, lorsque la température de l'eau dépasse 25°C, les poissons peuvent mourir en été dans les petits cours d'eau.

- Le pH de l'eau change lorsque le CO₂ est absorbé dans l'eau. Plus le CO₂ est absorbé, plus le pH est bas, c'est-à-dire plus l'eau est acide.

ICOS Cities W7

Hausse de la température



21

Hausse de la température de l'eau



17

Perturbation du cycle de l'eau



20

Variation des précipitations pour le scénario RCP 6.6 en 2031-2100 par rapport à 1986-2005.

Image: 17, 20, 21, 23, 24, 27

Préparer une bouteille d'eau minérale froide et fermée. Bandes de test dans un environnement sec, chiffons, 4-6 verres (2 par groupe), les élèves lavent les récipients après l'expérience. Les élèves répondent aux questions 1-4.

E₆ CO₂ et valeur du pH

Vous avez besoin :

- 2 verres
- Eau gazeuse (démoussée et refroidie), voir eau minérale
- Bandeslettes de test de pH
- Eau froide ou chaude

Toujours placer les bandelettes de test dans un endroit sec.

Mesurer le pH de la manière suivante :

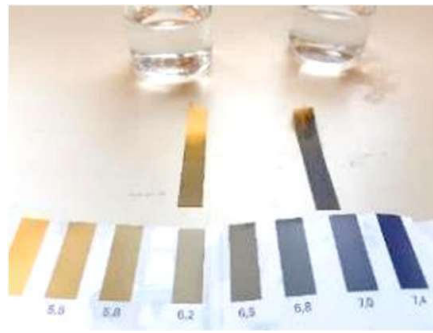
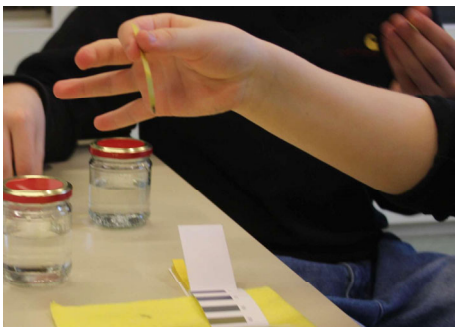
1. Prendre une bandelette, abaisser et la plonger 2 secondes dans l'eau.
2. Ensuite, la comparer à l'échelle de couleur et lire la valeur du pH.

1. Remplir un verre, comme sur l'image, avec de l'eau du robinet et mesurer la valeur du pH. Noter la valeur du pH.
2. Remplir un 2ème verre d'eau froide gazeuse et remuer immédiatement la bouteille. Mesurer le pH de l'eau gazeuse et noter la valeur du pH. Conserver toujours la bouteille d'eau minérale dans un endroit frais.
3. Interpréter les résultats.

Après l'expérience, rincer les deux verres à l'eau froide.

ICOS Cities W6


Pour que l'eau soit pétillante, le dioxyde de carbone (CO₂) est combiné à l'eau. Cela se fait en pressant le CO₂ dans des bouteilles. Le gaz carbonique est du CO₂ dissous dans l'eau. Le pH de l'eau change lorsque le CO₂ est absorbé dans l'eau. Plus la quantité de CO₂ absorbée est importante, plus le pH est bas, c'est-à-dire plus l'eau est acide.





Exp. E7

L'eau



Les océans (= mers du monde) couvrent les 2/3 de la surface de la Terre. Ils nous fournissent de l'oxygène, de l'eau et de la nourriture, ils sont très importants pour la régulation de la chaleur.

Les océans absorbent d'énormes quantités de carbone. 25 % des émissions de CO₂ produites par l'homme jusqu'à présent (= depuis le début du siècle) sont dissoutes dans les océans. C'est ce qui a permis un peu de carbone de rester à long terme dans les océans. C'est ce qui a permis un peu de carbone de rester à long terme dans les océans. C'est ce qui a permis un peu de carbone de rester à long terme dans les océans.

Une partie du CO₂ est dissoute dans l'eau de mer. Les courants marins font passer l'eau du fond, où il peut être stocké pendant longtemps.

- Le CO₂ dissous, qui provient de l'acide carbonique (H₂CO₃), rend l'eau légèrement plus acide. Cela signifie que le pH diminue.
- Une partie du dépôt de carbone (CO₂) est utilisée par les algues et les herbes marines pour la photosynthèse et pour leur croissance. Après leur mort, elles tombent au fond de la mer et stockent ainsi durablement le CO₂ dans la mer.

Effets de l'augmentation de la température de l'eau

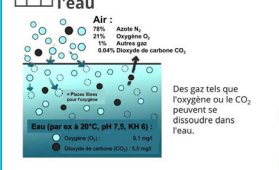
- L'eau se dilate à mesure que sa température augmente. Cela signifie que le niveau de la mer augmente (lorsque la température de l'eau augmente).
- La capacité d'absorption du dioxyde de carbone par l'océan diminue avec l'augmentation de sa température. Par conséquent, lorsque la température de l'eau augmente, il reste plus de CO₂ dans l'atmosphère et le réchauffement global s'intensifie.

Que se passe-t-il aujourd'hui ?

- Plus la quantité de CO₂ dissoute dans l'eau est importante, plus les océans deviennent acides.
- La réduction de la biodiversité dans les océans:
 - Les animaux à coquille calcaire (par ex. les moules ou les coraux) sont freinés dans leur développement.
 - Le phytoplancton calcifiant (plantes) perd du poids.
 - La baisse en oxygène de l'eau diminue avec l'augmentation des températures; cela peut entraîner des problèmes pour les poissons.

ICOS Cities W1

Dissoudre des gaz dans l'eau



Air :
 78% Azote N₂
 21% Oxygène O₂
 1% Autres gaz
 0,04% Dioxyde de carbone CO₂

Eau (par ex à 20°C, pH 7,5, KH 8) :
 Oxygène dissous 8 mg/l
 Pouvoir de rétention CO₂ 10 mg/l

Des gaz tels que l'oxygène ou le CO₂ peuvent se dissoudre dans l'eau.

- Plus l'eau est froide, plus le CO₂ peut s'y dissoudre.
- Plus l'eau est froide, plus l'oxygène peut s'y dissoudre.
- Plus la température de l'eau est élevée, plus les particules d'eau se déplacent rapidement. Par conséquent, la "bulle" pour les gaz, comme le CO₂, qui fuggent diminue. Lorsque l'eau est chaude, les gaz remontent donc vers le haut et s'échappent dans l'atmosphère.

Par exemple dans les lacs et les ruisseaux, les poissons absorbent l'oxygène dissous dans l'eau par leurs branchies. Plus l'eau est chaude, moins elle contient d'oxygène. Les mouvements des espèces branchiales par conséquent augmentent avec la température de l'eau pour obtenir suffisamment d'oxygène. Si n'y a pas assez d'oxygène dissous dans l'eau, lorsque la température de l'eau dépasse 20°C, les poissons peuvent mourir en été dans les petits cours d'eau.

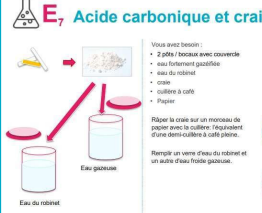
- Le pH de l'eau change lorsque le CO₂ est absorbé dans l'eau. Plus le CO₂ est absorbé, plus le pH est bas, c'est-à-dire plus l'eau est acide.

ICOS Cities W7

Image: 17, 20, 21, 23, 24, 27

Préparer une bouteille d'eau minérale (avec beaucoup de gaz carbonique) froide et fermée, bandelettes de test dans un environnement sec, chiffon, 4-6 verres (2 par groupe). Les élèves lavent les récipients selon l'expérience. Les élèves répondent aux questions.

E7, Acide carbonique et craie



Vous avez besoin :

- 2 gobelets/verres avec couvercle
- eau fortement gazéifiée
- eau du robinet
- craie
- cailloux à café
- Papier

Répartir la craie sur un morceau de papier avec le caillou. Répéter d'un autre côté à café pleine.

Remplir un verre d'eau du robinet et un autre d'eau froide gazeuse.

- Mettre 1ml de cailloux à café de craie répété dans chacun des deux bocaux et les fermer avec le couvercle.
- Quelles différences constatez-vous ? Noter les observations.

Après l'expérience, vider les deux bocaux à l'eau froide.

ICOS Cities W9

Problèmes de calcification

CO₂ absorbed from the atmosphere

$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons CO_3^{2-} + 2H^+$

$CO_3^{2-} + Ca^{2+} \rightarrow CaCO_3$

consumption of carbonate ions impedes calcification.

Biodiversité marine



ICOS Cities W27

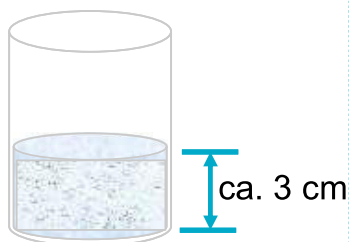
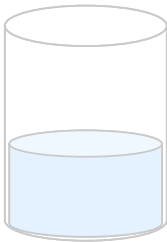
Matériel:

- Utiliser de la craie
- Couteau
- Papier
- Eau minérale froide
- 2 verres par binôme d'expérimentation (groupe de 2)





E₆ CO₂ et valeur du pH



Vous avez besoin:

- 2 verres
- Eau gazeuse (fermée et réfrigérée), par ex. eau minérale
- Bandelettes de test de pH
- Eau froide du robinet

Toujours placer les bandelettes de test dans un endroit sec.

Mesurer le pH de la manière suivante :

1. Prendre une bandelette réactive et la plonger 2 secondes dans l'eau.
2. Ensuite, la comparer à l'échelle de couleurs et lire la valeur du pH.

1. Remplir un verre, comme sur l'image, avec de l'eau du robinet et mesurer la valeur du pH. Noter la valeur du pH.
2. Remplir un 2eme verre d'eau froide gazeuse et refermer immédiatement la bouteille. Mesurer le pH de l'eau gazeuse et noter la valeur du pH.

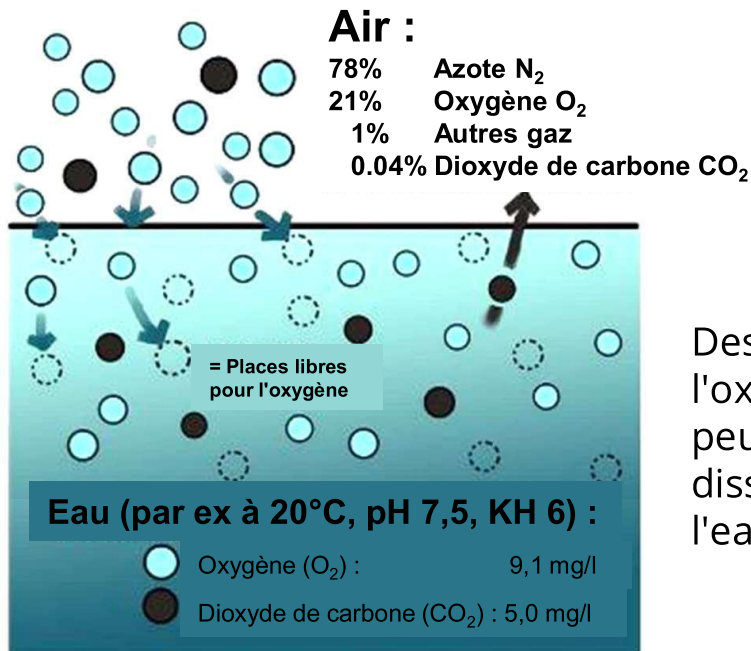
Conserver toujours la bouteille d'eau minérale dans un endroit frais.

3. Interpréter les résultats.

Après l'expérience, rincer les deux verres à l'eau froide.



Dissoudre des gaz dans l'eau



Des gaz tels que l'oxygène ou le CO₂ peuvent se dissoudre dans l'eau.

- Plus l'eau est froide, plus le CO₂ peut s'y dissoudre.
- Plus l'eau est froide, plus l'oxygène peut s'y dissoudre.
- Plus la température de l'eau est élevée, plus les particules d'eau se déplacent rapidement. Par conséquent, la "place" pour les gaz, comme le CO₂ ou l'oxygène, diminue. Lorsque l'eau est chaude, les gaz remontent donc vers le haut et s'échappent dans l'atmosphère.

Par exemple: dans les lacs et les ruisseaux, les poissons absorbent l'oxygène dissous dans l'eau par leurs branchies. Plus l'eau est chaude, moins elle contient d'oxygène. Les mouvements des opercules branchiaux par minute augmentent avec la température de l'eau pour obtenir suffisamment d'oxygène. S'il n'y a pas assez d'oxygène dissous dans l'eau, lorsque la température de l'eau dépasse 25°C, les poissons peuvent mourir en été dans les petits cours d'eau.

- Le pH de l'eau change lorsque le CO₂ est absorbé dans l'eau.
Plus le CO₂ est absorbé, plus le pH est bas, c'est-à-dire plus l'eau est acide.



E_{6/7} Le CO₂ et l'eau

Le CO₂ peut se dissoudre dans l'eau.

Pour que l'eau soit pétillante, le dioxyde de carbone (CO₂) est combiné à l'eau.

- Lors de l'expérience, on dispose d'un verre d'eau gazeuse et d'un verre d'eau du robinet. La mesure du pH montre que l'eau gazeuse a une valeur plus faible, elle est donc légèrement acide. Les valeurs de pH inférieures à 7 sont considérées comme acides, celles supérieures à 7 comme basiques.
- L'eau du robinet a un pH de 6,8 à 7 selon les régions, elle est donc considérée comme neutre. L'eau gazeuse a un pH d'environ 5,6 selon le fabricant et est donc légèrement acide.
- Si l'on considère ce phénomène dans la nature, cela signifie que plus l'eau absorbe de CO₂ (par exemple dans les océans), plus le pH est bas, c'est-à-dire plus l'eau est acide.
- Plus l'eau est froide, plus le CO₂ peut s'y dissoudre.
- L'augmentation de la teneur en CO₂ dans l'atmosphère entraîne également la dissolution de plus de CO₂ dans l'eau des océans. Cela signifie qu'il y a une acidification des mers. Cela engendre à son tour des conséquences pour la vie marine.

Expérience Acide carbonique et craie

- Dans l'expérience, la craie (qui contient du calcaire) est dissoute dans l'eau minérale, qui devient pétillante. Le liquide devient trouble. Ensuite, une partie de la craie (du calcaire) qui n'a pas été dissoute tombe également au fond et l'eau redevient claire.
- Dans l'eau du robinet, le calcaire tombe au fond sans se dissoudre.

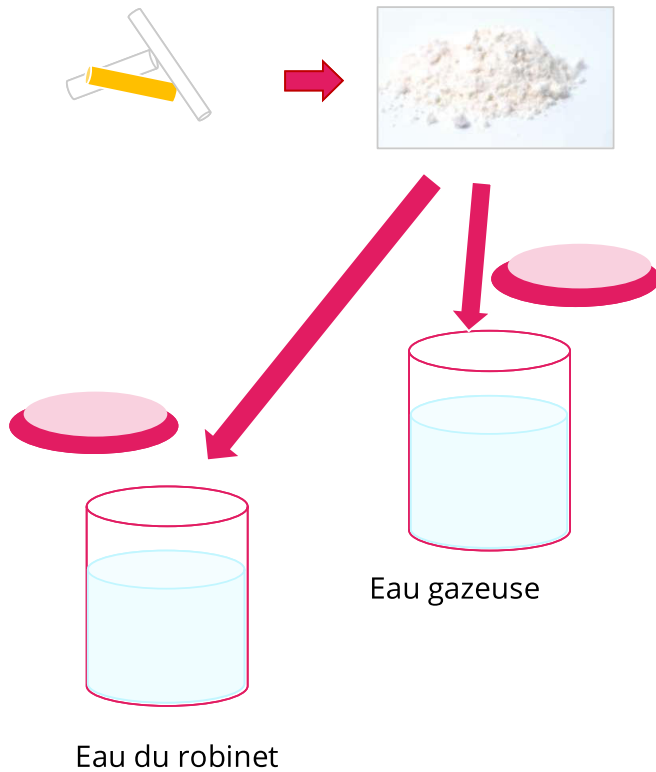
Effets de la baisse du pH de l'eau dans la nature :

- Les organismes aquatiques qui ont une coquille calcaire, comme les moules, les crabes ou les coraux, perdent leur résistance.
- Les micro-organismes comme certaines espèces de plancton, qui ont une coquille calcaire, sont endommagés. Le plancton est la base de toute la chaîne alimentaire.
- Les algues calcaires ont une influence énorme sur le stockage du CO₂, car elles fixent beaucoup de CO₂ grâce à leur photosynthèse.





E₇ Acide carbonique et craie



Vous avez besoin :

- 2 pôts / bocaux avec couvercle
- eau fortement gazéifiée
- eau du robinet
- craie
- cuillère à café
- Papier

Râper la craie sur un morceau de papier avec la cuillère: l'équivalent d'une demi-cuillère à café pleine.

Remplir un verre d'eau du robinet et un autre d'eau froide gazeuse.

1. Mettre 1/4 de cuillère à café de craie râpée dans chacun des deux bocaux et les fermer avec le couvercle.
2. Quelles différences constatez-vous ?
Noter les observations.

Après l'expérience, rincer les deux bocaux à l'eau froide.



Mazuku – „vent mauvais“

Parmi les plus beaux lacs de cratère de la région volcanique de l'ouest du Cameroun, on trouve le lac Nyos (photo), autrefois appelé "bon lac" par les autochtones.



Cependant, dans la nuit du 21 août 1986, il s'est produit quelque chose d'horrible, qu'un habitant a décrit plus tard en ces termes : "J'ai entendu un bourdonnement et un fracas, comme si un avion allait s'écraser. Alors que je dormais à moitié, j'ai entendu ma fille ronfler d'une manière horrible, très étrange. Quand je me suis approché d'elle, je me suis effondré et je suis tombé. J'ai dormi jusqu'au lendemain à quatre heures et demie. Quand je me suis réveillé, j'ai constaté que ma fille était morte".

Lorsque Joseph Nkwain a fait le tour du village, il n'a trouvé que des cadavres partout et il régnait un silence inquiétant. Pas un oiseau ne chantait, pas une sauterelle ne bruissait, pas même les mouches ne bourdonnaient. Partout, les fleurs se balançaient, perdues dans le vent, aucun papillon, aucune abeille ne se posait sur elles. Nkwain se rendit en moto dans une ville voisine. Il arrive dans cette ville où règne une activité tout à fait normale et où l'on n'a absolument pas connaissance d'une quelconque catastrophe dans la ville voisine de Subum. Il se rendit à l'hôpital et raconta ce qui s'était passé. Bientôt, toute la ville bruissait de rumeurs.

Quelques policiers et un prêtre se mettent en route vers le petit village au bord du lac, ils ont emprunté la route que Nkwain avait empruntée peu avant. Mais non loin du lac, les officiers se rendent compte que ce qui a tué les gens et le bétail est peut-être encore dans la région. Ils se sont arrêtés et ont décidé de ne pas continuer. Seul le prêtre insista : il fallait aller au lac, il en allait de la vie des gens. Il a continué sa route seul.

Un silence pesant régnait dans tous les villages au bord du lac. La plupart des maisons étaient fermées, comme si la nuit était toujours là, et le silence immobile. Devant certaines maisons, on trouve - recroquevillées - des familles mortes. Plus tard, le prêtre, le père Horn, un missionnaire hollandais, dira qu'on aurait dit qu'une bombe à neutrons était tombée : "Peu de dommages aux biens, mais une destruction presque totale de la vie". Cette remarque passera bientôt de bouche en bouche.

Des études menées par des géologues européens aboutissent à une autre conclusion : selon eux, c'est une énorme bulle de dioxyde de carbone qui s'est élevée d'une chambre magmatique souterraine. Cette bulle s'est accumulée sous le fond du lac jusqu'à ce qu'elle finisse par remonter, peut-être à la suite d'un glissement de terrain. Elle s'est dispersée autour des rives du lac et a asphyxié les hommes, le bétail, les oiseaux et même les insectes. La catastrophe a fait au moins 1765 morts, tué 3000 bovins et d'innombrables chèvres, moutons et poulets.



Sols et Végétation



Les terres émergées représentent 30 % de la surface terrestre. Les rayons du soleil rencontrent des forêts, des prairies, des surfaces agricoles, des rochers, du sable ou des zones urbaines avec de l'asphalte et du béton. Selon la nature de la surface, l'énergie solaire est plus ou moins absorbée. Les plantes vertes ont une fonction particulièrement importante. Lors de la photosynthèse, elles transforment le CO₂ en oxygène et en biomasse. Une part du CO₂ est ainsi retiré de l'atmosphère et le carbone (C) est stocké dans les plantes. Ce stockage de carbone est également appelé un puits de CO₂ naturel. Environ 25 % des gaz à effet de serre d'origine humaine sont absorbés par les plantes par photosynthèse.

- Le sol est un espace de vie, un réservoir d'eau et la base centrale de notre production alimentaire.
- Le sol est le principal réservoir de carbone. Plus de 70% du carbone se trouve dans le sol (deux fois plus que dans l'atmosphère).
- Si la surface n'est pas recouverte (roche, désert, glace, asphalte et béton), elle est façonnée par les sols. La plupart du temps, nous ne voyons pas les sols, ils sont cachés sous les forêts et les prairies.
- Les sols naturels se forment sur de très longues périodes.
- Les sols sont façonnés par la roche, le climat, la forme de la surface et les êtres vivants. Mais l'homme peut également influencer fortement le sol par son action chimique (fertilisation, pesticides, etc.) et par son travail.
- Le stockage de l'eau par le sol et les plantes influence la température de l'air : les espaces verts et les forêts refroidissent l'air par évaporation.
- Les villes, avec leurs nombreuses surfaces construites, se réchauffent davantage que les paysages verts ou les forêts. C'est pourquoi on parle d'îlots de chaleur (points chauds).

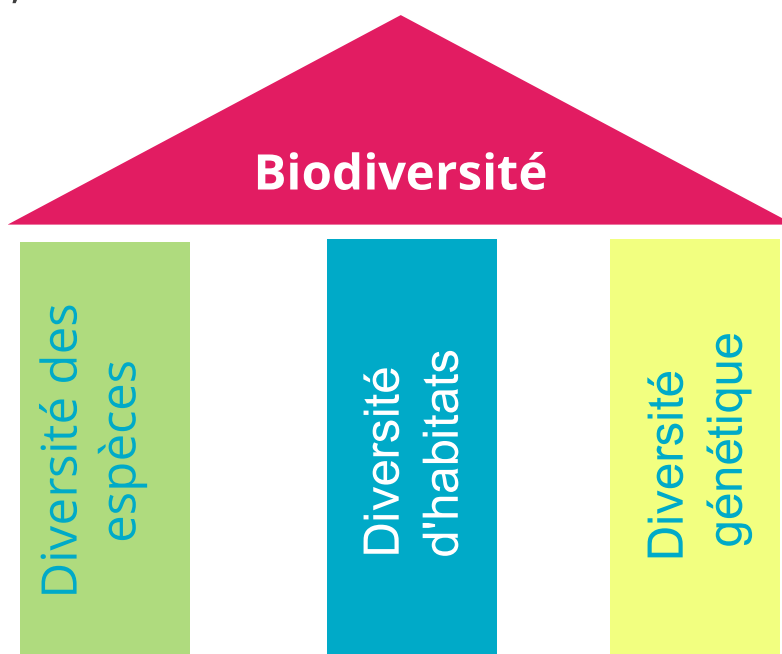
Que se passe-t-il aujourd'hui :

- Le réchauffement climatique modifie les habitats des plantes et des animaux. De nombreux êtres vivants ne peuvent pas s'adapter en si peu de temps et disparaissent. La biodiversité diminue.
- Des écosystèmes entiers sont modifiés par l'augmentation des températures.
- Les conditions météorologiques extrêmes entraînent une diminution des récoltes et des pertes d'espace urbain.
- L'agriculture intensive génère des gaz à effet de serre supplémentaires (méthane, protoxyde d'azote).



Lexique Sols et Végétation

- La biodiversité se compose de trois domaines :
- 1. la diversité des espèces végétales et animales,
- 2. la diversité génétique, par exemple. chaque être humain a une apparence différente,
- 3. la diversité des habitats (écosystèmes), par exemple. les eaux, les prairies, les forêts, etc.

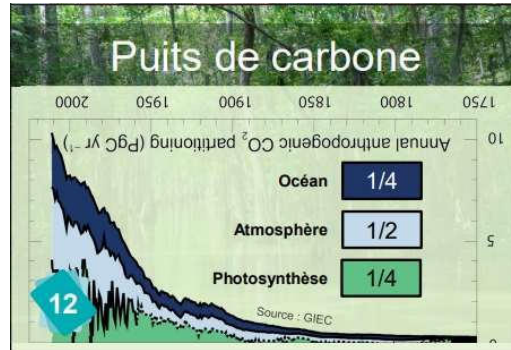



- **Biomasse:** Substances produites principalement à partir de plantes. Par exemple, les plantes de maïs et de céréales, la paille, les betteraves sucrières, les roseaux et autres herbes, mais aussi les résidus tels que le lisier et les déchets biologiques.
- Un **écosystème** est une communauté d'êtres vivants dans un habitat donné, par exemple un étang
- **Agriculture intensive :**
Exploitation plus efficace du sol avec des machines plus grosses. Utilisation accrue de pesticides (désherbants, destruction d'insectes et de champignons) et d'engrais. Plus d'animaux sont élevés par surface, tant dans les pâturages que dans les étables (élevage de masse ou intensif).
- **Espace urbain :** Surfaces construites où vivent des personnes.



Puits de CO₂


On appelle "puits de carbone" un élément naturel qui absorbe et stocke temporairement plus de carbone qu'il n'en libère.





 **FT1: Puits de CO₂**


Les puits de CO₂ stockent le carbone. Ils diminuent ainsi la concentration de CO₂ de l'atmosphère.

Où se trouvent les puits de carbone ?
Sélectionne les lieux correspondants sur l'image.

Nomme-les et relie-les à → 




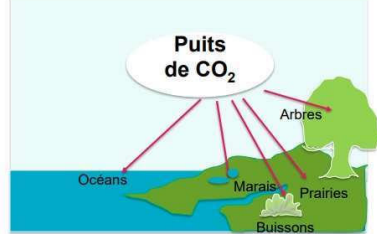
ICOS  Cities B4


 **Solution. FT1: Puits de CO₂**

Les puits de CO₂ stockent le carbone. Ils extraient ainsi du CO₂ de l'atmosphère.

Où se trouvent les puits de carbone ?
Sélectionne les lieux correspondants sur l'image.

Nomme-les et relie-les à → 



ICOS  Cities B5

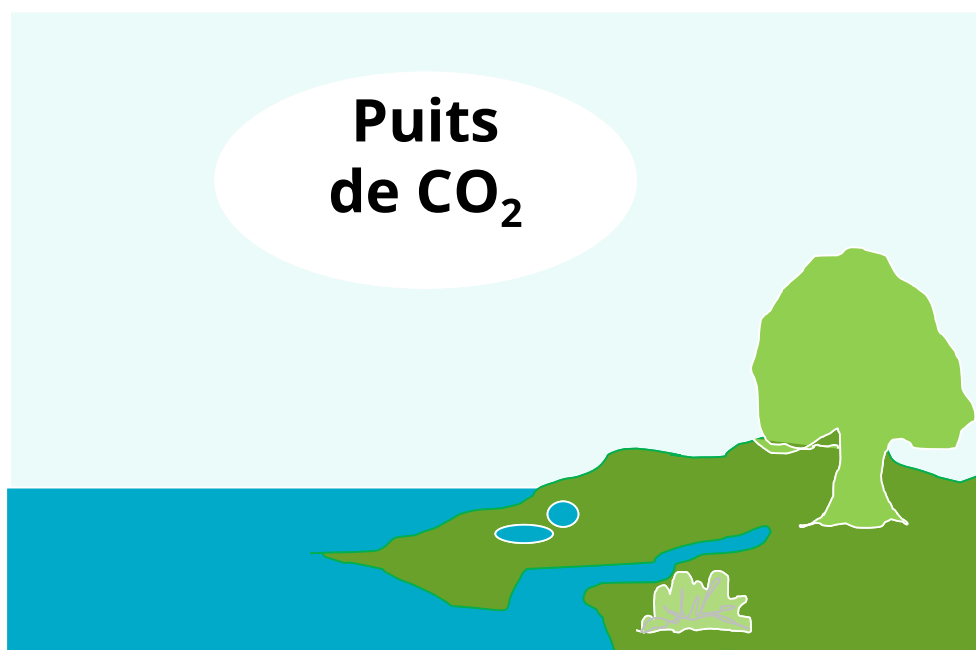


FT1: Puits de CO₂

Les puits de CO₂ stockent le carbone. Ils diminuent ainsi la concentration de CO₂ de l'atmosphère.

Où se trouvent les puits de carbone ?
Sélectionne les lieux correspondants sur l'image.

Nomme-les et relie-les à → Puits de CO₂





Solution. FT1: Puits de CO₂

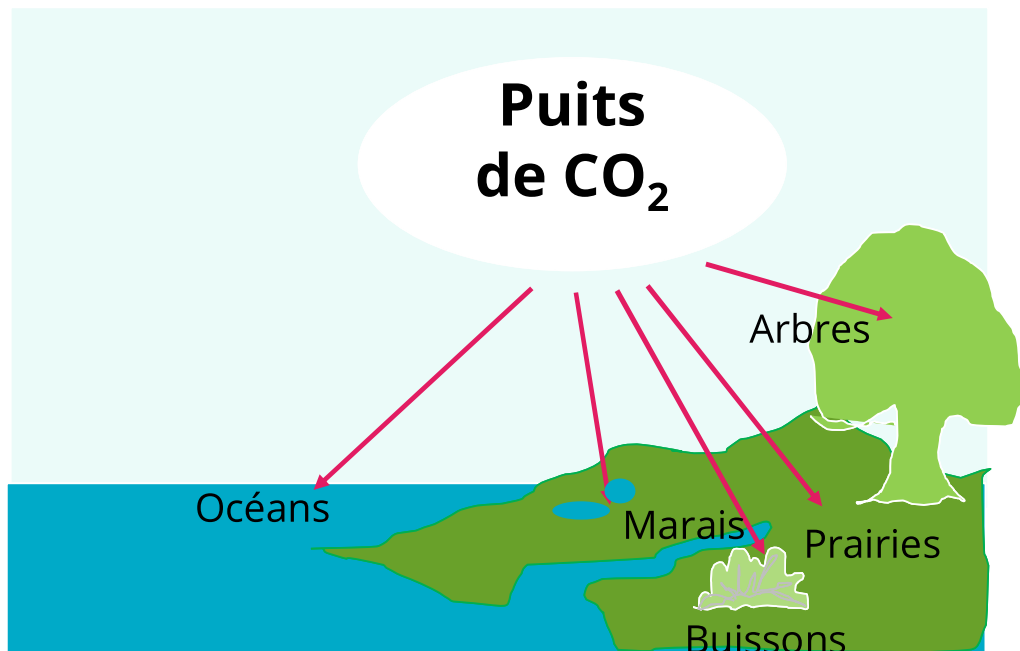
Les puits de CO₂ stockent du carbone. Ils extraient ainsi du CO₂ de l'atmosphère.

Où se trouvent les puits de carbone ?

Sélectionne les lieux correspondants sur l'image.

Nomme-les et relie-les à →

Puits de
CO₂





E8 Sécheresse

Ramasser les aiguilles / feuilles sèches et juteuses des conifères / arbres / arbustes.

Soils et Végétation

Les terres émergées représentent 30 % de la surface terrestre. Les rayons du soleil rencontrent des forêts, des prairies, des surfaces agricoles, des rochers, du sable ou des zones urbanisées avec de l'asphalte et du béton. Selon la nature de la surface, l'énergie solaire est plus ou moins absorbée. Les plantes vertes ont une fonction particulièrement importante. Lors de la photosynthèse, elles transforment le CO₂ en oxygène et en biomasse. Une part du CO₂ est ainsi relâché de l'atmosphère et le carbone (C) est stocké dans les plantes. Ce stockage de carbone est également appelé un puits de CO₂ naturel. Environ 25 % des gaz à effet de serre d'origine humaine sont absorbés par les plantes par photosynthèse.

- Le sol est un espace de vie, un réservoir d'eau et la base centrale de notre production alimentaire.
- Le sol est le principal réservoir de carbone. Plus de 70% du carbone se trouve dans le sol (beaucoup plus que dans l'atmosphère).
- Si la surface n'est pas recouverte (roche, désert, glace, asphalte et béton), elle est façonnée par les vents. La plupart du temps, nous ne voyons pas les vents, ils sont cachés sous les forêts et les prairies.
- Les sols naturels se forment sur de très longues périodes.
- Les sols sont façonnés par la roche, le climat, la forme de la surface et les êtres vivants. Mais l'homme peut également influencer fortement le sol par son action chimique (fertilisation, pesticides, etc.) et par son travail.
- Le stockage de fèces par le sol et les plantes influence la température de l'air : les espèces vertes et les forêts refroidissent l'air par évaporation.
- Les villes, avec leurs nombreuses surfaces construites, se réchauffent davantage que les paysages verts ou les forêts. C'est pourquoi on parle d'îlots de chaleur (points chauds).

Que se passe-t-il aujourd'hui ?

- Le réchauffement climatique modifie les habitats des plantes et des animaux. De nombreux êtres vivants ne peuvent pas s'adapter en si peu de temps et disparaissent. La biodiversité diminue.
- Des écosystèmes entiers sont modifiés par l'augmentation des températures.
- Les conditions météorologiques extrêmes entraînent une diminution des récoltes et des pertes financières considérables.
- L'agriculture intensive génère des gaz à effet de serre supplémentaires (méthane, protoxyde d'azote).

ICOS Cities

E₈ Sécheresse

Vous avez besoin :

- D'aiguilles sèches et vertes d'un conifère ou de feuilles sèches et vertes
- D'une loupe (Mai-Septembre) ou d'allumettes
- D'un support ignifuge
- Du soleil
- D'un verre d'eau

Attention : réaliser l'expérience dans la cour de récréation (asphalte) à l'abri du vent ou dans un environnement de laboratoire.

- Que contiennent les aiguilles d'un conifère / les feuilles d'un arbre ? Examiner les aiguilles ou les feuilles avec vos sens.
- Placer 3 aiguilles sèches ou quelques feuilles sur le support réfractaire et les enflammer à l'aide d'une loupe ou d'une allumette.
- Faire la même expérience avec 3 aiguilles / feuilles fraîches et vertes.
- Décrire la différence entre les deux expériences.
- Quelles catastrophes naturelles cette expérience explique-t-elle ? Pourquoi ? Après l'expérience, jeter les aiguilles ou les feuilles utilisées.

ICOS Cities

Pendant les mois d'été (mai-sept. en plein soleil), les aiguilles / les feuilles peuvent être enflammées à la loupe.

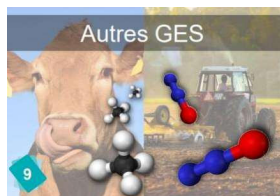
Matériel par poste de travail:

- Loupe ou allumettes
- réipients contenant des aiguilles / feuilles sèches et vertes.
- supports ignifuges

Image: 6, 8, 9, 12, 25



Dans la salle de classe, toujours travailler avec des supports ignifuges



E₈ Sécheresse

- Les aiguilles des conifères sont dures et sèches au toucher. Elles sont recouvertes d'une couche de cire. Leurs aiguilles contiennent des huiles essentielles qui brûlent très bien. Si l'on froisse les aiguilles entre ses doigts, on sent l'huile essentielle.
- Les aiguilles sèches peuvent être enflammées à l'aide d'une loupe et du soleil. Les aiguilles vertes fraîches ne le permettent pas si facilement, elles ont encore de l'humidité à l'intérieur.
- Lorsqu'il fait chaud et sec, les arbres perdent une partie de leurs aiguilles, ils ne parviennent pas à toutes les conserver.
- Les aiguilles d'arbres sèches et résineuses sont un matériau de combustion particulièrement efficace: En période de sécheresse, les aiguilles et les branches desséchées peuvent provoquer des incendies de forêt à grande échelle.

Après un été très sec (au Canada), les conifères desséchés sont volontiers incendiés en hiver, car le feu ne peut pas se propager à cause de la couche de neige.

ICOS Cities



E₈ Sécheresse



Vous avez besoin:

- D'aiguilles sèches et vertes d'un conifère ou de feuilles sèches et vertes
- D'une loupe (Mai-Septembre) ou d'allumettes
- D'un support ignifugé
- Du soleil
- D'un verre d'eau

Attention : réaliser l'expérience dans la cour de récréation (asphalte) à l'abri du vent ou dans un environnement de laboratoire.

1. Que contiennent les aiguilles d'un conifère / les feuilles d'un arbre ? Examiner les aiguilles ou les feuilles avec vos sens.
2. Placer 3 aiguilles sèches ou quelques feuilles sur le support réfractaire et les enflammer à l'aide d'une loupe ou d'une allumette.
3. Fais la même expérience avec **3** aiguilles / feuilles fraîches et vertes.
4. Décrire la différence entre les deux expériences.
5. Quelles catastrophes naturelles cette expérience explique-t-elle ? Pourquoi ?
Après l'expérience, jeter les aiguilles où les feuilles utilisées.



E₈ Sécheresse

- Les aiguilles des conifères sont dures et sèches au toucher. Elles sont recouvertes d'une couche de cire. Leurs aiguilles contiennent des huiles essentielles qui brûlent très bien. Si l'on froisse les aiguilles entre ses doigts, on sent l'huile essentielle.
- Les aiguilles séchées peuvent être enflammées à l'aide d'une loupe et du soleil. Les aiguilles vertes fraîches ne le permettent pas si facilement, elles ont encore de l'humidité à l'intérieur.
- Lorsqu'il fait chaud et sec, les arbres perdent une partie de leurs aiguilles. Ils ne parviennent pas à toutes les conserver.
- Les aiguilles d'arbres sèches et résineuses sont un matériau de combustion particulièrement efficace. En période de sécheresse, les aiguilles et les branches desséchées peuvent provoquer des incendies de forêt à grande échelle.



Après un été très sec (au Canada), les conifères desséchés sont volontairement incendiés en hiver, car le feu ne peut pas se propager à cause de la couche de neige.





Et maintenant ?

Les causes du changement climatique

Reconnaître les effets

La fresque du climat

Qui doit faire quelque chose?

Où commencer?

Projets et Discussion

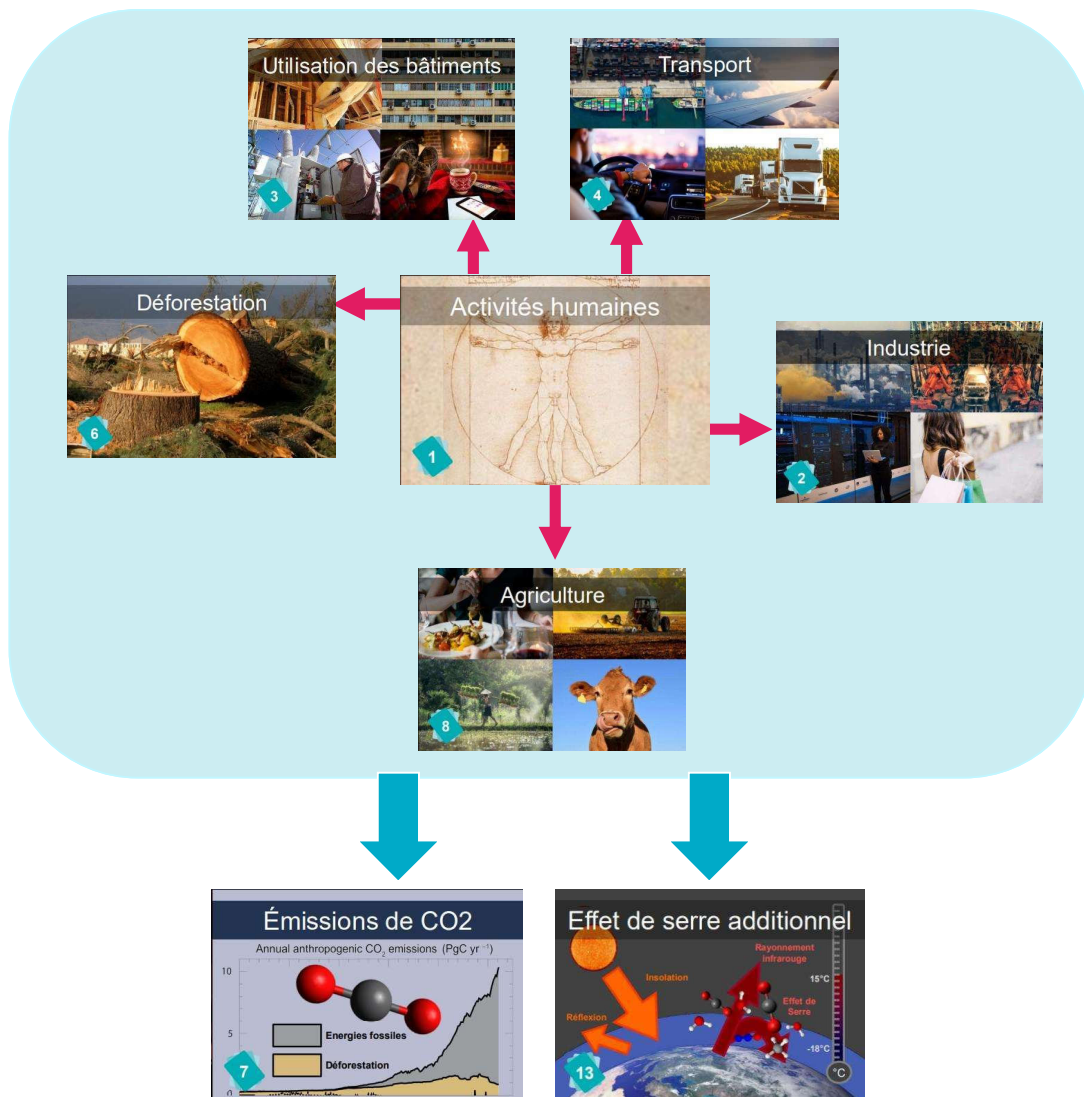
Vrai ou Faux



Causes du changement climatique

Par exemple:

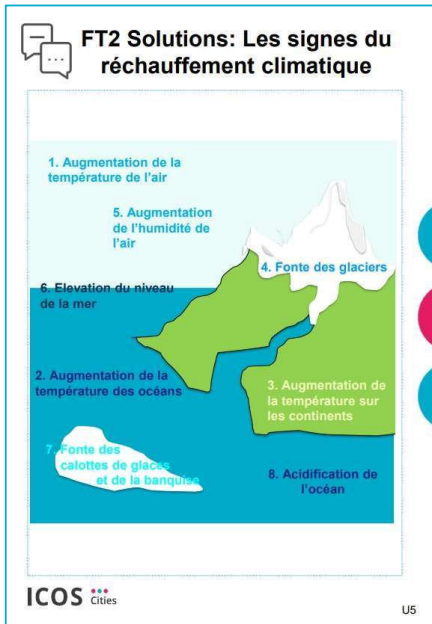
Utiliser les cartes de « la fresque du climat » et chercher les causes → les regrouper.





Les effets du changement climatique

Rechercher les changements climatiques sur les cartes



Cartes associées :



Conséquences

Problèmes de calcification	Crues	Famines
Biodiversité marine	Sécheresses	Santé humaine
Biodiversité terrestre	Incendies	Réfugiés climatiques
25	35	40
Plantes et animaux	Environnement	Etres humains



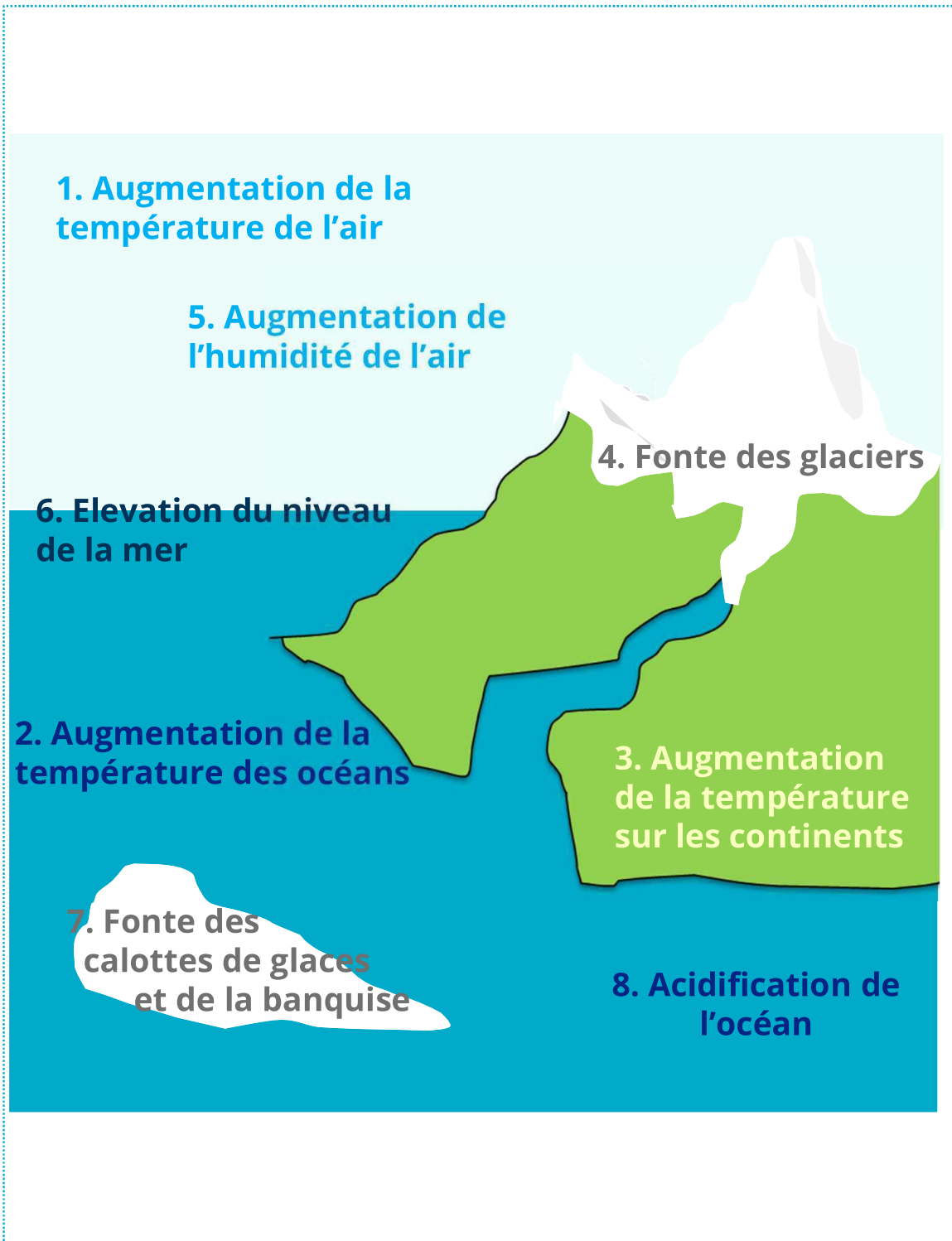
FT2 : Les signes du réchauffement climatique

Inscrire sur le croquis les changements climatiques que nous connaissons.





FT2 Solutions: Les signes du réchauffement climatique





Prêt pour la Fresque du climat?

Préparation

- Trier les cartes par lots (le numéro du lot est inscrit au dos). Recouvrir 2-3m de table de papier d'emballage
- Préparer 5 feutres pour chaque groupe.
- Créer les groupes 4 - 7 élèves par groupe.
- Préparer les 5 lots de cartes en bout de table.

Faire un puzzle : 1ère phase

- Commencer la Fresque
- 1. Le 1er lot est posé en désordre sur la table. Le groupe doit classer les cartes dans une suite logique de causes et d'effets. Tous les joueurs participent à la discussion sur l'ordre. Lorsque toutes les cartes sont posées, discuter éventuellement de l'ordre avec le meneur de jeu.
- 2. Deuxième lot de cartes. Distribuer le lot 2 de cartes (distribuer toutes les cartes). Les cartes posées peuvent être déplacées à tout moment. Il y a aussi des effets parallèles, donc une cause peut produire plusieurs conséquences.
- 3. 3^{ème} lot comme le précédent, mais maintenant les liens (flèches) peuvent aussi être tracés au feutre.
- 4. 4/5eme lots : idem avec les liens. Les grandes flèches sont dessinées à la fin.



- A la fin, on obtient une arborescence qui montre les liens du changement climatique.

Travail créatif : 2e phase

Les élèves donnent un titre à leur fresque. Ils peuvent également décorer la fresque avec des petits dessins, des slams, des poèmes, des emojis... (le groupe personnalise sa fresque). Encourager les élèves créatifs à s'impliquer. Cette phase permet de faire le lien avec d'autres parties du cerveau.

- Discussion:
Qu'est-ce qui vous a personnellement interpellé/frappé ? Quelles sont les 3 cartes importantes pour vous (encadrer, etc.) ?

Emotions: 3ème Phase:

Quel est votre ressenti émotionnel ? Arbre des émotions.

Choisir 1 personnage, 1 mot + 1 phrase.

Que pouvons nous faire?: 4ème Phase

- 2 min. de réflexion
Que pouvons nous faire? Que puis je faire?
Que faire au niveau de l'école? Noter sur un post-it ou au tableau noir → Faire des photos.
- Défi de 30 jours pour tous
- Après 30 jours, interroger les élèves sur les changements. Sommes-nous prêts à agir davantage
- Montrer la feuille : « Pourquoi nous n'agissons pas »
Identifier les obstacles.





Brèves explications sur la fresque du climat

Phase 1

- Lot 1**
- Différence entre l'effet de serre naturel et l'effet de serre causé par l'homme
 - Pourquoi la fonte de la glace de mer ne fait pas monter le niveau des mers
- Lot 2**
- Lien entre agriculture et déforestation
 - Émissions de CO₂ dues à la déforestation (culture sur brûlis)
 - Puits de carbone (fait partie de la carte "Émissions de CO₂")
 - Autres gaz à effet de serre
- Lot 3**
- Perturbation du cycle de l'eau
 - **Suggestion de placer les cartes 16 à 21 sur une ligne verticale** derrière "Augmentation de la température".
 - **Fin de l'ensemble 3** : commencer à tracer des flèches entre les cartes
- Lot 4/5**
- Types d'inondations (élévation du niveau de la mer, tsunamis, cyclones...). Différence avec les inondations.
 - Distinction entre les vagues de chaleur et la sécheresse.

Phase 2

- Image de couverture, titre, première page 2-3 cartes en surbrillance, flèches
- 2-3 élèves racontent l'histoire du puzzle posé sur la table

Phase 3

Aller voir et discuter avec les groupes
Aborder les sentiments → Arbre des émotions

Phase 4

- Où en sommes-nous aujourd'hui - que pouvons-nous faire ?
- Proposer 6 thèmes de collaboration, faire un brainstorming sur les solutions, reprendre les idées proposées par les élèves et les coller sur des post-it, au tableau, les classer, les voter.
- Où/comment pouvons-nous apporter notre aide personnelle ?
- Qu'est-ce que vous/nous changeons ? Défi sur 30 jours



La fresque de l'école

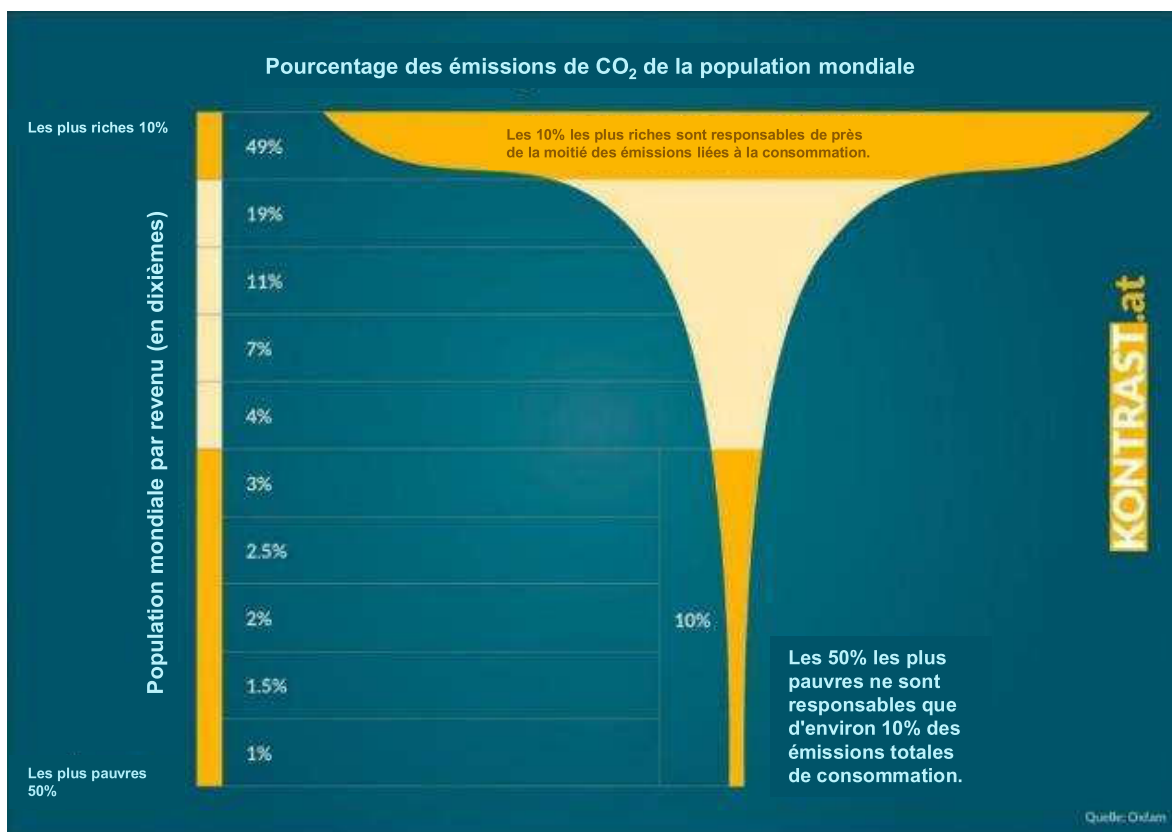




Cause Nr.1 du réchauffement

CONSUMPTION

Qui doit faire quelque chose ?





Par où commencer ?

Cause Nr.1 du réchauffement

Qui doit faire quelque chose ?

ICOS Cities U9

Comment peut on réduire le CO₂ ?

ICOS Cities U11

Vrai ou Faux ? !

Les scientifiques ne sont pas d'accord sur l'influence de l'homme sur le changement climatique.

- La fait est que 97% des scientifiques au monde s'accordent pour affirmer que l'homme est en grande partie responsable du changement climatique.
- Les 3% restent subdivisés entre autres des sociétés dévotement sceptiques. Ils sont par exemple payés par l'industrie fossile, ont-ils dit les producteurs de pétrole et de gaz naturel, et veulent avant tout semer la confusion.

Le réchauffement climatique n'existe pas.

- La fait est que l'influence humaine sur le climat et le réchauffement de la planète n'est pas une question d'opinion personnelle, mais de fait scientifique. Il y a 19 années les plus chaudes depuis le début des mesures en 1850 sont survenues après l'an 2000.

Pourquoi il fait plus chaud, parfois plus froid, mais à toujours exister : au Moyen Âge, il faisait plus chaud qu'aujourd'hui ?

- La fait est que l'augmentation actuelle des températures ne peut pas être expliquée par des facteurs naturels car un grand nombre de facteurs naturels qui influencent le climat agissent sur des échelles de temps beaucoup plus longues. De plus, c'est la période dans sa globalité qui est la plus chaude de cette ère climatique et non des régions isolées, comme c'était le cas au Moyen Âge. La hausse des températures ne peut s'expliquer que par l'influence de l'homme.

Depuis 1998, la Terre ne se réchauffe plus. Le changement climatique va bientôt s'arrêter au stade de la base de l'Anthropocène.

- La fait est que La courbe des températures est toujours orientée à la hausse, il n'y a donc pas eu et il n'y aura pas de "base" dans le réchauffement climatique. Même si la température de surface fluctue, le réchauffement des océans, par exemple, se poursuit au même rythme. La base de l'Anthropocène ne pourra avoir qu'un impact très limité (environ 0,3 degrés) sur le rythme de réchauffement climatique. L'augmentation requise pour être responsable de l'augmentation mesurée des températures au cours des quatre dernières décennies, peut être observée partout. L'impact positif dénoté dans la température et la limite de ce qui est dû au réchauffement climatique. L'activité humaine est le réchauffement climatique sera dénotée, la hausse même sera inversée.

La nature élimine beaucoup plus de CO₂ que l'homme. La contribution de l'homme est donc trop faible pour avoir un impact sur le climat mondial.

- La fait est que. Pendant des millénaires, il y a eu des variations relatives de la quantité de CO₂ dans l'atmosphère. Mais ce n'est qu'avec la combustion d'énergies fossiles, comme le pétrole, le charbon et le gaz, que l'humanité a pu parvenir. Même si la part d'énergie humaine ne représente que quatre pour cent du cycle du carbone, l'impact est important. Par rapport à l'époque pré-industrielle, il a augmenté de 50% de CO₂ en un demi siècle. Même de faibles changements dans la concentration de CO₂ ont un impact majeur sur le système climatique.

ICOS Cities U16

Que pouvons nous faire ?

Alimentation

- Manger moins de viande, de saison, local, pas de fast-food, pas de gaspillage alimentaire, acheter des produits frais et les emporter avec soi.
- Faire l'énergie internet.
- Chaque Français produit 58 kg de déchets alimentaires par an dont 24 kg est encore consommé (17% du gaspillage alimentaire global). Cela correspond à 100€ par habitant et par an (soit environ 2022, secteur agricole).
- La consommation de poisson pas personnel a doublé au cours des 50 dernières années : de 9 à 19 kilos par an.
- Préserver l'eau potable.

Consommation

- Porter des vêtements plus longtemps. Un Européen achète en moyenne 6 à 70 nouveaux vêtements par an.
- Recycler.
- Éviter les emballages jetables.
- Question : est-ce que j'en ai vraiment besoin ?
- Répéter.

Énergie

- Remplacer l'énergie fossile (gaz, pétrole, charbon).
- Toujours éteindre les appareils électroniques, éviter le standby.
- Réduire la chaleur dans les pièces en hiver à 18° - 19° C.
- Prendre une douche courte (10-15 min), pas de bain.
- Consulter la consommation d'énergie des appareils (catégories A, E).

Mobilité

- Utiliser peu la voiture.
- Éviter les déplacements en avion.
- Marcher ou faire du vélo.
- Choisir des destinations de vacances en Europe accessibles en train.

Loisirs

- Réduire les déplacements.
- Faire du sport dans les environs proches.
- Faire des activités en commun.
- Aménager un jardin au naturel.

Déchets

- Éviter les déchets.
- Éviter les emballages jetables.
- Recycler le plastique.
- Éviter complètement les déchets.

ICOS Cities U15

Viande

Nos animaux d'élevage dévorent la forêt tropicale.

- La consommation massive de viande notamment en Europe détruit la forêt tropicale (production de viande et de nutriments pour les animaux d'élevage).
- Pour que les animaux grandissent le plus rapidement possible, ils ont besoin d'une nourriture riche en protéines, comme le brouet de soja (par exemple du Brest).
- Au Brest, les forêts tropicales amazoniennes sont défrichées ou brûlées pour la production de soja.
- Les monocultures de soja sont pulvérisées avec des phytosanitaires qui appauvrissent et polluent les sols et les eaux. Aucun pays ne puérilement autant de phytosanitaires que les mauvaises herbes, les insectes ou les champignons que le Brest.
- Si la forêt tropicale est défrichée ou brûlée, le CO₂ s'échappe, en même temps que la forêt perd de précieux réservoirs de CO₂.
- La production animale génère du méthane, un gaz à effet de serre, que les bovins rejettent.
- Le gaz à effet de serre N₂O (protoxyde d'azote) est produit lors de la pulvérisation d'engrais chimiques sur les champs. L'engrais azoté n'est pas entièrement absorbé par les plantes. En combinaison avec l'oxygène, il se forme ainsi du N₂O, un gaz beaucoup plus nocif pour le climat que le CO₂.
- L'élevage intensif produit trop de lisier. Cela crée de la biodiversité et augmente le méthane, un gaz à effet de serre.
- Chaque année, 10,5 millions d'animaux meurent alors que leur viande avivée ou non avivée se retrouve dans les ordures ménagères.
- L'utilisation d'antibiotiques dans l'élevage de masse génère des bactéries résistantes.

Ce que nous pouvons faire ?

- Ne manger de la viande que 1 à 2 fois par semaine.
- Utiliser des terrines à base de légumes au lieu de salami ou de jambon.
- Variés toute une production régionale et respectueuse des animaux.
- Manger local et en respectant les saisons.
- Préférer les aliments frais et non transformés.
- Tout compte du stockage et du transport.
- acheter que la quantité de nourriture que l'on peut consommer dans un délai raisonnable. → Déchets alimentaires.
- Éviter les emballages pour les aliments. Emporter un récipient.

ICOS Cities U12

Discussions de groupe

Que veut dire :

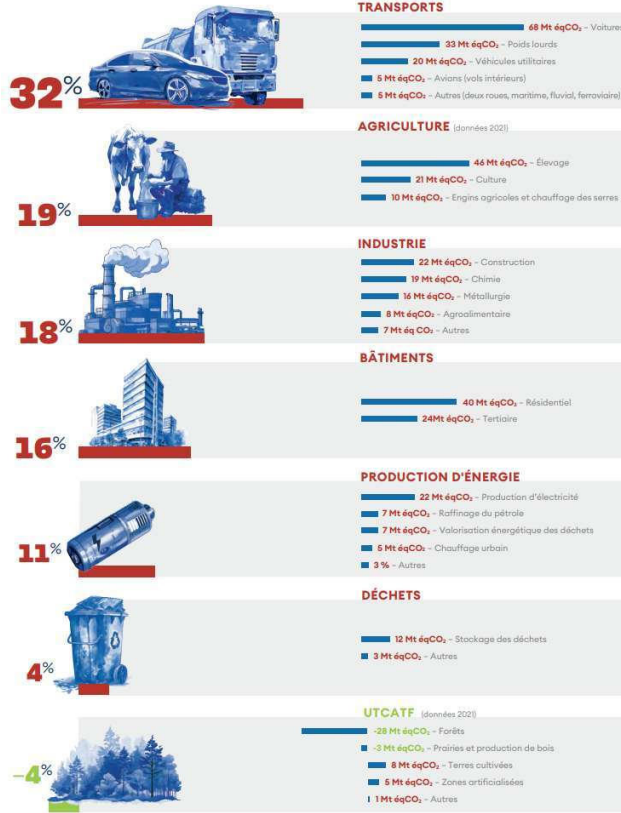
- Manger les produits de saison :** Manger les légumes de saison qui poussent dans son environnement proche. Éviter les aliments transformés.
- Frais et cru, ça rend heureux :** Éviter les aliments transformés.
- Préserver les aliments :** Lutter contre le gaspillage alimentaire. Les concombres peuvent avoir des courbes ?
- Produits durables :** Écologiquement durable : Les produits sont réutilisables, lavables, réparables, recyclables. Peu de trajets pour le transport et faciles à stocker.
- Emballages :** Éviter les emballages de plastique.
- Seconde main :** Emprunter, réaménager l'ancien, échanger des vêtements.

ICOS Cities U18



Comment peut on réduire le CO₂ ?

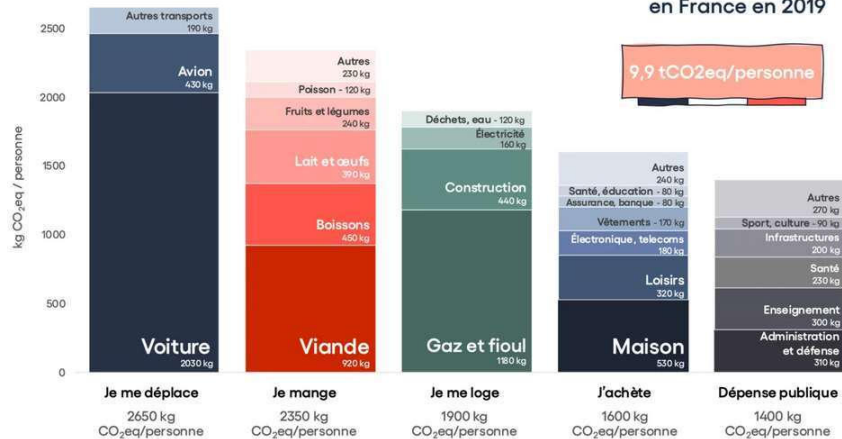
EN FRANCE, D'OÙ PROVIENNENT LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE EN 2022 ?



Source : Citepa, rapport Secten 2023. Les données d'émissions sont arrondies à l'unité.



Empreinte carbone moyenne en France en 2019



Gaz inclus : CO₂ (hors UTCATF France), CH₄, N₂O, HFC, SF₆, PFC, H₂O (trainées de condensation).
Source : MyCO₂ par Carbone 4 d'après le ministère de la Transition écologique, le Haut Conseil pour le Climat, le CITEPA, Agrilabysse V3 et INCA 3.



Viande

Nos animaux d'élevage dévorent la forêt tropicale.

- La consommation massive de viande notamment en Europe détruit la forêt tropicale (production de viande et de nutriments pour les animaux d'élevage).
- Pour que les animaux grandissent le plus rapidement possible, ils ont besoin d'une nourriture riche en protéines, comme le tourteau de soja (par exemple du Brésil).
- Au Brésil, les forêts tropicales amazoniennes sont défrichées ou brûlées pour la production de soja.
- Les monocultures de soja sont pulvérisées avec des phytosanitaires qui appauvrissent et polluent les sols et les eaux. Aucun pays ne pulvérise autant de phytosanitaires contre les mauvaises herbes, les insectes ou les champignons que le Brésil.
- Si la forêt tropicale est défrichée ou brûlée, le CO₂ s'échappe, en même temps que la forêt perd de précieux réservoirs de CO₂.
- La production animale génère du méthane, un gaz à effet de serre, que les bovins rejettent.
- Le gaz à effet de serre N₂O (= protoxyde d'azote) est produit lors de la pulvérisation d'engrais chimiques sur les champs. L'engrais azoté n'est pas entièrement absorbé par les plantes. En combinaison avec l'oxygène, il se forme ainsi du N₂O, un gaz beaucoup plus nocif pour le climat que le CO₂.
- L'élevage intensif produit trop de lisier. Cela détruit la biodiversité et augmente le méthane, un gaz à effet de serre.
- Chaque année, 10,5 millions d'animaux meurent alors que leur viande avariée ou non avariée se retrouve dans les ordures ménagères.
- L'utilisation d'antibiotiques dans l'élevage de masse génère des bactéries résistantes.



Ce que nous pouvons faire ?

- Ne manger de la viande que 1 à 2 fois par semaine
- Utiliser des tartinades à base de légumes au lieu de salami ou de jambon.
- Viande issue d'une production régionale et respectueuse des animaux.
- Manger local et en respectant les saisons
- Préférer les aliments frais et non transformés.
- Tenir compte du stockage et du transport.
- N'acheter que la quantité de nourriture que l'on peut consommer dans un délai raisonnable. → Déchets alimentaires.
- Eviter les emballages pour les aliments. Emportez un récipient.



Que pouvons nous faire?



Alimentation



Consommation



Energie



Mobilité



Loisirs



Déchets





Que pouvons nous faire?



Alimentation

- Manger moins de viande, de saison, local, pas de fast-food, pas de gaspillage alimentaire, cuisiner des produits frais et les emporter avec soi.
- Pas d'élevage intensif
- *Chaque français produit 58 kg de déchet alimentaire par an dont 24 kg est encore comestible (41% du gaspillage alimentaire global). Cela correspond à 100€ par habitant et par an (données année 2022, ministère agriculture).*
- La consommation de poisson par personne a doublé au cours des 50 dernières années : de 9 à 19 kilos par an.



Consommation

- Préserver l'eau potable
- Porter des vêtements plus longtemps. Un Européen achète en moyenne 65 à 70 nouveaux vêtements par an.
- Recycler
- Éviter les emballages jetables
- Question : est-ce que j'en ai vraiment besoin ?
- Réparer



Energie

- Remplacer l'énergie fossile (gaz, pétrole, charbon)
- Toujours éteindre les appareils électroniques, éviter le stand-by
- Réduire la chaleur dans les pièces en hiver à 18° - 19 °C.
- Prendre une douche courte (10-15 min), pas de bain
- Consulter la consommation d'énergie des appareils (catégories A...E)



Mobilité

- Utiliser peu la voiture
- Éviter les déplacements en avion
- Marcher ou faire du vélo
- Choisir des destinations de vacances en Europ accessibles en train



Loisirs

- Réduire les déplacements
- Faire du sport dans les environs proches
- Faire des activités en communs
- Aménager un jardin au naturel



Déchets

- Éviter les déchets
- Éviter les emballages jetables
- Recycler le plastique
- Éliminer correctement les déchets





Vrai ou Faux ? I

Les scientifiques ne sont pas d'accord sur l'influence de l'homme sur le changement climatique.

- **Le fait est que:** 97% des scientifiques du climat s'accordent pour affirmer que l'homme est en grande partie responsable du changement climatique..
- Les 3% restant soutiennent entre autres des intérêts économiques et politiques. Ils sont par exemple payés par l'industrie fossile, c'est-à-dire les producteurs de pétrole et de gaz naturel, et veulent avant tout semer la confusion.

Le réchauffement climatique n'existe pas.

- **Le fait est que :** L'influence humaine sur le climat et le réchauffement de la planète n'est pas une question d'opinion personnelle, mais un fait scientifique. 18 des 19 années les plus chaudes depuis le début des mesures en 1880 sont survenues après l'an 2000.

Parfois il fait plus chaud, parfois plus froid, cela a toujours existé : au Moyen Âge, il faisait plus chaud qu'aujourd'hui

- **Le fait est que :** L'augmentation actuelle des températures ne peut pas être expliquée par des facteurs naturels, car un grand nombre de facteurs naturels qui influencent le climat agissent sur des échelles de temps beaucoup plus longues. De plus, c'est la planète dans sa globalité qui est touchée par cette crise climatique et non des régions isolées, comme c'était le cas au Moyen-Âge. La hausse des températures ne peut s'expliquer que par l'influence de l'homme.

Depuis 1998, la Terre ne se réchauffe plus. Le changement climatique va bientôt s'arrêter en raison de la baisse de l'activité solaire.

- **Le fait est que :** La courbe des températures est toujours orientée à la hausse, il n'y a donc pas eu et il n'y aura pas de "pause" dans le réchauffement climatique. Même si les températures de surface fluctuent, le réchauffement des océans, par exemple, se poursuit au même rythme. La baisse de l'activité solaire ne pourrait avoir qu'un impact très limité (environ -0,3 degré) sur la menace de réchauffement climatique. L'argument selon lequel les fluctuations des taches solaires, avec leurs valeurs de rayonnement accrues, seraient responsables de l'augmentation mesurable des températures au cours des quatre dernières décennies, peut être clairement contredit. L'activité solaire diminue alors que la température et la teneur en dioxyde de carbone de l'atmosphère augmentent. L'activité solaire et le réchauffement climatique sont découplés, ils évoluent même en sens inverse.

La nature libère beaucoup plus de CO₂ que l'homme. La contribution de l'homme est bien trop faible pour avoir un impact sur le climat mondial..

- **Le fait est que :** Pendant des millénaires, il y a eu des variations naturelles de la quantité de CO₂ dans l'atmosphère. Mais ce n'est qu'avec la combustion d'énergies fossiles, comme le pétrole, le charbon et le gaz, que l'équilibre naturel a été perturbé. Même si la part d'origine humaine ne représente que quatre pour cent du cycle du carbone, l'impact est important. Par rapport à l'époque préindustrielle, il y a aujourd'hui 40% de CO₂ en plus dans l'atmosphère. Même de faibles changements dans la concentration de CO₂ ont un impact majeur sur le système climatique.



Vrai ou Faux ? II

Comment allons-nous prédire le climat ? Les services météorologiques ne sont même pas sûrs du temps qu'il fera dans les deux prochaines semaines ! De plus, un hiver froid me fait déjà douter de la véracité du réchauffement climatique.!

- **Le fait est que :** La météorologie et le climat ne sont pas la même chose. La météorologie est déterminée par l'état à court terme et en un lieu donné de l'atmosphère (et de l'océan de surface). Le climat mondial, quant à lui, se réfère à un état moyen sur de longues périodes d'au moins 30 ans et à l'échelle globale. Un hiver froid ne change pas la tendance à long terme du réchauffement de la planète, mais on peut tout de même s'attendre à des records de froid isolés. Au cours des dernières décennies, il y a eu deux fois plus de records de chaleur que de records de froid. De plus, nous avons du mal à percevoir les changements de température à long terme, alors que nous ressentons dans notre propre corps les périodes de froid et de chaleur à court terme (en particulier les extrêmes). Analogie : si l'on allume la plaque de cuisson, il est plutôt difficile de prédire exactement où les différentes bulles vont monter lorsque l'eau bout (comme pour la météo). Mais on peut dire avec certitude qu'il y aura des bulles (climat).

Le changement climatique n'est pas si grave. Il peut aussi avoir des effets positifs

- **Le fait est que :** Les effets négatifs du changement climatique sur notre environnement, notre agriculture, notre santé et notre économie sont bien plus importants que les effets positifs potentiels. De meilleures conditions pour l'agriculture ou des coûts de chauffage moins élevés ne se produiraient en outre qu'au niveau régional et ne dureraient souvent que peu de temps. Parallèlement, l'augmentation croissante des températures entraîne des phénomènes météorologiques chaotiques, tels que les fortes pluies et les tempêtes, qui peuvent avoir des conséquences imprévisibles, par exemple pour l'agriculture.

La préservation du climat ? Ce n'est que la dernière tendance.

- **Le fait est que :** L'insinuation selon laquelle préserver le climat est une tendance et que des célébrités ou des entreprises veulent ainsi redorer leur image n'est pas un argument contre la protection du climat. Cela montre seulement que de nombreuses personnes ont reconnu l'importance de ce thème. Bien entendu, le "greenwashing", c'est-à-dire la tentative des entreprises et des personnes de se présenter comme particulièrement soucieuses de l'environnement afin d'en tirer profit, doit être remis en question de manière critique.

„ Qui peut encore comprendre tout cela? ”

- **Le fait est que :** Le changement climatique est un sujet compliqué - mais les principaux éléments et les différentes mesures sont faciles à comprendre. Essayez de vous adapter au niveau de connaissances de votre interlocuteur et d'expliquer les choses simplement. Si quelqu'un utilise des termes techniques que vous ne connaissez pas, demandez des précisions.

„ Et que cela coûte des emplois ne t'intéresse pas? ”

- **Le fait est que :** Il ne s'agit pas ici de parler de chômage, mais de détourner le sujet de discussion du changement climatique. Le fait de mettre en avant un autre problème ou de sauter fréquemment d'un sujet à l'autre est un signe que l'interlocuteur n'a pas envie de discuter d'un sujet sur le fond.

Tant que les autres ne font rien, tout cela n'a pas de sens! ”

- **Le fait est que :** Lorsqu'il s'agit de problèmes à l'échelle mondiale, nous nous sentons souvent impuissants. Mais la préservation du climat commence à petite échelle. Chacun peut apporter sa contribution - et souvent économiser de l'argent. En outre, la préservation du climat est aussi une chance d'identifier rapidement les évolutions et de jouer un rôle de pionnier. Au niveau régional, de nouveaux emplois sont par exemple créés.



Discussions de groupe

Que veut dire :

- **Manger les produits de saison :**
Manger les légumes de saison qui poussent dans son environnement proche .
- **Frais et cru, ça rend heureux :**
Éviter les aliments transformés.
- **Préserver les aliments :**
Lutter contre le gaspillage alimentaire. Les concombres peuvent avoir des courbes !
- **Produits durables :**
Écologiquement durable : Les produits sont réutilisables, lavables, réparables, recyclables. Peu de trajets pour le transport et faciles à stocker.
- **Emballages**
Éviter les montagnes de plastique
- **Seconde main**
Emprunter, réaménager l'ancien, échanger des vêtements.





Thèmes du projet

- Téléphone portable, essence, viande : qu'ont-ils en commun ?
- Électricité au charbon ou au bœuf ?
- S'attaquer d'abord aux plus gros problèmes ! Lesquels ?
- L'argent et le climat.
Que fait la banque avec ton argent.
Crédits, investissements, argent équitable
- Émissions de gaz à effet de serre
- Économiser l'énergie dans la mobilité :
Km par an, poids de la voiture ?
- Consommation : consommation d'énergie directe et indirecte
- Choisir





Cuisine et ménage

Conseils pour les achats :

- Utiliser des sacs réutilisables pour faire tes courses.
- Retirer à temps les aliments du congélateur et les décongeler lentement au réfrigérateur - au lieu de les passer rapidement au four à micro-ondes.
- Utiliser du papier recyclé plutôt que du papier à base de cellulose vierge.

Conseils pour la salle de bain :

- Utiliser un pommeau de douche économique. Il mélange l'eau avec de l'air et réduit ainsi la consommation.
- La douche est plus économe en énergie que le bain.
- Des douches courtes permettent d'économiser de l'énergie.

Conseils pour économiser l'électricité :

- Éviter de laisser les appareils électriques en mode veille. Une multiprise avec interrupteur permet d'éteindre simultanément plusieurs appareils tels que l'ordinateur, le moniteur et l'imprimante.
- Ne pas recharger les batteries trop tôt ou trop longtemps, cela raccourcit leur durée de vie. Utiliser si possible des appareils avec une fiche secteur, car la fabrication de batteries rechargeables pollue l'environnement.
- Éteindre complètement les appareils pendant la nuit.

Conseils pour l'alimentation :

- Améliorer le bilan CO₂ : Protéger le climat en limitant ou renonçant à la viande.
- 35 % de tous les gaz à effet de serre produits par l'homme sont dus à l'industrie alimentaire.
Les produits animaux en représentent la plus grande part (57 %).
La viande de bœuf est la plus mal lotie:

Exemple :

1kg de viande de bœuf → nécessite 15 Kg de fourrage - il faut 40 m² de surface cultivée-

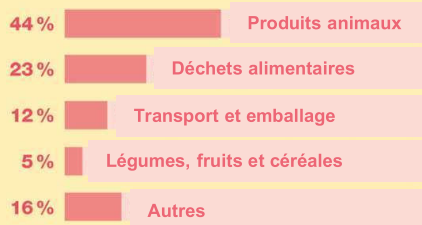
120 Kg de carottes + 80 Kg de pommes ≈ 400 kg de pommes → 40 m²

- L'élevage d'animaux libère principalement du méthane, un gaz à effet de serre.. Il se forme lors de la digestion. Les bovins le rotent et le rejettent dans l'atmosphère. Le méthane est 25 fois plus nocif pour le climat que le CO₂. Le méthane est également libéré lorsque du lisier est épandu sur les champs.



Faits et chiffres des villes de Zurich et Paris

CO₂ - Les émissions de l'alimentation à Zürich !



Comparaison des aliments



Environ 330 kg d'aliments comestibles par personne et par an finissent à la poubelle. Ce n'est pas une fatalité.

<https://www.stadt-zuerich.ch/site/zuerich-co2/de/index/wissen.html>

Nouveau plan Alimentation Durable à Paris 2022-2027



53,1 %
d'alimentation durable dans
les cantines collectives
en 2021

46,2 %
issue de l'agriculture
biologique dans la
restauration collective
en 2021

Des cantines qui préservent le climat et la biodiversité

Ce Plan s'articule pleinement avec la politique agricole et alimentaire de Paris et pourra bientôt profiter d'AgriParis, nouvel opérateur initié par la Ville, lequel accompagnera et facilitera l'organisation de filières durables à destination de la restauration collective d'abord, in fine à l'ensemble des personnes qui se nourrissent chaque jour sur le territoire parisien.

- ▶ 75 % des aliments labellisés bio, 100 % de saison, dont 50 % produits et transformés à moins de 250 km de Paris ;
- ▶ 2 repas végétariens par semaine pour toutes et tous et le déploiement d'alternatives végétariennes quotidiennes afin que 40 % des repas servis soient végétariens ;
- ▶ De la viande, des produits laitiers, des œufs bio ou labellisés et issus d'élevages exigeants en termes de bien-être animal et des poissons issus de pêches et de piscicultures responsables ;
- ▶ Une valorisation locale de 100 % des déchets alimentaires pour mettre fin à l'incinération des bio-déchets ;