COP21
le climat change, et nous ?
DOSSIER
PEDAGOGIQUE
+ d'infos sur emf.fr Tél : 05 49 50 33 08
ESPACE MENDES FRANCE
POITIERS

Présentation de la structure

L'Espace Mendès France, association loi 1901 créée en 1987, développe ses actions vers des publics diversifiés sur l'ensemble de la région Poitou-Charentes par l'entremise de trois pôles de médiation.

1/ **son site immobilier de Poitiers,** inauguré en 1989

Ce sont 2 100 m^2 situé au cœur de Poitiers, permettant d'accueillir du public sur une programmation diversifiée. Celle-ci comprend des expositions sur deux grandes salles et trois espaces de 30 m^2, une salle de conférence de 120 places et un auditorium de 220 places, une salle de diffusion et de projection de 110 places - le Planétarium - un plateau de formation, et un lieu de création numérique, un espace dédié aux métiers et 4 lieux d'animation/expérimentation scientifiques, dont deux 2 cogérés avec l'école de l'ADN. Le site dispose également d'une capacité d'accueil de séminaires jusqu'à 220 personnes et coproduit le festival « Filmer le Travail ».

Au titre de 2014 le site poitevin aura reçu 50 400 visiteurs, dont 13 000 scolaires, organisé 9 expositions, 155 conférences et débats, 190 séances de Planétarium, 10 spectacles de création numérique et accueilli une vingtaine de séminaires.

2/ sa **plate-forme de diffusion régionale** qui intervient en sud région à partir de son implantation de Saintes et d'Angoulême. Ses actions sur le nord sont pilotées à partir de Poitiers et pour les Deux Sèvres dans le cadre de l'action "Terre de Sciences". Le déploiement régional s'appuie sur trois volets complémentaires :

- Accessible en ligne, **un catalogue** destiné essentiellement aux publics jeunes du monde éducatif et du loisir propose une centaine de produits, expositions, animations, multimédias, modules d'expérimentation. Certains multimédias et certaines expositions sont adaptés à un public adulte. Sont également accessibles une trentaine de dossiers pédagogiques. Ce volet d'action dispose également pour l'itinérance d'un "Camion des Sciences" lancé en 2012, qui a bénéficié de crédits FEDER.

- Des **actions labellisées**, avec "**la Fête de la Science**" coordonnée depuis une vingtaine d'années, "**la Science se Livre**" qui se déroule chaque année au premier semestre dans les médiathèques, bibliothèques et centres de documentation de collèges et de lycées autour d'un thème choisi collectivement, **« Images de Sciences**" qui propose les 15 derniers jours de novembre des projections de films documentaires commentés et débattus avec un intervenant du monde scientifique.

A ces actions labellisées récurrentes depuis une dizaine d'années, il convient d'adjoindre diverses opérations développées pour valoriser les filières et les métiers scientifiques ainsi que les sciences auprès des publics féminins ("Les jeunes et la science", "Science au féminin", "duo de science").

Au titre de 2014, le déploiement régional aura permis de toucher près de 52 000 personnes, dont près de 18 000 scolaires, sur 200 communes différentes dans le cadre de 1 100 actions décentralisées.

Un troisième volet d'action est également poursuivi depuis 2006 dans le cadre d'un programme "**Sciences, Innovation & Territoires».** Celui-ci permet d'accompagner le développement de territoires autour de préoccupations d'acteurs impliqués dans des projets scientifiques et techniques, environnementaux, de technologies, de santé publique.....Le plus souvent autour d'un conseil scientifique territorial, sont ainsi diagnostiqués des besoins formulés localement et des orientations adaptées sont mises en place de manière spécifique.

Ce travail s'est déroulé depuis 7 ans sur une vingtaine de territoire différents en termes d'échelons (du département à la simple commune) et a permis de susciter la création de quatre universités populaires, de structurer l'action d'un département en matière de CSTI et de mettre en place plusieurs projets (changement climatique, eau, mutations territoriales, nutrition santé) tous adossés à des compétences scientifiques et ouverts à des actions destinées à des publics extrêmement diversifiés.

3/ enfin une **compétence éditoriale** et de diffusion, la revue l'Actualité Poitou-Charentes diffusée au total à 25 000 exemplaires, une maison d'édition et un site internet vu par près de 20 000 personnes différentes par mois.

Présentation de l'exposition

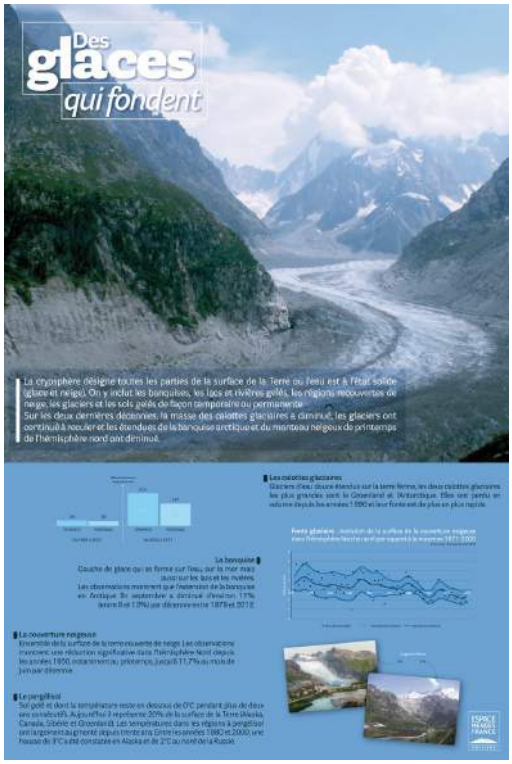
Conçue en 2014 avec des scientifiques locaux et des intervenants du GIEC, elle permet de présenter la question sous 3 angles après avoir rappelé en préambule l'enjeu de la COP21 et l'histoire des sommets internationaux :

- **l'histoire du climat**, les démarches scientifiques d'analyse et les récents épisodes du petit age glaciaire ;
- l'ensemble des **données scientifiques** les plus récentes sur le système complexe qui s'est créé depuis longtemps favorisant la création d'une **biosphère** propice à notre vie actuelle et les équilibres systémiques qui y sont liés (CO2, océans,....) ;
- les conditions requises d'**adaptation** de nos sociétés humaines à l'heure d'une discussion sur l'entrée dans l'anthropocène.

Cette exposition est conçue comme un parcours délivrant un message ouvert à un large public par le biais de 25 panneaux + 1 panneau partenaires (format 1500/1000) et 3 multimédias interactifs projetés et propices à l'échange avec les publics.

Liste des panneaux

L'Anthropocène, l'ère de la sixième extinction
Les glaces, archives du climat
L'étude des climats du passé
Un refroidissement historique
La Terre : une serre naturelle
Pas de serre sans gaz
Pas de vie sans carbone
Un monde plus chaud
Des mers plus hautes
Des océans plus acides
Des glaces qui fondent
Des régions polaires plus touchées
2099 Sommet international Climat
COP 21 Tout peut changer
Des négociations internationales
Le GIEC, c'est quoi, c'est qui ?
Des rapports pour alerter
Quatre scénarios pour l'avenir
Ce qui nous attend au XXIème siècle
Impacts et conséquences
Et après 2100 ?
S'adapter ? C'est possible
La France s'adapte
Atténuer ? C'est faisable
Géo-ingéniérie : de la science à la science-fiction



Supports multimédias

- Gaz à effet de serre
- Modélisation climatique
- Des images pour réfléchir

Les exercices proposés

Préambule

Ce dossier pédagogique se compose d'apports d'information, d'études de documents, de schémas, de questions. Le service éducatif de l'Espace Mendès France à l'origine de ce dossier a souhaité aborder les questions autour du changement climatique avec une démarche scientifique, conforme aux directives données aux enseignants par le Ministère de l'Education Nationale. Il s'agit en effet pour eux de développer une approche scientifique individuelle propice à l'observation, à l'analyse, favorisant le questionnement et un esprit critique quant aux informations données et aux méthodes mises en œuvre. Les exercices n'ont pas été limités à un niveau. Chaque enseignant, sur la base documentaire d'un exo collège, peut en effet produire un exo niveau primaire ou niveau lycée : les données restent les mêmes ; seules les questions, la place du document dans la progression et l'approche en classe vont varier.

Liste des exercices

Phénologie.....Page 6

Vers une 6ème extinction de masse ? .....Page 7

Changement climatique : des conséquences visibles.....Page 8 et 9

Noir et blanc..... Page 10

Chaud devant ! ..... Page 11 et 12

Montée des eaux..... Page 13

Effet de serre ..... Page 14

Dioxyde de carbone .....Page 15

Production du CO2 par les activités humaines.....Page 16

Changement climatique et cyclones .....Page 17 et 18

Changement climatique et gulf stream.....Page 19 et 20

Le climat pris dans les glaces .....Page 21

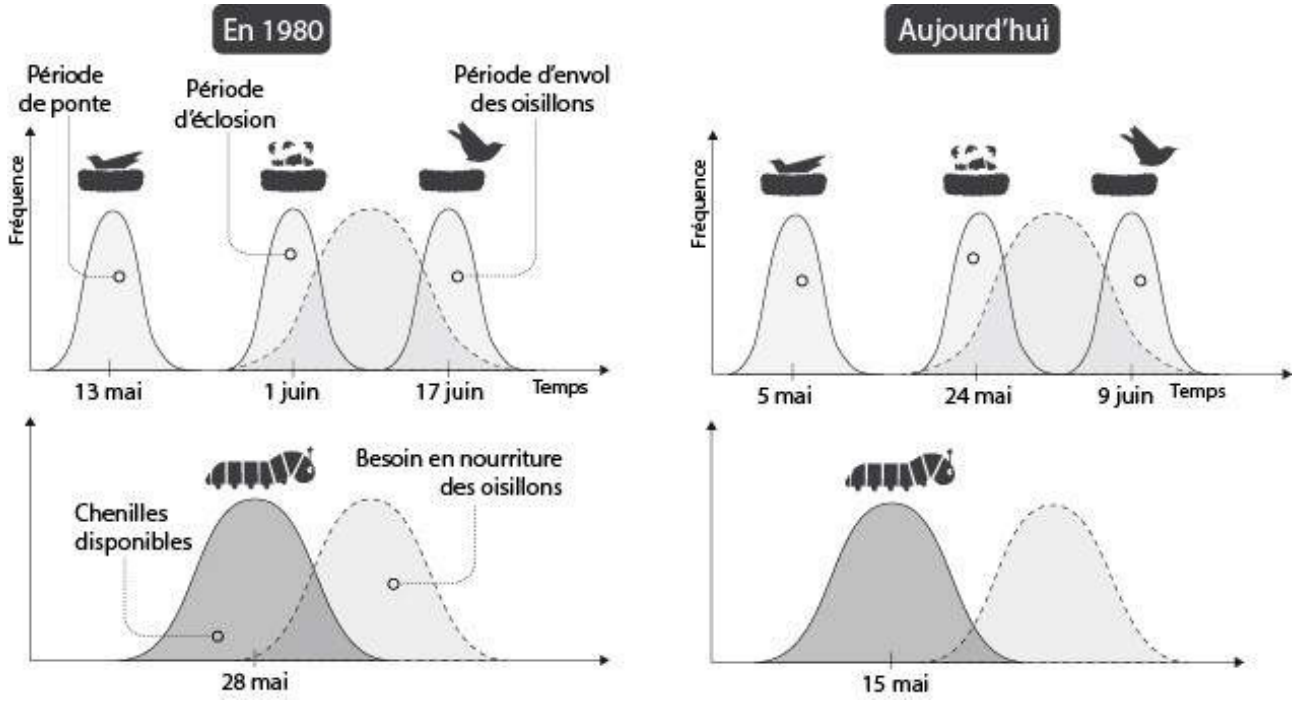
Refroidir la planète..... Page 22 et 23

Bibliographie.....Page 24
Sélection de sites web .....Page 31

Phénologie

La phénologie est l'étude de l'apparition d'événements périodiques dans le monde vivant, déterminée par les variations saisonnières du climat. Le réchauffement climatique a donc un impact direct sur ces évènements.

Certains de ces effets ont déjà pu être mesurés. Par exemple, le gobe-mouche noir se reproduisait auparavant vers la mi-mai. Il se reproduit aujourd'hui début mai car sa période de reproduction dépend de l'augmentation des températures au printemps et celle-ci est plus précoce aujourd'hui qu'en 1980. Les oisillons se nourrissent de chenilles. Les deux premiers graphiques présentent la situation telle qu'elle était en 1980. Les deux suivants présentent la situation actuelle.



1) A l'aide des graphiques ci-dessus, indiquez quelle est la conséquence de l'avancement de la période de reproduction de cet oiseau sur ses oisillons ?
2) Si le réchauffement se poursuit, quelle pourra être la conséquence d'une hausse des températures sur la période de reproduction du gobe-mouche noir ?
3) Quel serait alors le risque pour cette espèce ?

Vers une 6ème extinction de masse ?

Des scientifiques internationaux s'inquiètent des premiers signes possibles d'une extinction en masse d'espèces qui serait la sixième dans l'histoire de la Terre. Vertébrés et invertébrés sont concernés. Principales causes envisagées : des changements affectant l'habitat des animaux et le climat.
Dans cette étude, les chercheurs signalent que depuis le début du XVIème siècle, plus de 320 espèces de vertébrés terrestres se sont éteintes. Celles qui restent auraient vu leur population diminuer de 25 %. Chez les vertébrés, 16 à 33 % seraient menacées. Les grands animaux faisant partie de la «mégafaune» (éléphants, rhinocéros, ours polaires…) sont particulièrement touchés. En effet, ces populations ont des taux de croissance moins élevés et une descendance souvent plus restreinte que celles d'animaux plus petits. Ils ont aussi généralement besoin de vastes habitats pour maintenir des populations viables et leur masse importante en fait aussi des cibles privilégiées pour la chasse.

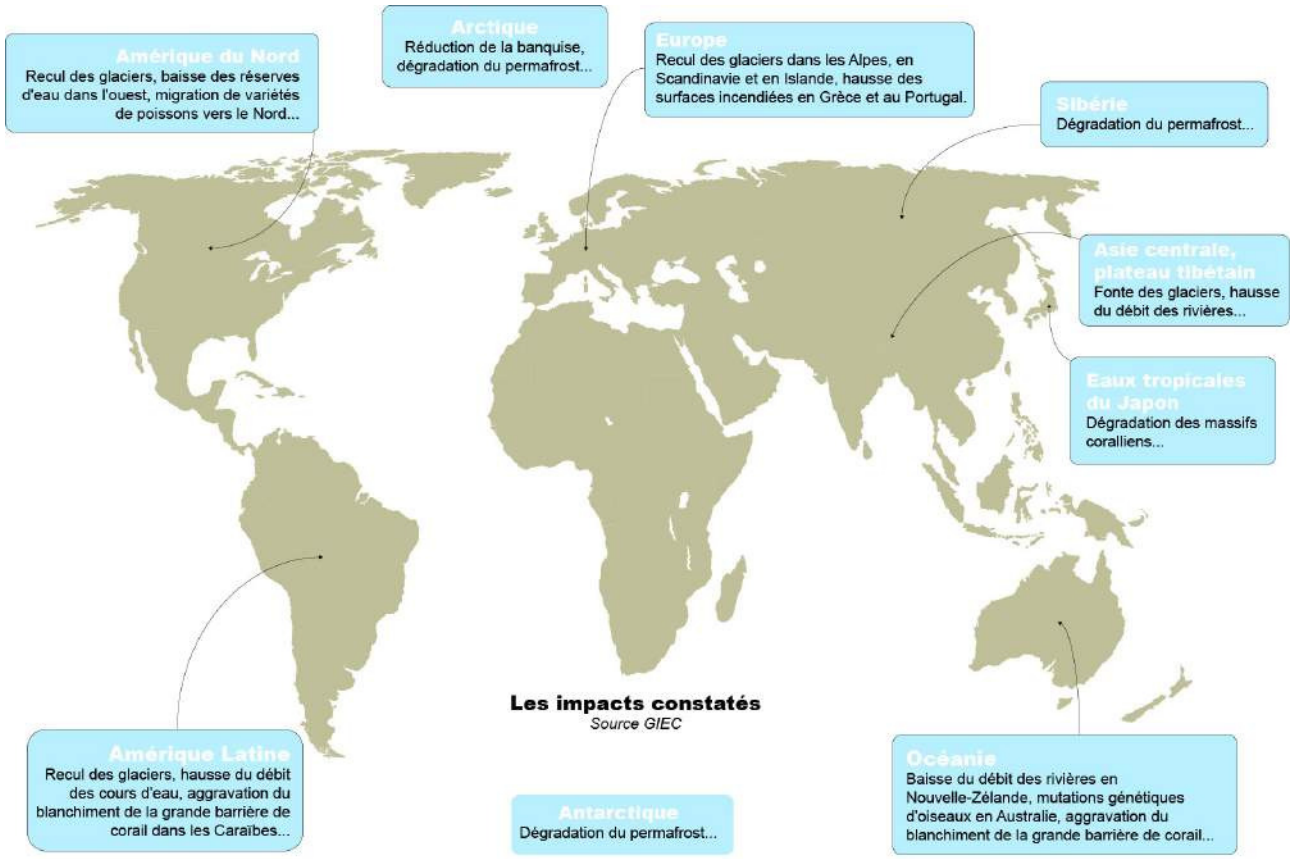
Les conséquences de la perte de grands animaux ont pu être étudiées localement. Par exemple, au Kenya, des chercheurs ont observé l'effet du déplacement d'espèces de la mégafaune (zèbres, girafes, éléphants…) sur l'évolution des écosystèmes. Assez rapidement, ils ont constaté que ces zones étaient envahies par les rongeurs. L'herbe et les arbustes se développaient, il y avait plus de graines et d'abris disponibles et moins de risque de prédation. Conséquence : le nombre de rongeurs a doublé, tout comme celui des ectoparasites porteurs de maladies qu'ils hébergeaient.

Chez les invertébrés, 67 % des populations suivies ont montré un déclin de 45 % en 35 ans alors qu'en même temps, la population humaine a doublé. Cette disparition d'invertébrés serait, elle aussi, due à une perte des habitats et au changement climatique. Or les insectes pollinisent 75 % des cultures mondiales et jouent aussi un rôle important dans la décomposition de la matière, processus qui favorise la productivité des écosystèmes.

1) Quelles seraient les principales causes de cette possible extinction de masse ?
2) Avec l'exemple du Kenya, expliquer comment la disparition d'animaux de la mégafaune peut, au final, avoir des répercutions négatives sur l'homme.
3) Expliquez comment la disparition des insectes pollinisateurs pourrait être responsable d'une diminution de la population humaine.

Changement climatique : des conséquences visibles

Dans son 5ème rapport en 2014, le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) alertait le monde sur la réalité du réchauffement de la planète (+ 0,6 °C de 1950 à 2010) dû, pour moitié, à l'activité humaine et à la production de gaz à effet de serre. Dans ce rapport, il en a dévoilé les conséquences visibles à l'échelle planétaire.



Le **taux d'acidité** de l'eau de mer a grimpé de 30 % depuis le début de l'ère industrielle avec des conséquences dramatiques pour les récifs coralliens qui peinent à se renouveler ou disparaissent.
La **hausse du niveau de la mer** multiplie les risques de submersion marine et d'érosion du littoral. « Des zones de danger vont pousser l'homme à fuir ». Certaines, déjà marquées par un fort taux de pauvreté, comme le Bangladesh, sont particulièrement touchées. Une migration climatique va voir le jour et créer des conflits entre les populations.
La **production agricole** n'est pas épargnée. Au niveau mondial, le rendement du blé baisse de 2 % par décennie. Alors que la demande mondiale en alimentation ne cesse d'augmenter, la baisse des ressources en quantité et en qualité va créer de l'insécurité alimentaire.

Les **phénomènes extrêmes** vont se multiplier : vague de froid, de chaleur, précipitations violentes et risques de crues dans le Nord, pénurie d'eau dans le Sud.
La **réduction de la biodiversité**, qu'avait pointée le quatrième rapport comme effet d'un changement climatique global, devrait réduire les services rendus par la nature (filtration de l'eau, préservation des sols, pollinisation, etc.).
La modification du climat et ses effets pourraient augmenter la **vulnérabilité de populations** devant certaines maladies, ou favoriser la **malnutrition.**
Les zones côtières sont menacées par **l'érosion et les crues**, particulièrement dans les régions peuplées, comme les deltas en Asie
Certains pays cumulent les facteurs de risque : en Micronésie, en Papouasie-Nouvelle-Guinée ou dans les îles Mariannes, les populations sont confrontées à la montée du niveau de la mer, à l'érosion des côtes, à la destruction des récifs coralliens et aux tempêtes.

En 2012, 1 personne déménageait chaque seconde pour des raisons climatiques, ce qui représente 32 millions de **réfugiés climatiques** par an dans 82 pays. Les raisons climatiques sont nombreuses : inondations, moussons, sécheresse, cyclones, désertification, érosion des sols... On estime qu'il y aura 200 millions de réfugiés climatiques chaque année autour de 2050.

Après ces funestes présages, le rapport précise que rien n'est joué, et que des solutions existent pour s'adapter. Les experts en proposent une série : des systèmes d'alerte, des abris contre les cyclones et les inondations, la préservation des mangroves (qui elles-mêmes protègent les côtes), l'amélioration des techniques de stockage de l'eau et de l'irrigation, de nouvelles pratiques agricoles, de meilleures campagnes de vaccination, la création de zones protégées, l'identification de groupes vulnérables, la diversification de l'économie et un meilleur ajustement des fonds dédiés à ces efforts.

1) Faites un résumé mettant en évidence les conséquences du réchauffement climatique sur la planète.

2) Rédigez un texte de science-fiction dans lequel vous imaginerez le devenir de votre ville en vous basant sur les conséquences observées du réchauffement climatique. Vos "prévisions" sur le futur devront être argumentées.

Noir et blanc

Expérience

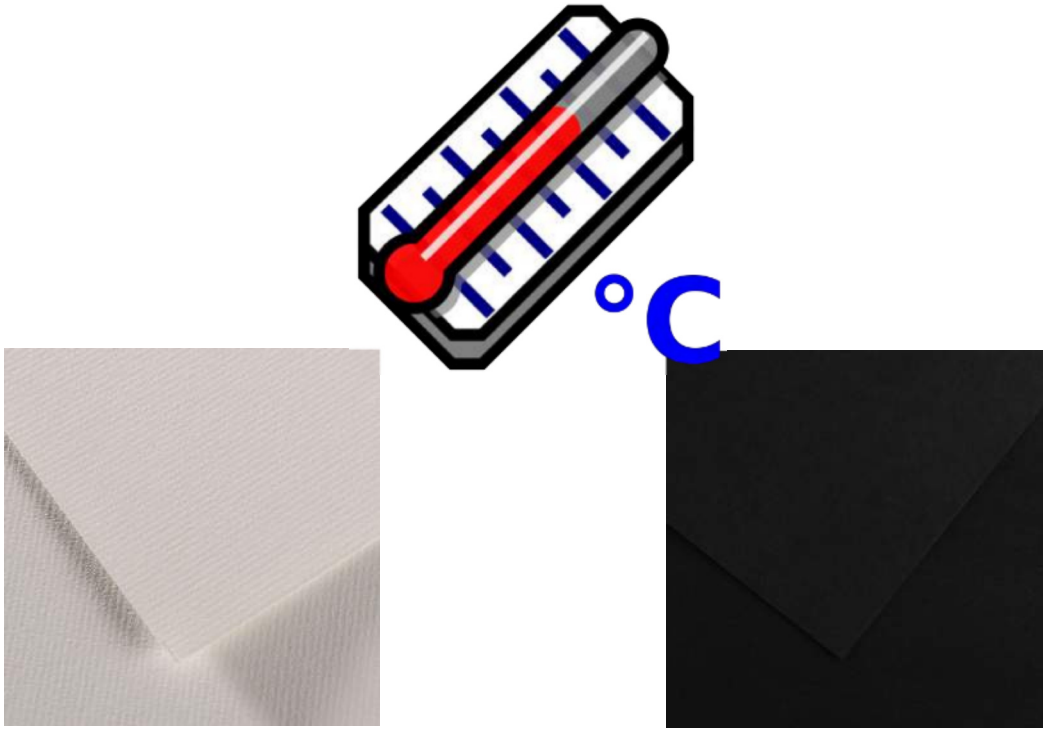
Placer deux feuilles de papier cartonné de couleurs différentes, une noire et une blanche,
- de même dimension
- au même endroit dans la cour ou sous la même lampe
- pendant la même durée d'exposition

Sous les feuilles de papier, placer
- deux thermomètres identiques,
- les deux thermomètres sont posés sur la même table.

1 - Pourquoi prendre toutes ces précautions ?

2 – Noter l'élévation de température sous chacune des feuilles.

3 – Comment peut-on mettre en relation les résultats de cette expérience et l'influence de la diminution de la surface de la banquise ou des glaciers sur la température de la Terre ?



Chaud devant !

Le tableau ci-dessous donne les températures moyennes par an en France sur la période 1901 à 2014.

1901	10,8		1943	12,3		1985	11,1
1902	11,0		1944	11,2		1986	11,4
1903	11,2		1945	12,2		1987	11,4
1904	11,7		1946	11,3		1988	12,2
1905	11,0		1947	12,4		1989	12,8
1906	11,5		1948	12,0		1990	12,8
1907	11,2		1949	12,4		1991	11,8
1908	11,2		1950	11,9		1992	12,1
1909	10,6		1951	11,5		1993	11,8
1910	11,1		1952	11,6		1994	13,1
1911	12,0		1953	11,6		1995	12,7
1912	11,1		1954	11,0		1996	11,7
1913	11,7		1955	11,6		1997	12,9
1914	11,2		1956	10,2		1998	12,3
1915	11,1		1957	11,6		1999	12,7
1916	11,3		1958	11,5		2000	12,9
1917	10,3		1959	12,3		2001	12,5
1918	11,4		1960	11,5		2002	12,9
1919	10,8		1961	12,3		2003	13,1
1920	11,6		1962	10,8		2004	12,3
1921	12,2		1963	10,4		2005	12,3
1922	10,9		1964	11,5		2006	12,6
1923	11,4		1965	11,0		2007	12,3
1924	11,2		1966	11,8		2008	11,9
1925	10,9		1967	11,7		2009	12,4
1926	11,9		1968	11,3		2010	11,3
1927	11,4		1969	11,3		2011	13,0
1928	12,0		1970	11,4		2012	12,1
1929	11,4		1971	11,4		2013	11,8
1930	11,9		1972	11,0		2014	13,1
1931	11,0		1973	11,3			
1932	11,3		1974	11,6			
1933	11,4		1975	11,5			
1934	11,9		1976	11,8			
1935	11,5		1977	11,6			
1936	11,6		1978	11,1			
1937	12,0		1979	11,3			
1938	11,5		1980	11,0			
1939	11,3		1981	11,6			
1940	10,7		1982	12,4			
1941	10,6		1983	12,1			
1942	11,2		1984	11,4			

1 - A partir de ce tableau, trouver les dix années les plus chaudes. Que constate-t-on ?

2 - Faire la moyenne des températures annuelles par décennie.

3 – Tracer l'évolution de la température moyenne de chaque décennie en fonction du temps ? Comment cette température évolue-t-elle ?.

4 – Donnez le calcul qui permet d'obtenir la moyenne de température sur une année ?

5 – Calculez la température moyenne pour la France sur la période allant de 1901 à 1950. Faites de même pour la période de 1950 à 2014.

6 – Que pouvez-vous dire en comparant ces deux périodes : 1901-1950 / 1950-2014 ?

7 – Faites une projection approximative pour l'année 2100 en imaginant que les températures continuent d'augmenter de la même manière.

8 – Citez 5 conséquences sur notre planète si la température moyenne augmente trop.

Montée des eaux

L'eau est très abondante sur la Terre, la majeure partie est sous forme liquide mais dans les régions froides, on peut la trouver sous forme solide : la glace. Si on réchauffe la glace, on obtient de l'eau à l'état liquide.
On entend souvent que le réchauffement climatique va entraîner une montée du niveau des océans.

1 - Imaginez des expériences pour vérifier si la fonte des glaces sur la terre entraîne forcément une élévation du niveau des océans.

Aide
Il y a deux types de glaces :
La banquise est de la glace qui flotte sur l'océan
Au Groenland et en Antarctique la glace est sur le sol, on parle de glace continentale

2 - Imaginez des expériences pour montrer qu'une augmentation de température entraîne une élévation du niveau des océans.

Aide :
Pensez au fonctionnement d'un thermomètre !

Effet de serre

La planète Terre est entourée d'une enveloppe gazeuse de plusieurs dizaines de kilomètre d'épaisseur : l'atmosphère.
L'atmosphère terrestre contient du dioxygène nécessaire à la respiration, elle contient aussi d'autres gaz qui retiennent la chaleur renvoyée par la Terre et limitent ainsi la différence de température entre le jour et la nuit.

Expérience 1 : fabriquer un dispositif pour comprendre l'effet de serre.

Matériel : Deux thermomètres, une feuille de papier de couleur noire, un saladier transparent, une lampe à filament de 100 W.
Placer les deux thermomètres sur la feuille de papier, recouvrir l'un des deux avec le saladier. Placer une lampe à 40 cm au dessus de l'ensemble.

Protocole : Relever les températures de chacun des thermomètres au moment où la lampe est allumée. C'est l'instant 0 de l'expérience, le « début ». Puis noter les températures de chacun des thermomètres toutes les 3 minutes pendant 45 minutes.

1 - Comment varie la température à l'extérieur du saladier ? Varie-t-elle de la même façon à l'intérieur ?
2 - A quel endroit l'effet de serre est-il modélisé ?
3 - Dans le modèle, que représente la feuille, la lampe et le saladier ?

On peut recommencer l'expérience en plaçant des glaçons à l'intérieur et à l'extérieur du saladier.

4 - Qu'observe-t-on ?
5 - Que représentent les glaçons dans ce modèle.

Expérience 2 : Montrer que le dioxyde de carbone est un des gaz responsables de l'effet de serre.

Matériel : Deux bouteilles de 2 L vides, deux thermomètres, du soda (une partie sera dégazé, l'autre non), une lampe à filament de 100 W

1 - Couper le haut des deux bouteilles de 2 L vides de façon à obtenir deux récipients identiques de 20 cm de hauteur.
2 - Introduire dans une des bouteilles du soda dégazé jusqu'à la hauteur de 8 cm, introduire la même quantité de soda sans gaz dans l'autre bouteille.
3 - Percer un petit trou à 5 cm au-dessus des surfaces de soda, pour y introduire le thermomètre.
4 - Placer les deux récipients sous la lampe de bureau (éteinte pour l'instant) à égale distance (20 cm environ) de la lampe et attendre trente minutes.
5 - Allumer la lampe et noter les températures toutes les minutes pendant 10 minutes.
6 - Qu'observe-t-on ?
7 - Que s'est-il échappé du soda non dégazé pendant les trente minutes ?

Dioxyde de carbone

Expérience 1

Introduire une bougie enflammée dans un flacon.
Lorsque la combustion est terminée, verser rapidement un peu d'eau dans le flacon, appliquer la paume de la main de façon à fermer très soigneusement et agiter.

1 - Que ressent-on au niveau de la paume de la main ?

2 - Comment peut-on expliquer ce phénomène ?

Expérience 2

Placer une bouteille de soda dans un réfrigérateur de façon à la refroidir, placer une bouteille identique à température élevée. Ouvrir en même temps les deux bouteilles de soda.

1 - Qu'observe-t-on, pour chacune des bouteilles ?

2 - Comment peut-on expliquer ce phénomène ?

Le CO_2 est soluble dans l'eau, il se dissout d'autant mieux dans l'eau que la température de celle ci est basse.

<u>Exploitation des expériences pour comprendre</u>

3 - Dans quelle partie du globe se situent les pays qui produisent le plus de dioxyde carbone ?

4 - Dans quelle partie du globe se situent les mers les plus froides ?

5 - Que devient une partie du dioxyde de carbone rejeté dans l'atmosphère par les activités humaines ?

6 - Que se passera-t-il si les océans se réchauffent ?

Production du CO_2 par les activités humaines

Les sociétés modernes produisent pour se déplacer, pour se chauffer, pour répondre à la notre consommation d'électricité …. de plus en plus de CO_2 , qui est un des gaz à effet de serre.

Le dioxyde de carbone (CO_2) est formé, par combinaison du carbone (C) avec le dioxygène contenu dans l'air (O_2), dans les centrales thermiques à charbon pour produire de l'électricité. L'énergie thermique dégagée par la réaction chimique est transformée en énergie électrique.

Le CO_2 est aussi produit dans des réactions de combustion des hydrocarbures, notamment des alcanes de formule générale C_nH_{2n+2}
Le gaz de ville ou méthane, est utilisé notamment pour le chauffage, ce gaz est le plus simple des alcanes, il contient un seul atome de carbone.
Le butane, est un alcane qui contient quatre atomes de carbone. Il est aussi utilisé pour le chauffage.
L'essence est un mélange de plusieurs alcanes et d'autres hydrocarbures.

1 - Quels sont les constituants d'un hydrocarbure ?

2 - Quels produits sont formés lors de la combustion complète d'un hydrocarbure ?

3 - Quelle est la formule chimique du méthane ?

4 - Quelle est l'équation bilan correspondant à la combustion du méthane ?

5 - Quelle est la formule chimique du butane ?

6 - Quelle est l'équation bilan correspondant à la combustion du butane ?

7 - Quelle est l'équation bilan correspondant à la combustion d'un alcane ?

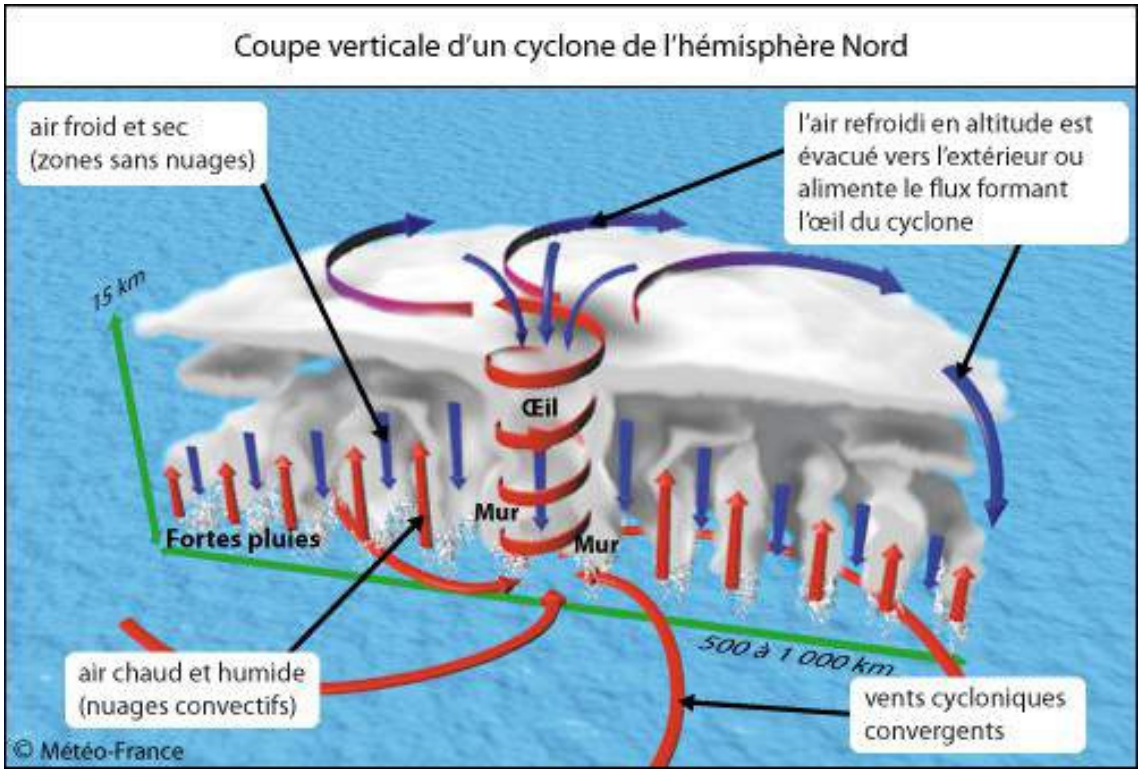
8 - Comment peut-on procéder pour éviter de produire du CO_2 et ainsi limiter l'effet de serre ?

Changement climatique et cyclones

La plupart des études que nous connaissons montrent qu'avec le réchauffement de la planète, ce n'est pas le nombre de cyclones qui augmente, mais leur puissance. D'après une étude publiée dans la revue Science, le nombre et la durée des cyclones sont globalement stables depuis 35 ans à l'échelle planétaire. Mais le nombre et la proportion d'ouragans de catégories 4 et 5 ont presque doublé depuis 1970.

Le cyclone s'alimente de l'humidité qui est très forte là où la mer est chaude. Or le réchauffement climatique humidifie et réchauffe encore davantage les basses couches de l'atmosphère et refroidit la haute région des nuages. On a donc un plus grand contraste entre surface et altitude, ce qui augmente l'énergie qui peut potentiellement se libérer du cyclone. Mais il est encore difficile d'évaluer l'impact réel de ce réchauffement car la force et le nombre des cyclones oscillent naturellement tous les 20-30 ans.

La température dans les zones tropicales des cinq bassins océaniques, où se forment les cyclones, a augmenté de 0,5 degré Celsius de 1970 à 2004. Or, l'une des conditions indispensable à la formation d'un cyclone est la température des eaux de surface qui doit être d'au moins 26,5°C sur au moins 60 m de profondeur.



Il semble donc logique que nos émissions de gaz à effet de serre puissent jouer un rôle dans la multiplication et la violence des cyclones. En effet, la fréquence, l'intensité et la durée des phénomènes extrêmes (canicules, inondations, sécheresses...) seront accentuées dans le changement climatique en cours.

Cependant, pour certains chercheurs, on n'a jamais démontré que l'activité des cyclones est fonction de la température de l'eau de surface. De plus, les simulations des modèles sont contradictoires, certaines concluant par exemple à une diminution du nombre total de cyclones à l'horizon 2020 (actuellement 90 par an dans le monde environ).

Enfin, attribuer l'intensification de la violence des cyclones au cours des 30 dernières années au réchauffement atmosphérique nécessiterait de disposer de données globales sur une période plus longue et d'avoir aussi une meilleure compréhension du rôle des cyclones dans la circulation atmosphérique et océanique, même dans les conditions climatiques actuelles.

1 - Comment se forme un cyclone ?

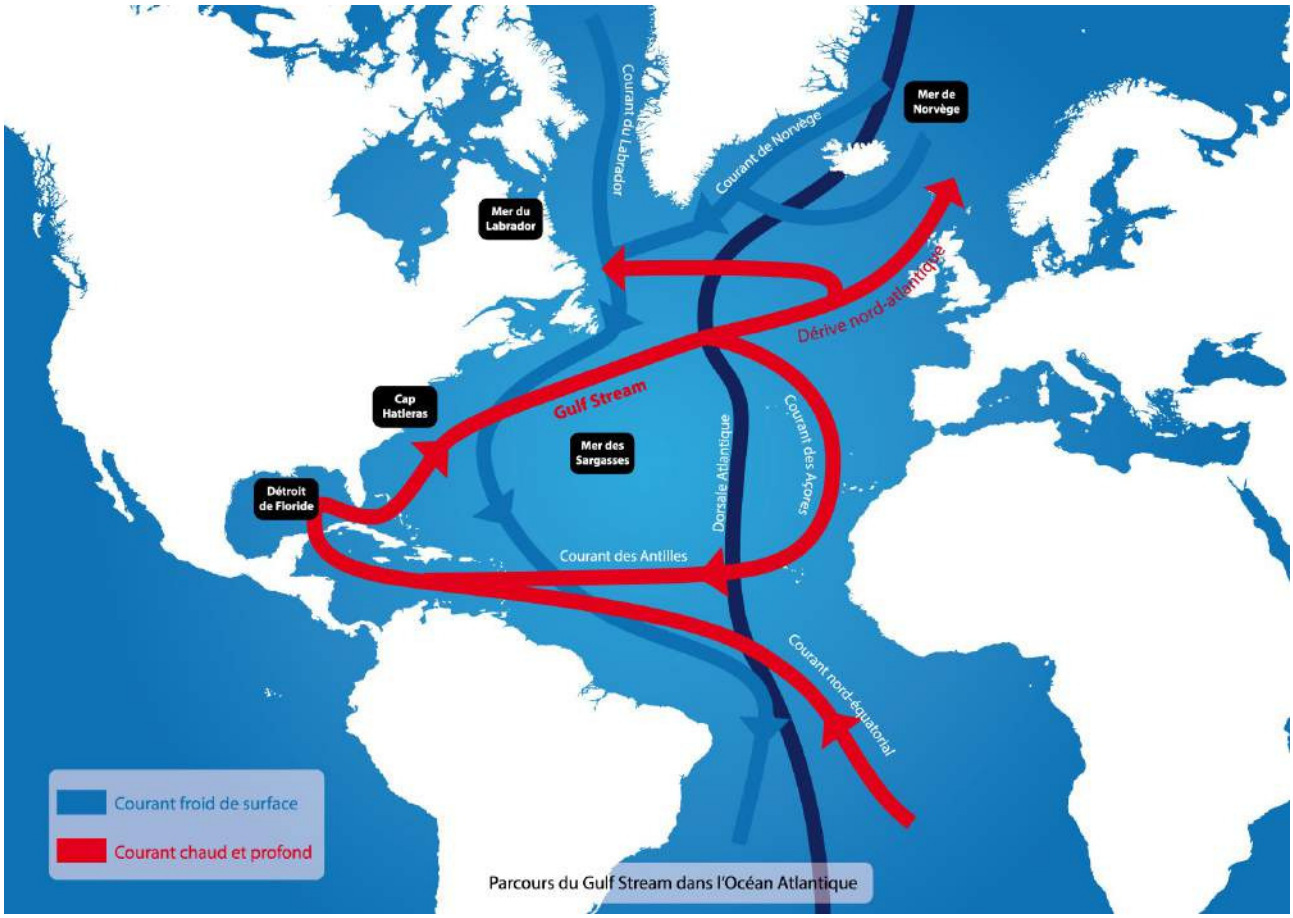
2 - Quelle serait la conséquence du réchauffement climatique sur l'activité cyclonique de la planète ?

3 - Quels arguments permettent de douter de cette théorie ?

Changement climatique et gulf stream

Le gulf stream est un courant marin géant qui joue un rôle essentiel dans la régulation du climat en transportant la chaleur des Antilles jusque dans le Nord de l'Europe et l'océan arctique. C'est cette douceur dont bénéficie Bordeaux, pourtant à la même latitude que Montréal.

Le moteur de la circulation de ce courant est la différence de densité due à la salinité et à la température des eaux. Les eaux arctiques sont plus denses car elles sont plus froides et plus salées. Les eaux atlantiques sont moins denses car elles sont plus chaudes et moins salées. Les premières plongent donc sous les secondes en direction de l'Antarctique, créant une aspiration des eaux atlantiques vers le nord.



Selon une étude publiée par la revue scientifique britannique "Nature", le courant tiède baignant les côtes européennes aurait enregistré une baisse de 30% de son débit depuis 1955.

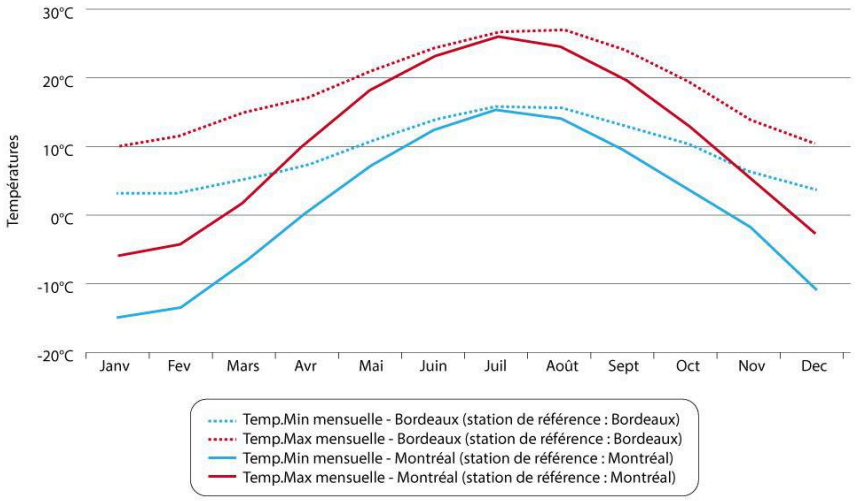
Le réchauffement pourrait ralentir (ou arrêter ?) ce tapis roulant en réchauffant les eaux de surface dans des régions où l'eau froide, plus lourde, plonge dans les profondeurs océaniques. Le phénomène de circulation océanique est également ralenti par une diminution du niveau de salinité, causé par la fonte de la calotte glaciaire arctique, elle-même provoquée par le réchauffement climatique.

L'interruption du Gulf Stream pourrait faire baisser de 4°C les températures moyennes en Europe. "Ce ne sera pas une chose instantanée, mais de l'ordre d'une décennie", souligne Meric Srokosz, de l'institut britannique de recherche sur l'Environnement NERC. "Nous ne parlons pas d'un nouvel âge glaciaire, mais d'hivers plus extrêmes et plus froids".

L'Europe pourrait donc connaître un refroidissement local au milieu du réchauffement global. Ces deux tendances contradictoires ne s'annuleraient pas mutuellement mais alterneraient, avec l'influence froide prédominante pendant l'hiver, et l'influence chaude pendant l'été.

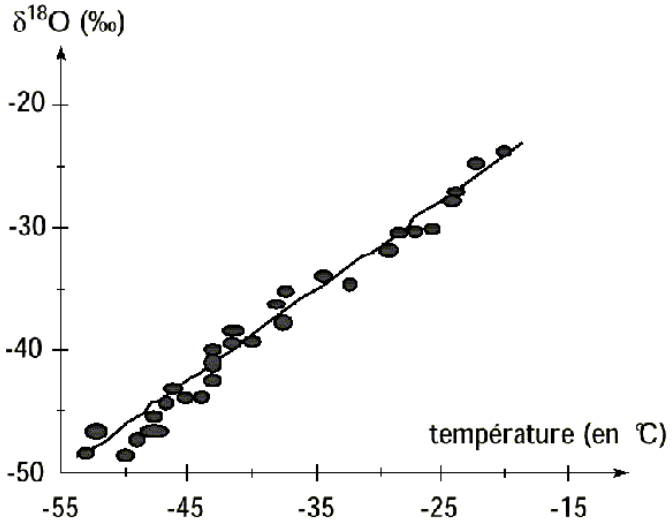
1 - Expliquez pourquoi les hivers sont doux à Bordeaux et rudes à Montréal alors que la latitude de ces deux villes est la même.

2 - Comment le réchauffement climatique pourrait être responsable d'un refroidissement en Europe ?

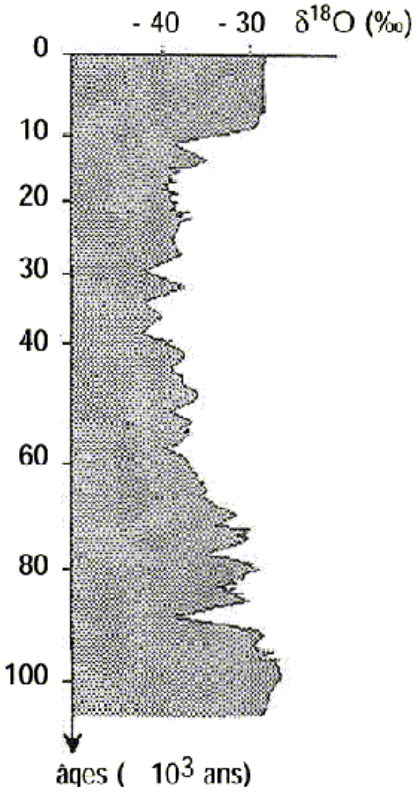


Le climat pris dans les glaces

Il existe 2 formes de l'atome d'oxygène (on parle d'isotopes). Les isotopes $^{18}0$ et $^{16}0$. Lorsque l'eau se condense pour former de la neige, elle s'appauvrit en oxygène lourd ($^{18}0$), et ce d'autant que la température est basse. On utilise le rapport $^{18}0/^{16}0$ dans des échantillons de glace prélevés aux pôles en le comparant à celui de l'eau des océans actuels. On établit ainsi un « thermomètre isotopique » qui permet d'estimer les températures au moment de la formation des glaces prélevées.



Variations du rapport des concentrations entre les isotopes ^{18}O et ^{16}O des molécules de H_2O qui constituent la glace polaire, en fonction de la température de précipitation de la neige qui l'a formée.



Rapport ^{18}O / ^{16}O dans une carotte de glace prélevée au Groenland.

1) A l'aide des deux graphiques, indiquez quelle était la température de formation de la glace il y a 5 000 ans.

2) Faites de même en remontant à 20 000, 85 000 et 100 000 ans.

3) Comparez ces résultats aux températures actuelles.

Refroidir la planète

Une hypothèse de travail des scientifiques pour résoudre le problème du réchauffement climatique serait de refroidir la planète. Plusieurs solutions ont été envisagées mais aucune n'est pour le moment retenue. Etudions l'une d'entre elles pour comprendre la complexité d'un tel projet.

Le dispositif dont on parle le plus est le suivant : à l'aide de ballons, il s'agirait d'injecter dans la stratosphère du dioxyde de soufre qui se transformerait ensuite en minuscules particules de sulfate. Ces aérosols réfléchiraient alors partiellement les rayons solaires pendant quelques années.

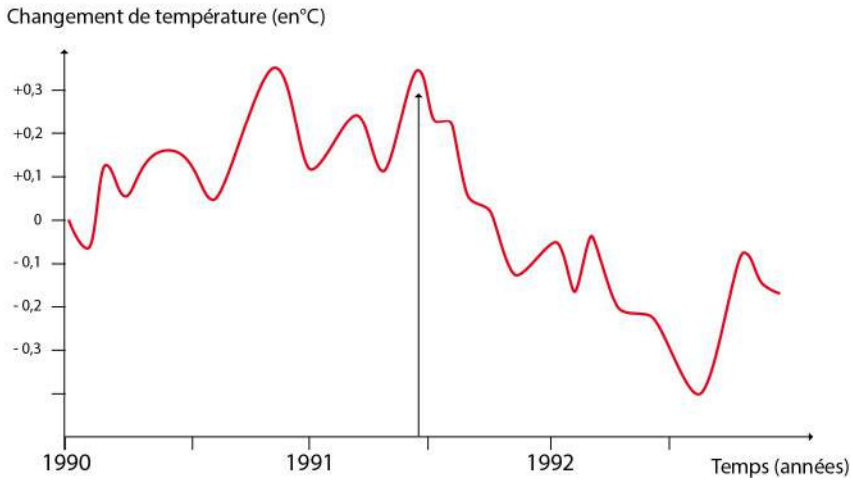
Les conséquences d'un tel effet-écran ont pu être étudiées à la suite des grandes éruptions volcaniques comme celles du mont Pinatubo en 1991.

L'été suivant l'éruption du Pinatubo, un refroidissement a été observé dans presque toutes les régions du monde. L'hiver d'après, des refroidissements très marqués ont été constatés, notamment autour de la mer du Labrador, au Moyen-Orient et en Afrique du Nord, alors que, paradoxalement, on a observé un réchauffement en Europe du Nord... ! On mesure du même coup l'intense activité diplomatique qui serait nécessairement préalable à la mise en oeuvre de telles solutions.

Lors de l'hiver qui a suivi l'éruption du Pinatubo, la baisse importante des températures en mer Rouge a entraîné un mélange des eaux de surface et une remontée d'éléments nutritifs. Le résultat a été une prolifération d'algues qui ont asphyxié les récifs coralliens.

Avec de tels dispositifs de géo-ingénierie globaux, ce n'est pas seulement l'atmosphère qui est en jeu, mais le système climatique dans son ensemble, c'est-à-dire un gigantesque jeu de dominos d'une grande complexité. Prévoir et évaluer les effets collatéraux à l'échelle mondiale requiert, avant tout, un travail scientifique considérable impliquant climatologues, océanographes, géologues, astronomes, biologistes, agronomes, etc.

Pinatubo et température du globe



1) A l'aide du graphique, indiquez quel a été l'effet de l'éruption du Pinatubo sur les températures mondiales durant les 2 années qui ont suivi l'éruption.

2) A l'aide du texte, donnez des arguments permettant de montrer les limites d'un raisonnement basé uniquement sur l'étude de moyennes de températures à l'échelle mondiale.

3) Donnez l'exemple d'une conséquence locale de ce refroidissement mondial sur les écosystèmes.

4) D'après vous, pourquoi est-il difficile d'envisager une expérimentation de refroidissement de la planète à l'échelle mondiale ?

Bibliographie

Revues

Dossier « Le réchauffement climatique s'accélère : jusqu'où la mer va-t-elle monter ? », National Geographic, n° 186, mars 2015

Dossier « Quand le climat écrit l'histoire », Les cahiers Science & Vie, n° 151, février 2015

Dossier « Réchauffement climatique : les gagnants et les perdants », Science & Vie junior, n° 300, septembre 2014

Dossier « Le climat fait-il l'histoire ? », Sciences Humaines, n° 258, avril 2014

Dossier « Les experts du climat », CNRS Le journal, n° 274, sept-oct 2013

Livres

Gouverner le climat ? : 20 ans de négociations internationales / AYKUT, Stefan C. ; DAHAN, Amy.- Paris : Presses de Sciences Po, 2015.- 749 p.
Une analyse du système de gouvernance mondiale en matière de climat, organisé depuis vingt ans autour de réunions internationales régulières. Les auteurs montrent que les négociations menées lors de ces rendez-vous aboutissent à des accords très limités, souvent décevants, alors même que les crises mondiales, qu'elles soient financières ou écologiques, se multiplient.

Le changement climatique en BD / BAUMAN, Yoram.- Paris : Eyrolles, 2015.
Cette bande dessinée explique les mécanismes du réchauffement climatique et présente les différents moyens de lutter contre ce phénomène, de manière individuelle ou collective.

Climat : 30 questions pour comprendre la Conférence de Paris / CANFIN, Pascal ; STAIME, Peter.- Les petits matins, 2015.- 195 p.
A l'occasion de la tenue du sommet international sur le climat organisé par les des Nations unies à Paris en décembre 2015, présente les enjeux géopolitiques, économiques et financiers des négociations internationales climatiques. avec des renseignements sur le déroulement de la conférence Paris climat 2015.

L'océan, ma planète... et moi ! : guide pédagogique pluridisciplinaire pour l'école primaire et le collège / HIRTZIG, Mathieu ; WILGENBUS, David ; ZIMMERMMAN, Gabriella.- Le Pommier, 2015.- 240 p.
Présentation de ce projet d'éducation au développement durable centré sur l'interdépendance des écosystèmes marins et terrestres et sur le rôle central des océans dans la régulation des climats. De cours théoriques en activités et en séances d'observation, les élèves découvrent l'importance des ressources marines pour les hommes, leur fragilité et les différents métiers de la mer.

Tout peut changer : capitalisme et changement climatique / KLEIN, Naomi.- Actes Sud, 2015.- 540 p.
Pour l'auteur, la lutte contre les changements climatiques requiert une réorientation de la société vers un modèle durable pour l'environnement et une transformation sociale radicale, qui pourrait aboutir à un monde meilleur, plus juste et plus équitable. Les lois de la nature ne peuvent être changées, à l'inverse du comportement humain.

Submersion : comment gérer la montée du niveau des mers / LABEYRIE, Laurent.- Paris : O. Jacob, 2015.- 164 p.
Le paléocéanographe explique que le niveau des mers risque de monter de trois à cinq mètres au cours du XXIe siècle. Les conséquences risquent d'être davantage économiques que météorologiques, en réaménageant les zones côtières, et politiques, en déplaçant des populations entières de réfugiés climatiques. L'auteur préconise des actions rapides et de long terme.

Menaces sur le vin : le défi du changement climatique / LARAMEE DE TANNENBERG, Valéry ; LEERS, Yves.- Buchet Chastel, 2015.- 128 p.
A l'heure où l'impact du changement climatique sur le vignoble entraîne un bouleversement de toute la filière, deux journalistes mettent en lumière les enjeux socio-économiques pour les acteurs du secteur. L'évolution du degré d'alcool, la résistance des différents cépages et l'adaptation des techniques de culture et d'irrigation sont autant de questions abordées.

Le climat, à quel prix ? : la négociation climatique / PERTHUIS, Christian de ; TROTIGNON, Raphaël.- Paris : O. Jacob, 2015.- 280 p.
Les économistes analysent les enjeux de la négociation climatique. Ils démontrent qu'une évolution est possible à condition de lancer une action coordonnée à l'échelle planétaire et proposent la tarification internationale du carbone.

Le climat : la Terre et les hommes / POITOU, Jean ; BRACONNOT, Pascale ; MASSON-DELMOTTE, Valérie.- EDP sciences, 2015.- 223 p.
Une présentation des interactions entre le climat et l'action de l'homme. Les auteurs expliquent les modifications du climat, ses acteurs, les climats des temps passés, les phénomènes relatifs aux changements climatiques qui permettent d'éclairer le fonctionnement du climat et d'anticiper son évolution prochaine.

Voyage à travers les climats de la Terre / RAMSTEIN, Gilles.- Paris : O. Jacob, 2015.- 250 p.
Une analyse de l'évolution climatique depuis 4 milliards d'années pour comprendre les conséquences du réchauffement climatique, la responsabilité de l'homme et les menaces de ces dérèglements chimiques et biologiques pour la sauvegarde de la vie.

50 fiches sur le réchauffement climatique / RENOUARD, Gilles.- Rosny-sous-Bois : Bréal, 2015.- 300 p.
Propose une cinquantaine de fiches sur le thème du réchauffement climatique : le climat, l'effet de serre, le cycle du carbone, les causes, etc. Avec un document visuel par double page.

Les marchands de doute ou Comment une poignée de scientifiques ont masqué la vérité sur des enjeux de société tels que le tabagisme et le réchauffement climatique / CONWAY, Erik M. ; ORESKES, Naomi.- Le Pommier, 2014.- 541 p.
Une enquête sur les stratégies mises en place par les lobbies industriels américains. Elle montre comment un groupe de scientifiques s'est acharné contre la preuve scientifique et a répandu la confusion dans l'esprit des citoyens et des élus politiques sur des questions de santé publique : la nocivité du tabac, le réchauffement climatique, les pluies acides, la couche d'ozone, etc.

L'effondrement de la civilisation occidentale / CONWAY, Erik M. ; ORESKES, Naomi.- Les Liens qui libèrent, 2014.- 120 p.
Fruit d'un travail de prospective scientifique, cet essai part du constat alarmant de ce que risque de devenir la planète au XXIIe siècle face au changement climatique et ce qu'il implique.

Le défi climatique : objectif : 2°C ! / JOUZEL, Jean ; DEBROISE, Anne.- Dunod, 2014.- 255 p.
Synthèse des connaissances sur l'évolution passée et à venir du climat, avec les actions mises en oeuvre pour limiter l'effet de serre.

Les migrations environnementales : enjeux et gouvernance / COURNIL, Christel ; MAYER, Benoît.- Presses de Sciences Po, 2014.- 166 p.
Le point sur les savoirs existants et les débats actuels, à propos des migrations environnementales, dans le contexte du réchauffement climatique, de la montée du niveau de la mer et des bouleversements météorologiques. L'ouvrage aborde également cette question du point de vue juridique et politique.

Des catastrophes... naturelles ? / DUVAT, Virginie ; AGNAN, Alexandre.- Le Pommier, 2014.- 311 p.
Tente de démontrer l'impact de l'homme dans les processus de transformations des risques naturels aux catastrophes. Propose ensuite des pistes pour mieux gérer les risques et les choix à prendre, tant individuel que collectif, pour sortir de l'impasse.

Le réchauffement climatique et après… / QUERO, Yann (dir.).- Toulouse : Éditions Arkuiris, 2014, 224 p.
Une anthologie de nouvelles de science-fiction portant sur le thème du réchauffement climatique. Quinze auteurs francophones se sont essayés à la rédaction de nouvelles d'anticipation, sur des modes réalistes, humoristiques ou poétiques, pour nous parler des conséquences des actions de l'Homme sur les futurs possibles notre planète. Une manière originale et poétique de sensibiliser à la protection de notre environnement.

L'adaptation au changement climatique / VAN GAMEREN, Valentine ; WEIKMANS, Romain ; ZACCAI, Edwin.- Paris : La Découverte, 2014.- 123 p.
L'adaptation émerge aujourd'hui comme une dimension incontournable de la réponse au changement climatique. Complémentaire à l'indispensable réduction des émissions de gaz à effet de serre, ses enjeux restent cependant largement méconnus.

Incertitudes sur le climat / LAVAL, Katia ; LAVAL, Guy.- Belin ; Pour la science, 2013.- 271 p.
Deux physiciens répondent à des questions relatives à l'avenir climatique, au rôle de l'eau ou des précipitations dans l'art des prévisions locales ou globales et au traitement à leur réserver.

Climat : la catastrophe annoncée / FOUCART, Stéphane.- Le Monde Editions, 2013.- 103 p.
Introduction aux problématiques liées au réchauffement climatique, ses causes, ses manifestations, ses conséquences immédiates et futures, suivant une sélection d'articles parus dans Le Monde à partir du lancement du quotidien en 1944.

Est-il trop tard? : le point sur les changements climatiques / VILLENEUVE, Claude.- MULTIMONDES, 2013.
Est-il trop tard pour contrer les changements climatiques ? C'est la question à laquelle le spécialiste des changements climatiques, Claude Villeneuve, répond, avec clarté et sagesse, dans son nouveau livre préfacé par Frédéric Back.

Les apprentis sorciers du climat : raisons et déraisons de la géo-ingénierie / HAMILTON, Clive.- Paris : Seuil, 2013.- 338 p.
L'essayiste politique présente les projets et les expériences de la géo-ingénierie censés lutter contre le réchauffement climatique : stockage du carbone, ensemencement d'algues génétiquement modifiées,

pulvérisation de soufre dans la haute atmosphère, etc. Spécialiste des enjeux environnementaux, l'auteur pose la question de fond : ces hommes ont-ils le droit de jouer aux apprentis sorciers avec la Terre ?

L'adaptation au changement climatique : pour ouvrir la boîte noire / EON, Philippe.- PRESSES DE L'UNIVERSITÉ LAVAL (PUL), 2013.- 123 p.
L'adaptation au changement climatique, c'est désormais une nécessité. Mais de quoi s'agit-il au juste ? Gestion locale des risques ou préparation à un danger global inédit ? Calcul et anticipation économiques ou défi pour la politique ? Cet essai examine philosophiquement la finalité pratique des plans, des stratégies, des programmes d'action, bref de tous ces discours qui affirment prendre en charge notre avenir au nom de la nécessité de s'adapter au changement climatique. L'enjeu est de taille : la reproduction de la société à l'échelle mondiale mais aussi dans toutes ses dimensions sectorielles et locales. Et au plan pratique, il en résulte cette question déterminante : comment mener localement une politique du danger environnemental planétaire ?

Le changement climatique, mythes, réalités et incertitudes / VEELLINGA, Pier.- Ed. de l'Université de Bruxelles, 2013.- 160 p.
Ce dossier présente les enjeux scientifiques et sociétaux du changement climatique pour l'avenir de la planète. Il permet de mieux comprendre ce phénomène, qui fait souvent l'objet de controverses, et de se faire une opinion en faisant la part des choses entre mythes et réalités. Il fait également le point sur les perspectives au niveau européen.

Vraiment durable : penser le développement durable. 2, Rio + 20 : quel cosmopolitisme ?.- Victoires, 2012.- 197 p.
20 ans après la conférence de Rio, les auteurs reviennent sur les promesses et analysent ce qui a été concrétisé ou non. Par ce moyen, ils ont tenté de mettre en lumière les différentes visions que les civilisations mondiales ont de la nature, de l'homme, du progrès et en tirer les conséquences pour l'avenir du développement durable ou sa transformation.

Controverses climatiques, sciences et politique. Paris : Presses de Sciences Po, 2012. 254 p.
Des spécialistes internationaux issus de différents domaines des sciences naturelles, sociales et politiques comparent la manière dont les controverses climatiques sont abordées dans différents pays dont les Etats-Unis. Ils analysent comment et pourquoi de telles controverses se forment et quels en sont les ressorts, à qui elles profitent, etc.

Saison brune / SQUARZONI, Philippe.- Delcourt, 2012.- 477 p.
Après avoir examiné les aspects scientifiques et les conséquences du réchauffement climatique, l'auteur liste les différentes activités en cause et aborde la dimension politique du problème. Il appelle à une prise de conscience et expose comment éviter un dérèglement climatique majeur.

Climat : comprendre le réchauffement climatique pour agir / DASSONVILLE, Bertrand.- ESKA, 2012.- 129 p.
Après un bilan du réchauffement climatique, l'auteur présente les différentes émissions et les conséquences du réchauffement climatique. Il établit ensuite le lien entre le climat, la météo et la vie quotidienne.

2 économistes face aux enjeux climatiques / GUESNERIE, Roger ; STERN, Nicholas.- Le Pommier, 2012.- 110 p.
Deux grands économistes abordent le réchauffement climatique sous une approche économique. Ils passent ensuite en revue et confrontent leurs points de vue sur la politique économique climatique (taxe carbone, ajustement aux frontières...) et sur les conditions de succès de la négociation internationale. Le livre montre enfin l'intérêt d'une politique climatique pour stimuler les innovations.

150 questions sur l'océan et le climat : en direct avec les scientifiques.- Le Pommier ; Universcience, 2012.
16 scientifiques répondent à 150 questions posées par les visiteurs de l'exposition "L'océan, le climat et nous", tenue à la Cité des sciences de Paris en 2011-2012. Sont abordées différentes problématiques liées au réchauffement climatique et ses conséquences sur l'écosystème marin.

Les colères de la nature : dérèglements climatiques et catastrophes naturelles / SURVILLE, Frédéric.- Croît vif, 2012.- 366 p.
Ces contributions témoignent des débuts de la météorologie instrumentale et de l'observation scientifique des phénomènes naturels entre 1750 et 1850 pour mettre en parallèle les récentes catastrophes avec d'autres événements similaires plus anciens. L'ensemble apporte une contribution à la prévention des tsunamis, séismes, tempêtes et autres manifestations naturelles.

Climat : le vrai et le faux / MASSON-DELMOTTE, Valérie.- Le Pommier, 2011.- 203 p.
Pour la communauté scientifique, les activités humaines modifient la composition de l'atmosphère et ajoutent un surplus d'effet de serre, tandis que la planète s'est réchauffée depuis le début du XXe siècle. Or les ressources ne sont pas éternelles et les déchets s'accumulent. Cet ouvrage s'attache à répondre à de nombreuses questions sur ces changements climatiques et leurs conséquences.

Climat, une planète et des hommes : quelle influence humaine sur le réchauffement climatique ?. Le cherche midi, 2011. 333 p..
En réponse aux climato-sceptiques, une équipe de chercheurs et de scientifiques présentent l'état actuel des connaissances scientifiques sur le réchauffement, les mécanismes qui régissent la planète, les conséquences des activités humaines sur le changement climatique et les possibilités à venir.

Climat et société : climats passés, passage de l'homme, climat futur : repères essentiels / MELIERES, Marie-Antoinette ; MARECHAL, Chloé.- Grenoble : CRDP de l'académie de Grenoble, 2010.- 366 p.
Basée sur les résultats du rapport du GIEC 2007, cette étude permet de comprendre quelles sont les bases de l'équilibre climatique. Elle analyse les évolutions climatiques du passé et leur origine, fait le point sur le réchauffement climatique observé sur les dernières décennies, présente les scénarios économiques futurs envisagés et donne des simulations de l'évolution du climat au XXIe siècle.

Quelle France en 2030 ? / DENHEZ, Frédéric.- Armand Colin, 2009.- 214 p.
Le changement climatique est en marche et ce phénomène est planétaire. Dans le même temps, notre pays devra affronter un autre défi : comment passer d'une dépendance au pétrole à d'autres formes d'énergie ? Ces deux enjeux majeurs auront un impact décisif sur tous les secteurs : production d'énergie, agriculture, industrie, tourisme, transports, modes de vie... Cette enquête, reposant sur l'ensemble des données scientifiques disponibles, envisage les scénarios les plus probables.

Histoire du climat : du Big Bang aux catastrophes climatiques / ACOT, Pascal.- Nvelle éd. augmentée et actualisée.- Paris : Perrin, 2009.- 428 p.
L'état de la planète a gravement empiré, le climat semble déréglé. Pour expliquer cette évolution, l'auteur a reconstruit la longue histoire du climat depuis ses origines jusqu'à nos jours.

Histoire humaine et comparée du climat : Tome III, Le réchauffement de 1860 à nos jours / LE ROY LADURIE, Emmanuel.- Fayard, 2009.- 460 p..
Le climat de L'Europe a connu dans le passé de longs épisodes de tiédeur, puis a régné, de 1300 à 1860, le petit âge glaciaire, un peu plus frais que le climat de nos jours. Depuis lors, un nouvel épisode tiède s'est imposé progressivement, qu'a enregistré le recul spectaculaire des glaciers alpins, et qui prend nettement, depuis 1911, le caractère d'un réchauffement. Dans ce dernier volume de son Histoire du climat, l'auteur étudie cette phase de réchauffement. Il utilise, à des fins descriptives, les observations thermométriques et pluviométriques, mais aussi toutes les informations relatives aux

moissons et aux vendanges, à l'élevage et au tourisme, qui donnent la mesure et le rythme du changement climatique en cours.

Le changement climatique dans tous ses états / LABRANCHE, Stéphane.- PUG, 2008.- 255 p.
Examen des problèmes sociaux, économiques, politiques, techniques et scientifiques soulevés par le changement climatique. Cette approche pédagogique sous forme de questions-réponses et de regards croisés permet une approche pluridisciplinaire de ce phénomène global, traité par des spécialistes de chaque discipline évoquée.

Météo, mode d'emploi / HERNANDEZ, Pascal.- Hachette, 2008.- 191 p.
Un guide pour comprendre la météo : des informations sur le changement de temps et les saisons, l'explication des grands évènements climatiques, des outils pour décrypter au quotidien les indices du climat.

Une brève Histoire du Climat / DENHEZ, Frédéric.- Paris : L'oeil Neuf, 2008.- 133 p.

Histoire humaine et comparée du climat : Tome I, canicules et glaciers (XIIIème-XVIIIème siècle) / LE ROY LADURIE, Emmanuel.- Fayard, 2008.- 739 p..
Dans des sociétés de subsistance comme celles de nos pays jusqu'à la fin du XVIIIème siècle, les réchauffements et/ ou les refroidissements, les excès ou déficits pluviométriques ont des effets directs sur les récoltes, les vendanges, l'état du bétail, la présence ou non de la dysentrie. De plus, les tendances lourdes (petit âge glaciaire du XIIème au XVIIIème siècle) connaissent elles-mêmes des cycles et des variantes de plus faible amplitude. La taille changeante de certains glaciers au cours des âges comme les informations données par les anneaux des arbres ou les témoignages humains montrent bien que le climat ne fonctionne pas comme une horloge. Reliés à l'histoire générale avec ses soubresauts divers (géopolitiques, politiques, guerriers) et ses évolutions techniques, les événements climatiques apparaissent comme le "donné de base" par excellence de l'Histoire.

Le climat, otage de la finance : ou comment le marché boursicote avec les "droits à polluer" / BERNIER, Aurélien.- Mille et une nuits, 2008.- 163 p.
L'auteur dénonce le marché du carbone instauré entre industriels et investisseurs, en particulier depuis l'entrée en vigueur en 2005 du Protocole de Kyoto sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Il démontre que loin de lutter contre le dérèglement climatique, le marché des droits à polluer est un prolongement des marchés financiers.

Atmosphère, atmosphère.- Le Pommier, 2008.- 215 p.
Cet ouvrage, qui accompagne l'exposition "Atmosphère... Le climat révélé par les glaces" du musée national des Arts et Métiers, réunit les meilleurs spécialistes des questions climatiques et environnementales. leur pari commun : monter à quel point les régions polaires, fascinantes en elles-mêmes et pour les résultats scientifiques qui y ont été obtenus, sont aux avant-postes du bouleversement climatique en cours.

Réfugiés climatiques / COLLECTIF ARGOS.- Infolio, 2007.- 349 p., photos.
Selon l'ONU, environ 150 millions de réfugiés du climat devraient être déplacés d'ici à 2050. Pendant quatre ans, le collectif Argos est allé à la rencontre des premiers "réfugiés climatiques", ces hommes et femmes déjà poussés à l'exil à cause du réchauffement du climat. Soit, au terme de ce périple, neuf escales afin d'éveiller les consciences sur l'ampleur prévisible des mouvements de population et la perte d'une pluralité ethnique et culturelle.

Abrégé d'histoire du climat : du Moyen Age à nos jours / LE ROY LADURIE, Emmanuel.- Fayard, 2007.- 176 p..

Histoire humaine et comparée du climat : Tome II, disettes et révolutions (1740-1860) / LE ROY LADURIE, Emmanuel.- Fayard, 2006.- 611 p..
A mesure que progressent les techniques agricoles et que se perfectionnent les transports, les effets du petit âge glaciaire se font moins impitoyables que durant les premiers siècles de l'époque moderne. Certes, la famine ne disparaît pas tout à coup, mais l'on n'observe plus au même degré les hécatombes climatiques, et par conséquent épidémiques, de naguère.

- **Livres jeunesse**

Météo et climat, ce n'est pas la même chose ! / CASSOU, Christophe.- Le Pommier, 2013.- 58 p..- (Les minipommes).
Des questions-réponses informent sur les changements climatiques et les prévisions météo. La météo prévoit le temps en étudiant les masses d'air, les dépressions et anticyclones dans une région précise. Le climat étudie le temps qu'il fera dans 20 ans en utilisant les moyennes de températures ou de précipitations sur de larges zones.

Ceci est ma planète : le réchauffement climatique : un guide pour les jeunes / THORNHILLI, Jan.- BAYARD CANADA LIVRES, 2010.- 64 p.
Les jeunes disent aimer la planète. Dans ce cri d'amour, il est important de leur faire découvrir sa fragilité et comment ils peuvent devenir à leur niveau des acteurs de changements. En quoi le réchauffement climatique constitue-t-il un problème ? Comment savons-nous que la Terre se réchauffe ? Est-ce que les changements climatiques m'affecteront ? Pouvons-nous empêcher la situation de se détériorer ? Que puis-je faire pour aider ? L'auteure répond à ces questions dans ce livre intelligent et passionnant.

Comment l'homme a compris que le climat se réchauffe / NOUEL-RENIER, Juliette ; JOUZEL, Jean.- Gallimard Jeunesse, 2008.- 45 p.
Dès le milieu du XIXème siècle, le principe de l'effet de serre est compris et l'influence de l'homme très vite soupçonnée. Pourtant, il faut attendre près d'un siècle et demi pour constater le réchauffement climatique actuel et accepter son lien avec les activités humaines. L'évolution des connaissances, c'est ce que cet ouvrage nous propose de découvrir.

Climax, T. 1 Le désert blanc / BRAHY, Luc ; CORBEYRAN, Eric ; BRAQUELAIRE, Achille.- Dargaud, 2008.- 48 p.
Leia est une brillante mathématicienne. Envoyée en mission polaire pour étudier le réchauffement climatique, son enthousiasme ne dure qu'un temps. Elle découvre que les protocoles scientifiques sont loin d'être respectés. Mais sa curiosité pourrait lui coûter cher...

Une vérité qui dérange : le réchauffement expliqué aux enfants / GORE, Al.- Paris : De la Martinière Jeunesse, 2008.- 190 p.
A l'aide de photos, de schémas, de tableaux, Al Gore, prix Nobel de la paix 2007, s'adresse aux jeunes lecteurs afin de leur expliquer les enjeux du réchauffement climatiques.

Le changement climatique expliqué à ma fille / JANCOVICI, Jean-Marc.- Seuil, 2008.- 84 p.
Ce spécialiste des questions du climat et de l'énergie répond à ses filles sur l'urgence de la situation et l'ampleur des révolutions à venir.

Le climat à petits pas / FETERMAN, Georges.- Actes sud junior, 2007.- 69 p.

Le climat : de nos ancêtres à vos enfants / DUBRULLE, Bérengère ; MASSON-DELMOTTE, Valérie.- Le Pommier, 2005.- 59 p.

Sous forme de questions-réponses, ce livre donne une définition simple et concrète des changements climatiques, du réchauffement de la planète, de l'effet de serre, etc. Il explique les bonnes attitudes à adopter pour préserver le climat.

Sélection de sites Web

Organismes , associations, laboratoires de recherche :

Site de la **Conférence de Paris 2015** : http://www.cop21.gouv.fr/fr

Organisation météorologique mondiale : http://www.wmo.int/pages/index_fr.html

Météo France : http://www.meteofrance.fr/
Météo France et vous propose des actualités ainsi que des dossiers sur la prévision du temps, le climat, etc.

Le **Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie** met à disposition sur son site des ressources sur l'effet de serre et le changement climatique :
http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Effet-de-serre-et-changement-.html
Et notamment un dossier sur la **conférence Paris Climat 2015** :
http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-enjeux-de-la-conference-de.html
Voir aussi un dossier « **Mieux comprendre le GIEC** » : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/brochure_giec.pdf
Et des fiches synthétiques sur le 5ème rapport du GIEC :
Vol. 1 changements climatiques 2014 - **les éléments scientifiques** :
http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/14049_GIEC_fiche_vol1-BATWEB.pdf
Vol. 2 changements climatiques 2014 **– impacts, adaptation et vulnérabilité** :
http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/14049_GIEC_fiche_vol2_pour_BAT.pdf
Vol. 3 changements climatiques 2014 **– atténuation du changement climatique** :
http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/14049_GIEC_fiche_vol3_DEFwebpdf.pdf

Agence régionale d'évaluation Environnement et Climat: http://www.arecpc.com/

Réseau Action Climat-France (RAC-F), une association spécialisée sur le thème de l'effet de serre et du changement climatique : http://www.rac-f.org/
Le RAC-F est le représentant français du réseau mondial d'ONG concernées par les changements climatiques, le "CAN : Climate Action Network", qui comprend plus de 350 membres sur les cinq continents.

Présentation du **5ème rapport du GIEC** sur les changements climatiques et leurs évolutions futures (site proposé par le RAF-F) : http://leclimatchange.fr/

Laboratoire des Sciences du climat et de l'environnement (CNRS, CEA, Université) :
http://www.lsce.ipsl.fr/

Association 4D « dossiers et débats pour le développement durable », think tank citoyen sur la transition vers un développement durable : http://www.association4d.org/

Ressources pédagogiques, outils éducatifs :

Le changement climatique, blog destiné aux professionnels de l'éducation à l'environnement édité par le Graine Poitou-Charentes : https://grainepoitoucharentes.wordpress.com/

Planet-Terre, site de ressources utiles à l'enseignement des Sciences de la Terre au lycée (en relation avec les programmes officiels de l'Education nationale) et en premier cycle universitaire : http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/
Outil d'information et d'auto-formation scientifique, les ressources scientifiques y sont actualisées et validées par une équipe de chercheurs des universités et du CNRS.

ArgoNIMAUX, outil éducatif et de sensibilisation pour faire découvrir le mode de vie et les déplacements en mer d'animaux marins de l'océan Austral : http://www.cebc.cnrs.fr/ecomm/argonimaux.html
Le CNES et le CNRS (CEBC de Chizé) s'associent autour de ce projet scientifique et éducatif. Les ressources mises à disposition peuvent être exploitées de l'école primaire au lycée dans le cadre d'un projet pédagogique disciplinaire (SVT, géographie, mathématiques, physique, maîtrise de la langue) ou interdisciplinaire. Les objectifs du projet sont :

- d'une part, étudier le comportement de ces animaux, pour mieux connaître l'environnement marin dans lequel ils vivent et les impacts potentiels du réchauffement climatique et identifier les menaces qui pèsent sur ces espèces.
- d'autre part, sensibiliser à l'écologie polaire et au milieu marin, découvrir des programmes de recherche et se familiariser avec les techniques d'études des scientifiques.

Régions polaires et changements climatiques d'**Educapoles,** site éducatif de la fondation polaire internationale : http://www.educapoles.org/fr/
Ce site tout en animations au graphisme soigné, est une mine d'informations et de ressources sur les régions polaires, le cycle de l'eau et les glaces de la terre, le climat et le réchauffement climatique. Sans oublier la photothèque, la vidéothèque, le glossaire, les liens Internet, les cartes, les dossiers pédagogiques et l'histoire des expéditions polaires. A partir de 9 ans.

Dossiers thématiques :

Notre-planète.info, site de référence en environnement, développement durable et changements climatiques : http://www.notre-planete.info/
Dossiers « changement climatique : climat et effet de serre » : http://www.notre-planete.info/terre/climatologie_meteo/changement-climatique.php

Dossier **Sagascience du CNRS** sur le climat : http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosclim/index.htm

Dossier « changement climatique » du site Reporterre : http://www.reporterre.net/spip.php?article4574

Expositions, conférences, jeux en ligne
Exposition et jeu en ligne sur le thème du réchauffement climatique, site de **Cap Sciences** (Centre de culture scientifique de Bordeaux) : http://climcity.cap-sciences.net/

Climat : pourquoi le réchauffement fait grimper les eaux avec Jean Jouzel (vidéo) : http://www.terraeco.net/Climat-pourquoi-le-rechauffement,54477.html