

Chapitre 6: Energie, choix de développement et futur climatique

Sommaire		
Activités	Page(s)	Autoévaluation
Activité documentaire 1 : Consommation énergétique mondiale et cycle du carbone	1-3	
Activité documentaire 2 : Combustion, pollution atmosphérique et santé	3-5	
Activité documentaire 3 : Scénarios de transition écologique, impacts et choix énergétiques	5-9	
Cours	10-12	

Activité 1: Consommation énergétique mondiale et cycle du carbone

Introduction : L'énergie occupe une place centrale dans le fonctionnement des sociétés humaines. Aujourd'hui, l'essentiel de l'énergie utilisée dans le monde provient des combustibles fossiles (pétrole, charbon, gaz naturel). Les énergies primaires peuvent être classées en ressources stockables (combustibles fossiles, uranium) et ressources issues de flux (rayonnement solaire, géothermique et des marées). En parallèle, le carbone circule en permanence dans les réservoirs terrestres (atmosphère, biosphère, sols, océans) selon un cycle biogéochimique complexe, dont les combustibles fossiles sont issus.

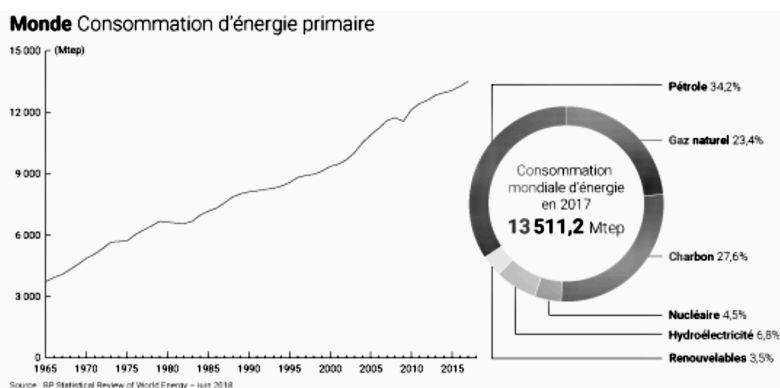
Problématique : Comment la répartition, l'exploitation et la transformation des énergies dans le monde influencent-elles le cycle du carbone et l'évolution des sociétés humaines ?

Objectifs : Utiliser les différentes unités d'énergie (tonne équivalent pétrole (tep), kilowattheure (kWh), etc.). Exploiter des données de production et d'utilisation d'énergie à différentes échelles (mondiale, nationale, locale, individuelle). Comparer quelques ordres de grandeur d'énergie et de puissance : corps humain, objets du quotidien, moteurs, centrale électrique, flux radiatif solaire, etc. Analyser un schéma représentant le cycle biogéochimique du carbone pour comparer les stocks des différents réservoirs et identifier les flux principaux de carbone d'origine anthropique ou non. Citer les ordres de grandeur des durées nécessaires aux transformations du carbone.

Document 1: L'énergie, une grandeur avec différentes unités

L'énergie est une grandeur dont l'unité dans le Système international est le joule (J). On peut aussi la tonne équivalent pétrole tep, obtenue lors de la combustion d'une tonne de pétrole, comme unité pour l'énergie ($1 \text{ tep} = 4,18 \times 10^{10} \text{ J}$). Dans la vie courante, on utilise le kilowattheure ($1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$).

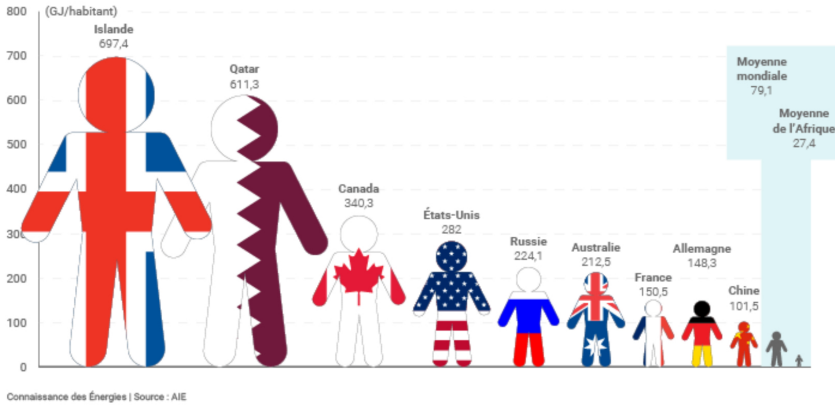
Document 2: Répartition mondiale des sources d'énergie



- 1) **Indique** le nom de la source d'énergie qui domine aujourd'hui dans le monde.
- 2) **Calcule** la part totale des combustibles fossiles. Quelle conclusion **peux-tu** en tirer ?
- 3) **Calcule** la hausse de la consommation d'énergie entre les années 1965 et 2017.

Document 3: Consommation d'énergie primaire par pays et par habitant en 2019

Monde La consommation d'énergie par habitant en 2019



4) **Indique** le nom du pays qui présente la plus forte consommation énergétique par habitant.

5) **Commente** la consommation mondiale d'énergie primaire par habitant et par pays.

6) **Classe**, en les numérotant, les puissances du document 4, de la plus faible à la plus forte en écrivant dans le tableau leur ordre de grandeur.

Document 4: Ordre de grandeur de différentes puissances

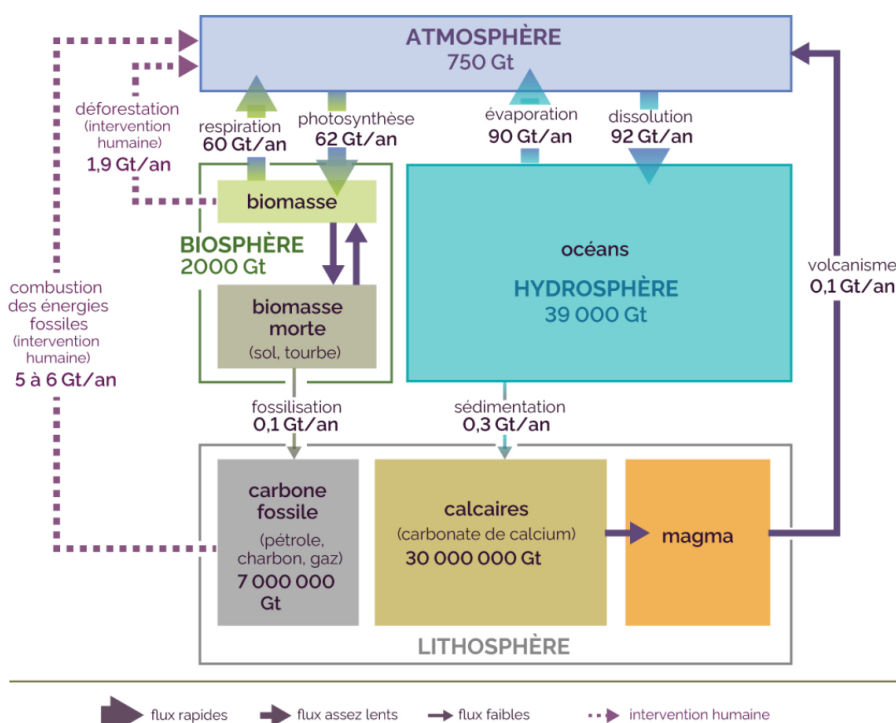
Ordre	Objet / système	Puissance moyenne	Ordre de grandeur
	Corps humain au repos	100 W	
	Bouilloire électrique	2000 W	
	Voiture thermique	50-100 kW	
	Centrale nucléaire	1 GW	
	Flux solaire reçu au sol	200 W/m ²	

7) **Compare** la puissance d'un humain à celle d'une voiture.

8) **Explique** en quoi ces ordres de grandeur imposent certains choix technologiques.

Document 5 : Cycle biogéochimique du carbone

Schéma bilan simplifié du cycle biogéochimique du carbone



9) **Donne** le nom des trois plus grands réservoirs de carbone.

10) **Identifie** deux flux naturels et deux flux anthropiques.

11) **Montre**, par un calcul simple ou un raisonnement, pourquoi l'on considère les combustibles fossiles comme une ressource non renouvelable.

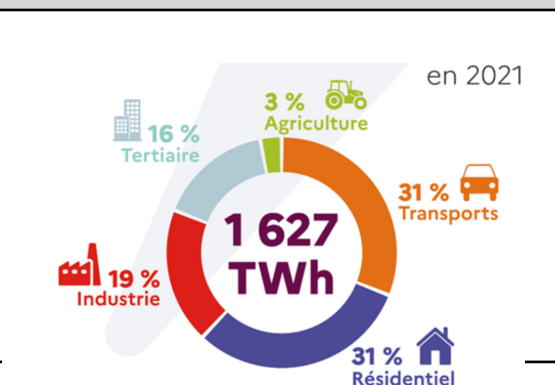
12) **Donne** l'ordre de grandeur d'un flux rapide et d'un flux faible en t/an.

Document 6 : Le pétrole

Le pétrole est un combustible fossile dont la formation s'étend sur une période allant d'environ 20 à 350 millions d'années. Il se forme à partir de la décomposition d'organismes marins microscopiques, essentiellement du plancton, qui se sont accumulés dans des bassins sédimentaires situés au fond des océans, des lacs ou des deltas. Actuellement, on estime la réserve mondiale à 1 700 milliards de barils. En 2021, la consommation mondiale de pétrole a été de 4,25 milliards de tonnes. 1 tonne de pétrole correspond à 7,34 barils.

13) En supposant que la consommation de pétrole n'est pas évoluée, **calcule** le nombre d'année qu'il faut pour épuiser les réserves.

Document 7 : Consommation énergétique en Europe en 2021



14) **Identifie** les secteurs qui consomment le plus d'énergie en 2021.

15) **Propose** une solution pour réduire cette consommation énergétique.

Activité 2: Combustion, pollution atmosphérique et santé

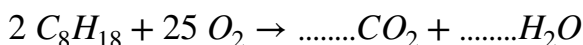
Introduction : Chaque année, les humains consomment d'énormes quantités d'énergie sous forme de carburants fossiles (charbon, pétrole, gaz) ou de biomasse (bois, résidus agricoles). La combustion de ces substances libère du dioxyde de carbone (CO_2) et d'autres composés chimiques dans l'atmosphère. Certains sont visibles sous forme de fumées ou de particules, d'autres sont invisibles mais réactifs, comme le monoxyde de carbone ou les oxydes d'azote.

Problématique : Comment les combustions de carburants fossiles et de biomasse affectent-elles la qualité de l'air, la santé humaine et l'empreinte carbone, et quelles solutions peuvent être envisagées pour limiter ces impacts ?

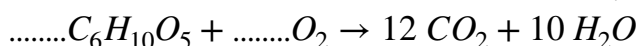
Objectifs : Ajuster l'équation d'une réaction chimique d'oxydation par le dioxygène. Comparer la masse de dioxyde de carbone produite par unité d'énergie dégagée pour différents combustibles. Distinguer ozone stratosphérique et troposphérique. À partir de documents épidémiologiques, identifier et expliquer les conséquences sur la santé de certains polluants atmosphériques, telles les particules fines résultant de combustions. À partir de documents, analyser l'empreinte carbone de différentes activités humaines et proposer des comportements pour la minimiser

Document 1 : La combustion des carburants fossiles et de la biomasse

La combustion de l'essence est modélisée par l'équation de réaction chimique suivante :



La combustion de la biomasse est modélisée par l'équation de réaction chimique suivante :



ou la compenser.

- 1) **Ajuste** l'équation chimique de la combustion complète de l'essence et de la biomasse.
- 2) **Indique** le nom des produits formés lors de ces combustions.

Document 2 : Tableau comparatif de la production de CO₂ par unité d'énergie pour différents combustibles

Source d'énergie	Charbon	Fioul	Gaz naturel	Biomasse	Sol	Soleil	Vent	Eau	Uranium
Émissions de CO ₂ eq (kg/kWh)	1,06	0,73	0,418	0,230	0,045	0,043	0,015	0,006	0,006

- 3) **Indique** les sources énergétiques qui produisent le moins de CO₂.

- 4) **Donne** le point commun de celles qui en produisent le plus.

Document 3 : Différence entre ozone stratosphérique et troposphérique

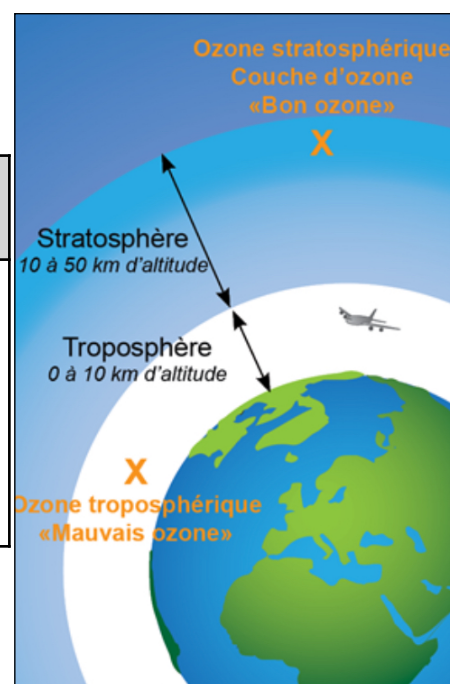
Ozone stratosphérique : situé entre 10 et 50 km d'altitude, il forme la fameuse couche d'ozone qui protège la Terre des rayons ultraviolets nocifs du Soleil.

Ozone troposphérique : présent près de la surface, entre 0 et 10 km, il est considéré comme un polluant respiratoire, car il irrite les voies respiratoires et peut diminuer la fonction pulmonaire.

- 5) **Donne** l'altitude où se situe l'ozone stratosphérique et son rôle principal.

- 6) **Indique** l'altitude de l'ozone troposphérique.

- 7) **Explique** pourquoi l'ozone peut être à la fois bénéfique et nocif selon sa localisation.

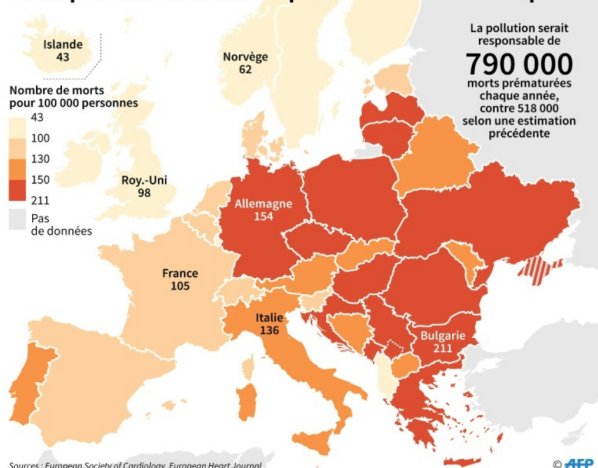


Document 4 : Tableau des conséquences sanitaires de certains polluants

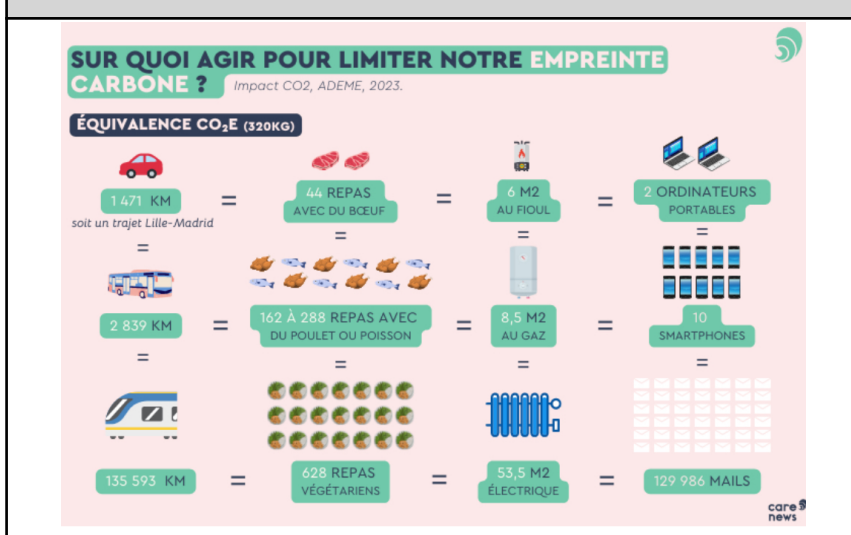
Polluant	Formule chimique	Description et origine	Effets sur la santé
Monoxyde de carbone	CO	Gaz incolore, inodore, produit par combustion incomplète de carburants fossiles ou biomasse	Lie l'hémoglobine, diminue l'oxygénation du sang, peut provoquer des maux de tête, vertiges, voire décès à forte exposition
Dioxyde de soufre	SO ₂	Gaz irritant produit lors de la combustion de combustibles contenant du soufre (charbon, pétrole)	Irritations respiratoires, aggravation de l'asthme, inflammation des voies respiratoires
Suies / particules visibles	C (noir de carbone)	Particules solides issues de la combustion incomplète, souvent du charbon ou du bois	Irritation des voies respiratoires, inflammation pulmonaire, aggravation de maladies respiratoires et cardiovasculaires
Particules fines	PM2,5 et PM10	Particules en suspension < 2,5 µm ou < 10 µm, elles proviennent du chauffage domestique et des gaz d'échappement des véhicules.	Traversent les bronches, atteignent les poumons et le sang, provoquent maladies respiratoires et cardiovasculaires, augmentation de la mortalité
Oxydes d'azote	NO, NO ₂	Gaz produits par la combustion à haute température (moteurs, centrales thermiques) et qui cause une surproduction d'ozone troposphérique.	Irritations respiratoires, aggravation de l'asthme, participe à la formation d'ozone troposphérique
Protoxyde d'azote	N ₂ O	Gaz à effet de serre provenant de certains moteurs, fertilisants azotés et combustion. Il détruit l'ozone stratosphérique.	Contribue au réchauffement climatique et à la destruction de la couche d'ozone stratosphérique, effets directs sur la santé faibles.

- 8) Durant le confinement du printemps 2020, lors du Covid-19, la pollution de l'air a diminué et plusieurs milliers de décès ont été évités. **Donne** le nom des polluants de ce tableau qui ont été particulièrement réduits. **Justifie** ta réponse.
- 9) **Identifie** et **nomme** les gaz qui agissent sur l'ozone stratosphérique et troposphérique.

Morts prématurées liées à la pollution de l'air en Europe



Document 5 : Empreinte carbone de différentes activités humaines



- 10) **Indique** la quantité de CO₂ équivalente (CO₂e) considérée pour cette comparaison.
- 11) **Indique** le nombre de kilomètres en voiture équivalent à 44 repas avec du bœuf.
- 12) **Compare** les moyens de transport et **conclus** sur celui qui te semble le plus économe en CO₂ pour un trajet similaire.
- 13) **Propose** deux actions concrètes pour réduire ton empreinte carbone dans la vie quotidienne (transport, alimentation, énergie, numérique).

Activité 3: Scénarios de transition écologique, impacts et choix énergétiques

Introduction : Le changement climatique résulte principalement de l'augmentation des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère, liée aux activités humaines. Les scientifiques élaborent des scénarios afin d'anticiper les trajectoires possibles d'évolution du climat selon nos choix présents. Ces scénarios éclairent les enjeux écologiques, économiques et sociaux et guident les politiques d'atténuation et d'adaptation.

Problématique : Comment les scénarios climatiques permettent-ils de comprendre les impacts de l'augmentation du CO₂ sur les écosystèmes et d'orienter les choix énergétiques, à différentes échelles ?

Objectifs : Discuter des incidences de l'augmentation du CO₂ sur le développement de la végétation. Analyser des extraits de documents du GIEC ou d'accords internationaux. Analyser d'un point de vue global les incidences de choix énergétiques majeurs : exemple du nucléaire en France. Dans une étude de cas, analyser des choix énergétiques locaux selon les critères et les paramètres mentionnés.

Document 1 : GIEC, Assessment Report 6

Le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) a publié son premier rapport d'évaluation (AR - Assessment Report) en 1990, puis le premier volume de son sixième rapport (AR6) en 2021. Dans ces documents, il dresse un état des connaissances scientifiques sur le changement climatique et propose des projections basées, entre autres, sur différentes hypothèses d'évolution des concentrations de gaz à effet de serre.

Pour l'AR6, cinq scénarios socioéconomiques (SSP - Shared Socioeconomic Pathways) ont été élaborés. Ils décrivent des trajectoires possibles de transformation des sociétés et sont associés à diverses évolutions des émissions de GES :

SSP1 - Voie durable (« verte ») : Monde orienté vers le développement durable, préservation des biens communs, réduction des inégalités, consommation et énergie maîtrisées. Objectifs climatiques : +1,5°C (SSP1-1.9) ou +2°C (SSP1-2.6).

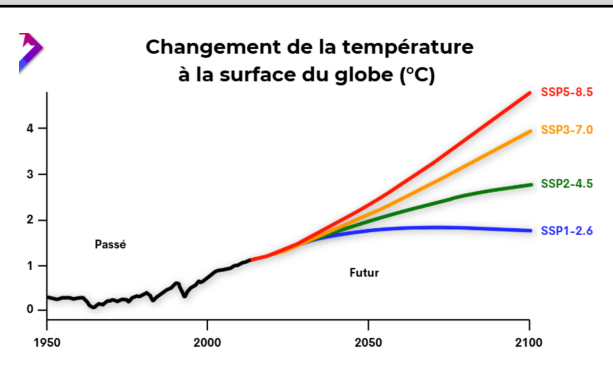
SSP2 - Voie médiane : Poursuite des tendances actuelles, coopération internationale limitée, inégalités persistantes, dégradation environnementale modérée.

SSP3 - Rivalités régionales : Nationalisme et conflits régionaux, priorité à la sécurité, baisse des investissements technologiques et éducatifs, inégalités croissantes, dommages environnementaux importants.

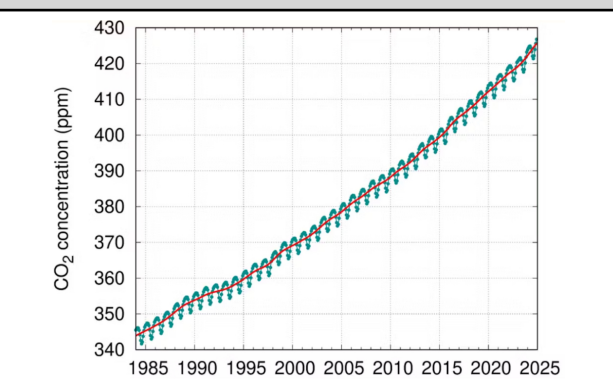
SSP4 - Inégalités accrues : Écart marqué entre pays développés et pays en développement, coopération limitée, politiques environnementales efficaces seulement localement.

SSP5 - Développement fossile : Croissance économique mondiale forte grâce aux énergies fossiles, forte consommation énergétique, innovation technologique, gestion locale de la pollution, impacts environnementaux globaux élevés.

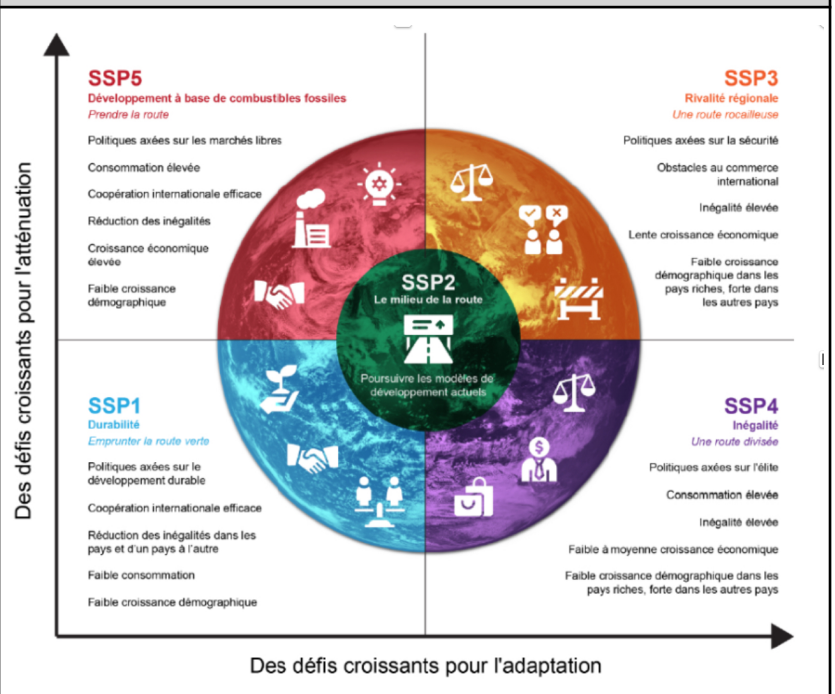
Document 2 : Les cinq trajectoires de scénarios basés sur les SSP utilisés dans les modèles CMIP6 et des défis plus ou moins élevés qui leur sont associés en ce qui concerne la mise en œuvre de stratégies d'atténuation ou d'adaptation.



Document 4 : Concentration atmosphérique de CO₂ depuis 1985



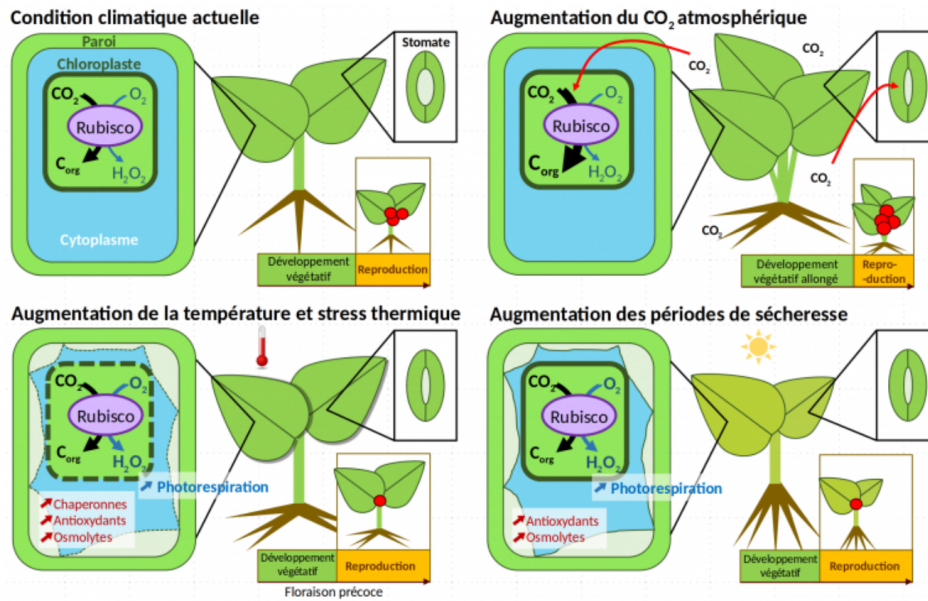
Document 3 : Les différents SSP



- 1) **Donne** le nom des scénarios présentant les défis d'atténuation les plus élevés.
- 2) **Donne** le nom des scénarios présentant les défis d'adaptation les plus élevés.
- 3) **Calcule** l'augmentation totale de CO₂ entre 1985 et 2025.

4) **Détermine** le taux moyen d'augmentation par décennie.

Document 5 : Conséquences morphologiques, métaboliques et cellulaires de trois facteurs environnementaux affectés par le changement climatique



Source : Élise Muller

Stomate : petit pore des feuilles où passent CO₂ et vapeur d'eau.

Chloroplaste : organite où se déroule la photosynthèse.

Rubisco : enzyme qui fixe le CO₂ dans la photosynthèse.

Cytoplasme : gel interne de la cellule où ont lieu de nombreuses réactions.

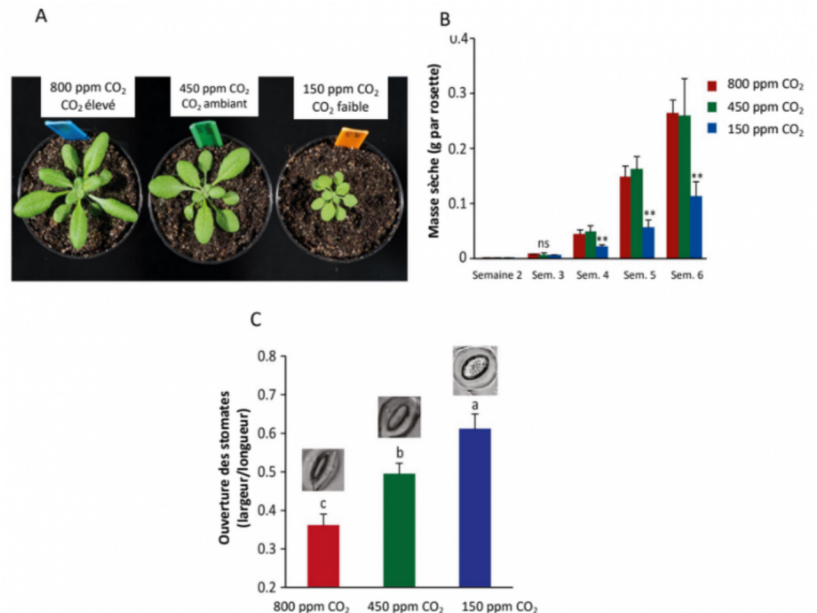
Chaperonnes : protéines qui protègent d'autres protéines en cas de stress.

Antioxydants : molécules qui neutralisent les espèces réactives de l'oxygène.

Osmolytes : petites molécules qui aident la cellule à résister au manque d'eau.

Document 6 : Effet de différentes concentrations en CO₂ sur la croissance et les stomates chez Arabidopsis thaliana

- A. Plants âgés de 4 semaines et cultivés à différentes concentrations en CO₂.
- B. Masse sèche des rosettes entre 2 et 6 semaines
- C. Ouverture des stomates chez des plants de 4 semaines.

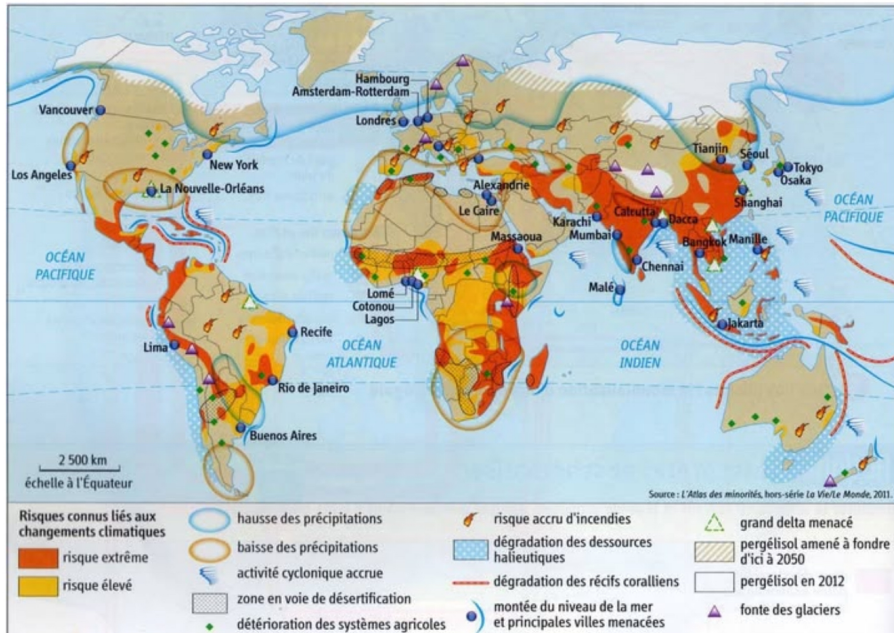


5) **Explique** l'expression « effet fertilisant du CO₂ ».

6) **Explique** pourquoi cet effet est limité par les conditions environnementales.

7) **Indique** les effets négatifs qui pourraient l'emporter à long terme.

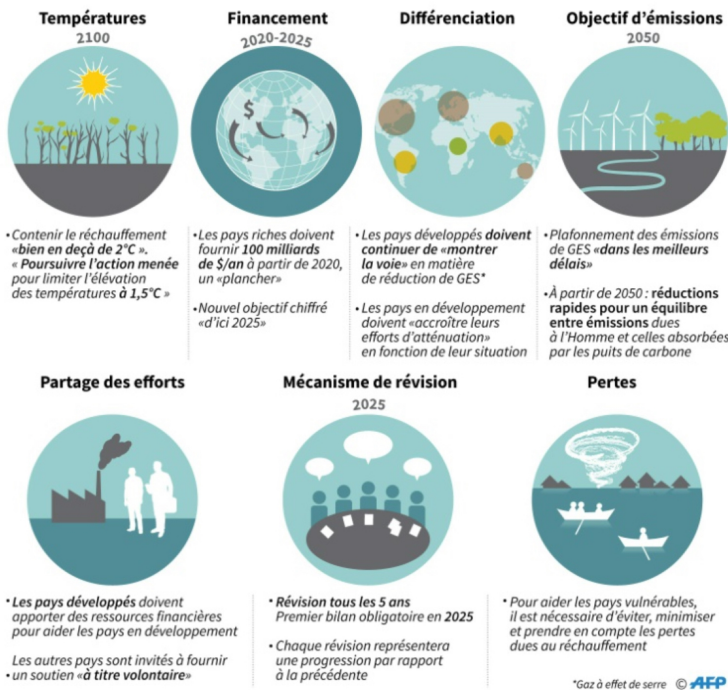
Document 7 : Carte des risques climatiques



8) **Identifie** trois zones géographiques particulièrement vulnérables.

9) **Indique** comment cette carte permet d'orienter les politiques d'adaptation.

Accord sur le climat : les points clés



Document 8 : Accord de Paris, 2015

L'Accord de Paris est un traité international juridiquement contraignant sur les changements climatiques. Il a été adopté par 196 Parties lors de la COP 21, la Conférence des Nations unies sur les changements climatiques à Paris, France, le 12 décembre 2015. Il est entré en vigueur le 4 novembre 2016.

10) **Donne** l'objectif principal de l'Accord de Paris.

Document 9 : Étude d'un choix énergétique majeur : le nucléaire en France

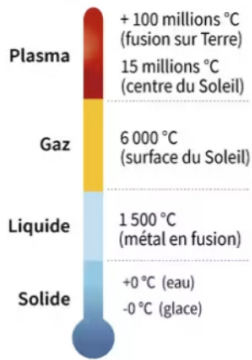
Avantages	Inconvénients
Très faibles émissions de CO ₂ , contribue fortement à la lutte contre le réchauffement.	Déchets radioactifs à gérer sur le très long terme.
Production d'électricité continue (pas dépendante de la météo).	Risque d'accident (faible mais aux conséquences potentiellement graves).
Électricité peu coûteuse et relativement stable pour les consommateurs.	Coûts élevés des infrastructures (construction, entretien, démantèlement).
Indépendance électrique élevée grâce au parc existant.	Dépendance aux importations d'uranium, ressource non renouvelable.
Création d'emplois qualifiés et filière industrielle forte.	Acceptabilité sociale parfois faible (opposition locale ou nationale).
Durée de vie longue des centrales (possibilité de prolongation).	Vieillesse du parc, besoins importants de rénovation ou remplacement.

11) **Donne** l'avantage et l'inconvénient du nucléaire que tu trouves les plus importants.

Iter, le projet de réacteur expérimental à fusion nucléaire

Le projet associant l'UE, l'Inde, le Japon, la Chine, la Russie, la Corée du Sud, les États-Unis et la Suisse via Euratom tente de reproduire avec la fusion nucléaire une énergie comme celle créée au cœur du soleil

1) Pour entrer en fusion, le deutérium* et le tritium* doivent être chauffés à l'état de plasma

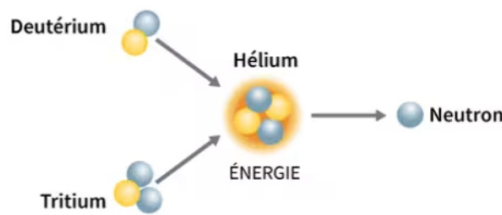


* Isotopes (variétés) de l'hydrogène
Deutérium : se trouve dans l'eau (40 mg/l)
Tritium (radioactif) : fabriqué à partir du lithium, présent dans la croûte terrestre

Site ITER (en latin «le chemin»)

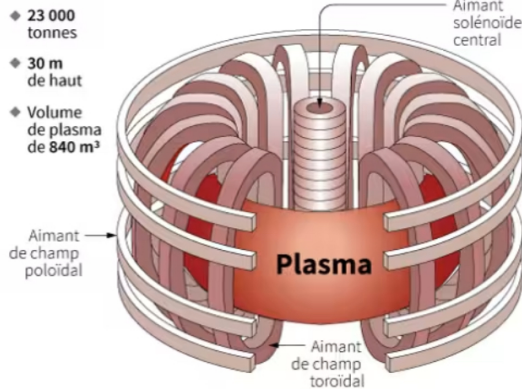


2) Principe de la fusion



Tokamak ITER

Seul un champ magnétique très puissant, comme celui que génèrent les aimants d'un tokamak, peut confiner le plasma très chaud (150 millions de degrés) dans lequel se produisent les réactions de fusion



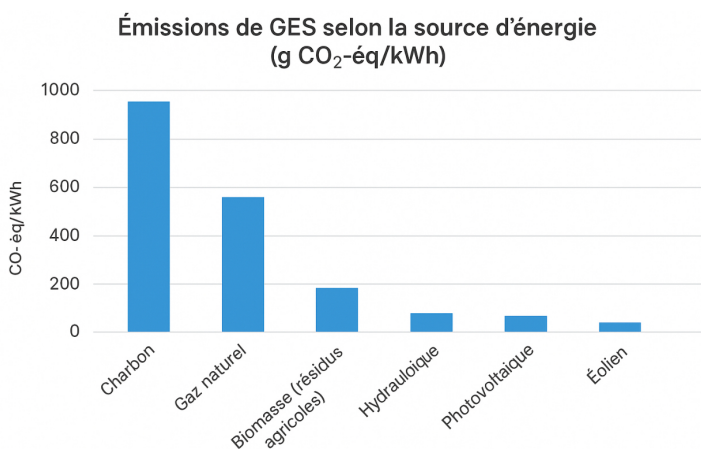
Les aimants assurent le confinement, le modelage et le contrôle du plasma dans la chambre à vide

Sources : ITER, CEA

12) En précisant les avantages de la fusion par rapport à la fission, indique ce que peut apporter le projet ITER à la transition énergétique.

Document 11 : Émissions de GES selon la source d'énergie (g CO₂-eq/kWh)

Le graphique présente les émissions moyennes de gaz à effet de serre (en équivalent CO₂) associées à la production d'1 kWh d'électricité. Les valeurs incluent la fabrication des installations et l'exploitation des ressources.



Source : GIEC, 2018, Chapitre 7, p. 539

Étude de cas locale : De l'automne au printemps, une bonne partie du village d'Albiez-Montrond est à l'ombre des montagnes la majeure partie de la journée. Le vent souffle régulièrement dans la vallée. Albiez-Montrond est un territoire essentiellement rural : il comprend une surface agricole importante et de nombreux élevages qui profitent des pâturages sur les versants des montagnes à proximité.

13) Compare les émissions de gaz à effet de serre de l'éolien et du solaire avec celles des centrales thermiques fossiles (charbon et gaz naturel).

14) Identifie les deux ressources en énergie à privilégier par le village pour élaborer son mix énergétique renouvelable.

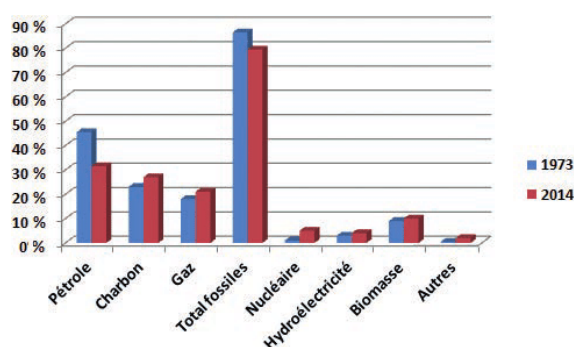
Bilan des activités

I) L'énergie dans le monde

1) L'énergie et sa consommation

Aujourd'hui, la majeure partie de l'énergie utilisée dans le monde provient des combustibles fossiles. La consommation énergétique mondiale a doublé au cours des quarante dernières années.

Les combustibles fossiles dominent encore la consommation mondiale, représentant environ 80 % de l'énergie primaire utilisée. Les pays riches consomment beaucoup plus d'énergie par habitant que les pays pauvres, ce qui reflète des inégalités économiques et industrielles. En moyenne, l'énergie est utilisée à parts comparables par le secteur industriel, le transport, le secteur de l'habitat et, dans une moindre mesure, par le secteur agricole.



2) Les types d'énergies primaires

Les énergies primaires peuvent se classer en deux grandes catégories. La première regroupe les ressources stockables, telles que les combustibles fossiles (pétrole, charbon, gaz) et l'uranium. La seconde catégorie regroupe les énergies issues de flux (radiatif solaire, géothermique et des marées).

3) Les unités et la puissance énergétique

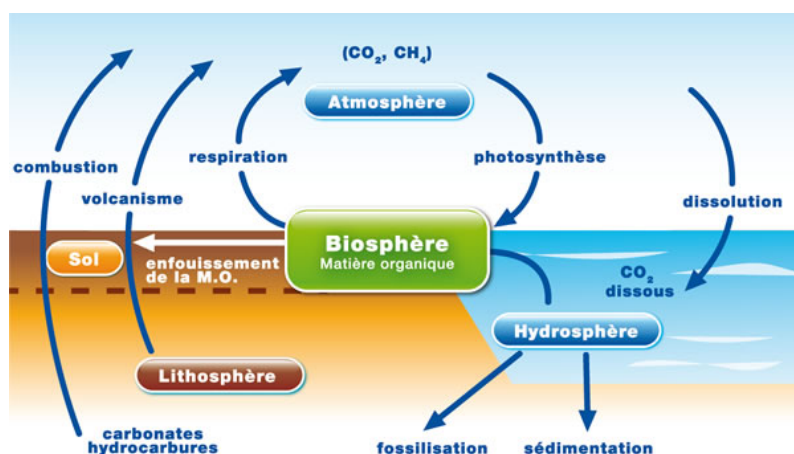
L'énergie peut se mesurer selon plusieurs unités. L'unité du Système international est le joule (J). Dans la vie quotidienne, on utilise également le kilowattheure (kWh), qui correspond à $3,6 \times 10^6$ J, et la tonne équivalent pétrole (tep), qui représente l'énergie libérée par la combustion d'une tonne de pétrole ($1 \text{ tep} = 4,18 \times 10^{10}$ J).

La puissance, qui mesure l'énergie consommée par unité de temps, varie énormément selon les systèmes. Un corps humain produit environ 100 W, tandis qu'une voiture thermique peut consommer 50 à 100 kW et une centrale nucléaire 1 GW.

II) Le carbone et son cycle

1) Les réservoirs de carbone

Le carbone est un élément fondamental du vivant et du climat. Il circule entre plusieurs réservoirs terrestres et les combustibles fossiles, qui représentent un stock ancien issu de la matière organique. Ce mouvement permanent constitue le cycle biogéochimique du carbone, essentiel au maintien de la vie et au fonctionnement du climat terrestre.



© UNIFA

2) Flux naturels et anthropiques

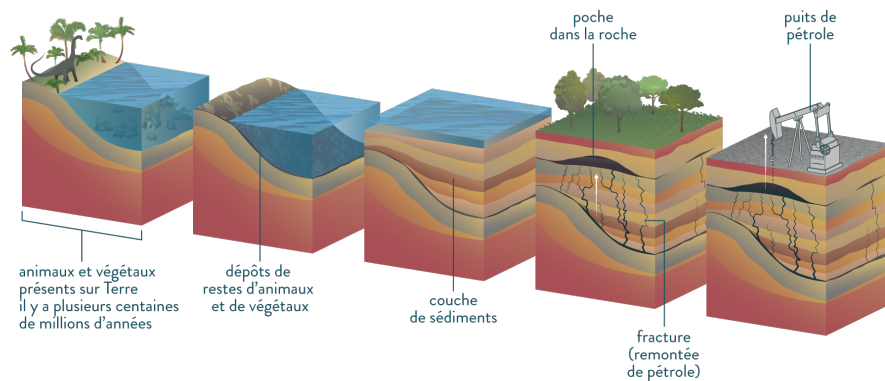
Flux naturels : mouvements qui se produisent naturellement dans l'environnement, sans intervention humaine.

Flux anthropiques : flux créés ou augmentés par les activités humaines, comme la combustion des combustibles fossiles, l'agriculture ou la déforestation, qui modifient les cycles naturels.

3) Formation des combustibles fossiles

Les combustibles fossiles se sont formés à partir de la matière organique accumulée dans des sédiments il y a des dizaines à des centaines de millions d'années. Leur formation est un processus très lent, ce qui explique pourquoi ces ressources sont non renouvelables à l'échelle humaine.

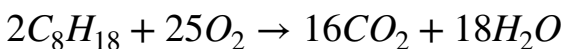
La formation du pétrole



III) Combustion et pollution atmosphérique

1) Réactions de combustion

La combustion consiste en l'oxydation d'un carburant par le dioxygène pour libérer de l'énergie. Dans une combustion complète, l'essence (C_8H_{18}) produit du CO_2 et de l'eau selon l'équation :



En revanche, une combustion incomplète génère des polluants supplémentaires tels que le monoxyde de carbone (CO) et des suies (C).

Les différents combustibles émettent des quantités de CO_2 très variables pour produire la même énergie.

Impacts de la pollution de l'air sur la santé

Maux de tête et vertiges, nausées, vomissements, saturnisme...

Monoxyde de carbone en intérieur, plomb, particules

Irritations oculaires

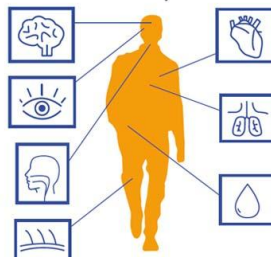
Ozone, pollens

Irritations du nez, toux, problèmes respiratoires

Dioxyde de soufre, composés organiques volatils

Irritations cutanées

Dioxyde de soufre



Manque d'oxygène de l'organisme (asphyxie), accidents vasculaires...

Monoxyde de carbone en intérieur, particules

Toux, difficultés respiratoires, risque d'augmentation des crises d'asthme, cancers, infections...

Particules en suspension, oxydes d'azote, ozone, pollens

Manque d'oxygène de l'organisme (asphyxie), fatigue cardiaque, risque de formation de caillots...

Monoxyde de carbone en intérieur, plomb, particules

2) Polluants et effets sur la santé

La combustion émet également des polluants atmosphériques ayant des impacts sur la santé : le CO, les oxydes de soufre (SO₂), les oxydes d'azote (NO, NO₂), les particules fines (PM_{2,5} et PM₁₀) et les suies. Ces substances peuvent provoquer des irritations respiratoires, des maladies cardiovasculaires et des effets graves

L'ozone joue un rôle double : bénéfique en stratosphère en protégeant des UV, mais nocif en troposphère comme polluant respiratoire.

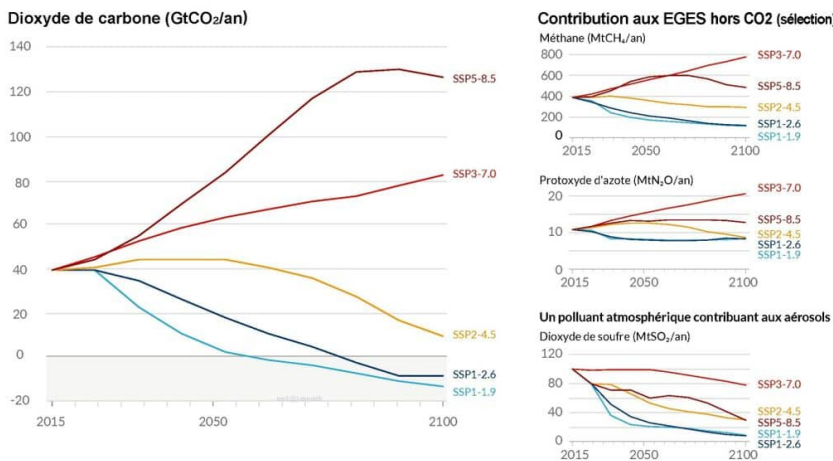
3) Empreinte carbone

L'empreinte carbone mesure la quantité de CO₂ émise directement ou indirectement par une personne ou une activité. Elle prend en compte le transport, l'alimentation, la consommation d'énergie et la production industrielle. Réduire cette empreinte implique de privilégier des modes de transport durables, une alimentation locale et végétale et des usages responsables des technologies numériques.

IV) Transition écologique et scénarios climatiques

Les émissions futures entraîneront une hausse supplémentaire du réchauffement, qui résultera donc de l'addition des émissions de CO₂ passées et futures.

a) Émissions annuelles futures de CO₂ (gauche) et d'un sous-ensemble de contributeurs clés hors CO₂ (droite), à travers 5 scénarios représentatifs.



1) Scénarios socioéconomiques (SSP) et projections

Le GIEC propose cinq scénarios socioéconomiques (SSP) pour prévoir l'évolution des émissions de GES selon différents choix sociétaux. Ces scénarios permettent d'évaluer les conséquences possibles de nos choix énergétiques et d'orienter les politiques d'atténuation et d'adaptation.

2) Augmentation du CO₂ et impacts sur la végétation

Depuis 1985, la concentration de CO₂ atmosphérique a augmenté. Cette hausse stimule la photosynthèse et la croissance végétale, un phénomène appelé effet fertilisant. Cependant, cet effet est limité par la disponibilité en eau, les nutriments et les conditions climatiques. À long terme, le stress thermique, la sécheresse et les maladies peuvent réduire la croissance et même provoquer des effets négatifs sur les écosystèmes.

3) Choix énergétiques et transition

Les choix énergétiques sont cruciaux pour limiter les émissions de GES. Le nucléaire en France illustre ce dilemme : il émet très peu de CO₂ mais génère des déchets radioactifs et nécessite des infrastructures coûteuses. Le projet ITER sur la fusion promet une énergie quasi illimitée et sans déchets à long terme.