



3

**Comment
éviter les
changements
climatiques
dangereux ?**

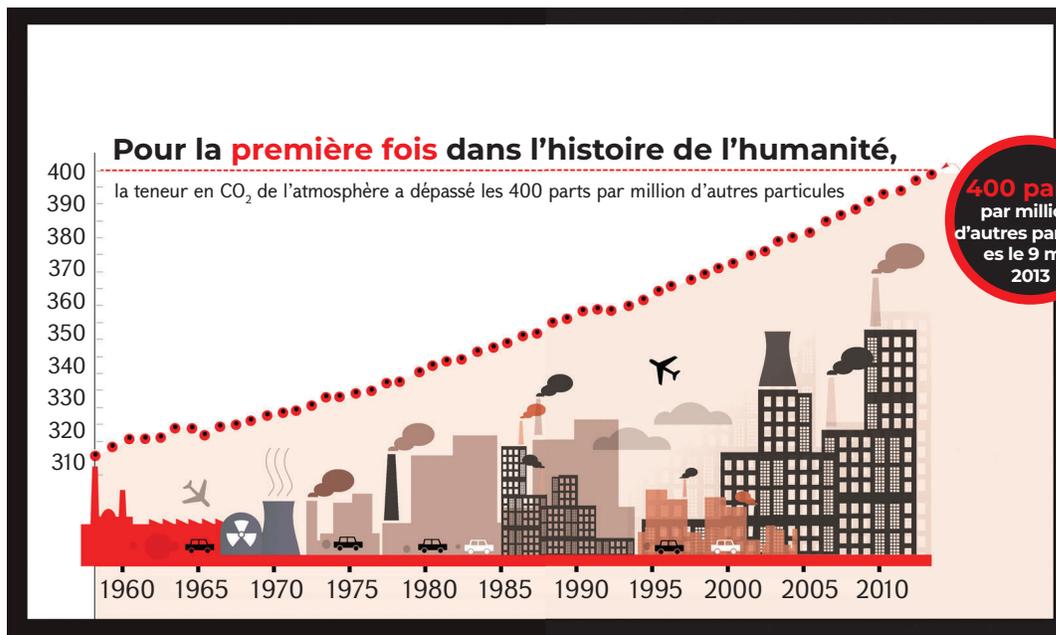
3 | Comment éviter les changements climatiques dangereux ?

Nous savons déjà que la quantité de gaz à effet de serre dans l'atmosphère s'est accrue rapidement ces dernières années, aboutissant à une hausse de ses concentrations dans l'atmosphère (Fig. 3.1.1). La teneur naturelle en dioxyde de carbone de l'atmosphère a varié depuis quelques milliers d'années (lesquelles incluent les périodes de réchauffement interglaciaire et de refroidissements glaciaires) entre 180 et 300 particules de CO₂ par million d'autres particules.

En 2013, le niveau de CO₂ contenu dans l'atmosphère a dépassé 400 parts par million pour la première fois en 800 000 ans. Cette concentration continue de croître rapidement, atteignant des niveaux de 421 parties par million en 2022. La raison en est que, à l'échelle mondiale, les émissions nettes de gaz à effet de serre (GES) dues à l'activité humaine, définies comme la différence entre les émissions brutes moins les absorptions, par exemple par les forêts, ont continué à croître. Entre 2010 et 2022, le niveau d'émissions de GES a été plus élevé qu'à tout autre moment de l'histoire de l'humanité. Leur concentration dans l'atmosphère continuera d'augmenter jusqu'à ce que les émissions annuelles soient suffisamment réduites pour être compensées par les absorptions.

Figure 3.1.1

Augmentation des concentrations de CO₂ dans l'atmosphère depuis 1960.



Tous les habitants de la planète contribuent au changement climatique actuel en émettant des gaz à effet de serre dans l'atmosphère année après année. Nous sommes les utilisateurs finaux des biens et des services, dont la production requiert de l'énergie, une énergie provenant essentiellement de carburants fossiles non renouvelables (pétrole, charbon et gaz naturel). La production de biens et de services est responsable de 75 % de l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre associées à l'activité humaine.

Nous avons déjà évoqué les impacts dévastateurs du changement climatique sur la santé de notre société et de la planète. Les scientifiques ont confirmé que les récents changements climatiques sont généralisés, rapides, intensifiés et sans précédent depuis des milliers d'années. De tels changements devraient se poursuivre, car selon tous les scénarios d'émissions présentés dans le rapport AR6 du GIEC, le réchauffement de la surface de la Terre devrait atteindre 1,5 °C au cours des deux prochaines décennies. À moins de réductions immédiates, rapides et à grande échelle des émissions de gaz à effet de serre, limiter le réchauffement à 1,5 °C, voire 2 °C, sera bientôt hors de portée.

Pour réduire la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et limiter le réchauffement climatique, des réductions fortes, rapides et soutenues du CO₂, du méthane et des autres gaz à effet de serre au cours de cette décennie et atteindre zéro émission nette d'ici 2050 sont essentielles. Associées à la réduction des « forces climatiques de courte durée » telles que les aérosols et les particules, ces mesures permettraient non seulement de réduire les conséquences du changement climatique, mais également d'améliorer la qualité de l'air, de réduire les impacts sur la santé et d'apporter d'autres avantages en matière de développement durable. De telles réductions doivent suivre une approche positive pour la nature, qui peut contribuer à enrichir la biodiversité, à stocker le carbone, à purifier l'eau et à réduire le risque de pandémie. Bref, réduire les émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère devrait également renforcer la résilience de notre planète et de nos sociétés.

De nombreux pays ont pris des mesures pour réduire leurs émissions. Depuis 2022, la plupart des pays industrialisés ont réduit régulièrement leurs émissions de gaz à effet de serre depuis plus de dix ans et de nombreux pays en développement ont pris des mesures pour ralentir la croissance des émissions. Cependant, les scientifiques nous ont montré que cela ne suffit pas et que nous avons besoin d'une transformation du système dans tous les pays et dans tous les secteurs de l'économie et de la société vers zéro émission nette d'ici le milieu du siècle.

Qu'est-ce que cela signifie concrètement et comment pouvons-nous réduire la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère ? Il existe plusieurs façons de procéder.

La première consiste à passer à des **sources d'énergie respectueuses du climat**. Si nous comparons les différents types de combustibles fossiles, le plus polluant est le charbon, suivi du pétrole et des produits pétroliers, et le moins polluant est le gaz naturel.





Il est néanmoins possible de produire de l'énergie sans utiliser aucun combustible fossile. Depuis l'Antiquité, les populations utilisent la chaleur du soleil, la puissance du vent et la force de l'eau, ainsi que la biomasse. Toutes sont des sources d'énergie renouvelable. Les technologies modernes permettent de les utiliser à plus grande échelle. Une augmentation rapide du recours aux sources d'énergie renouvelables devrait aller de pair avec l'élimination progressive des énergies fossiles. D'autres sources d'énergie sans carbone, comme l'énergie nucléaire, peuvent également contribuer à réduire les émissions dans de nombreux pays, à condition que toutes les mesures de sécurité nécessaires soient en place.

La seconde façon de réduire les émissions de gaz à effet de serre consiste à **diminuer notre consommation énergétique quotidienne**, en mettant au point des machines et des appareils électroménagers plus économes en énergie, en améliorant l'efficacité énergétique des bâtiments et en augmentant l'électrification et le stockage de l'énergie. Les processus industriels actuels, tels que la sidérurgie et le ciment, doivent être remplacés par des processus sans carbone, et l'électrification des transports doit s'accélérer. Nous devons également changer nos propres habitudes pour économiser l'énergie et l'eau.

La troisième option consiste à avoir recours aux plantes pour nous aider ou à utiliser des technologies qui éliminent le CO₂ de l'atmosphère. Les plantes et les arbres absorbent le CO₂. Ainsi, en réduisant la déforestation et en plantant des arbres, les gens peuvent réduire la quantité de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. L'utilisation de pratiques agricoles respectueuses de l'environnement ainsi que la restauration et la protection des écosystèmes naturels peuvent aider les sols à absorber davantage de carbone et apporter d'autres avantages en matière de développement durable. Les nouvelles technologies qui éliminent le CO₂ de l'atmosphère, comme le captage et le stockage du carbone ou l'élimination du CO₂, en sont aux premiers stades de développement et de démonstration. Ils promettent que certaines émissions qui ne peuvent être évitées, par exemple certaines émissions résiduelles de l'agriculture, seront bientôt captées par ces technologies émergentes.

Enfin, le changement climatique est un problème mondial complexe qui ne peut être résolu qu'avec la coopération de tous les gouvernements et une « approche pansociétale » qui implique particulièrement les entreprises dans les efforts visant à gérer le risque climatique et à divulguer ce risque dans le cadre de leurs pratiques commerciales.

3.1 | Les énergies « vertes »

3.1.1 | Qu'est-ce que l'énergie ?

Tout ce qui a été créé en ce monde, par la nature ou par l'homme, a été créé en utilisant de l'énergie. Pour obtenir quelque chose, une quelconque forme d'énergie, nous devons la tirer de quelque part.

Prenons une barre de chocolat. Elle arrive en boutique directement de l'usine où les ouvriers se sont chargés de sa fabrication et de son conditionnement. Pour ce faire, ces personnes ont utilisé des fèves de cacao et du sucre acheminés jusqu'à l'usine depuis des champs où d'autres personnes cultivent des fèves de cacao et de la canne à sucre. Toutes les personnes ayant travaillé à la fabrication de notre chocolat devaient se nourrir et s'acheter des vêtements. L'ensemble des machines et appareils utilisés pour la fabrication de la barre de chocolat sont fabriqués à partir de matériaux (acier, plastique, etc.) provenant de minéraux (minerai de fer, etc.) extraits de la terre, et ces machines fonctionnent à l'énergie. Tout ce que nous possédons a donc été fabriqué en utilisant de l'énergie. Nous-mêmes nous sommes développés à partir d'un minuscule embryon, qui a puisé de l'énergie dans les composés chimiques afin d'assurer sa croissance !

Est-il donc vrai que nous prenons à la nature sans jamais rien lui donner en retour ? Bien sûr que non ! Nous transformons l'énergie que nous recevons en d'autres formes et la restituons au monde. L'énergie elle-même n'a donc jamais disparu, mais a simplement changé d'état. La science qui étudie la plupart des lois générales de transformation et de transfert de l'énergie mécanique et thermique est appelée la « **thermodynamique** », qui est une branche de la physique. La loi de conservation de l'énergie est la première des lois de la thermodynamique.

Les autres lois de la thermodynamique nous indiquent qu'au moment où l'énergie change d'état, une petite partie se perd et se dissipe et ne peut être « ée ».

Voyons comment les populations utilisent l'énergie de nos jours. Pourquoi la consommation d'énergie et le changement climatique sont-ils si étroitement liés ?

Et l'humanité peut-elle utiliser l'énergie pour transformer l'économie et la société mondiales, en rendant la vie sur Terre écologique, florissante et heureuse ? Plus important encore, pouvons-nous commencer à œuvrer pour cette transformation ?

3.1.2 | Les principales sources d'énergie

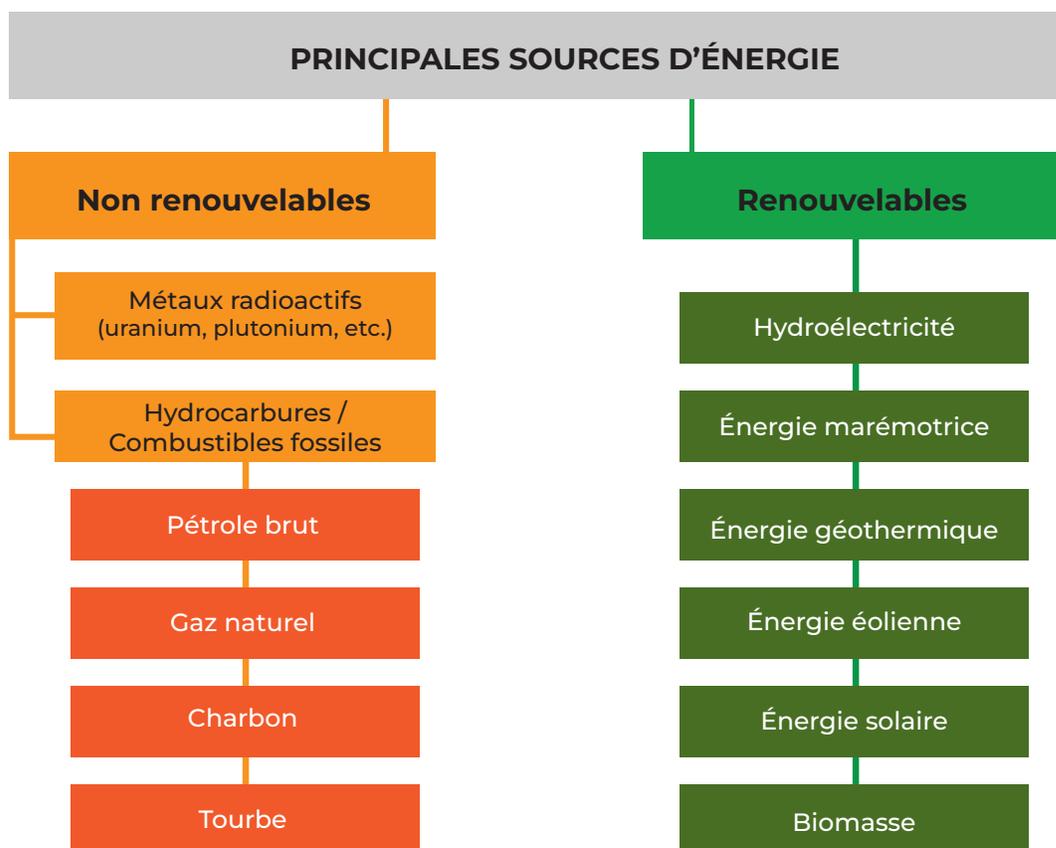
Les gens ont toujours utilisé de l'énergie. Les scientifiques ont commencé à réfléchir à ce processus dès l'Antiquité, lorsqu'ils ont commencé à étudier la forme d'énergie la plus simple : l'énergie mécanique, appelée « force vive ». Progressivement, d'autres formes d'énergie ont été découvertes : électrique, électromagnétique, thermique et nucléaire. En découvrant de nouvelles formes d'énergie, les gens se sont penchés sur leur provenance et se sont mis à la recherche de moyens pour l'exploiter.

Dans notre vie quotidienne, nous utilisons un très grand nombre d'appareils. Les postes de télévision, les ordinateurs et les réfrigérateurs fonctionnent tous à l'électricité, laquelle est raccordée à nos foyers et qui est le type d'énergie que nous connaissons le mieux. Cela signifie que l'électricité est essentielle à de nombreux domaines de la vie dans les sociétés modernes et le deviendra encore plus à mesure que son rôle dans le transport et le chauffage se développera grâce à des technologies telles que les véhicules électriques et les pompes à chaleur. Le rôle de l'électricité dans l'industrie va également augmenter en raison de l'électrification de certains processus industriels, comme la production sidérurgique.

D'où provient l'électricité ?

Les gens ont appris à produire de l'électricité en transformant plusieurs types d'énergie offerts par la nature. Les sources naturelles d'énergie de notre planète sont généralement divisées en deux grands groupes : les énergies non renouvelables (ou traditionnelles) et les énergies renouvelables (ou alternatives) (Fig. 3.1.2).

Figure 3.1.2 Principales sources naturelles d'énergie

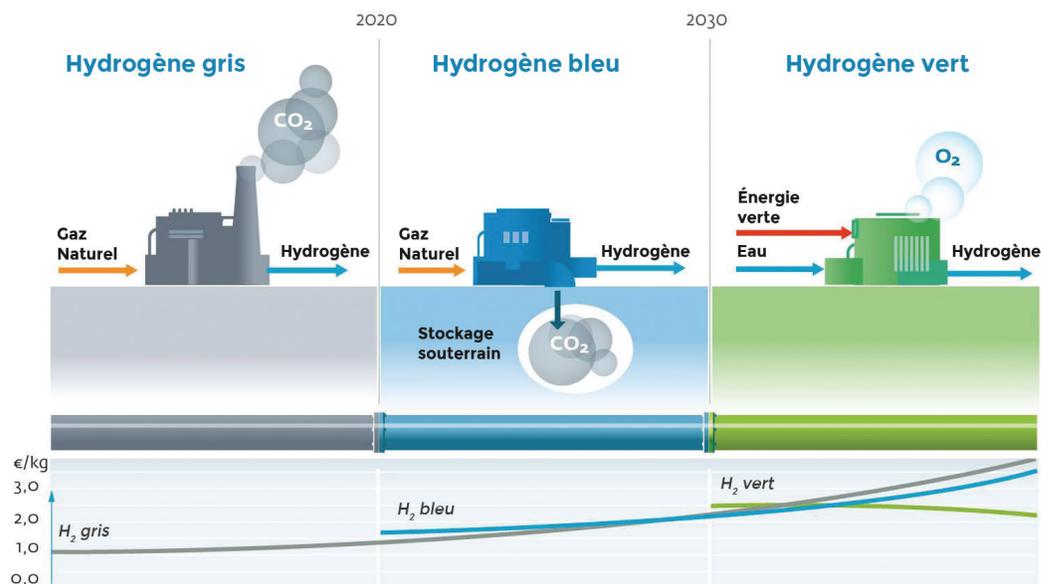


Les sources d'énergie non renouvelables sont produites ou se renouvellent dans la nature beaucoup plus lentement qu'elles ne sont consommées par l'homme. Les principales sources d'énergie non renouvelables sont le charbon, le pétrole, le gaz naturel et la tourbe, et sont également appelées « hydrocarbures » ou « combustibles fossiles ». Les sources d'énergies non renouvelables englobent également les métaux radioactifs (uranium, plutonium et autres), lesquels sont utilisés afin de produire de l'énergie nucléaire.

Les sources d'énergies renouvelables puisent leur énergie de processus qui se produisent continuellement dans la nature. Les rayons du soleil, le vent, l'eau, la pluie, les marées et la chaleur provenant de la terre peuvent offrir de grandes quantités d'énergie. De plus, ces ressources sont quasiment inépuisables : elles ne s'épuiseront que si, dans un futur plus que lointain, notre système solaire achève son cycle de vie. La biomasse (fibre végétale, déchets animaux et charbon de bois, qui ont été largement utilisés par le passé) est également une source d'énergie renouvelable, puisqu'elle est se renouvelle rapidement dans la nature.

L'hydrogène est un nouveau carburant dont l'utilisation est de plus en plus répandue. Il peut être gris, bleu ou vert, selon les sources à partir desquelles il est produit – respectivement gaz naturel, gaz naturel avec captage et stockage du carbone et électricité renouvelable (Fig. 3.1.3). Alors que l'hydrogène était autrefois principalement utilisé comme matière première pour l'industrie lourde, il est désormais à l'avant-garde de la décarbonation des secteurs du transport et du transport maritime.

Figure 3.1.3 Types d'hydrogène, comment ils sont produits et année de début de production



3.1.3 | Les combustibles fossiles

L'évolution des organismes vivants de notre planète va du plus simple au plus complexe. À une certaine époque, la Terre n'était habitée que par des végétaux et organismes simples qui absorbaient l'énergie solaire et la transformaient en poids vif, à l'intérieur d'eux-mêmes. Les traces de leur existence sont toujours visibles à ce jour : l'énergie recueillie par ces formes de vie, nos prédécesseurs, n'a pas disparu mais continue de vivre dans ce que nous appelons les « combustibles fossiles », qui sont des substances qui ont été formées à partir des restes d'organismes morts. Le pétrole brut, le gaz naturel, le charbon et la tourbe sont des combustibles fossiles.

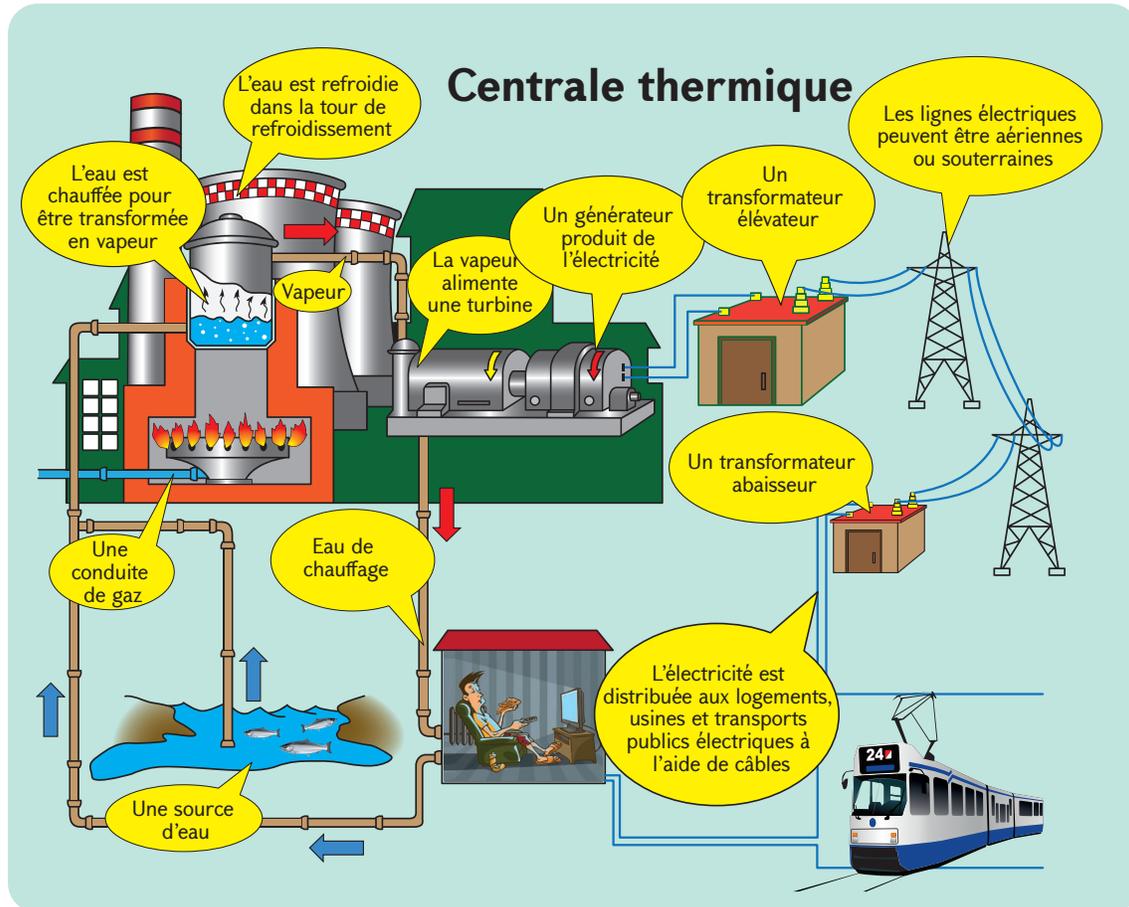
Les combustibles fossiles sont l'héritage d'êtres vivants qui sont apparus sur Terre avant nous, et nous devrions les utiliser avec parcimonie et gratitude. Nous devons garder à l'esprit qu'aucun héritage n'est inépuisable. Si nous les utilisons sans réfléchir, il ne restera plus rien pour nos enfants.

La combustion de combustibles fossiles, également nommés hydrocarbures (charbon, pétrole ou gaz naturel) peut produire de l'électricité. Ce processus se produit dans les centrales thermiques. La salle des machines d'une centrale thermique est équipée d'une chaudière. La combustion de combustible chauffe l'eau de la chaudière et la transforme en vapeur. La pression de vapeur fait tourner les pales d'une turbine, laquelle actionne un générateur, qui génère du courant électrique. L'électricité est acheminée vers les logements et autres installations à l'aide de lignes électriques (Fig. 3.1.4).

Les énergies hydrocarbures (combustibles fossiles) sont le pétrole, le charbon, le gaz naturel (y compris le gaz de schiste produit à partir de charbon et de formations de schiste), l'huile de schiste et d'autres minéraux et substances inflammables produits par une exploitation souterraine ou à ciel ouvert. Les combustibles fossiles se forment sur des millions d'années, dans la croûte terrestre, à partir des restes d'organismes vivants. Leur combustion extrait et exploite leur énergie thermique.



Figure 3.1.4 Fonctionnement d'une centrale thermique



Constatation a été faite que la production d'électricité pouvait être efficacement combinée à la production d'eau chaude, ensuite acheminée via des conduites jusqu'aux systèmes de chauffage et d'eau chaude des bâtiments résidentiels, hôpitaux, établissements scolaires et garderies, usines et autres installations industrielles. Ces installations sont connues sous le nom de centrales de cogénération. Habituellement, les centrales de cogénération sont plus efficaces que les centrales produisant uniquement de l'électricité, appelées centrales à condensation.

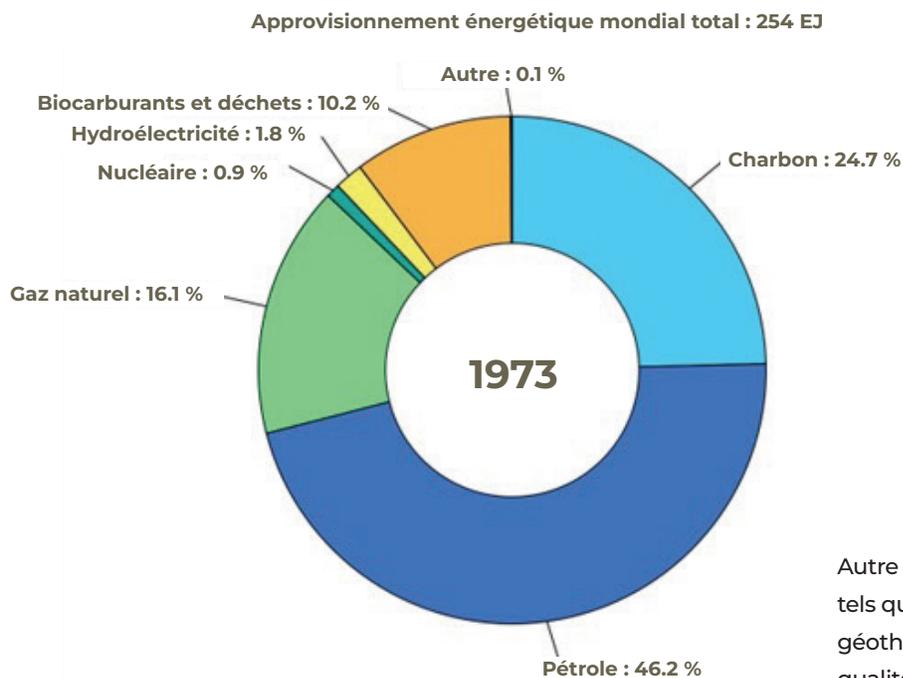
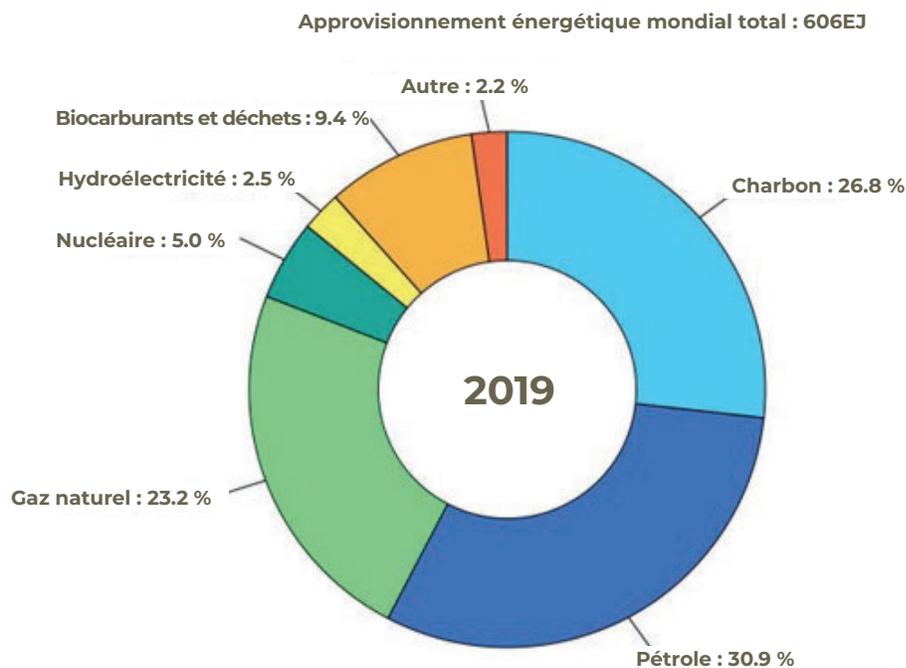
Il n'est pas toujours pratique d'acheminer de l'eau chaude vers des ensembles résidentiels depuis une centrale de cogénération. Dans ce cas, une chaufferie est construite, laquelle utilise du combustible pour chauffer l'eau destinée aux systèmes de chauffage des bâtiments locaux.

L'utilisation des combustibles fossiles s'est développée avec la révolution industrielle qui a débuté à la fin des années 1700 en Angleterre. Pendant plusieurs milliers d'années auparavant, le bois, l'énergie solaire, le vent et l'eau étaient les sources d'énergie les plus communes, bien que les combustibles fossiles aient déjà été utilisés à certains endroits.

En 2019, les combustibles fossiles dominaient et représentaient 80,9 % de toute l'approvisionnement en énergie primaire dans le monde et leur utilisation était la suivante : 30,9 % pour le pétrole, 26,8 % pour le charbon et 23,2 % pour le gaz naturel (Fig. 3.1.5).

Figure 3.15

Approvisionnement mondial en énergie primaire en 2019 et 1973



Il y a deux inconvénients majeurs à utiliser des combustibles fossiles. Premièrement, ils ne sont pas inépuisables, et les réserves mondiales s'appauvrissent, notamment les réserves de pétrole et de gaz. Deuxièmement, la combustion de gaz naturel, de pétrole, et plus particulièrement de charbon, émet d'importantes quantités de polluants et de gaz à effet de serre, dont l'accumulation dans l'atmosphère augmente l'effet de serre. Cela entraîne une augmentation de la température mondiale et d'autres changements climatiques, et peut nuire au climat, à l'environnement et à la santé humaine.

Quand les gens ont-ils commencé à utiliser des combustibles fossiles ?

La mine de charbon la plus ancienne du monde a été mise en exploitation en Hollande en 1113. Toutefois, certains éléments indiquent que les gens utilisaient le charbon, le lignite et la tourbe comme sources d'énergie bien avant cette date.

Au Moyen-Âge, le charbon était déjà exploité dans de nombreuses régions d'Europe. Moins cher que le bois, celui-ci s'est imposé progressivement dans la vie quotidienne, y compris dans celle des familles pauvres. Cependant, les maisons à l'époque n'étant pas équipées de cheminées, les pièces se remplissaient d'une fumée âcre, ce qui rendait la respiration difficile.

La consommation de charbon a considérablement augmenté au début de la révolution industrielle. Au XIX^e siècle, 700 millions de tonnes de charbon étaient extraites chaque année. Les gens se sont ensuite tournés vers le pétrole.

Le pétrole brut était connu des hommes depuis l'antiquité. Néanmoins, celui-ci n'a commencé à être utilisé comme combustible qu'au milieu du XIX^e siècle, après que le chimiste américain Benjamin Silliman a découvert que du kérosène pouvait être issu du pétrole brut. Le boom pétrolier qui s'ensuivit a également été stimulé par une nouvelle méthode d'extraction du pétrole, à savoir le forage plutôt que le simple aménagement de puits.

L'utilisation du gaz naturel ne s'est généralisée qu'au XX^e siècle.



Les calculs effectués par les scientifiques ont démontré que la combustion de combustibles fossiles pour produire de l'énergie augmentait l'effet de serre. Pour le bien du climat, l'humanité doit donc réduire sa consommation d'hydrocarbures et utiliser des sources d'énergies plus respectueuses du climat.

Figure 3.1.6

Émissions de gaz à effet de serre issues de l'utilisation de divers hydrocarbures

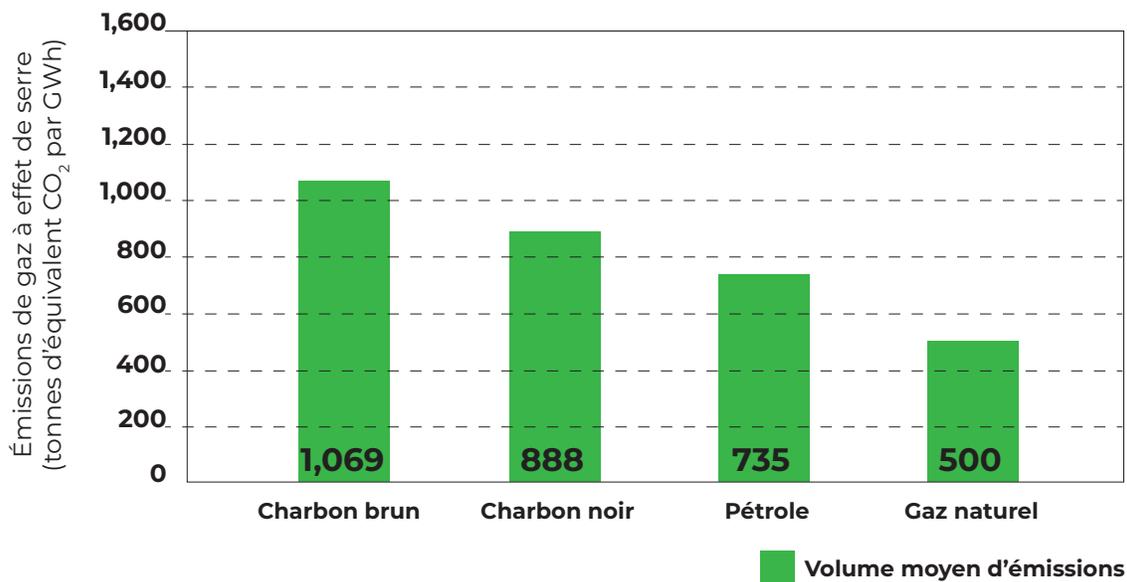


Tableau 3.1

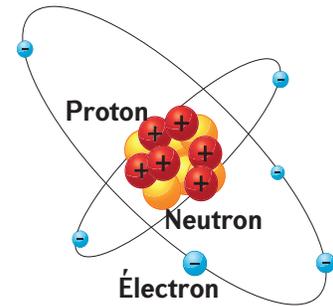
Émissions moyennes de polluants dans l'atmosphère par les centrales utilisant divers combustibles fossiles dans l'Union européenne (grammes/gigajoule)

Type de combustible fossile	Poussière	Monoxyde de carbone (CO)	Oxyde nitreux (NO _x)	Dioxyde de soufre (SO ₂)
Charbon brun	3,254	89	183	1,361
Charbon noir	1,203	89	292	765
Pétrole	16	16	195	1,350
Le gaz naturel	0.1	15	93	1

3.1.4 | L'énergie nucléaire

Les centrales nucléaires ne produisent quasiment aucune émission de gaz à effet de serre. Pourraient-elles être la solution au problème du changement climatique ? Les scientifiques ont parcouru un long chemin avant de rendre possible l'utilisation de l'énergie nucléaire pour produire de l'électricité pour l'industrie et les ménages. Premièrement, ils ont découvert que toutes les substances sont constituées de nombreuses particules similaires, appelées molécules. Ensuite, on a découvert que les molécules elles-mêmes sont construites à partir d'un ensemble d'atomes. Différents types d'atomes étaient appelés « éléments chimiques ». Ils étaient numérotés et répertoriés dans le tableau périodique de Mendeleïev.

Dans certaines conditions, les molécules de diverses substances peuvent se décomposer au sein de leurs atomes et former les molécules de nouvelles substances au cours d'un processus dit de « réaction chimique ». Au cours d'une réaction chimique, l'énergie qui maintient les atomes ensemble est libérée. Les nouveaux composés peuvent exiger davantage ou moins d'énergie, de sorte que la réaction chimique pourrait donner lieu à l'absorption d'énergie provenant de l'espace qui l'entoure ou à la libération d'énergie dans l'espace. La combustion de combustibles fossiles est une réaction chimique qui produit de la chaleur.



Cependant, que se passerait-il si la réaction ne se produisait pas au niveau de la structure de la molécule, mais de celle de l'atome ? Les scientifiques ont découvert que l'atome était également composé de particules : il possède un noyau composé de protons et de neutrons soudés les uns aux autres, autour duquel gravitent des électrons. Le noyau de certains éléments chimiques peut éclater. Cela produit, dans un premier temps, une grande quantité d'énergie thermique (qui peut être collectée et exploitée), puis dans un second temps des particules spéciales appelées radiations. Ce phénomène est appelé la « désintégration radioactive » ou « radioactivité ».

La radioactivité est un élément naturel de notre planète. En moyenne, selon les données de l'Agence internationale de l'énergie atomique, la quantité annuelle mondiale de rayonnement de fond naturel par individu est d'environ 2,4 millisieverts (mSv) par an. Des doses de radiation si peu élevées sont inoffensives et même nécessaires pour les hommes et l'ensemble du milieu naturel. Cependant, un taux de radiation plus élevé pourrait devenir mortel !

En 1975, des experts aux États Unis ont pour la première fois tenté de calculer la probabilité d'accidents graves dans les centrales nucléaires. Ils sont parvenus à la conclusion qu'un tel accident pouvait se produire une fois tous les 10 000 ans. Pourtant, cela ne faisait que quatre ans avant qu'un tel accident ne se produise à la centrale nucléaire de Three Mile Island, près de la ville de Harrisburg aux USA. Les dommages immédiats causés par l'accident ont été estimés à 1 milliard de dollars américains et les dommages indirects à 100 milliards de dollars américains, même si seule une poignée de personnes ont été affectées par la fuite radioactive. Sept ans plus tard, un accident est survenu dans une centrale nucléaire près de la ville de Tchernobyl en ex-Union soviétique, où les scientifiques spécialistes de l'énergie nucléaire avaient également indiqué qu'un tel accident ne se produirait qu'une fois tous les 10 000 ans.



Klaus Taube, ancien directeur de la société allemande Interatom, a déclaré que toute estimation statistique de la probabilité d'un accident entraînant la fusion d'éléments combustibles nucléaires devait être considéré comme une ineptie pseudo-scientifique.

L'homme a appris à contrôler les réactions nucléaires et à utiliser l'énergie qu'elles libèrent. Ce processus est le mécanisme de base utilisé par les centrales. Une centrale nucléaire utilise le processus complexe de désintégration radioactive comme source d'énergie. Une énorme quantité d'énergie peut être extraite d'une faible quantité d'énergie nucléaire sans aucune émission de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. En termes d'incidence sur le climat, l'énergie nucléaire est particulièrement sûre, même s'il ne faut pas oublier que l'extraction d'uranium aux fins d'utilisation dans les centrales nucléaires consomme beaucoup d'énergie et émet d'importantes quantités de gaz à effet de serre.



L'inconvénient majeur des centrales nucléaires est que les nouveaux noyaux, appelés « fils », qui sont formés par la désintégration artificiellement organisée aux fins de production d'énergie, peuvent également être radioactifs. Ils n'ont pas vocation à être utilisés comme combustible, mais ils ne peuvent non plus être replacés dans l'environnement naturel étant donné qu'ils sont dangereux. Les chercheurs ont sérieusement réfléchi aux différents moyens d'éliminer les « déchets radioactifs ». Des projets pilotes sont en cours pour une nouvelle génération de technologie nucléaire dans laquelle les déchets radioactifs des centrales nucléaires existantes sont utilisés comme combustible d'entrée avec des technologies modernes basées sur des réacteurs à neutrons rapides dotés de cycles de combustible avancés. Des recherches prometteuses sont également en cours sur les petits réacteurs nucléaires modulaires qui pourraient fournir de l'énergie directement aux villes. Si ces méthodes avaient parfaitement fonctionné, tel qu'initialement prévu, on aurait effectivement pu dire que l'énergie nucléaire était entièrement sans danger. Toutefois, les questions de santé et de sécurité des centrales nucléaires restent une préoccupation majeure. Les dangers associés à l'utilisation de l'énergie nucléaire, qui continuent d'exister même après la fermeture d'une centrale, ont donné lieu à un débat, encore actuel, à savoir s'il faut développer davantage les centrales nucléaires ou s'il faut les interdire.



L'explosion de la centrale nucléaire de Tchernobyl, le 26 avril 1986, a choqué le monde entier. De nombreuses personnes ont été tuées ou gravement handicapées. Environ 5 millions d'hectares de terres (une superficie énorme comparé à la taille d'un pays comme la Slovaquie) est devenue impropre à l'agriculture. Une zone d'exclusion de 30 km a été créée autour du site de l'accident, tandis que des centaines de petits villages ont été abandonnés et détruits.

De nombreuses années se sont désormais écoulées, et les concepteurs de centrales nucléaires affirment aujourd'hui que les erreurs du passé ne peuvent se reproduire sur les nouveaux équipements inventés, qui comportent des améliorations.

Toutefois, dans le contexte actuel de changement climatique majeur, il est impossible de prédire quel phénomène naturel exceptionnel peut se produire. Lors de la construction des centrales nucléaires au Japon, l'apparition fréquente de séismes dans ce pays a été incontestablement prise en compte. Néanmoins, le 11 mars 2011, un violent séisme, et le tsunami qui en a découlé, ont provoqué au sein d'une centrale nucléaire, la panne de l'ensemble des systèmes et le refroidissement d'urgence du réacteur principal, ce qui a entraîné des explosions thermiques. Une grande quantité de matière radioactive s'est répandue dans la mer et dans l'air, dont les conséquences ont été ressenties par de nombreux pays. Les niveaux de radiation sur le littoral où est implantée la centrale nucléaire de Fukushima-1 étaient encore 100 fois supérieurs aux niveaux normaux trois ans après l'accident. 80 000 personnes ont dû déménager loin de la zone. Malgré l'assurance des autorités japonaises que la situation était stabilisée, davantage de substances radioactives ont contaminé les eaux souterraines situées sous la centrale deux ans après l'accident et leurs concentrations ont augmenté, et une autre fuite des réservoirs d'eau radioactive s'est produite.

L'énergie nucléaire est une énergie puissante, mais elle est également dangereuse. Les dégâts qu'elle peut occasionner en cas de perte de contrôle démontrent qu'elle n'est ni sûre, ni bon marché. Néanmoins, l'énergie nucléaire suscite récemment une attention accrue en raison de la demande croissante d'électricité et des pressions exercées pour réduire les émissions de dioxyde de carbone liées à la production d'électricité.

3.1.5 | Les énergies renouvelables

Comme nous l'avons déjà vu, les énergies renouvelables utilisent des processus et des ressources naturels qui sont pratiquement inépuisables ou se renouvellent relativement rapidement et naturellement. Elles comprennent l'énergie solaire, éolienne, hydraulique, marémotrice et la chaleur de la terre. Tous ces types d'énergies sont souvent appelées énergies « alternatives » ou « vertes » car, contrairement aux hydrocarbures, elles ne portent pas atteinte à l'environnement et au climat. Elles englobent également la biomasse, même si celle-ci est un cas à part, pour diverses raisons.

En 2022, environ 29 % de la production mondiale d'énergie électrique provenait de sources renouvelables. Là où des ressources renouvelables sont disponibles, il est désormais moins coûteux de construire une usine utilisant ces ressources qu'une usine utilisant des combustibles fossiles. En Afrique subsaharienne, par exemple, les pays atteignent leurs divers objectifs en matière d'énergie et de changement climatique grâce aux énergies renouvelables, qui représentent désormais 85 % de la production totale d'électricité. L'expansion massive de l'utilisation des énergies renouvelables laisse présager que les émissions de CO₂ culmineront en 2025 et diminueront par la suite.

Les experts ont préparé différents scénarios pour le développement futur des énergies renouvelables. Dans le scénario le plus favorable, la part des énergies renouvelables dans l'approvisionnement en énergie primaire doit passer de 16 % en 2020 à 77 % en 2050 pour maintenir la hausse des températures en dessous de 1,5 °C. Il est important de noter que 80 % de la réduction des émissions nécessaire pour atteindre cet objectif pourrait provenir d'un triplement de la capacité des énergies renouvelables et d'un doublement des améliorations de l'efficacité énergétique.

Les progrès technologiques, la croissance des marchés et les politiques climatiques ont contribué à réduire le coût des énergies renouvelables et à favoriser leur expansion mondiale. Et ce, malgré la hausse des coûts des matériaux et des équipements. La Chine a été le principal moteur de la baisse mondiale des coûts du solaire photovoltaïque et de l'éolien terrestre en raison de la taille de son marché.

Figure 3.1.7 Exemples d'usine de bioénergie et de centrale solaire



Tableau 3.2 Comparaison des coûts de différentes technologies d'énergie renouvelable

	Coûts totaux d'installation			Facteur de capacité			Coût actualisé de l'électricité		
	(2022 USD/KW)			(%)			(2022 USD/KW)		
	2010	2022	Pourcentage de changement	2010	2022	Pourcentage de changement	2010	2022	Pourcentage de changement
Bioénergie	2 904	2 904	-26 %	72	72	1 %	0,082	0,061	-25 %
Géothermique	2 904	3 478	20 %	87	85	-2 %	0,053	0,056	6 %
Hydroélectricité	1 407	2 881	105 %	44	46	4 %	0,042	0,061	47 %
Solaire photovoltaïque	5 124	876	-83 %	14	17	23 %	0,445	0,049	-89 %
Fournisseur de services de chiffrement	10 082	4 274	-58 %	30	36	19 %	0,380	0,118	-69 %
Éolien Terrestre	2 179	1 274	-42 %	27	37	35 %	0,107	0,033	-69 %
Éolien offshore	5 217	3 461	-34 %	38	42	10 %	0,197	0,081	-59 %

Note sur les termes : coût total installé : coût de construction d'une centrale électrique ; facteur de capacité : durée globale de fonctionnement de l'installation ; coût actualisé de l'électricité : coût moyen de production d'électricité pour un générateur tout au long de sa durée de vie ; CSP : énergie solaire concentrée ; solaire PV : solaire photovoltaïque.

Le soleil

Le soleil est la source d'énergie fournie par la nature elle-même pour la création de la vie sur Terre. Pourquoi donc ne pas chercher un moyen d'utiliser directement l'énergie solaire ? Le soleil de midi chauffe chaque mètre carré de la planète avec une capacité d'environ un mégawatt.

Toute pièce munie d'une fenêtre devient plus chaude lorsque le soleil y entre. Si le soleil passe à travers vos fenêtres, mais qu'il fait frais à l'intérieur de la maison, ouvrez les rideaux et ôtez la poussière des vitres, ainsi le soleil chauffera davantage votre pièce. Autrefois dans les villages européens, les gens utilisaient des volets en bois sur les fenêtres. Le jour, la fenêtre était ouverte pour laisser entrer la lumière, et la nuit elle était fermée au moyen de volets pour conserver la chaleur recueillie à l'intérieur de la maison.

Grâce aux progrès de la science, l'homme a appris d'autres techniques lui permettant de mieux « capter le soleil ». Il existe deux principales façons d'utiliser l'énergie solaire.

Unités de mesure de l'électricité

Watt est une unité de puissance. Un watt est défini comme un joule par seconde (1 J/s), représentant le taux de transfert d'énergie ou de conversion d'un joule d'énergie par seconde.

- **1 watt (W)** : la puissance de l'émetteur d'un téléphone portable standard.
- **1 kilowatt (kW, 1 000 W)** : puissance d'un petit radiateur, équivalent approximativement au chauffage d'un mètre carré de terre par le soleil de midi.
- **1 megawatt (MW 1 000 kW)** : les locomotives ont une puissance moyenne de 3 à 10 mégawatts.
- **1 gigawatt (GW, 1 000 MW)** : la puissance des plus grandes centrales électriques du monde est généralement mesurée en gigawatts.
- **1 terawatt (TW, 1 000 GW)** : la puissance de crête de la foudre.

Les capteurs solaires captent l'énergie solaire. De l'eau circule dans les tubes à l'intérieur du capteur et est chauffée (de l'air ou de l'antigel sont parfois utilisés à la place de l'eau). Ces capteurs peuvent être utilisés pour chauffer des immeubles et pour fournir de l'eau chaude.

Les cellules photovoltaïques sont une autre façon souvent utilisée de capter et d'emmagasiner l'énergie solaire. Les cellules photovoltaïques transforment la lumière du soleil en énergie électrique. Nous connaissons tous les calculatrices qui utilisent les cellules photovoltaïques et les lanternes de jardin qui collectent de l'énergie durant la journée et produisent de la lumière la nuit. Les grandes centrales à énergie solaire, appelées « fermes solaires », fonctionnent exactement de la même façon.

Les capteurs solaires sont installés sur les toits des maisons avec un angle égal à la latitude du lieu où ils sont employés.



Les cellules photovoltaïques peuvent également être utilisées pour alimenter divers moyens de transport : bateaux, voitures et même avions ! En Italie et au Japon, des cellules photovoltaïques sont installées sur le toit des trains afin de produire de l'électricité pour la climatisation, l'éclairage et les systèmes d'alarme.

L'énergie solaire a pour principaux avantages d'être librement accessible, inépuisable et sûre. Les installations solaires n'émettent aucun gaz à effet de serre ou polluant, par conséquent cette méthode de production d'énergie est sans danger pour le climat.

L'énergie solaire : eau chaude plus électricité

L'utilisation de la chaleur du soleil pour produire de l'énergie est, depuis des années, une pratique courante dans les pays chauds. Dans ces pays, les toits des maisons sont souvent équipés de réservoirs d'eau qui sont chauffés par la lumière du soleil en vue d'être utilisés pour les besoins quotidiens.

En Israël, chaque bâtiment est équipé de panneaux solaires pour la production d'eau chaude. La ville de Fribourg, en Allemagne, est une vitrine du potentiel qu'offre l'énergie solaire, laquelle est utilisée pour répondre aux besoins énergétiques de quartiers entiers. Des expériences semblables sont de plus en plus fréquemment menées partout dans le monde.



Les inconvénients de l'énergie solaire sont sa forte dépendance aux conditions météorologiques et à l'heure de la journée, ainsi que les coûts de construction élevés résultant de l'utilisation d'éléments rares dans les panneaux solaires. Cependant, de nouvelles technologies permettent progressivement de réduire le coût des installations solaires et d'élargir la sphère de leur utilisation. Des données récentes montrent que le coût de l'énergie renouvelable a chuté de 80 % depuis 2010, conduisant à une utilisation rapide de l'énergie solaire pour la production d'électricité dans le monde entier. Cependant l'élimination des cellules solaires usagées comporte certains problèmes, celles-ci contenant certaines substances toxiques. Le recyclage des panneaux solaires est un marché qui n'a pas encore pris figure, et les panneaux ont une durée de vie utile de plusieurs décennies. Autre inconvénient : la consommation énergétique et les grandes quantités d'eau propre utilisées pour la production des panneaux solaires. Les concepteurs travaillent actuellement à l'élaboration de nouvelles cellules solaires plus respectueuses de l'environnement, tandis que les fabricants doivent, pour leur part, développer des systèmes pour l'élimination et le recyclage des panneaux usagés.

Quelle est la taille des plus grandes centrales solaires du monde ? Qu'en est-il de l'énergie solaire après le coucher du soleil ?

La plus grande centrale solaire est la centrale photovoltaïque de Talatan en Chine, avec un parc solaire qui s'étend sur 609,6 km². La capacité de la centrale photovoltaïque de Talatan reflète l'ampleur de la centrale : un gargantuesque de 9 GW, qui contribue à une production annuelle moyenne de 9 600 watts. Mais la centrale photovoltaïque de Talatan n'est pas seulement l'un des principaux exemples mondiaux de ce à quoi ressemble l'avenir des énergies renouvelables : c'est une étude de cas sur la façon dont les parcs solaires peuvent transformer les perspectives géographiques et économiques d'une région pour le bénéfice de la population.

La deuxième plus grande centrale solaire thermique au monde en 2022 est le parc solaire de Bhadla, dans le district de Jodhpur au Rajasthan, en Inde. Le parc solaire de Bhadla est une centrale solaire photovoltaïque de 2,25 GW et le plus grand parc solaire au monde, couvrant près de 14 000 acres de terrain. Sa construction a coûté environ 1,4 milliard de dollars. Quels sont certains de ses avantages ? Cela contribue à réduire la dépendance de l'Inde à l'égard des combustibles fossiles importés. Dans les zones rurales, l'énergie solaire constitue une source d'énergie intérieure beaucoup plus saine et plus sûre pour l'éclairage d'intérieur que le kérosène. De plus, les centrales solaires comme le parc solaire de Bhadla stimulent la croissance économique et la création d'emplois dans les zones environnantes.



La centrale électrique de Solana est située à 110 km au sud-est de la ville de Phoenix en Arizona, aux États-Unis. Elle peut générer jusqu'à 280 MW d'énergie à partir des rayons du soleil et est l'une des centrales solaires les plus puissantes au monde utilisant la technologie des miroirs paraboliques. Mais ce qui rend le complexe spécial, ce n'est pas sa taille, mais sa capacité à continuer à produire de l'électricité pendant six heures après le coucher du soleil grâce à des réservoirs spéciaux qui retiennent la chaleur. Il s'agit d'une caractéristique précieuse, car la période qui suit le coucher du soleil correspond à la période de pointe de consommation électrique dans la région.

Nombre d'experts considèrent l'énergie solaire comme l'énergie du futur et comme l'une des principales alternatives aux énergies hydrocarbures traditionnelles. Les gouvernements de nombreux pays soutiennent le développement de l'énergie solaire, tandis que certaines sociétés privées investissent beaucoup d'argent dans la construction de centrales solaires. Bien qu'elle ne soit pas réputée pour être particulièrement ensoleillée, l'Allemagne s'affirme désormais comme chef de file mondial en matière de développement de l'énergie solaire. Les autres pays chefs de file sont l'Espagne, la Suède, le Costa Rica, l'Islande, l'Italie, la France, le Japon, le Kenya, le Maroc, la Nouvelle-Zélande, la Norvège, l'Uruguay et le Royaume-Uni. Cette liste montre que l'énergie solaire devient de plus en plus importante pour les pays développés et en développement ainsi que pour les économies émergentes. Il est important de noter que l'énergie solaire contribue à fournir aux villages éloignés des pays en développement qui ne sont pas connectés au réseau des services énergétiques modernes, une énergie bon marché.

Le vent

Le vent est une autre source d'énergie renouvelable couramment utilisée. Le principe de l'énergie éolienne est de transformer l'énergie mécanique (l'énergie du mouvement) en énergie électrique. Les éoliennes miniatures et les jouets actionnés par le vent sont amusants lorsqu'il s'agit de jouer avec, néanmoins la construction de grandes éoliennes et leur implantation dans un endroit venté, grâce à la rotation des turbines, permet de produire de l'électricité à des fins d'usage public.

Les moulins à vent sont utilisés depuis l'Antiquité, mais sont devenus particulièrement populaires en Europe durant le Moyen-Âge. Longtemps, les moulins à vent et les moulins à eau ont été les seules machines connues de l'homme. Les moulins à vent étaient principalement utilisés pour moudre du maïs afin de le transformer en farine, pour transformer le bois ou pour l'irrigation. Aux Pays-Bas, les moulins à vent étaient utilisés pour pomper l'eau des terres gagnées sur la mer afin que celles-ci puissent être utilisées pour l'agriculture.

Les éoliennes modernes appliquent un principe analogue à celui des moulins à vent.

Les éoliennes sont généralement implantées dans des régions côtières, où le vent est constant, et il est récemment devenu possible de construire de telles installations sur terre comme en mer. Les « parcs éoliens offshore » sont désormais construits à 10-12 km ou plus de la côte. Les éoliennes reposent sur des fondations formées de piliers ancrés dans le fond marin à 30 m de profondeur. Les technologies les plus récentes permettent de construire des éoliennes installées sur plateformes flottantes.



Le parc éolien offshore le plus grand du monde

Deux projets éoliens offshore au large de la côte est de l'Angleterre comptent désormais parmi les plus grands projets en exploitation au monde. Ils comprennent le Hornsea 2 de 1,32 GW et le Hornsea 1 de 1,2 GW, qui constituent le plus grand parc éolien offshore en activité au monde. Hornsea 2 s'étend sur 462 km² et peut alimenter plus de 1,3 million de foyers. Ensemble, Hornsea 1 et 2 sont capables d'alimenter 2,5 millions de foyers. Le projet Hornsea 3, d'une capacité de 2,8 GW, devrait être opérationnel dans les prochaines années. Un autre exemple est celui du Grand Changhua, avec une capacité totale de 900 MW, ce qui en fait le plus grand et le premier parc éolien offshore de Taiwan. Ce parc éolien offshore soutient de manière significative le développement rapide d'énergies renouvelables à Taiwan et lui fournit l'énergie verte indispensable pour atteindre son objectif de zéro émission nette.



Un parc éolien de grande taille peut être composé de plusieurs centaines d'éoliennes s'étendant sur un vaste territoire (jusqu'à plusieurs centaines de kilomètres carrés). Les éoliennes sont reliées au réseau électrique national et sont en mesure d'acheminer l'électricité sur de longues distances. Des parcs éoliens de taille plus modeste ou des éoliennes autonomes peuvent être utilisé(e)s pour approvisionner en électricité des régions reculées ou pour alimenter de petites installations.

En 2022, l'énergie éolienne a fourni plus de 2 100 TWh d'électricité, soit plus de 7 % de la production mondiale d'électricité, et plus que toutes les autres sources d'énergie renouvelables non traditionnelles réunies. Il s'agit d'une source d'énergie en croissance rapide à mesure que de nouvelles technologies plus avancées sont inventées, qui permettent d'utiliser l'énergie éolienne plus efficacement.

La part de l'éolien et du solaire est en constante augmentation (+1,5 % en 2022), pour atteindre 12,2 % du mix énergétique destiné à la production d'électricité en 2022. Les experts de l'Agence internationale de l'énergie prédisent que l'énergie éolienne et solaire connaîtra une croissance encore plus rapide au cours de la décennie en cours et ensemble, pourraient produire jusqu'à 18 % de l'électricité mondiale d'ici 2026. Outre l'hydroélectricité traditionnelle, la part de l'énergie éolienne et solaire (également appelées énergies renouvelables variables) atteindra 37 % d'ici cette année-là.

L'énergie éolienne joue déjà un rôle important dans certains pays européens. Le Danemark est un leader mondial dans la production d'énergie solaire et éolienne. En 2023, l'énergie éolienne représentait plus de 57 % de la production d'électricité du pays, par rapport à 1994, où le charbon représentait 83 % de la production d'électricité.

Figure 3.1.7 Parcs éoliens au Kansas, USA (ci-dessus) et en Autriche (ci-dessous)





L'eau

L'énergie de l'eau en mouvement peut être exploitée de nombreuses façons.

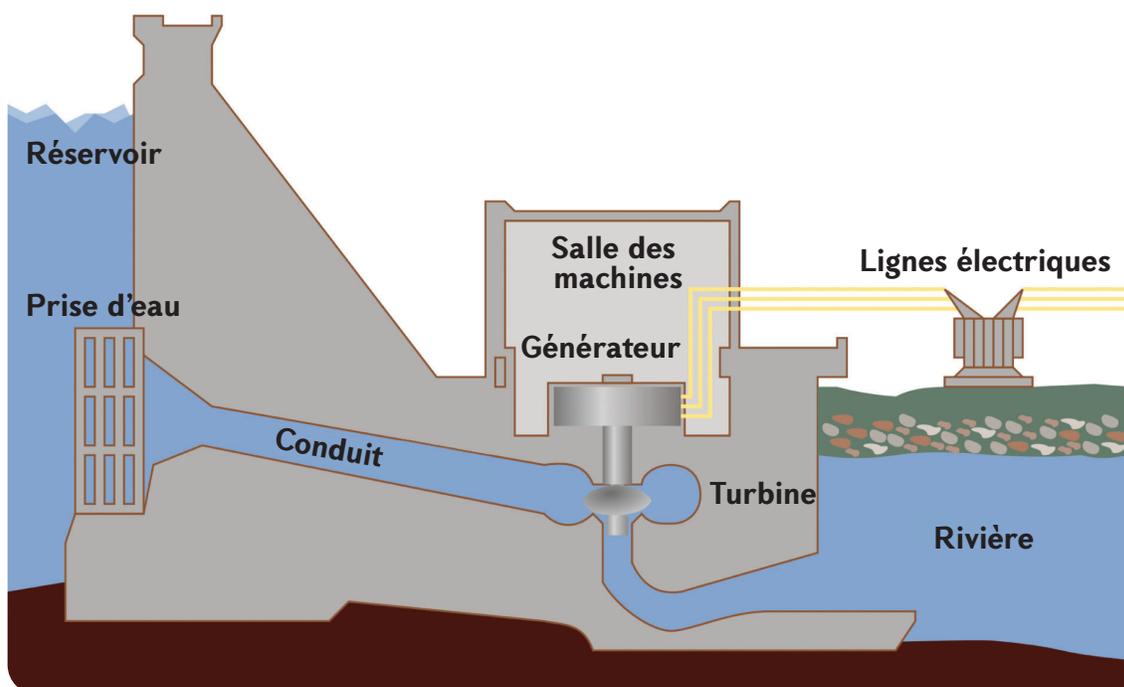
L'utilisation la plus courante de l'eau pour créer de l'énergie est l'hydroélectricité, qui fonctionne de la même façon que les anciens moulins à eau ; le flux de la rivière entraîne la rotation d'une turbine, ce qui permet de produire de l'électricité.

Cela peut sembler simple, mais l'hydroélectricité a certains inconvénients. Pour créer une centrale hydroélectrique puissante et efficace, la construction d'un haut barrage est nécessaire afin que toute la puissance de la rivière puisse être canalisée pour assurer la rotation des pâles des turbines. La construction d'un tel barrage perturbe l'équilibre naturel de la rivière : elle peut modifier son microclimat, et détruire ou porter atteinte aux animaux et plantes qui y vivent. La construction d'une centrale hydroélectrique doit donc être minutieusement pensée, en prêtant particulièrement attention à l'équilibre environnemental.

L'entretien des grands barrages requiert également une attention constante : en cas d'accident entraînant la rupture du barrage, l'eau qui sera libérée se précipitera vers la vallée fluviale, emportant tout sur son passage, et inondera la vallée sur plusieurs kilomètres en aval. À titre d'exemple, la rupture du barrage hydroélectrique de Bantsao en Chine, survenue en 1975, a fait plus de 200 000 morts officiellement (26 000 selon les sources officielles).

Figure 3.1.8

Schéma d'une centrale hydroélectrique et d'un barrage



Les installations hydroélectriques de petite taille peuvent fonctionner sans barrage (Fig. 3.1.9). Elles sont construites sur de petites rivières ou même des ruisseaux, et emmagasinent l'énergie dans une batterie. Elles ont une puissance limitée, mais suffisent à satisfaire les besoins d'une petite exploitation agricole ou les services essentiels d'une réserve naturelle située le long de la rivière.

L'hydroélectricité est plus sûre pour le climat que la production d'énergie par des centrales thermiques, et le coût de la production d'électricité dans une centrale hydroélectrique est moitié moins élevé que celui d'une centrale thermique. En conséquence, de nombreux pays tentent de maximiser le potentiel de leurs rivières pour produire de l'énergie, et dans certains pays, l'hydroélectricité représente 90 % voire 100 % de la production d'électricité (Paraguay, Tadjikistan, Uruguay, Ouganda, Zambie, Namibie, Cameroun et Brésil).

La Chine est fortement engagée dans l'énergie hydroélectrique : la moitié des petites centrales hydroélectriques du monde y ont été construites, de même que la plus grande centrale hydroélectrique du monde – la centrale des Trois-Gorges sur le fleuve Yang-Tsé, d'une capacité de 22,5 GW (Fig. 3.1.10). Une centrale encore plus importante, baptisée Grand Inga, d'une capacité de 39 GW doit être construite sur le fleuve Congo, en République démocratique du Congo, Afrique. Le Brésil et le Canada sont également d'importants producteurs d'hydroélectricité.

Figure 3.1.9

Petite centrale hydroélectrique sur la rivière Kokra (Slovénie)

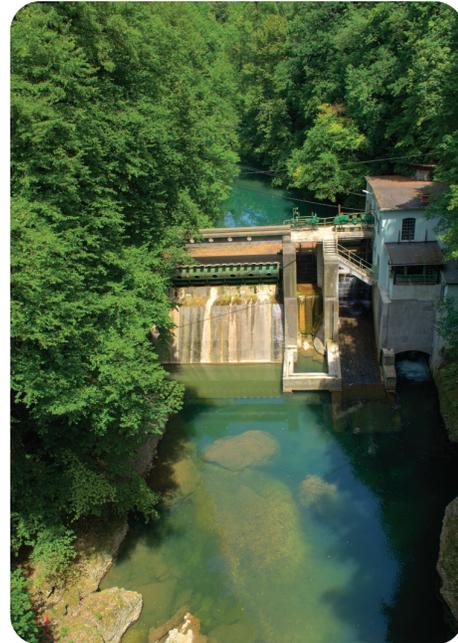


Figure 3.1.10

Centrale hydroélectrique des Trois-Gorges, Chine



Figure 3.1.11

Barrage Yacyreta sur le fleuve Parana, Paraguay, Argentine



Les centrales houlomotrices exploitent l'énergie des vagues de l'océan, soit les oscillations à la surface de l'eau. Ainsi, la puissance bouillonnante de l'océan, tant redoutée par les navigateurs auparavant, peut être utilisée à notre avantage. La puissance des vagues est des dizaines de fois plus grande que celle du vent, si elle peut être exploitée.

Les centrales marémotrices exploitent le phénomène extraordinaire des marées. L'ensemble des planètes, étoiles et autres corps célestes sont liés par la gravité et influent les uns sur les autres. La Terre tourne autour du Soleil et autour de son propre axe, la Lune tourne autour de la Terre, et les positions respectives du Soleil, de la Terre et de la Lune changent constamment. Cela influe sur l'océan.

Un barrage est construit à un endroit de la baie où les marées sont fortes. Dans un premier temps, il empêche l'eau montante de pénétrer dans la baie, jusqu'à ce que le niveau de la marée soit proche de son maximal. Une vanne s'ouvre ensuite et l'eau de mer se précipite à l'intérieur avec vigueur, ce qui actionne un rotor. Lorsque le niveau d'eau des deux côtés du barrage est égalisé, la vanne est refermée. Quand vient le temps de la marée basse, une fois que l'océan a battu en retraite, l'eau emprisonnée fait pression pour quitter la baie et est relâchée par le biais de la vanne, ce qui actionne une nouvelle fois le rotor.

Plusieurs expériences utilisant l'énergie des vagues ont été tentées depuis la fin du XVIII^e siècle : le premier brevet pour un moulin actionné par la puissance des vagues a été déposé en 1799. Mais beaucoup de temps s'est écoulé avant que cette forme d'énergie puisse être utilisée à grande échelle. Il existe également des centrales marémotrices qui dépendent des forces gravitationnelles, contrairement aux centrales houlomotrices qui dépendent du vent et des vagues.

La première centrale houlomotrice à grande échelle a été inaugurée en 2008 dans la région d'Agudoura au Portugal, à cinq kilomètres de la côte. La station a une capacité de 2,25 MW.

Une autre grande centrale houlomotrice de capacité comparable est la ferme houlomotrice Sotenäs à Kungshamn, en Suède. La centrale se compose de 36 convertisseurs d'énergie houlomotrice (WEC), d'une capacité installée totale de près de trois MW.





La centrale marémotrice de la Rance en Bretagne, en France, est la plus ancienne installation marémotrice au monde. Depuis 1967, c'était également la plus grande centrale marémotrice en termes de capacité installée jusqu'à ce que la centrale marémotrice du lac Sihwa en République de Corée du Sud la dépasse en 2011. La centrale marémotrice de la Rance dispose de 24 turbines qui atteignent une puissance maximale de 240 MW et une moyenne de 57 MW, soit un facteur de capacité d'environ 24 %. Avec une production annuelle d'environ 500 GWh, elle fournit 0,12 % de l'électricité française. Le coût de production d'électricité est estimé à 0,12 €/kWh. La différence de niveau entre marée haute et marée basse dans cette partie de la France est en moyenne de huit mètres et peut atteindre 12 mètres.

L'énergie géothermique

L'énergie géothermique utilise la chaleur produite par la terre. On ne peut la qualifier de « renouvelable » à proprement parler, mais les réserves de chaleur que renferment les profondeurs de notre planète sont immenses. La chaleur que renferme la terre est visible dans les zones d'activité volcanique, où les eaux chaudes souterraines remontent parfois par les fissures formées à la surface de la terre et jaillissent occasionnellement sous forme de jets d'eau et de vapeur appelés « geysers ».

Un forage peut être réalisé pour atteindre les lacs d'eau chaude souterrains, dont l'eau peut être utilisée à des fins de chauffage ou de production d'électricité, et également d'approvisionnement en eau chaude (si la composition chimique de l'eau est adaptée). La difficulté particulière associée à l'énergie hydrothermique réside dans le fait que les eaux usées doivent être renvoyées dans le sol, car elles contiennent souvent des produits chimiques qui pourraient être nocifs s'ils étaient relâchés dans les rivières et les lacs. Autre problème, l'utilisation de l'eau provenant des lacs souterrains laisse des vides, qui pourraient entraîner un affaissement de terrain.

Une autre possibilité consiste à pomper l'eau de surface, par l'intermédiaire d'un forage, dans les zones souterraines chaudes, où celle-ci est chauffée par une « chaudière naturelle » jusqu'à ébullition puis retourne à la surface, via un forage adjacent, sous forme de vapeur. C'est ce que l'on appelle l'énergie pétrothermale. Plusieurs projets pétrothermaux ont été développés aux USA, en Australie, au Japon, en Allemagne et en France



Le champ géothermique le plus grand et le plus puissant au monde se trouve au nord de San Francisco, aux États-Unis. Baptisé The Geysers, il se compose de 22 centrales géothermiques d'une capacité totale installée de 1 517 MW.

Aux Philippines et en Islande, deux pays possédant des volcans encore actifs, les centrales géothermiques produisent un quart de l'énergie électrique consommée. La Nouvelle-Zélande, l'Indonésie, le Japon et l'Italie ont également très largement recours à l'énergie géothermique.

Figure 3.1.12

Conduite d'une centrale géothermique



Chaleur à faible température

Les réfrigérateurs s'appuient sur plusieurs principes pour leur bon fonctionnement. Le principe est le suivant : un agent de refroidissement liquide (le réfrigérant) absorbe la chaleur à l'intérieur du réfrigérateur, à la suite de quoi un compresseur aspire et comprime l'agent de refroidissement sous la pression, à l'extérieur du réfrigérateur, de sorte que (conformément aux lois de la physique), la chaleur absorbée soit rejetée dans l'air de la pièce où est installé le réfrigérateur.

C'est la raison pour laquelle lorsque nous touchons la paroi arrière d'un réfrigérateur, celle-ci est chaude. C'est également pour cette raison qu'un réfrigérateur doit être éloigné des appareils de chauffage et ne pas être directement exposé au soleil, car il est important que la chaleur qu'il émet se dissipe rapidement dans l'air ambiant et ne soit pas maintenue sur les parois extérieures du réfrigérateur.

Un réfrigérateur a pour but de conserver le froid et de se départir de la chaleur, mais l'opération peut également être effectuée en sens inverse, afin de conserver la chaleur et de se départir du froid. L'appareil qui permet de faire cela s'appelle la pompe à chaleur.

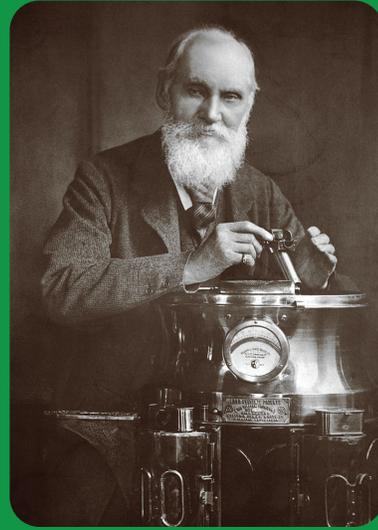
Les pompes à chaleur sont en mesure d'absorber la chaleur de liquides, d'air ou d'autres substances faiblement chauffées. Elles peuvent également « capter » la chaleur de la terre à faible profondeur. En hiver, si vous faites passer l'air chaud provenant de votre appartement ou l'eau chaude vidangée du bain par une pompe à chaleur, une part substantielle de la chaleur sortante peut être restituée dans votre appartement. Cependant, une pompe à chaleur ne peut chauffer de l'eau à une température très élevée. La limite supérieure est généralement de 50 ou 60 °C, ce qui en fait un complément et non une source d'énergie autonome pour réduire la consommation de combustibles pour le chauffage.

Néanmoins, les scientifiques considèrent les pompes à chaleur comme une technologie clé dans pratiquement tous les scénarios futurs menant à zéro émission en 2050, car elles utilisent non seulement des énergies renouvelables, mais offrent des gains d'efficacité deux à quatre fois supérieurs à ceux des systèmes de chauffage conventionnels. C'est pourquoi le nombre de pompes à chaleur installées augmente rapidement et devrait être multiplié par dix d'ici 2050.

Rien qu'en Europe, les ventes de pompes à chaleur ont grimpé en flèche grâce aux améliorations technologiques et à la réduction des coûts. La baisse rapide des coûts de production des systèmes photovoltaïques influence également le marché du chauffage : l'utilisation de l'électricité autoproduite en combinaison avec un système de pompe à chaleur offre aux bâtiments une source d'énergie à faible coût.



Le concept des pompes à chaleur a été développé au XIX^e siècle par le scientifique britannique William Thomson (Lord Kelvin) et a été amélioré par l'autrichien Peter Ritter von Rittinger. Mais l'application pratique la plus importante des pompes à chaleur n'a été développée qu'au XX^e siècle. Un inventeur, R. Weber, qui effectuait des expériences avec une chambre de congélation, toucha le tuyau chaud de la chambre et commença à se demander comment utiliser cette chaleur. Il a pensé à utiliser le tuyau chaud pour chauffer l'eau, mais cela produisait trop d'eau chaude, alors il a plutôt fabriqué un serpentin pour réchauffer l'air de la maison. Weber a alors trouvé un moyen de pomper la chaleur du sol. Bientôt, il put vendre le vieux brûleur à charbon sur lequel sa famille comptait, car il n'était plus nécessaire.



Le physicien britannique, William Thomson (Lord Kelvin).

Biomasse

Les plantes vivantes qui nous entourent ont recours à la photosynthèse pour accumuler dans leur organisme l'énergie du soleil. Un feu de camp ou feu de cheminée nous réchauffe, car tout arbre abattu pour en faire du bois de chauffage a passé des années à capturer l'énergie du soleil et à recueillir le dioxyde de carbone de l'air. Les arbres ont travaillé pour nous en accumulant de l'énergie lorsqu'ils étaient vivants, et nous transmettent finalement cette énergie lorsqu'ils brûlent dans le feu.



Il faut à la nature plusieurs centaines de millions d'années pour créer des combustibles fossiles, par conséquent, à la vitesse où nous les utilisons, ils ne pourront être remplacés. Mais le combustible biomasse peut être facilement remplacé : si nous abattons un vieil arbre pour en faire un combustible, nous pouvons en planter un nouveau à sa place, qui deviendra un nouvel arbre dans quelques décennies. Certaines plantes et cultures agricoles utilisées pour produire du carburant poussent en un été, voire plus rapidement.

Réfléchissons un peu : bon nombre d'entre nous se sont déjà réchauffés ou ont déjà partagés de bons moments assis autour d'un feu de camp, ou à regarder les flammes danser en été lors d'un barbecue, mais combien d'arbres avons-nous plantés pour rendre ce bois à la nature ? Il est relativement simple d'abattre des forêts et d'en utiliser le bois. Mais combien de fois de nouveaux arbres sont-ils plantés en remplacement de ceux abattus ? Il est essentiel que nous le fassions !

Les arbres ne sont pas les seuls à pouvoir servir de combustible. Certaines parties des plantes, généralement considérées comme des déchets, font également de bons combustibles. Par exemple, les cosse des cotonniers, la paille de blé et les noyaux de fruits. Au cours de leur vie, les plantes absorbent environ autant de dioxyde de carbone qu'elles en rejettent au moment de leur combustion. Si elles étaient mortes dans le milieu naturel au lieu d'être utilisées comme combustible, à peu près la même quantité de gaz aurait été rejetée progressivement, à mesure qu'elles pourrissaient. La biomasse est considérée comme une source d'énergie relativement sûre, mais elle ne représente pas toujours le bon choix : par exemple, il paraît judicieux d'utiliser les chutes provenant du travail du bois comme combustible, mais si nous abattons des arbres sains pour en faire du bois de chauffage, nous gâchons des ressources naturelles précieuses.

Le **biocarburant** est un carburant produit à partir de matières premières végétales ou animales, de déchets des organismes ou de déchets organiques industriels, c'est-à-dire de biomasse. La science permet aujourd'hui de fabriquer des biocarburants liquides pour les moteurs à combustion interne (bioéthanol et biodiesel) ainsi que des biocarburants solides (bois de chauffage, briquettes, granules, copeaux de bois, cosses et coquilles) et du carburant gazeux (biogaz).



La façon la plus simple et la plus courante de produire de l'énergie à partir de biomasse est de la brûler. Toutefois, on ne peut faire de feu qu'à partir de bois sec et résineux, et il convient de s'assurer que le feu est disposé de manière à pouvoir brûler convenablement. Les scientifiques s'emploient à concevoir des technologies plus économiques, qui nous permettront de brûler de la biomasse brute humide ou composée de plusieurs ingrédients de manière plus efficace et plus respectueuse de l'environnement.

La fibre végétale peut être brûlée pour obtenir directement de l'énergie, ou transformée en un combustible universel plus facile à transporter et à utiliser dans diverses machines et appareils existants. Les plantes contenant de l'huile peuvent être utilisées pour produire divers diesels liquides (biodiesel). Les produits végétaux contenant du saccharose et de l'amidon peuvent être utilisés pour produire de l'alcool (éthanol), qui est également utilisé comme carburant.

Il existe différents types de biocarburants. L'éthanol et le biodiesel sont les principaux carburants utilisés par les voitures et les camions. Il existe également des biocarburants conventionnels produits à partir du sucre et des huiles des cultures arables, ainsi que des biocarburants avancés produits à partir de produits tels que les résidus forestiers et agricoles.

Les préoccupations concernant la durabilité de la production de biocarburants et la concurrence pour l'accès aux terres destinées à la production alimentaire attirent de plus en plus l'attention vers les biocarburants avancés. En plus d'économiser du CO₂, ces carburants s'inscrivent également dans ce qu'on appelle l'économie circulaire.

Figure 3.1.13

Types de biocarburants

QUE SONT LES BIOCARBURANTS ?

BIOCARBURANTS : Carburants solides, liquides ou gazeux fabriqués à partir de la biomasse

BIOMASSE : Matériau d'origine biologique à l'exclusion de ceux enchâssés dans des formations géologiques et de ceux transformés en fossiles



par ex. le bois



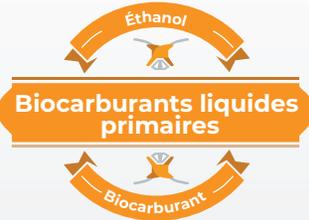
par ex. l'éthanol



par ex. le méthanol



L'éthanol est un carburant renouvelable pour les véhicules automobiles équipés d'un moteur à combustion interne. Il est généralement fabriqué à partir de matières végétales



Le biodiesel est un carburant renouvelable pour les camions et autres automobiles équipées de moteurs diesel. Il est généralement fabriqué à partir d'huile végétale ou animale

BIOCARBURANTS CONVENTIONNELS VS. BIOCARBURANTS AVANCÉS



Soja

Produit à partir de sucres et d'huiles dans des cultures arables



Maïs



Cultures énergétiques sur des terres marginales

Produits avec des matériaux non alimentaires



Résidus forestiers et alimentaires



Canola



Blé



Déchets solides municipaux



Huile non comestible

Établi et utilisé commercialement

Éventuels problèmes environnementaux et de sécurité alimentaire

En recherche et développement

Utilisation durable des terres et des ressources

Le Brésil figure parmi les leaders mondiaux en matière de production et d'utilisation de l'éthanol issu de la canne à sucre. L'éthanol couvre actuellement 18 % des besoins en carburant automobile du pays.

Figure 3.1.14

**Usine de bioéthanol
au Brésil**



Figure 3.1.15

**Dans les stations-service brésiliennes,
il est possible de faire le plein de votre
véhicule avec du biocarburant**



Des sources d'énergie étonnantes

L'Australie possède actuellement la première centrale électrique du monde à utiliser des coques de noix comme combustible. Sa construction a coûté 3 millions de dollars australiens, mais elle devrait être rapidement rentabilisée : cette centrale électrique à haut rendement peut traiter jusqu'à 1680 kg de coques de noix par heure pour produire 1,5 MW d'électricité.



Des scientifiques indiens ont proposé une autre source d'énergie alternative, utilisant des bananes, d'autres fruits et légumes, ainsi que leurs parties non comestibles (peau, pépins). Quatre batteries alimentées par ces combustibles peuvent faire fonctionner une horloge, un jeu électronique ou une calculatrice de poche. Cette innovation est principalement destinée aux populations rurales qui possèdent une abondance de fruits et de légumes pour recharger leurs batteries.



Certains pensent même que les gens pourront, dans un futur proche, produire de l'électricité grâce aux mouvements de leurs propres corps. Des chercheurs américains sont en train de développer une chaussure spéciale avec inserts en plastique : lorsque la personne marche, son pied appuie sur l'insert et le relâche, ce qui entraîne son rétrécissement et sa dilatation. Ce mouvement peut être utilisé pour produire jusqu'à 3 watts d'électricité, ce qui est suffisant pour écouter la radio ou de la musique en marchant, et préserver sa batterie.

La fermentation est une autre façon d'utiliser la biomasse.

Les animaux de ferme, qui mangent et digèrent les plantes, produisent du fumier qui peut être utilisé pour générer de l'énergie. Si le fumier et les déchets alimentaires sont collectés dans un récipient fermé qui est ensuite chauffé à 50-60 °C, les bactéries décomposeront la matière organique pour produire du méthane, qui peut être collecté et utilisé comme combustible.

Chaque année, le monde produit, utilise ou détruit environ 170 milliards de tonnes de biomasse primaire.

3.1.6 | Avantages et inconvénients des différentes sources d'énergie

Maintenant que nous savons quelles sont les différentes sources d'énergie, nous aimerions savoir laquelle est la meilleure ? Quelles sont les énergies les plus respectueuses de l'environnement ? Quelles sont les énergies les moins nocives pour le climat ? Quelles sont les énergies les moins onéreuses ?

Les réponses à ces questions ne sont pas aussi simples qu'elles n'y paraissent. De nombreux facteurs sont à prendre en compte lors de la comparaison des différents combustibles.

Critères de comparaison des sources d'énergie

- Les émissions de gaz à effet de serre dans le cadre de la production et de l'utilisation des sources concernées.
- Les émissions (dans le cadre de la production et de l'utilisation) de substances nocives considérées comme dangereuses pour la santé humaine et l'environnement.
- Le coût de transport des combustibles du lieu de production à la centrale électrique.
- Le coût de distribution de la chaleur et de l'électricité à des consommateurs situés loin de l'endroit où celles-ci sont produites.
- Les coûts de construction et d'exploitation d'une centrale, et de démantèlement à la fin de sa durée de vie utile.
- Les coûts environnementaux (gestion des accidents, prise en charge des victimes d'accidents et indemnisation de leurs familles, plantation d'arbres pour contrebalancer les émissions de gaz à effet de serre).
- La situation climatique et géographique des centrales électriques. Quelle source utiliseront-elles pour leurs besoins en eau et comment l'eau sera-t-elle purifiée ? Quels sont les vents dominants à l'endroit concerné et existe-t-il un risque de situations météorologiques ou sismiques critiques ? Existe-t-il des voies de transport adaptées pour l'approvisionnement en matières premières ? Quels sont les habitats naturels, les paysages et les installations humaines présents à proximité ?
- Matériel de purification et recyclage. La centrale est-elle dotée des derniers équipements ? Le système de prévention des émissions polluantes est-il aux normes, et un espace suffisant a-t-il été attribué au stockage et au recyclage des déchets ? Dans les premiers temps, la centrale ne rencontrera peut-être pas de problèmes sérieux avec la gestion des déchets, mais la question pourrait se poser par la suite.

Cela n'a aucun sens de discuter de l'efficacité de la technologie et du coût de l'énergie sans tenir compte des questions de changement climatique, d'environnement et de santé. Ainsi, avant de décider quel type de centrales électriques doivent être construites et exploitées, une grande variété d'évaluations (techniques, économiques, environnementales, etc.) doit être réalisée.

Rappelons et comparons encore une fois les avantages et les inconvénients des principales sources naturelles d'énergie.

Le charbon



Le charbon est un combustible universel : il peut être utilisé quel que soit le climat, par des centrales de petite ou de grande taille, et même pour faire bouillir l'eau.



Le charbon est le combustible le « plus sale » pour la production d'électricité. Une centrale au charbon d'une capacité de 1 MW émet chaque année 36,5 milliards de m³ de gaz chauds contenant à la fois de la poussière et des substances dangereuses. Elle produit également de grandes quantités de cendres, qui doivent être stockées. Et, plus important encore, le volume des émissions de CO₂ émanant des centrales au charbon pour chaque unité d'énergie produite est le plus élevé qui soit par rapport aux autres sources d'énergie hydrocarbures. L'extraction du charbon est également une activité dangereuse. La libération de gaz naturels souterrains peut entraîner des explosions fatales pour les mineurs. L'eau salée et sale pompée hors des mines s'infiltré souvent dans les rivières et les lacs (il faut en moyenne pomper 3 tonnes d'eau par tonne de charbon produite), nuisant ainsi aux animaux et aux plantes, et polluant ainsi l'eau et le sol à l'échelle locale.

Le pétrole



Le pétrole est très simple à utiliser, et peut être transporté sur de longues distances par le biais de pipelines ou dans des cuves. Le pétrole est utilisé pour la production de caoutchouc, plastiques, teintures, détergents et autres produits.



Les réserves de pétrole s'appauvrissent et les coûts de production pétrolière sont en hausse. Le pétrole est hautement inflammable, et les déversements de pétrole sont désastreux pour l'environnement, puisqu'il recouvre tous les organismes vivants d'une fine pellicule hautement destructrice pour les écosystèmes. Un tel déversement dans un fleuve ou en mer peut se répandre sur de très grandes distances. La combustion de pétrole produit de grandes quantités de CO₂.

Le gaz naturel



Le gaz naturel est l'hydrocarbure le plus propre et le plus respectueux de l'environnement. Il est facile à transporter.



Le gaz est explosif, même en quantités infimes. Les émissions de gaz à effet de serre émanant de la combustion de gaz naturel sont inférieures à celles des autres hydrocarbures, mais demeurent significatives. Par ailleurs, les réserves de gaz ne sont pas infinies, même si le développement du gaz de schiste vient s'y ajouter.

L'énergie nucléaire



La production d'énergie nucléaire n'émet aucun gaz à effet de serre. Les réserves de combustible nucléaire sont assez importantes étant donné que l'on peut obtenir une grande quantité d'énergie d'une infime quantité de combustible.



L'énergie nucléaire doit être produite dans des centrales de très grande taille et ne peut être transportée que sous forme d'électricité (et non de chaleur), car le risque de fuite radioactive rend indispensable l'installation des centrales nucléaires loin de toute grande ville, où les consommateurs d'eau chaude et de chaleur se concentrent. Les centrales nucléaires produisent des déchets, qui restent dangereux pendant des siècles et doivent par conséquent être éliminés de manière appropriée. Même si elle n'émet aucun gaz à effet de serre, la production nucléaire produit des eaux usées irradiées. Le principal inconvénient de l'énergie nucléaire est que même des accidents mineurs peuvent avoir des conséquences désastreuses.

Le soleil



L'énergie solaire est renouvelable. Elle peut être utilisée dans de nombreuses régions du monde. Elle ne produit aucun polluant nocif ni aucun gaz à effet de serre.



Les flux d'énergie solaire sont inégaux, des batteries supplémentaires sont donc nécessaires pour transformer le flux d'énergie la nuit ou par temps couvert. Les cellules solaires sont onéreuses, même si les scientifiques cherchent un moyen de réduire le coût de leur production. L'élimination des cellules solaires pose certains problèmes, car elles contiennent des substances nocives, et les centrales solaires occupent de grands espaces de terres.

Le vent



L'énergie éolienne est renouvelable et ne produit aucune émission de gaz à effet de serre ou de polluant nocif.



Les parcs éoliens nécessitent un vent fort et constant. Des batteries et transformateurs supplémentaires sont nécessaires pour que le parc éolien puisse continuer à fonctionner en cas de faible vent. La rotation des pales émet des vibrations et du bruit, ce qui peut effrayer les animaux et créer un désagrément pour les personnes, qui peuvent également s'opposer à l'installation visible d'éoliennes géantes venant complètement modifier le paysage. Un dispositif doit également être mis en place pour éloigner les oiseaux qui, sans cela, pourraient être heurtés par la rotation des pales.

L'eau



L'hydroélectricité, l'énergie marémotrice et l'énergie houlomotrice sont renouvelables, librement accessibles et ne produisent aucune émission de gaz à effet de serre et polluants.



L'énergie hydroélectrique ne peut être produite qu'en présence d'étendues d'eau. La construction de grandes centrales hydroélectriques implique l'inondation des terres situées autour du réservoir, ce qui est un processus particulièrement complexe et onéreux. La construction de centrales hydroélectriques a une incidence négative sur les écosystèmes fluviaux et côtiers. Les accidents au sein des centrales hydroélectriques peuvent entraîner l'inondation des villes et villages situés en aval de la centrale.

La chaleur de la terre et l'énergie à faible température



L'énergie provenant de l'intérieur de la terre est renouvelable et accessible partout. Elle ne produit aucune émission de gaz à effet de serre ou de polluants.



Le processus d'extraction de l'énergie provenant de sources souterraines profondes demeure onéreux et complexe pour le moment. L'utilisation à long terme de réservoirs géothermiques (en pompant eau et vapeur) entraîne des affaissements de terrain. Cette chaleur ne peut donc être utilisée que comme source d'énergie auxiliaire.

La biomasse



La biomasse est librement accessible et facile à utiliser. Ses émissions de CO₂ dans l'atmosphère ne sont pas supérieures aux émissions que produirait la décomposition naturelle de végétaux. L'utilisation de la biomasse dans les régions dont elle est issue (régions agricoles et d'exploitation forestière) résout le problème de l'élimination des déchets. Les biocarburants résultent essentiellement de l'extraction de l'énergie des déchets. Le fumier peut être utilisé pour produire à la fois des combustibles gazeux et du fertilisant.



La biomasse brute est difficile et chère à transporter. La production de combustible gazeux issu de la biomasse nécessite le maintien de la température de fermentation, une certaine prudence pour éviter les explosions, une vérification que les bactéries ne vont pas se répandre et devenir source de maladie. Le gaz n'a pas non plus une odeur très agréable ! Certains producteurs entrepreneurs de produits agricoles souhaitent aujourd'hui dédier leurs champs à la production de biomasse, plutôt qu'à des cultures vivrières traditionnelles car elle procure davantage de revenus. Cela réduit la production alimentaire et menace donc la sécurité alimentaire.

Si les énergies renouvelables sont inépuisables et respectueuses de l'environnement, pourquoi ne pas changer complètement et passer du charbon, du pétrole et de l'énergie nucléaire aux technologies vertes ?

Le fait est qu'il existe encore certaines restrictions quant au développement de masse de l'énergie renouvelable. Le fonctionnement des centrales utilisant des sources d'énergie renouvelables dépend des conditions climatiques, et c'est pourquoi on les appelle sources d'énergie variables (force du vent, présence de cours d'eau, nombre de jour d'ensoleillement). Chaque centrale utilisant une source d'énergie renouvelable aura ses propres particularités. L'utilisation réussie des énergies renouvelables requiert donc un investissement considérable d'argent et d'efforts au moment de leur conception et de leur construction. Lorsque la capacité des centrales de production d'énergies renouvelables atteint un certain niveau, leur expansion nécessitera d'importants investissements dans le réseau électrique et une transition progressive vers les « réseaux intelligents ». Néanmoins, les nouvelles technologies permettent progressivement de rendre la production d'énergie à partir de sources renouvelables plus efficace, d'en réduire les coûts de production et d'en étendre les marchés.

La demande énergétique est constante, le secteur de l'énergie, et notamment la production et le commerce de pétrole, de gaz et de charbon, est particulièrement rentable. Les sommes d'argent échangées dans ce secteur sont colossales, ce qui entraîne de sérieux désaccords entre les organisations gouvernementales, professionnelles et environnementales de la société civile. Ce problème existe dans tous les pays du monde, mais, si nous regardons les tendances à long terme, nous pouvons constater que les populations du monde entier sont désormais désireuses de comprendre les changements à mettre en place pour l'avenir de l'humanité et de la planète. L'introduction de nouvelles technologies respectueuses de l'environnement est retardée par l'inertie de la pensée humaine. Notre planète et l'univers sont prêts à nous offrir leurs énergies, mais en retour nous devons apprendre à utiliser les ressources naturelles de façon à protéger le climat, et non pas le détruire aux fins de bénéfices à court terme !



QUESTIONS

1

Quelles sont les sources d'énergies qui étaient utilisées aux temps anciens ?

—

2

Quelles sont les façons d'utiliser les panneaux solaires que vous connaissez ?

—

3

Répertoriez tous les facteurs que vous connaissez qui sont à prendre en compte si nous devons déterminer le coût total de la production d'électricité à partir de l'une ou l'autre des sources d'énergie.

—

4

Les moteurs électriques ne produisent pas d'émissions nocives. Pouvons-nous donc les considérer comme le type de moteur le plus respectueux de l'environnement ?

—

5

Les panneaux solaires sont installés sur les toits des maisons avec un angle égal à la latitude du lieu où ils sont employés. Pour quelle raison selon vous ?

—

6

Quels sont les principaux obstacles à la croissance rapide de la capacité des énergies renouvelables ?





EXERCICES

1

Expérience

But de l'expérience : produire de la lumière en utilisant les énergies renouvelables.

Matériel : une bouteille en plastique transparent contenant de l'eau, une petite table, des couvertures.

Comment procéder : Faites une ouverture dans une couverture où une bouteille peut être placée.

Couvrez la table avec des couvertures pour qu'aucune lumière ne pénètre dans la petite « maison » que vous avez créée sous la table. À votre avis, que se passera-t-il lorsque vous entrerez dans la « petite maison » et que vous placerez la bouteille dans l'ouverture que vous avez pratiquée sur le couvercle ? Qu'avez-vous remarqué ? Comment expliquez-vous le phénomène que vous avez observé ? Suggérez une alternative à la bouteille d'eau comme outil pratique. Quelles sont vos idées pour éclairer la petite maison que vous avez réalisée ?

2

Expérience

Répartissez-vous en plusieurs groupes selon les différents modes de production d'électricité.

Chaque groupe doit élaborer un rapport pour défendre son mode de production d'électricité, et y inclure des informations concernant les problèmes associés aux autres modes de production.

Entamez ensuite un débat sur les effets bénéfiques et nocifs des différents types de centrales électriques, en fonction de la région où vous vivez.

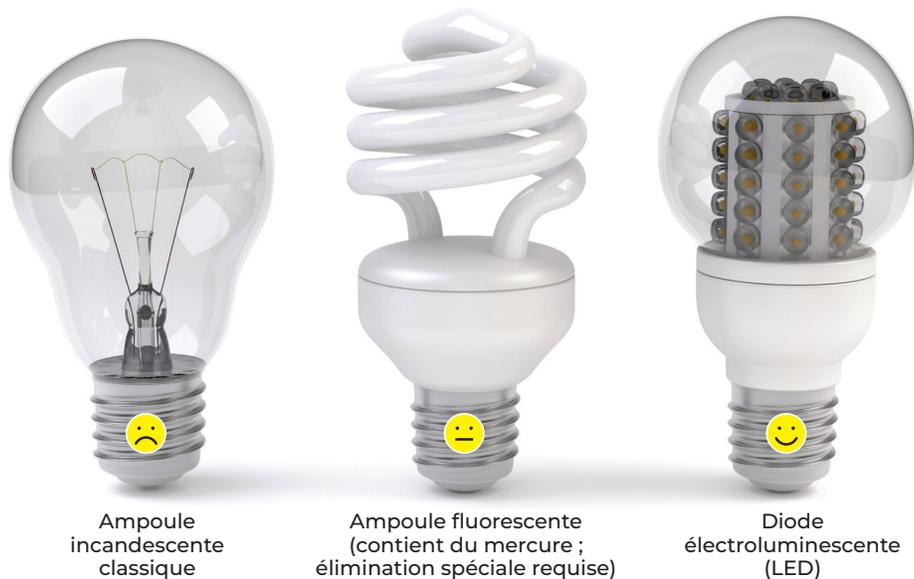
3.2 | Efficacité énergétique et économie d'énergie

La première façon d'atténuer les changements climatiques est d'utiliser les sources d'énergie qui causent le moins de dommages à l'environnement et au climat, comme nous l'avons suggéré dans la section précédente.

La deuxième façon est de réduire notre consommation énergétique globale. Dans ce chapitre, nous nous pencherons sur deux concepts semblables, mais différents : l'efficacité énergétique et l'économie d'énergie.

Un appareil est économe en énergie s'il utilise moins d'énergie que d'autres appareils semblables pour effectuer le travail auquel il est destiné. À titre d'exemple, deux lampes peuvent produire la même quantité de lumière dans une pièce, mais consommer différentes quantités d'électricité. La lampe qui consommera le moins d'énergie sera plus efficace du point de vue énergétique. Nous pouvons économiser beaucoup d'énergie en éteignant la lumière lorsque nous n'en avons pas besoin, en gardant les fenêtres, les appareils d'éclairage et les lampes propres, en installant des ampoules plus économes en énergie. Au lieu de prendre la voiture, nous pouvons marcher et utiliser le vélo, lorsque cela est possible.

Figure 3.2.1 Comparaison de l'efficacité énergétique de différentes ampoules



L'EFFICACITE ÉNERGÉTIQUE

est le rapport entre la quantité d'énergie consommée et le résultat utile obtenu de sa consommation, comme l'éclairage ou l'énergie pour cuisiner. En reconnaissance de l'importance de l'efficacité énergétique, on l'appelle parfois « le premier carburant ».

L'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE

regroupe l'ensemble des mesures prises afin de réduire la quantité d'énergie consommée.

Par conséquent, la plupart du temps, il n'est pas nécessaire d'inventer quoi que ce soit pour être en mesure d'économiser de l'énergie. Il nous faut simplement changer nos habitudes, de manière à mettre fin au gaspillage !

L'électricité destinée à l'éclairage représente 15 à 20 % de la consommation mondiale d'électricité. En Europe, l'éclairage représente environ 10 % de la consommation électrique dans les bâtiments résidentiels, lesquels sont le troisième principal consommateur, après l'électricité d'appareils de chauffage et de climatisation. Dans les immeubles de bureaux, l'éclairage peut consommer encore plus d'énergie (30 à 40 %). Il est toutefois possible de réduire l'énergie consommée par l'éclairage des bâtiments commerciaux et résidentiels sans pour autant assombrir les pièces et en faisant d'importantes économies sur les factures d'électricité en choisissant des ampoules appropriées basées sur des diodes électroluminescentes (Fig. 3.2.1).

Par exemple, nous nous brossons tous les dents le matin. Avons-nous besoin de laisser le robinet ouvert comme nous le faisons ? Non, nous en avons besoin uniquement lorsque nous nous rinçons la bouche. Mais observez vos habitudes et celles de votre famille : se brossent-ils tous les dents en fermant le robinet ? Une grande quantité d'énergie est nécessaire pour faire sortir l'eau de nos robinets, des opérations menées à l'usine de traitement au système de pompage, sans parler de l'eau elle-même.



Lorsque nous éteignons la télévision (et certains autres appareils électroniques), nous la mettons en veille. Ce que de nombreuses personnes ne savent pas, c'est que la télévision continue de consommer de l'énergie même en veille, même si cela n'est pas autant que lorsqu'elle est allumée et ne fait grimper la facture d'électricité que de quelques centimes chaque mois. Cela peut ne pas valoir la peine de s'embêter, mais imaginez la quantité d'énergie gaspillée à l'échelle d'un quartier entier, d'une ville entière ou d'un pays entier ! Par conséquent, dans les pays où l'économie d'énergie est une question sérieuse, il est recommandé à la population de ne pas mettre ses appareils en veille, mais de les éteindre.

Selon les estimations, le fait de charger un téléphone portable émet 0,3 kg de CO₂ par an, et si le chargeur de téléphone est branché en permanence (sans être utilisé), alors on parle de 2,4 kg de CO₂ émis.

Émissions de CO₂ résultant de l'utilisation de téléphones portables

- 2 minutes d'utilisation par jour produit 47 kg par an
- 1 heure d'utilisation par jour produit 1 250 kg par an
- 1 minute produit environ 57 g
- 1 SMS produit 0,014 g
- 1 recherche sur Google produit 0,2 g (les émissions annuelles totales résultant de l'utilisation de Google s'élèvent à 1,3 million de tonnes)



La demande de services numériques augmente rapidement. L'AIE estime que depuis 2010, le nombre d'internautes dans le monde a plus que doublé, tandis que le trafic Internet mondial a été multiplié par 25. Les améliorations rapides de l'efficacité énergétique ont toutefois contribué à modérer la croissance de la demande énergétique des centres de données et des réseaux de transmission de données, dont chacun représente 1 à 1,5 % de la consommation mondiale d'électricité. Dans l'ensemble, l'industrie informatique est responsable d'environ 2 à 2,8 % des émissions mondiales de dioxyde de carbone, certains scientifiques évaluant ce chiffre à environ 3,8 %, qui inclut les émissions liées à l'utilisation des ordinateurs personnels.

Certains d'entre vous ont probablement entendu parler de l'« hébergement vert », un type de services d'hébergement Internet utilisant des technologies écologiques pour réduire les effets négatifs sur le climat et l'environnement. L'hébergement vert consiste à compenser les émissions de dioxyde de carbone produites par ses services d'hébergement en employant des sources d'énergie renouvelables (solaire, éolienne, hydraulique, géothermique), en plantant des arbres et autres végétaux, et en mettant en place d'autres mesures visant à économiser l'énergie. Certains experts désignent les technologies cloud comme une forme prometteuse d'hébergement vert. Les technologies cloud permettent une utilisation plus efficace des capacités informatiques, notamment en réduisant la consommation énergétique.

Les inventions humaines progressent de jour en jour. Toutefois, seule une petite partie des nouvelles inventions sont réellement utilisées. Avant qu'une nouvelle technologie puisse remplacer une technologie existante, les gens doivent changer leurs habitudes.

Technologies cloud

Il n'y a pas que le monde réel qui évolue, le monde virtuel également. Les utilisateurs d'Internet bénéficient depuis peu d'un nouvel outil appelé le « cloud computing » (ou informatique en nuage), déjà utilisé par Facebook, Twitter et les « machines » proposant des services telles que Google Docs, Gmail et autres.

La plupart des sites Internet et applications serveur fonctionnent sur des ordinateurs ou serveurs spécifiques. Le cloud est un réseau d'ordinateurs constituant un système qui permet aux individus d'utiliser certaines applications ou de stocker des données. On pourrait le qualifier d'ordinateur virtuel mondial sur lequel les applications fonctionnent indépendamment de chaque ordinateur individuel, avec des caractéristiques qui lui sont propres.

À mesure que l'Internet à large bande se développe, il devient de moins en moins nécessaire d'avoir une application installée sur votre propre ordinateur.

Tous les « clouds » étant configurés pour fonctionner ensemble, l'intégralité de la puissance de ces machines est mise à la disposition des applications comme si l'application fonctionnait sur un seul ordinateur individuel. Une part croissante des logiciels actuels repose sur les technologies web, et les « clouds » ne font que prendre le relais afin d'amener les avantages offerts par les applications web à un niveau supérieur.

Changer ses habitudes, c'est d'abord trouver le temps de se familiariser avec l'invention.

Deuxièmement, il faut consacrer de l'argent et des efforts au retrait de l'ancienne machine et à son remplacement par la nouvelle, et apprendre aux gens comment s'en servir. Cet argent et ces efforts seront certainement rentables, mais pas immédiatement, et tout le monde ne souhaitera pas se donner tant de mal pour un bénéfice qui ne pourra être tiré qu'ultérieurement.

Troisièmement, les personnes qui gagnent de l'argent grâce à la vente de l'ancienne technologie ne souhaitent pas perdre leur activité, notamment si elle leur rapporte plus d'argent que la nouvelle technologie. Elles pourraient même tenter de faire obstacle à la nouvelle invention, en l'empêchant d'être largement utilisée, en convainquant les gens de sa dangerosité, ou même en menaçant l'inventeur.

Résumer l'ensemble des technologies économes en énergies nécessiterait un ouvrage conséquent. Quelle que soit la voie que vous suivrez dans votre vie, une bonne connaissance des équipements que vous utiliserez et le soutien des efforts entrepris pour les améliorer seront essentiels. Souvenez-vous, la voie à suivre ne réside pas toujours dans la fabrication de machines plus efficaces, cela dépend également beaucoup de la manière dont est organisé le travail des personnes.

L'efficacité énergétique et l'économie d'énergie sont très importantes. Pour les ménages, elles signifient des économies sur les factures de gaz et d'électricité. Pour les compagnies d'électricité, elles signifient réduction des coûts de carburant et fourniture d'une électricité moins chère. Pour le pays, elles signifient moins de dépenses consacrées aux ressources, et établissement d'une industrie plus productive et concurrentielle. Pour le climat elles signifient réduction des émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

La réduction de la consommation d'électricité dans différents pays entraînera différentes quantités d'émissions économisées, car cela dépend de la combinaison de combustibles utilisés pour la production d'électricité. Le rapport des émissions de CO₂ par kW-heure produit ou économisé est appelé facteur d'émission du réseau. Les pays dotés d'un système électrique hydroélectrique, comme le Bhoutan, ont un facteur d'émission nul sur le réseau. La CCNUCC fournit un ensemble harmonisé de facteurs d'émission de réseau pour plus de 200 pays (voir <https://unfccc.int/documents/198197>).

Par exemple, chaque personne en Russie consomme environ 2 kWh chaque jour en moyenne. Un citoyen économe s'en sort avec 1 kWh, tandis qu'un utilisateur plus enclin au gaspillage énergétique peut consommer jusqu'à 3 kWh par jour. La Fig. 3.2.2 indique comment le Russe moyen, vivant dans un appartement, utilise l'énergie pour ses divers besoins au cours d'une année. La production de 1 kWh d'électricité génère en moyenne 800 g de CO₂. Les émissions occasionnées par la production d'électricité dans le centre de la Russie européenne sont deux fois inférieures, car une grande partie des besoins énergétiques de cette partie du pays sont couverts par des centrales électriques alimentées par du gaz naturel, de l'hydroélectricité ou de l'énergie nucléaire, alors que le charbon n'est plus guère employé. Les émissions de CO₂ émanant de la combustion du gaz naturel sont nettement inférieures à celles émanant de la combustion du charbon, et les récentes centrales de cogénération émettent moins de CO₂ que les anciennes centrales.

Dans les régions du nord de la Russie et dans l'Extrême-Orient de la Russie, où le charbon est bien plus utilisé pour la production d'électricité et où le combustible doit être transporté sur de longues distances, une réduction de la consommation d'électricité de l'ordre de 1 kWh permet une réduction des émissions à hauteur d'environ 3 kg de CO₂. Par conséquent, les économies annuelles de CO₂ de trois personnes passant de consommateurs « moyens » à consommateurs « économes » s'élèvent à 3 tonnes.

Figure 3.2.2 Potentiel d'économies d'énergie dans les habitations privées

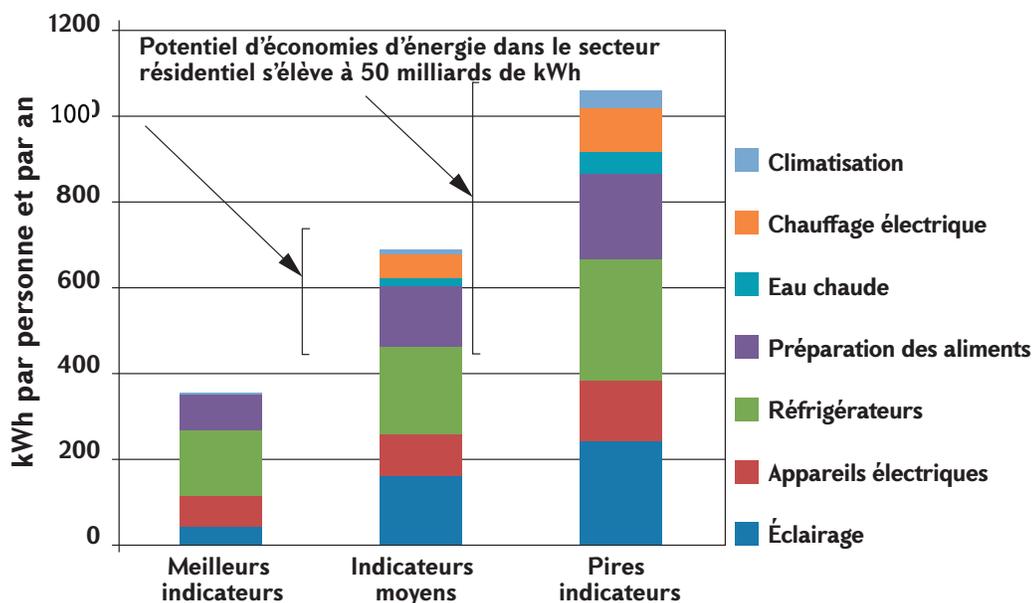


Figure 3.2.3

Centrale thermique
au charbon



Figure 3.2.4

Centrale thermique au
gaz naturel



Figure 3.2.5

Centrale
nucléaire



3.2.1 | Transports respectueux de l'environnement

Les moyens de transport, de la voiture à l'avion, consomment autant de combustibles fossiles que les centrales électriques. Bien sûr, les besoins en carburant d'une seule voiture sont négligeables comparés aux besoins considérables d'une centrale électrique. Cependant, le nombre de voitures est bien plus élevé que le nombre de centrales électriques. Au total, les moyens de transport sont responsables d'environ 14 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre.

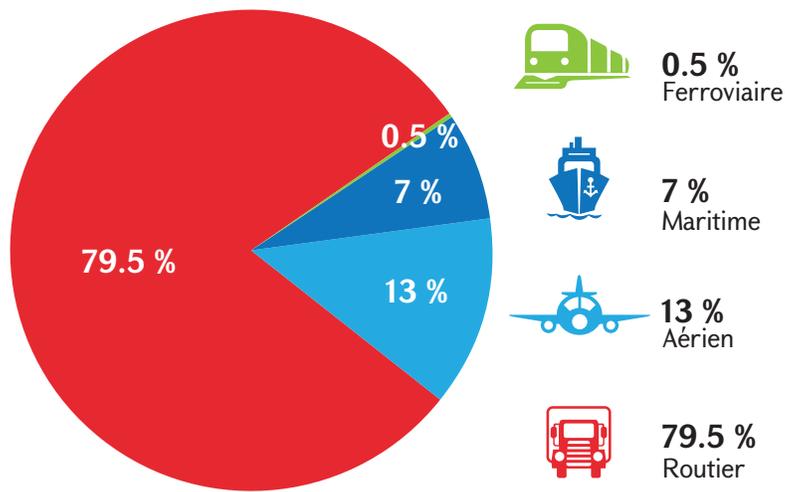
La plupart des voitures roulent encore à l'essence. La combustion d'un litre d'essence produit environ 2,3 kg de CO₂. Par exemple, le véhicule canadien moyen, qui brûle 2 000 litres d'essence chaque année, rejette environ 4 600 kg de CO₂ dans l'atmosphère. Le moteur à combustion interne, qui propulse les véhicules automobiles, rejette dans l'atmosphère des gaz d'échappement contenant de l'azote, de la vapeur d'eau et du CO₂ (entre 1 et 12 % du volume des émissions), ainsi que des composés toxiques, voire cancérigènes (suie et benzopyrène).

Dans l'ensemble, les émissions de CO₂ par tonne de carburant, de l'extraction du pétrole de gisements pétrolifères à la combustion de l'essence raffinée dans un moteur, s'élèvent à un total de 3 769 kg.

L'impact des transports sur le changement climatique est considérable, la plupart des modes de transport utilisant des combustibles fossiles, dont la combustion provoque des émissions de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Néanmoins, selon le transport, les impacts sont différents. Le transport ferroviaire est le moyen de transport le plus respectueux de l'environnement, les vols aériens sont considérés comme ceux les émissions en carbone sont les plus intenses, tandis que les voitures sont responsables de près de 80 % des émissions de gaz à effet de serre imputables aux transports (Fig. 3.2.6).

Figure 3.2.6

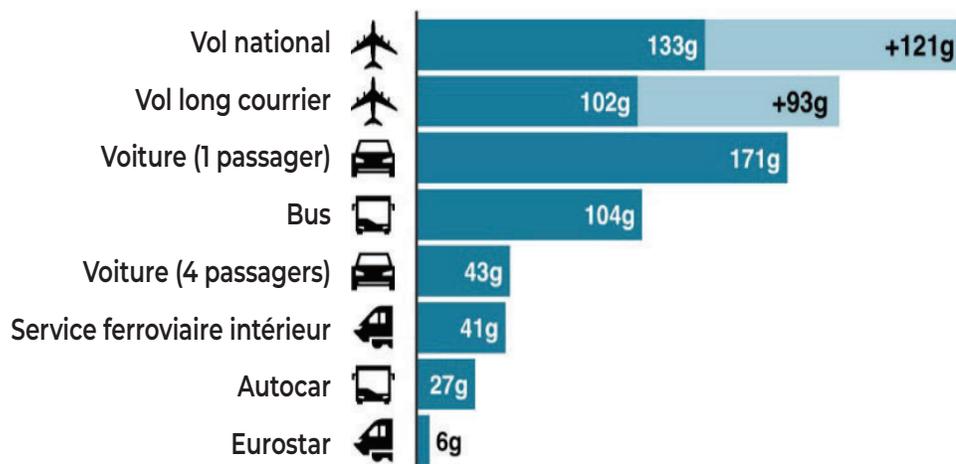
Ventilation des émissions de gaz à effet de serre par mode de transport.



Le Royaume-Uni a estimé les émissions par passager et par kilomètre parcouru dans différents modes de transport. Il montre que prendre l'avion entraîne des émissions plus de 20 fois supérieures à celles du train Eurostar (Fig. 3.2.7).

Figure 3.2.7

Estimations britanniques des émissions de GES (gCO₂e) des différents modes de transport par passager et par km parcouru



Que peut-on faire pour réduire l'impact des transports sur le climat ?

L'une des méthodes les plus logiques et les plus efficaces serait de contacter les personnes éloignées par téléphone ou communication audio/vidéo plutôt que de leur rendre visite en personne. Les meilleurs outils pour le faire à l'heure actuelle sont les application Skype, Zoom, Viber, Telegram et WhatsApp qui vous permettent de communiquer avec vos amis partout dans le monde où il y a accès à Internet.

La meilleure façon de réduire les impacts climatiques des transports est d'utiliser les transports publics. Si vous et vos parents avez l'opportunité de choisir votre mode de déplacement, privilégiez le train. Le train est bien plus écologique lorsqu'il s'agit de parcourir de longues distances que l'avion.

Les technologies du transport ferroviaire ont considérablement progressé au cours de la dernière décennie. Les locomotives et matériels roulants sont fabriqués à partir de matériaux moins lourds et moins volumineux, et les moteurs sont devenus plus efficaces.

Le nombre de trains et de réseaux à grande vitesse augmente dans le monde entier, améliorant encore le mode de transport le plus économe en énergie. Le réseau ferroviaire à grande vitesse (TGV) en Chine est le plus long et le plus utilisé au monde – avec une longueur totale de 42 000 kilomètres d'ici fin 2022. Le TGV est également un moyen de transport de plus en plus populaire et efficace en Europe. Plusieurs pays ont construit de vastes réseaux à grande vitesse, par exemple l'Allemagne, la France, les Pays-Bas, l'Espagne, l'Italie et le Royaume-Uni, et il existe désormais plusieurs liaisons ferroviaires transfrontalières à grande vitesse. Les opérateurs ferroviaires gèrent fréquemment des services internationaux, et les voies sont continuellement construites et mises à niveau pour répondre aux normes internationales sur le nouveau réseau ferroviaire européen à grande vitesse.

Le train à grande vitesse japonais, appelé Shinkansen (Fig. 3.2.8), a récemment augmenté sa vitesse de circulation et réduit sa consommation énergétique de 40 %. En réduisant le poids du train à grande vitesse et en redéfinissant la forme et la longueur du nez pour le rendre plus aérodynamique, le train est désormais bien plus efficace et son utilisation entraîne moins d'émissions provenant du transport.



Figure 3.2.8

Le train à grande vitesse japonais « Shinkansen », économe en énergie



Figure 3.2.9

Le verso de ce billet de train italien informe les passagers de la contribution à la lutte contre le changement climatique qu'ils apportent en choisissant de voyager en train

De nombreuses sociétés ferroviaires prennent la peine de rappeler à leurs passagers que les déplacements en train sont une solution écologique.

En cas de déplacement en avion, alors mieux vaut privilégier des compagnies aériennes qui utilisent des avions récents : les avions modernes sont moins nocifs pour l'environnement que les précédents.

La vitesse ne fait plus partie des principales considérations lors de la conception de nouveaux modèles d'avions. Les concepteurs adoptent désormais une approche plus systématique qui vise à prendre en compte le rendement énergétique ainsi que l'empreinte carbone au cours de la fabrication. Les développeurs se penchent de nouveau sur les avions à turbopropulseurs, qui semblaient dépassés il y a 20 ans, car les avions à réaction sont plus rapides. Les avions à turbopropulseur pourraient constituer de bonnes solutions en matière de transport aérien s'ils intègrent de nouveaux designs améliorés.

Actuellement, plusieurs compagnies aériennes proposent des services visant à contrebalancer les émissions de dioxyde de carbone émanant de leurs avions, tandis que certains services Internet calculent les émissions de CO₂ de tous les vols et invitent les passagers à les compenser. Par exemple, un vol longue distance Berlin - San Francisco opéré par Lufthansa produit 1,4 tonnes d'émissions de CO₂ par passager. Le montant suggéré pour compenser un voyage aller-retour en classe économique est de 29 euros, lequel sera reversé à des projets environnementaux liés au changement climatique (Fig. 3.2.10).

Figure 3.2.10

Calcul des émissions de CO₂ et de la compensation pertinente pour un vol aller-retour Berlin - San Francisco en classe économique avec Lufthansa

Lufthansa
Nonstop you

Votre vol :
De : Berlin (DE) à : San Francisco (USA), SFO, aller-retour, classe économique, env. 18 000km, 1 passager

Quantité de CO₂ : 1 440 tonnes

Portefeuille : lufthansa
Votre contribution à la compensation carbone : 29 euros
Cela soutiendra les deux projets de protection du climat « Éclairage solaire dans les zones rurales d'Éthiopie » et « Cuisinières à haut rendement énergétique pour les communautés de Siay, au Kenya ».

→ Compenser

L'Organisation de l'aviation civile internationale travaille avec ses membres pour trouver les meilleurs moyens de réduire les émissions du secteur de l'aviation. Outre l'amélioration de l'efficacité, une option consiste à utiliser du carburant d'aviation durable (SAF), un carburant qui ne provient pas de combustibles fossiles. Les compagnies aériennes l'utilisent déjà, généralement en mélange avec du carburéacteur ordinaire. Mais nombreux sont ceux qui doutent que les SAF puissent être produits à un coût suffisamment bas ou en quantités suffisantes pour répondre aux besoins de l'industrie aérienne.

Cela explique pourquoi l'hydrogène comme carburant pour les avions suscite un intérêt croissant. L'hydrogène peut stocker beaucoup d'énergie, provenant par exemple de l'électricité renouvelable en dehors des heures de pointe de consommation, et lorsqu'il est utilisé comme carburant, il ne produit aucun CO₂.

Réduire les émissions de carbone des déplacements en voiture

Si vos parents envisagent d'acheter une voiture, parlez-leur de l'efficacité énergétique des différents véhicules motorisés. Proposez-leur d'acheter une voiture répondant au moins aux normes Euro-4 (les normes Euro applicables aux véhicules réglementent la teneur en hydrocarbures, azote, monoxyde de carbone et particules des gaz d'échappement).

L'impact des véhicules motorisés sur l'environnement peut également être réduit en se conformant aux règles d'« écoconduite », qui permettent de réduire l'empreinte carbone liées aux véhicules. L'écoconduite est non seulement censée pour l'environnement, mais elle constitue également une solution plus économique pour les propriétaires de véhicules. Expliquez cela aux adultes qui conduisent des voitures !

L'efficacité énergétique et la performance environnementale des moteurs automobiles sont des facteurs essentiels. Jusqu'à récemment, tous les véhicules à moteurs fonctionnaient au fioul, au diesel ou à l'essence, mais désormais un nombre croissant de véhicules fonctionnent au gaz. La consommation de carburant pour les véhicules alimentés au gaz est la même que pour les carburants traditionnels, toutefois les émissions polluantes du gaz sont bien inférieures.

Vous avez probablement également entendu parler des voitures « hybrides », des voitures électriques et des voitures fonctionnant au biocarburant. Il existe également des véhicules spéciaux capables de fonctionner uniquement à l'eau et à l'air (« aéromobile »), ainsi que des véhicules électriques fonctionnant à l'énergie solaire. Le championnat de course de voitures solaires organisé régulièrement en Suisse est le meilleur endroit qui soit pour voir l'ensemble des dernières technologies de véhicules solaires en action. Fait de plus en plus courant : il existe désormais des stations-service solaires aux États-Unis, en Bulgarie, en Suisse, en Allemagne et dans d'autres pays.



Figure 3.2.11

Stationnement pour véhicules électriques

Les règles de l'écoconduite : comment réduire l'empreinte carbone d'un véhicule

- Éteindre le moteur à l'arrêt et dans les embouteillages.
- Entretien correctement sa voiture : un réglage correct des roues permet de réduire la consommation de carburant de 5 à 10 %, et un entretien régulier du véhicule permet d'économiser 10 % de carburant.
- Vérifier régulièrement la pression des pneumatiques : même dans les environnements urbains, une pressions des pneus 25 % en-deçà du niveau recommandé demande 10 % de carburant en plus pour faire rouler le véhicule.
- Utiliser le contrôle de la température et la climatisation modérément. Ne pas en faire usage si la température à l'extérieur du véhicule les rend inutiles. Ne pas ouvrir la fenêtre du véhicule lorsque la climatisation fonctionne.
- Freiner en douceur afin d'utiliser au mieux l'inertie du véhicule et ainsi réduire la consommation de carburant.
- Prendre des passagers. Cela s'appelle le « covoiturage ». En prenant en charge 3 ou 4 personnes qui font le même trajet que vous, vous réduisez de 3 ou 4 fois la quantité d'émissions.
- Rester sur la même file : passer d'une file à l'autre augmente la consommation de carburant et, par conséquent, les émissions de dioxyde de carbone.
- Partir tôt, éviter les périodes de pointe, programmer son itinéraire à l'avance.
- Conduire à vitesse modérée et constante. Utiliser moins la pédale de frein et davantage le frein moteur, freiner et accélérer en douceur, anticiper la circulation (ne pas accélérer en arrivant sur un feu rouge). Une conduite souple permet d'économiser du carburant.
- Ne pas trop charger le toit. À une vitesse de 120 km/h, un coffre de toit vide augmente la consommation de carburant de 5 à 10 %, un porte-skis de 10 à 20 %, un porte-vélo de 30 %, quant au coffre de toit plein il consomme 30 à 40 % de carburant en plus.

Figure 3.2.12 Une voiture électrique



Aujourd'hui, les principaux constructeurs automobiles, s'attachent à concevoir des véhicules plus respectueux de l'environnement que les modèles précédents. La consommation de carburant et l'impact sur l'environnement sont devenus des points essentiels pour les acheteurs, au même titre que la qualité, la sécurité et le prix. Les constructeurs se font mutuellement concurrence en s'efforçant d'économiser l'énergie et de réduire l'impact négatif sur l'environnement.

Même si les véhicules électriques (VE) sont utilisés depuis le début de l'industrie automobile à la fin des années 1900 et au début des années 2000, ce n'est qu'avec l'arrivée de Tesla en 2003 que la révolution électrique à batterie a véritablement commencé. Cela a fourni une alternative viable aux efforts visant à décarboner le transport routier et a propulsé les véhicules électriques de 0,2 % des ventes de voitures neuves il y a dix ans à 13 % en 2022. Les ventes ont triplé entre 2018 et 2022 et devraient croître d'environ 30 % par an au cours de la prochaine décennie, représentant la moitié de toutes les ventes de voitures d'ici 2035. D'ici 2025, les ventes de véhicules électriques devraient atteindre près de 40 % en Europe et en Chine.

En ville, les émissions de gaz à effet de serre peuvent être réduites en incitant les gens à utiliser les transports publics plutôt que les voitures. Mais cela n'est possible que si les transports publics en question sont rapides et confortables, desservent toutes les parties de la ville, assurent la liaison entre centre-ville et banlieue, et offrent une alternative plus fiable et moins onéreuse aux voitures particulières. L'utilisation par les transports publics de moteurs au gaz, hybride ou électrique peut considérablement réduire les émissions de gaz à effet de serre et améliorer la qualité de l'air dans les villes.

Le covoiturage : partager son trajet en voiture

Le covoiturage désigne le transport d'autres personnes (y compris des étrangers) dans votre véhicule, en général pour des trajets réguliers (quotidiens).

C'est une bonne façon de réduire la pression sur les systèmes de transport dans les villes.

Le covoiturage est une pratique qui remonte aux années 1940, lorsque le gouvernement américain tentait d'économiser du carburant pour les besoins de la Seconde Guerre mondiale en demandant aux propriétaires de véhicules de transporter des passagers en cas de déplacement. Cette initiative a contribué à réduire la consommation de carburant, mais son impact a été limité, car la plupart des propriétaires de véhicules de l'époque étaient des gens aisés qui ne souhaitaient pas partager leur voiture avec des étrangers.

Dans les années 1970, la ville de Los Angeles a instauré des voies de circulation réservées aux covoitureurs. Aujourd'hui, ces voies existent dans toute l'Amérique du Nord ainsi qu'en Europe (elles sont signalées par des panneaux routiers et un losange blanc sur la chaussée). Le covoiturage permet de réduire le nombre de véhicules sur les routes, de parer à la demande excessive de places de stationnement, et de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Les gains pour les passagers sont évidents : ils dépensent moins en carburant, en réparation de véhicule et en stationnement.



Figure 3.2.13

Voies réservées au covoiturage aux USA

Vélo : le transport le plus écologique

Le vélo est le moyen de transport le plus écologique et le plus sain. Selon les scientifiques, une personne se rendant chaque jour à l'école ou au travail en vélo, plutôt que d'utiliser la voiture, économise une tonne d'émissions de gaz à effet de serre par an.

Le vélo est le moyen de transport privilégié aux Pays-Bas, au Danemark, en Norvège, en Suède et en Allemagne. À Copenhague, une personne sur trois se rend au travail en vélo. À Amsterdam, 40 % des gens utilisent quotidiennement le vélo, et la ville compte au total 400 km de pistes cyclables.



3.2.2

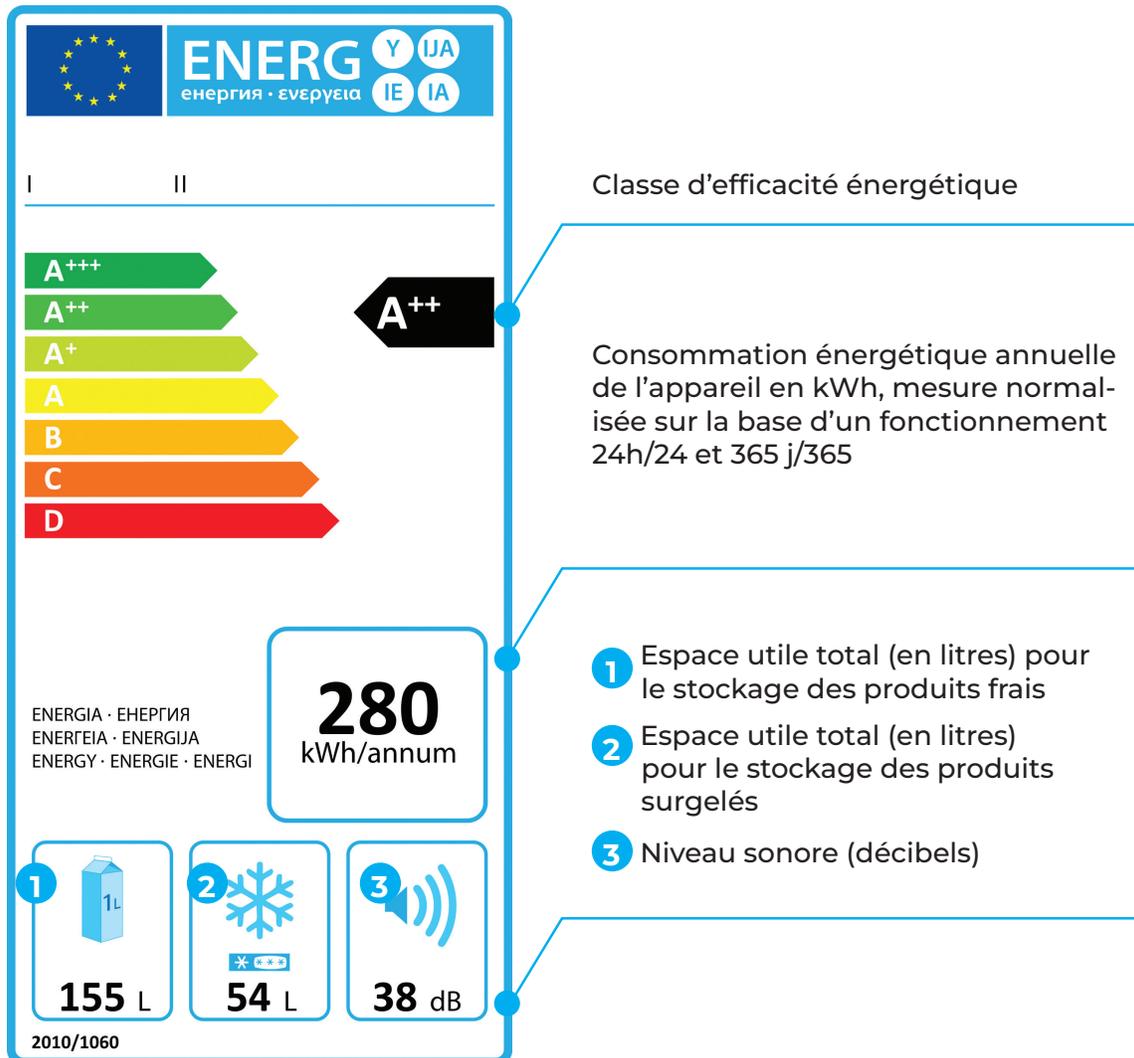
Appareils électroménagers et appareils électriques

De nombreux pays disposent d'un système particulier d'étiquetage des appareils électroménager en fonction de leur efficacité énergétique. Depuis 1995, l'étiquetage énergétique européen est obligatoire pour certains appareils électroménagers et certaines ampoules vendus dans l'Union européenne (Fig. 3.2.14).

Cet étiquetage tend à permettre aux consommateurs de comparer l'efficacité énergétique et d'autres critères de produits similaires fabriqués par un ou plusieurs fabricants. Les produits les plus économes en énergie sont ceux classés dans les catégories 'A' ou 'A+', 'A++' et 'A+++'.

Figure 3.2.14

Nouvel étiquetage relatif à l'efficacité énergétique pour les réfrigérateurs vendus dans l'Union européenne.



Energy Star est un programme de certification lié à l'efficacité énergétique, lancé par l'Agence américaine de protection de l'environnement (EPA) en 1992 pour les écrans d'ordinateur à faible consommation énergétique. Les écrans répondant à certains critères d'efficacité énergétique obtiennent le label Energy Star, label obtenu aujourd'hui par 98 % des ordinateurs. L'utilisation du label a été étendue, par conséquent 65 autres types de produits, des appareils électroménagers aux bâtiments, sont désormais évalués à l'aide de ce programme (aujourd'hui aux USA, plus de 1,4 million de bâtiments et plus de 20 000 usines sont certifiées Energy Star).

Figure 3.2.15

Le label américain Energy Star



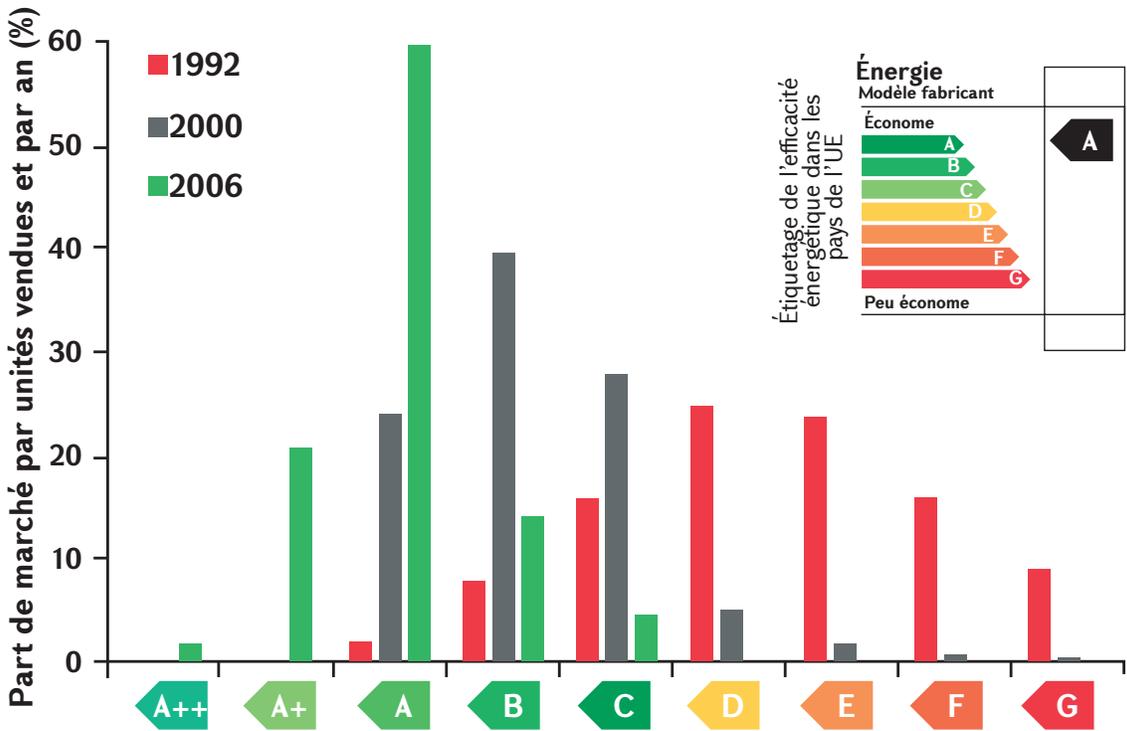
Energy Star est l'un des programmes clés signalés par les États-Unis dans leur rapport sur l'ambition climatique 2022 (huitième communication nationale au titre de la CCNUCC), qui décrit les avancées de leur politique climatique dans le cadre de l'accord de Paris. Il a déclaré que depuis 1992, Energy Star et ses partenaires ont aidé les familles et les entreprises américaines à économiser cinq mille milliards de kWh d'électricité, à économiser plus de 500 milliards de dollars en coûts énergétiques et à réduire de quatre milliards de tonnes de gaz à effet de serre - l'équivalent de CO₂. Rien qu'en 2020, les économies ont abouti à une réduction des émissions de plus de 400 millions de tonnes de gaz à effet de serre équivalent CO₂, soit à peu près l'équivalent de plus de 5 % des émissions totales de gaz à effet de serre du pays.

De plus en plus de pays reconnaissent les avantages des normes d'efficacité énergétique et des programmes d'étiquetage pour réduire efficacement les factures d'énergie, stimuler l'innovation des produits, créer des emplois et réduire le coût des émissions de CO₂. De tels programmes pour les appareils et équipements fonctionnent désormais dans plus de 120 pays à travers le monde et constituent la pierre angulaire de la plupart des programmes nationaux d'efficacité énergétique et d'atténuation du changement climatique. De tels programmes fonctionnent depuis le plus longtemps aux États-Unis et dans l'UE où, selon les estimations de l'AIE, ils ont permis des réductions annuelles d'environ 15 % de la consommation totale actuelle d'électricité.

Un label d'efficacité énergétique ne se contente pas d'informer le consommateur de l'efficacité énergétique d'un appareil, mais l'informe également de ses capacités. Après tout, la principale fonction d'une machine à laver est de laver et rincer le linge, et sa capacité à économiser l'énergie est secondaire, bien qu'importante. Au cours de ces dernières années, les consommateurs ont été plus enclins à choisir des appareils et des technologies qui, en plus de s'acquitter parfaitement de leur fonction première, permettaient également d'utiliser moins d'énergie et de ressources, et donc d'économiser de l'argent (Fig. 3.2.16).

Figure 3.2.16

Impact de l'étiquetage lié à l'efficacité énergétique et normes minimales d'efficacité énergétique applicables sur le marché européen des réfrigérateurs et congélateurs.



L'impact d'un appareil électrique sur la santé est au moins aussi important que sa consommation énergétique. Il convient également de garder à l'esprit que les effets secondaires pourraient ne pas être immédiatement visibles : les risques pour la santé des nouvelles inventions ne pourraient n'être identifiés qu'après un certain temps. La découverte de tels problèmes ne signifie pas pour autant qu'une technologie ne peut être utilisée : une amélioration de la conception pourrait suffire à écarter le problème. Toutefois, nous devons aborder les nouvelles technologies avec prudence : sans préjugé, mais avec précaution.

À titre d'exemple, la plaque à induction est un nouvel appareil ayant récemment gagné en popularité, simple à utiliser et très économique en termes de consommation énergétique, puisqu'elle se contente de chauffer le fond de la casserole et non tout l'espace autour. Cependant, les effets des champs magnétiques à courant de Foucault sur l'homme n'ont pas encore été convenablement étudiés.

3.2.3

Constructions écologiques : bâtiments actifs et passifs

Les gens ont des styles de vie différents – les ménages ne possèdent pas tous une voiture ou une panoplie complète d'appareils électroménagers. Mais tout le monde a besoin d'un toit au-dessus de sa tête. L'idée de construire un logement écoénergétique a donc toujours présenté un intérêt. Les cabanes de paysans en Europe et les tentes des peuples nomades ont été construites en utilisant un savoir-faire particulier, même si celui-ci ne s'est toujours pas vu attribuer d'appellation scientifique. Le foyer de masse, traditionnellement utilisé dans les foyers d'Europe de l'Est, d'Europe du Nord et d'Asie du Nord, constituait un parfait exemple d'efficacité énergétique (Fig. 3.2.7). Les épaisses parois retenaient la chaleur, tandis que la cheminée, avec ses différentes sections, extrayait la chaleur de la fumée avant de la laisser quitter la structure.

Figure 3.2.17

Constructions écologiques : bâtiments actifs et passifs



Plus récemment, en 1974, une forte hausse des prix du pétrole a rendu l'approvisionnement des bâtiments en énergie et en chaleur bien plus onéreux, incitant les architectes et les ingénieurs à revoir la conception des bâtiments. Les foyers ont commencé à utiliser de nouvelles technologies respectueuses de l'environnement ainsi que des sources d'énergie alternatives. Des bâtiments de démonstration ont été construits afin de présenter ce qui pouvait être accompli, et les gouvernements de certains pays ont activement encouragé ce type de projets.

Le Conseil mondial du bâtiment durable a été officiellement créé en 2002 afin de faciliter la transition mondiale de l'industrie du bâtiment vers le développement durable. Le Conseil rassemble plus de 30 000 promoteurs immobiliers et entreprises de construction, établis dans 80 pays. Ses membres cherchent constamment de nouvelles façons de réduire la quantité de ressources nécessaires pendant toutes les étapes du cycle de vie d'un édifice : durant sa construction et son utilisation, lors de sa remise en état et, pour finir, lors de son démantèlement. La construction écologique s'efforce de réduire les émissions de gaz à effet de serre et la pollution de l'eau, de réduire les déchets et de protéger les habitats naturels avoisinants. De tels édifices sont un peu plus chers à construire, mais l'investissement supplémentaire est rentabilisé au bout de 5 à 10 ans.

Les bâtiments à faible consommation énergétique sont dits « passifs » ou « actifs », en fonction de leur efficacité énergétique. Un bâtiment passif n'a pas nécessairement besoin de chauffage ou peut ne consommer qu'un dixième de l'énergie dont aurait besoin un bâtiment ordinaire. Un bâtiment actif, pour sa part, non seulement n'exige que très peu d'énergie, mais il produit également de l'énergie, voire même des surplus d'énergie, venant enrichir le réseau électrique central. On parle également de « bâtiment intelligent ». Cela signifie que le bâtiment en question analyse automatiquement sa consommation énergétique et effectue un contrôle automatique des différents systèmes consommant de l'énergie dans le bâtiment.

Figure 3.2.18

Plusieurs bâtiments à faible consommation énergétique ont été construits dans le quartier de Viikki à Helsinki (Finlande). Des panneaux solaires ont été installés en façade



Bâtiments passifs

L'un des principaux objectifs d'un bâtiment passif dans les pays du nord est de réduire les pertes de chaleur. Idéalement, une habitation passive est chauffée uniquement par la chaleur dégagée par les personnes qui y vivent et par les appareils électroménagers qui y sont utilisés. Si une source de chauffage supplémentaire est nécessaire, la préférence est accordée aux énergies renouvelables.

Les briques confectionnées à partir de matériaux recyclés sont souvent utilisées dans le cadre de la construction de telles habitations.

Les murs du bâtiment ne sont pas les seuls à nécessiter une isolation thermique, il en est de même pour les sols, les plafonds, les combles, le sous-sol, et même les fondations. Il est important de s'assurer que la conception évite ce que l'on appelle les « ponts thermiques » : petits détails et points de jonction au sein de la construction susceptibles de dissiper la chaleur d'un bâtiment généralement bien isolé. Ces techniques permettent de réduire de 20 fois la perte de chaleur d'un bâtiment !



Certificats environnementaux pour les bâtiments

Les normes de certification environnementale des bâtiments se sont généralisées ces dernières années. Les programmes les plus connus et les plus utilisés au monde sont le BREEAM (Royaume-Uni), le LEED (USA) et le DGNB (Allemagne).

Le programme de certification environnementale BREEAM a été élaboré en 1990, et plus de 200 000 bâtiments dans le monde ont, à ce jour, reçu une certification. Les critères de certification sont la qualité de la gestion du bâtiment, la santé et le bien-être de ses résidents, l'efficacité énergétique, les transports, l'eau, les matériaux, les déchets, l'utilisation de parcelles de terrain là où l'édifice est construit, et la pollution qu'il engendre.



Le système de certification environnementale LEED a été conçu en 1998 en prenant en compte les critères suivants : le développement durable du site, l'efficacité de la consommation d'eau, l'efficacité énergétique, la pollution de l'air, les matériaux et les ressources, la qualité de l'environnement interne et les innovations. Les bâtiments peuvent obtenir quatre niveaux de certification : Certifié, Argent, Or et Platine, en fonction du nombre de critères qu'ils remplissent.



Le programme DGNB de certification environnementale, qui a été introduit en 2009, utilise un concept de planification intégrée afin d'évaluer les aspects écologiques, économiques, socioculturels et fonctionnels, ainsi que la localisation du bâtiment.



Premier bâtiment LEED Platine du Moyen-Orient

Initialement construit en 1995, le bâtiment abritant le siège social de la Chambre de commerce et d'industrie de Dubaï est un parfait exemple de la façon dont un bâtiment existant, à forte consommation d'eau et d'énergie, peut être transformé en gratte-ciel sain et écologique.

Entre 1998 et 2013, la consommation d'eau et d'énergie par personne dans le bâtiment a été réduite de 63 % et 92 % respectivement, soit une économie de près de 5,8 millions de dollars américains, grâce à des initiatives à faible coût ou sans frais. Après la rénovation, le bâtiment a obtenu le label Energy Star, ainsi que la certification LEED Platine.



Dans une habitation passive, la conception soignée des fenêtres est extrêmement importante : les fenêtres à double vitrage sont isolées hermétiquement, les vitres sont recouvertes d'un film spécial qui laisse entrer la lumière et la chaleur de l'extérieur, mais la retient lorsqu'elle tente de s'échapper de l'intérieur du bâtiment. Les fenêtres les plus grandes sont orientées dans la direction la plus exposée au soleil.

Le système de chauffage, de climatisation et de ventilation utilise plus efficacement les ressources que les bâtiments traditionnels. Par exemple, en hiver, l'air sortant du bâtiment est acheminé avec l'air qui y entre, dans un échangeur de chaleur spécial, de sorte que l'air chaud transfère sa chaleur à l'air froid. En été, l'air chaud de l'extérieur est acheminé sous terre où il est refroidi. Des principes similaires sont utilisés pour récupérer la chaleur de l'eau usée.

Bien sûr, même des bâtiments aussi bien pensés nécessitent parfois une source de chauffage ou de climatisation supplémentaire, mais il faudra beaucoup moins d'énergie pour atteindre les températures requises. Des conceptions aussi avancées renferment néanmoins certains problèmes : le conduit d'air doit être étroitement surveillé, l'accumulation de poussière, l'emploi de matériaux artificiels, ou d'autres défauts inhérents à la conduction pouvant affecter la qualité de l'air. Il est également essentiel que le mobilier présent dans ces bâtiments ne libère aucune substance nocive dans l'air.

Des cellules solaires et, au besoin, de petites éoliennes sont installées sur le toit. Le système d'éclairage le plus économique (LED) est utilisé, et il est également parfois possible d'éclairer le bâtiment au moyen de la seule lumière du soleil.

Combinés, ces dispositifs et bien d'autres permettent de réaliser des économies.

Des projets de construction d'habitations passives économes en énergie se multiplient. Selon les estimations, il semblerait que 120 000 immeubles de bureaux, boutiques, écoles et crèches, tous passifs, aient été construits dans le monde (notamment en Europe). Ce concept qui a d'abord été mis en œuvre uniquement en Allemagne ou dans des régions présentant des conditions climatiques similaires, a maintenant été adopté dans le monde entier, avec des critères d'applicabilité clairement définis pour différents climats.

Dans des conditions climatiques froides, le processus de conception vise généralement à minimiser les pertes de chaleur et à optimiser les gains solaires. Dans les climats plus doux, une isolation modérée, notamment des fenêtres aux performances améliorées, est suffisante, même si les performances du bâtiment en été nécessitent un examen plus attentif. Pour les climats plus chauds, les exigences d'isolation augmentent et les charges solaires à travers les fenêtres, les murs et les toits doivent être limitées. Dans les climats chauds et humides, les charges d'humidité doivent être minimisées. Des exemples de maisons passives dans des climats aussi variés que le Canada, les États-Unis, l'Allemagne, la Chine, la Grèce, l'Espagne, Taiwan, le Mexique et les Émirats arabes unis illustrent l'éventail des solutions possibles.

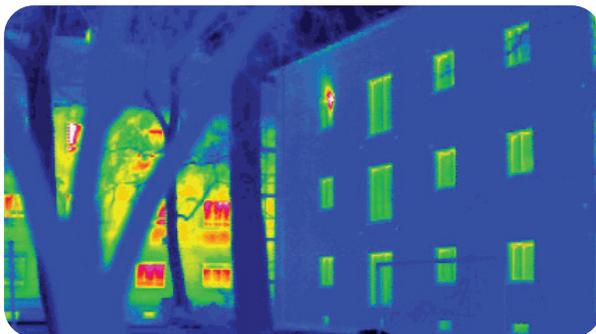


Figure 3.2.19

Une image infrarouge montre quelle peut être l'efficacité de l'isolation thermique d'une habitation passive (à droite) par rapport à une habitation traditionnelle (à gauche).

Résidence économe en énergie du Premier ministre britannique

Le 10-12 Downing Street est célèbre à Londres car c'est la résidence du Premier ministre britannique.

Ce bâtiment vieux de 300 ans a récemment fait l'objet d'un programme de modernisation et de rénovation progressive afin de devenir plus efficace sur le plan énergétique. Les initiatives écologiques introduites ont été les suivantes :

- éclairage contrôlé à l'aide de détecteurs de mouvements et de lampes à basse consommation,
- récupération de la chaleur des équipements informatiques pour chauffer l'eau.
- isolation thermique,
- installations à faible consommation d'eau,
- collecte de l'eau de pluie pour l'arrosage des jardins,
- système de gestion du bâtiment assurant le suivi des services,
- bois provenant de sources légales et durables,
- plus de 90 % des déchets de construction recyclés
- more than 90 % of construction waste recycled.

Grâce à son programme de rénovation, la résidence du Premier ministre britannique a déjà obtenu la notation « Très bien » du programme BREEAM.



Une école respectueuse du climat aux États-Unis

Le collège Sidwell Friends est parvenu à réduire sa consommation énergétique de 60 % et sa consommation d'eau de 90 %.

Des légumes cultivés par les élèves sur le toit de l'immeuble à l'aide de l'eau de pluie sont servis à la cantine. L'eau suffisamment potable n'est destinée qu'à la consommation.

L'établissement se trouve dans une région des États-Unis où il fait souvent très chaud, le bâtiment dispose donc de ses propres tours de refroidissement, qui contribuent à abaisser la température de l'air chaud extérieur avant qu'il ne pénètre à l'intérieur. La climatisation n'est utilisée dans les classes que lors des jours d'extrême chaleur.

Des systèmes optiques ont été installés afin de réguler la circulation de la lumière du soleil, en l'acheminant vers les pièces sombres du bâtiment. Les fenêtres exposées au soleil ont une teinte particulière afin de protéger l'intérieur du bâtiment de toute surchauffe.



Bâtiments actifs

Le bâtiment actif intègre certains concepts du bâtiment passif, comme l'isolation ou l'exposition solaire optimale des fenêtres. Cependant, il favorise également les systèmes à énergie renouvelable, comme les chauffe-eau solaires et/ou les pompes à chaleur géothermiques. Le premier bâtiment actif en matière d'économie d'énergie a été construit au Danemark, pays qui dispose même d'un site Internet dédié aux bâtiments actifs : www.activehouse.info. Un projet de directive européenne de 2023 qui réglemente la performance énergétique des bâtiments appelle à ce que tous les nouveaux bâtiments soient neutres en émissions à partir de 2030, dans le but d'avoir un parc immobilier neutre en émissions d'ici 2050. Cela signifie que ces bâtiments doivent avoir des caractéristiques qui sont celles à la fois des bâtiments passifs et des bâtiments actifs.

Habitation active au Danemark

« Home for Life' » au Danemark constitue un exemple d'habitation active neutre en CO₂. Elle produit 9 kWh/m² d'énergie par an, soit plus qu'elle n'en consomme. Une pompe à chaleur solaire et 7 m² de capteurs solaires permettent de produire de l'énergie à des fins de chauffage et de production d'eau chaude, tandis que 50 m² de cellules solaires produisent de l'électricité. Des fenêtres allant du sol au plafond couvrent 40 % de la façade, soit deux fois la superficie d'une habitation traditionnelle. Elles permettent d'éclairer et de chauffer les pièces grâce aux rayons du soleil. Toutes les pièces sont équipées de capteurs qui enregistrent la température, les niveaux de CO₂ et le taux d'humidité, et un système de contrôle intelligent permet de s'assurer que le logement s'adapte à l'exigence d'un climat intérieur sain et confortable. Des mécanismes d'ouverture automatique des fenêtres laissent entrer l'air frais, tandis que des capteurs éteignent la lumière lorsque vous quittez la pièce.

Des systèmes optiques ont été installés afin de réguler la circulation de la lumière du soleil, en l'acheminant vers les pièces sombres du bâtiment. Les fenêtres exposées au soleil ont une teinte particulière afin de protéger l'intérieur du bâtiment de toute surchauffe.



3.2.4 | Les villes vertes

On compte de nombreux exemples d'utilisation de technologies économes en énergie dans les bâtiments du monde entier et, plus récemment, les populations ont commencé à mettre en place des projets de plus grande envergure, à l'échelle urbaine. L'un des projets les plus ambitieux est la création de villes entièrement écologiques. Imaginez toute une ville conçue en harmonie avec l'environnement, dont les habitants ne consomment que les ressources dont ils ont réellement besoin, et font tout ce qui est en leur pouvoir pour protéger le milieu naturel. L'ensemble de l'énergie de la ville est produit à l'aide de sources d'énergie renouvelable. Les déchets sont recyclés et réutilisés. Les habitants de cette ville sont pleinement conscients de l'importance de prendre soin de la planète et de chacun, et vivent en paix et en harmonie les uns avec les autres.

Une partie de plus en plus grande de la population mondiale souhaite voir ces rêves se réaliser, par conséquent, la conception des villes vertes fait l'objet d'une réflexion plus importante. Ces villes ont un air et une eau purs. Les déchets et les eaux usées sont recyclés et réutilisés. Les toits sont utilisés aux fins de jardinage ou d'installation de panneaux solaires, et possèdent des réservoirs visant à recueillir l'eau de pluie. Des technologies d'habitations actives et passives sont utilisées lors de la construction des bâtiments résidentiels, publics et commerciaux.

Il est impossible de rendre toutes les villes écologiques en un claquement de doigt, cependant ce rêve devient petit à petit une réalité partout dans le monde.



Samsø, Denmark

Les habitants de l'île danoise de Samsø sont autonomes en matière d'énergie grâce à l'utilisation des énergies renouvelables, et parviennent même à vendre un peu de l'énergie qu'ils produisent. Dix ans ont été nécessaires pour parvenir à ce résultat, de même que des investissements à hauteur de 80 millions de dollars américains, néanmoins cet argent a déjà été remboursé par les ventes d'électricité. Les habitants de l'île ont installé 10 éoliennes à terre et 11 en mer, lesquelles produisent au total 28 GWh d'énergie chaque année.

Le chauffage fourni sur l'île provient de sources de biomasse renouvelables : de la chaume, de la sciure et d'autres déchets végétaux sont brûlés dans des chaudières industrielles.

L'île possède une superficie de 114 km², et s'étend sur une longueur de 50 km du nord au sud, et une largeur de 20 km à son point le plus large. Elle compte 4 000 habitants, dont la plupart travaillent dans l'agriculture. Le village le plus grand, Tranebjerg, compte seulement 800 habitants, qui cependant se considèrent fièrement des citoyens.





Masdar City (Émirats arabes unis)

Masdar City (« masdar » signifiant « source » en arabe) est une nouvelle ville écologique située aux Émirats arabes unis (EAU). Elle se trouve dans l'émirat d'Abou Dhabi, à 17 km de la capitale et près de l'aéroport international.

L'idée de construire une ville écologique en plein désert a été émise par le gouvernement d'Abou Dhabi. Le projet, d'un budget total de 22 milliards de dollars américains, a été lancé en 2006. Cette nouvelle ville devrait accueillir entre 40 000 et 50 000 habitants, et environ 60 000 de plus

viendront y travailler chaque jour. La plupart des sociétés et des usines qui y seront implantées seront spécialisées dans le développement et la production de produits et de technologies respectueuses de l'environnement. Le transport en voiture n'est pas autorisé à Masdar City : les résidents se déplaceront à pied, en vélo, en transport public ou en utilisant les nouveaux taxis contrôlés par ordinateur. Un haut mur d'enceinte est en construction autour de la ville afin de la protéger du vent chaud du désert, et ses rues bénéficieront de vastes espaces ombragés. Masdar City est destinée à être une plaque tournante pour les entreprises de technologies propres. Le Masdar Institute of Science and Technology opère dans la ville depuis septembre 2010. La ville abrite également le siège social de l'Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA).

L'expérience de Masdar City illustre à quel point la vie durable comporte ses difficultés et ses défis. Des scooters électriques aux véhicules verts autonomes en passant par les technologies du futur, la ville présente non seulement ses solutions pour faciliter la vie de manière durable, mais aussi des choix intelligents qui mènent à un monde meilleur.





Treasure Island (San Francisco, California, USA)

Treasure Island est une île artificielle créée en Californie en 1939 dont l'objectif premier était d'accueillir un nouvel aéroport. Ces plans ont été modifiés avec le déclenchement de la Seconde Guerre mondiale, et l'île a donc servi de base militaire jusqu'en 1996. Treasure Island est désormais utilisée comme site d'essai pour une communauté urbaine hautement durable qui tirera plus de 50 % de son énergie de sources renouvelables telles que des panneaux solaires sur les toits et des éoliennes.



Les citoyens pourront acheter des fruits et légumes dans une ferme biologique de l'île, toutes les voitures seront respectueuses de l'environnement et les bâtiments seront économes en énergie. Les bâtiments de l'île sont certifiés selon la norme d'efficacité énergétique LEED.



Sherford (Angleterre)

Sherford en Angleterre est une nouvelle ville écologique de style anglais traditionnel. Le projet a été lancé en 2015 et bénéficie du soutien du roi Charles III. Tous les bâtiments de Sherford seront construits à partir de matériaux respectueux de l'environnement, produits en Angleterre et à une distance maximale de 80 km du site de construction. Une telle démarche permettra de réduire l'empreinte carbone liée aux travaux de construction, car il ne sera pas nécessaire de transporter les matériaux sur de longues distances, en émettant des gaz à effet de serre issus de la combustion de carburant.

Sherford suivra l'urbanisation traditionnelle pour rendre la ville neutre en carbone en construisant des bâtiments économes en énergie et en aménageant la ville de manière à ce que les gens vivent à proximité d'une rue principale. Cela permet de se déplacer facilement et rapidement à pied et à vélo, de sorte que les habitants n'auront pas besoin de transports en voiture dans certaines parties de la ville. L'espace sur les toits sera également utilisé pour des panneaux solaires et pour la culture de plantes. Environ un quart des logements seront « à bas prix » en raison de l'écart important entre les prix des logements et les salaires dans la région.



La ville de Vancouver, Canada

La ville de Vancouver au Canada est reconnue comme l'une des villes les plus respectueuses de l'environnement d'Amérique du Nord. La ville a adopté le plan ambitieux de devenir la ville la plus écologique du monde. Ce plan, élaboré par les autorités municipales en collaboration avec la population locale, prévoit des mesures comme un passage à 100 % vers l'électricité d'origine renouvelable d'ici 2050, un programme zéro déchet, l'extension du réseau de rues piétonnes et de pistes cyclables, le développement de bâtiments et de transports publics écologiques, le développement des espaces verts, ainsi que l'augmentation du nombre de marchés fermiers et de jardins communautaires. En outre, l'administration de la ville a constitué un fonds de deux millions de dollars américain, intitulé « Greenest City Fund », en collaboration avec la Vancouver Foundation, afin de soutenir les projets communautaires verts destinés à la ville de Vancouver. Avec la mise en place de toutes ces mesures, la ville de Vancouver espère, d'ici 2050, réduire les émissions de gaz à effet de serre locales de 80 % par rapport aux niveaux enregistrés en 2007.





QUESTIONS

1

A quel moment de la journée observe-t-on un pic de consommation électrique ?

2

Selon vous, les pays chauds devraient-ils se préoccuper des économies d'énergie ?

3

Comment une ville doit-elle être aménagée pour devenir « écologique » ?

4

Selon vous, quelle partie de votre maison perd le plus de sa chaleur en hiver et de sa fraîcheur en été ? Comment éviter cela ?

5

Quelle est la différence entre bâtiment « passif », « actif » et « intelligent » ?





EXERCICES

1

Demandez à vos parents de vous montrer les factures d'électricité de votre maison ou de votre appartement pour l'année écoulée, notez combien de kilowatts-heures ont été consommés et tracez un graphique.

Déterminer la consommation électrique de vos principaux appareils électroménagers : réfrigérateur, lave-linge, aspirateur, télévision, lampes, etc. Pour ce faire, vous pouvez : 1) trouver la puissance de chaque appareil sur sa fiche technique ; 2) calculer grossièrement combien d'heures par jour l'appareil fonctionne ; 3) multiplier cette durée par le nombre de jours dans le mois ; 4) multiplier la puissance de l'appareil par sa durée de fonctionnement.

Tracez un second graphique sur la même feuille de papier, résumant la consommation électrique totale de vos appareils électroménagers. Analysez le graphique, déterminez quels appareils consomment le plus et pourquoi. Avec vos parents, réfléchissez à ce que vous pourriez faire pour réduire votre consommation énergétique.

2

Dessinez une grande carte de la ville respectueuse de l'environnement où vous aimeriez vivre. Comment s'appellera-t-elle ? Dans quelle partie du monde se trouvera-t-elle ?

Comment ses rues seront-elles aménagées ? Les véhicules à moteur seront-ils autorisés à parcourir la ville ? Quelles seront les sociétés et les industries (s'il en est) qui y seront implantées ?

Où se trouvera le quartier résidentiel et pour quelle raison ? Dessinez ce à quoi votre habitation ressemblera dans cette ville. De quel type de bâtiment s'agira-t-il et en quoi sera-t-il construit ? Écrivez une rédaction à ce sujet.

3

Renseignez-vous sur les initiatives écologiques des différentes villes du monde en consultant la page « Ville durable » de Wikipedia et d'autres ressources en ligne. Trouvez des informations détaillées sur la situation actuelle d'une ville écologique donnée, et faites le point en classe sur cette ville.

3.3

L'empreinte carbone et comment puis-je aider la planète en réduisant mon empreinte carbone

3.3.1

L'empreinte carbone

Toute activité humaine utilisant de l'énergie a une incidence sur le climat.

Nous conduisons des voitures, voyageons en avion vers d'autres villes et pays, regardons la télévision et utilisons des ordinateurs, cuisinons nos repas et mettons nos aliments au réfrigérateur. Nous abattons des forêts pour fabriquer du papier et des meubles. Nous allumons le chauffage en hiver et l'air conditionné en été, et nous éclairons à l'électricité dans nos foyers tout au long de l'année. En faisant tout cela, nous laissons chacun notre propre empreinte carbone.

L'empreinte carbone d'une ville ou d'un pays correspond à la quantité totale de gaz à effet de serre que l'ensemble des personnes et des entreprises de cette ville ou de ce pays produisent dans le cadre de leurs actions, des événements auxquels elles participent et des produits qu'elles consomment directement ou indirectement.

Figure 3.3.1

Exemples de sources d'émission de gaz à effet de serre



Adopter un comportement respectueux de l'environnement implique de réfléchir à la manière de réduire ses émissions de gaz à effet de serre et son empreinte carbone.

C'est une pratique courante de traduire toutes les émissions de gaz à effet de serre en équivalent CO₂ afin de faciliter la compréhension et les calculs. Cette quantité est exprimée en unités d'équivalent CO₂.

Empreinte carbone

- Courrier électronique – 4 g
- Le même message avec une pièce jointe volumineuse – 50 g
- Un sac en plastique – 10 g
- Une bouteille d'eau de 0,5 litre (production locale) – 110 g
- Une bouteille de taille moyenne – 160 g
- Une glace – 500 g
- Un jean – 6 kg

Les émissions directes correspondent à la quantité de dioxyde de carbone résultant de l'utilisation de combustibles fossiles. Par exemple, la quantité de gaz à effet de serre émise dans le cadre de l'exploitation d'une usine ou de l'utilisation d'un véhicule motorisé.

Les émissions indirectes correspondent à la quantité de CO₂ relâchée dans l'atmosphère dans le cadre de la production et du transport d'énergie nécessaires à la fabrication des produits que vous achetez et des services dont vous avez besoin. Cette partie de l'empreinte carbone est celle sur laquelle nous pouvons influencer : nous pouvons réfléchir à deux fois et décider de ne pas acheter de gobelets jetables, réfléchir à deux fois et marcher au lieu de nous déplacer en voiture, réfléchir à deux fois et ne pas utiliser le lave-linge à demi-charge.

Calculer l'importance de notre empreinte carbone (notamment les émissions indirectes) est une tâche difficile, car nous devons prendre en compte nombre de facteurs différents et trouver un grand nombre d'informations. En outre, l'empreinte carbone d'un produit sera toujours la même pour le producteur, mais sera différente pour les différents consommateurs, car les frais de transport et autres coûts de livraison du produit au consommateur doivent être pris en compte.

À titre d'exemple, l'empreinte carbone d'une pomme de jardin, consommée au pied de l'arbre sur lequel elle a poussé, s'élève à 0 g de CO₂. Si vous achetez des pommes cultivées dans votre région en saison (c.-à-d. en été et au début de l'automne), l'empreinte carbone d'une pomme s'élève à 10 g de CO₂. L'empreinte carbone d'une pomme importée (par exemple, une importée d'Italie) s'élèvera à 150 g de CO₂.

Les entreprises soucieuses de leur responsabilité environnementale compensent leur empreinte carbone en plantant des arbres et en obtenant des certificats auprès d'entreprises de compensation carbone réputées.

Les produits ou services ayant des émissions de CO₂ faibles ou nulles, ou dont les émissions ont été compensées, peuvent recevoir un étiquetage bas carbone ou neutre en carbone pour démontrer leur respect du climat. Un tel étiquetage influence le choix des consommateurs en faveur de ce produit ou service particulier.

Exemples de labels « carbone neutre » :



3.3.2

Comment puis-je aider la planète ? En réduisant votre empreinte carbone

Les gaz à effet de serre influent sur le climat de la planète, et nos habitudes conditionnent les émissions de gaz à effet de serre. Voyons comment réduire notre empreinte carbone et aider la planète.

Température intérieure et températures confortables

Dans les pays du nord, la quasi-totalité des bâtiments ont besoin de chauffage et d'isolation thermique. La plupart des systèmes de chauffage équipant les bâtiments anciens ont été installés au moment où les prix de l'énergie thermique étaient bas et où l'efficacité énergétique n'était pas une priorité. Dans bon nombre de villes, l'énergie thermique est produite par la combustion de gaz ou de charbon, ce qui provoque des émissions de gaz à effet de serre qui affectent le climat.

D'autres solutions permettent de produire de l'énergie thermique, comme les capteurs solaires et les pompes à chaleur, cependant ces technologies restent onéreuses et ne sont pas évidentes à installer pour un immeuble résidentiel ancien composé de plusieurs étages.

La solution la plus simple est d'améliorer l'isolation thermique. Les déperditions de chaleur dépendent de deux facteurs : la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur, et les propriétés thermo-isolantes des murs, plafonds, fenêtres et sols. Les bâtiments perdent une grande partie de leur chaleur par le système de ventilation. Les déperditions de chaleur peuvent également être dues à des vices cachés, des erreurs de conception, une mauvaise qualité de la construction, et le vieillissement du bâtiment et des matériaux d'isolation thermique. Il est possible de déterminer si les murs, les plafonds et les fenêtres retiennent bien la chaleur et d'identifier toute fuite de chaleur au moyen de l'imagerie thermique, laquelle est réalisée à l'aide d'une caméra particulière indiquant la répartition de la température sur toute surface, comme le mur d'une habitation. La répartition de la température apparaît sur l'écran (et est enregistrée dans la mémoire) de la caméra sous différentes couleurs, chaque couleur correspondant à une température donnée. À côté de l'image se trouve systématiquement une échelle indiquant la correspondance entre les couleurs apparaissant sur l'image et les gammes de températures spécifiques.

La déperdition de chaleur la plus importante dans tout bâtiment préfabriqué se situe au niveau des joints, entre les panneaux muraux extérieurs. Le seul remède (sauf démolition) est une réparation complète de la façade à l'aide des derniers enduits retenant la chaleur. La qualité d'installation des fenêtres peut être décisive en ce qui concerne les niveaux de déperdition de chaleur, y compris dans les bâtiments neufs et rénovés.

Figure 3.3.2

Un immeuble résidentiel de cinq étages datant des années 1960 « luit » aux endroits où la chaleur s'échappe, à savoir les joints situés entre les panneaux préfabriqués

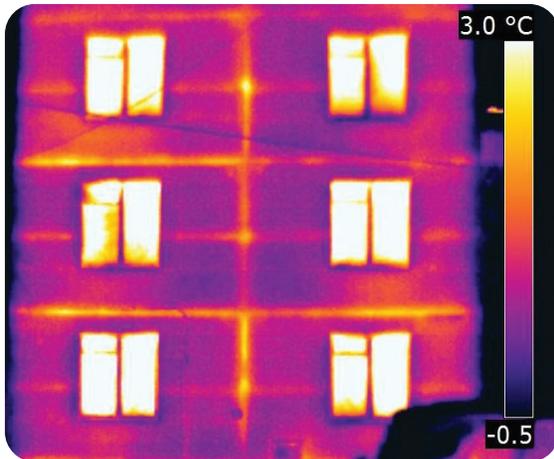


Figure 3.3.3

Les déperditions de chaleur à l'angle de ce bâtiment en briques sont conséquentes à la jonction entre le vitrage des balcons et le mur, et également à la jonction entre les plafonds et les murs

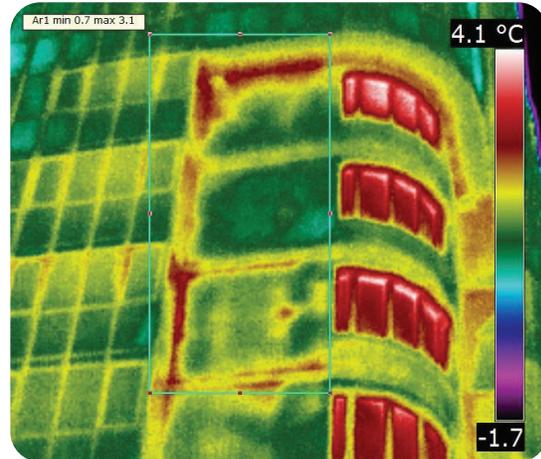
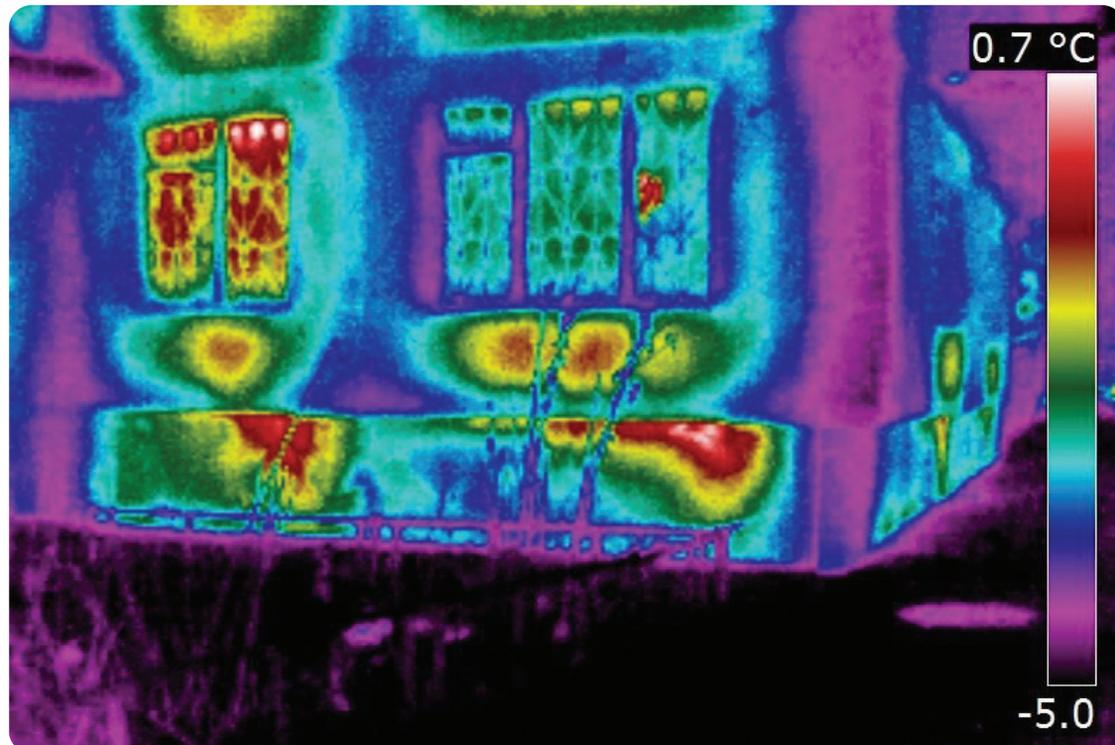


Figure 3.3.4

Les points rouges correspondent aux emplacements des radiateurs muraux installés dans ce bâtiment résidentiel ancien.





Isolation thermique des appartements

Les options permettant d'économiser de l'énergie en améliorant l'isolation thermique des appartements vont du remplacement des fenêtres par des fenêtres modernes à double et triple vitrage à de meilleures portes, en passant par une meilleure isolation des murs, des sols et des plafonds et le remplacement des radiateurs de chauffage par des radiateurs plus efficaces

- Les fenêtres modernes, faites de plastique ou de bois, offrent une excellente protection contre le froid. Elles sont faciles à entretenir et à manipuler.
- Si vous ne pouvez pas remplacer vos fenêtres par des fenêtres plus modernes, faites de votre mieux pour assurer leur isolation. Passez une bougie ou une plume le long de l'encadrement afin d'identifier tout courant d'air éventuel, et colmatez les brèches à l'origine de ces courants d'air. La meilleure période de l'année pour le faire est l'automne, car l'enduit ne tiendra pas correctement si les températures sont trop élevées ou trop basses. Assurez-vous que l'encadrement est sec avant de l'appliquer.
- Calfeutrez vos fenêtres pour l'hiver. L'un des avantages des systèmes d'isolation modernes est que l'on peut toujours ouvrir et fermer les fenêtres, même après l'installation de systèmes de calfeutrage.
- Si vous éprouvez toujours des difficultés à conserver la chaleur de la pièce, installez d'épais rideaux au niveau des fenêtres.
- Vous pouvez acheter un film thermo-réfléchissant à coller à l'intérieur des doubles vitrages afin de renvoyer la chaleur à l'intérieur de l'appartement. Certains de ces films peuvent être retirés en été. Néanmoins, le film ne laisse entrer que 80 % de la lumière du jour dans la pièce, ce qui peut être un inconvénient majeur pour les appartements qui manquent de lumière (p. ex. ceux situés en rez-de-chaussée, ou exposés au nord, ou disposant d'un balcon surplombé par l'étage du dessus, ou ombragé). Il convient toutefois de peser le pour et le contre : les adultes sont rarement chez eux durant les heures de jour en hiver, et les enfants sont à l'école ou ailleurs, la pose d'un film réfléchissant peut donc représenter un avantage considérable.
- Si la porte d'entrée laisse entrer le froid, la meilleure des choses à faire est de la remplacer, en prenant bien soin de faire appel à un bon installateur. Le choix de la porte n'est pas le plus compliqué, toutefois la qualité de son installation est ce qui fait toute la différence en matière de réduction des déperditions de chaleur et également d'isolation phonique.
- Si vous ne pouvez pas changer la porte, vous pouvez améliorer son isolation en apposant sur celle-ci un panneau de polystyrène ou un autre matériau isolant, et en le recouvrant de cuir synthétique. Vous devez également colmater les espaces sous la porte, qui favorisent les déperditions de chaleur, en installant une bande de calfeutrage ou en surélevant le seuil de l'entrée.
- S'il fait froid à l'intérieur d'un bâtiment, cela signifie que les murs ont besoin d'être isolés. L'isolation des murs extérieurs peut être améliorée à l'aide de la méthode « façade humide » : un isolant thermique (à base de minéraux ou laine de verre) est fixé au mur et est peint ou recouvert de plâtre.

- Une autre manière de conserver la chaleur consiste à aménager soigneusement la pièce. Placez les armoires le long des murs froids : elles feront office de barrière naturelle contre le froid pénétrant dans la pièce. Les meubles présents dans la pièce ne doivent pas entraver la circulation de l'air chaud, évitez donc de placer des meubles près des radiateurs.
- Le moyen le plus simple et le moins onéreux d'isoler le sol est d'installer du linoléum sur une sous-couche de feutre. N'utilisez pas de colle, ou le feutre perdra ses propriétés isolantes. Vous pouvez également poser un film ou un matériau isolant sous tout revêtement de sol.
- La manière la plus évidente d'améliorer la qualité de chauffage d'une pièce consiste à remplacer les anciens radiateurs par des radiateurs bimétalliques récents. Cela doit être fait avant le début de la saison de chauffage. Lors de l'achat de nouveaux radiateurs, veillez à les choisir avec thermostat.
- Si le remplacement n'est pas possible, les anciens radiateurs peuvent être utilisés de manière plus efficace. Retirez l'ancienne peinture, poncez la surface et peignez-les avec des couleurs sombres : une surface sombre et lisse fournit 5 à 10 % de chaleur en plus. Vous pouvez également peindre une feuille de contreplaqué en argent ou la recouvrir d'une feuille métallique, et la placer derrière le radiateur pour renvoyer la chaleur vers la pièce plutôt que de chauffer les murs. Il convient également de conserver des radiateurs exempts de poussière, car celle-ci empêche le transfert de chaleur. Assurez-vous que les rideaux et les meubles n'entravent pas le flux de chaleur entre le radiateur et la pièce.
- Ne surchauffez pas la pièce ! Portez quelque chose de plus chaud plutôt que de surchauffer.
- Lorsque vous aérez l'appartement, faites-le rapidement et complètement : ouvrez grand les fenêtres et les portes pour faire circuler l'air.





Cuisine

Votre cuisinière électrique est l'appareil le plus puissant de votre maison : avec toutes les plaques et le four allumés, celle-ci peut consommer jusqu'à 20 kilowatts d'énergie, ce qui est 10 fois plus qu'une bouilloire électrique ou un fer à repasser.

- N'oubliez pas que le fond des casseroles et des poêles que vous utilisez sur votre cuisinière doit être lisse et épais. Cela peut prendre jusqu'à 40 % de temps en plus pour cuire des aliments dans une casserole à fond inégal ou concave.
- La casserole doit être de la même taille que la plaque, afin d'éviter toute perte de chaleur.
- Utilisez un couvercle ! La consommation d'énergie est 2,5 fois plus élevée lorsque vous cuisinez dans un plat non couvert.
- Sur une cuisinière électrique, vous pouvez généralement éteindre la plaque cinq minutes avant que les aliments soient prêts : la chaleur résiduelle terminera le processus de cuisson.
- Certains appareils électroménagers spéciaux (cafetières, autocuiseurs, multicuiseurs) peuvent préparer des aliments en utilisant 30 à 40 % d'énergie en moins qu'une cuisinière ordinaire, en moitié moins de temps.
- Si vous versez de l'eau sur les céréales quelques heures avant de cuisiner un porridge, celui-ci sera plus rapide à préparer et contiendra davantage de vitamines. Le sarrasin peut être mis à tremper pendant environ une heure, le riz pendant un peu plus longtemps, et les haricots ou les pois pendant une nuit entière. Cela vous fera gagner du temps – si les aliments cuisent plus rapidement, vous n'aurez pas à les surveiller pendant trop longtemps.
- N'utilisez pas trop d'eau lorsque vous faites bouillir des aliments.
- Ne remplissez pas entièrement la bouilloire si vous n'avez besoin d'eau que pour une tasse.



Réfrigérateurs

Le réfrigérateur est l'appareil électroménager le plus énergivore de votre maison, et le montant de votre facture d'électricité dépend largement de sa qualité de fabrication et de la manière dont vous l'utilisez.

Un réfrigérateur récent consomme trois à cinq fois moins d'énergie qu'un modèle de même taille fabriqué il y a 20 ans, avec les mêmes caractéristiques, notamment lorsque les anciens joints ont perdu de leur étanchéité, de sorte que de l'air chaud entre dans le réfrigérateur. Pour un foyer économe d'une ou deux personnes, l'acquisition d'un nouveau réfrigérateur peut contribuer à diviser la facture d'électricité par 1,5

- Avant d'ouvrir le réfrigérateur, réfléchissez à ce dont vous avez besoin à l'intérieur. Quelques secondes à peine suffisent pour que l'air chaud de la pièce remplace l'air froid à l'intérieur du réfrigérateur.
- Si le réfrigérateur est grand, il est recommandé de le remplir de pots divers et variés : lorsque vous ouvrez le réfrigérateur, de l'air chaud remplace rapidement l'air froid, mais si le réfrigérateur est plein, alors l'air chaud pourra moins facilement y entrer.
- Ne mettez jamais d'aliments au réfrigérateur s'ils sont encore chauds ! Installez le réfrigérateur aussi loin que possible des radiateurs, de la cuisinière et de la lumière directe du soleil.
- Assurez-vous que les récipients contenant des aliments sont recouverts lorsque vous les mettez au réfrigérateur afin que l'humidité ne s'évapore pas et ne s'accumule pas sur les parois du réfrigérateur.
- Si le réfrigérateur a besoin d'être dégivré manuellement, veillez à le faire régulièrement.



Éclairage

Vous pouvez réaliser des économies d'énergie allant jusqu'à 40 % en utilisant des équipements d'éclairage modernes et en appliquant quelques conseils pratiques.

- Un éclairage d'appoint de notre zone de travail ou de lecture est souvent bien plus efficace qu'un puissant éclairage de plafond. Utilisez des lampes et appareils d'éclairage portatifs.
- Une surface blanche et lisse reflète 80 % de la lumière dirigée vers elle, tandis qu'une surface vert foncé n'en reflète que 15 %, et une surface noire seulement 9 %. Lors du choix des meubles, du papier peint et des rideaux d'une pièce, privilégiez les couleurs claires.
- Il existe une manière très simple et très efficace d'améliorer la qualité de votre éclairage : dépoussiérez régulièrement les ampoules et les fenêtres.
- La majeure partie de la lumière du jour entre dans une pièce par la partie supérieure de la fenêtre, il est donc particulièrement important de pas l'en empêcher.



Appareils électroménagers

La consommation d'énergie peut être réduite en apprenant comment faire un meilleur usage des appareils électroménagers.

- Lors de l'achat d'un équipement audio, vidéo ou informatique, privilégiez un modèle à faible consommation énergétique. Bien sûr, les décisions d'achat du foyer appartiennent aux parents, mais vous pouvez toujours les aider à trancher en leur communiquant ce que vous savez – ils en tiendront peut-être compte.
- Éteignez tous les appareils électriques lorsque vous ne les utilisez pas. Lorsque vous éteignez la télévision à l'aide d'une télécommande, celle-ci passe en mode « veille », ce qui consomme moins d'électricité, mais en consomme toujours.
- Ne laissez pas les chargeurs de téléphones branchés en permanence.
- Utilisez des rallonges de première qualité, avec un cordon large. Les cordons étroits auront tendance à chauffer, ce qui signifie que l'électricité sera perdue sous forme de chaleur plutôt que d'alimenter vos appareils.



Consommation d'eau

Les actions liées à la consommation d'eau permettent d'économiser à la fois de l'énergie et de l'eau.

- Privilégiez les douches aux bains, qui ne doivent être qu'occasionnels
- 10 gouttes par minute qui s'écoulent du robinet correspondent à 263 litres d'eau par an. Réparez les robinets qui fuient.
- Il existe différents types de robinets. Les robinets à rondelles de caoutchouc sont susceptibles de fuir plus souvent, toutefois, cette petite pièce de caoutchouc est facile à remplacer. Les robinets en céramique ou à poignées sphériques peuvent durer très longtemps, mais uniquement si la canalisation qui achemine l'eau jusqu'à eux est dotée de filtres, car les parties polies de ces robinets sont très sensibles aux particules de rouille présentes dans l'eau. Les robinets en céramique doivent être fermés délicatement. Les robinets thermostatiques, qui ont récemment fait leur apparition sur le marché, sont plus onéreux, mais ils permettent d'ajuster la température de l'eau rapidement et avec précision, ce qui réduit les dépenses inutiles.
- Prenez l'habitude de fermer le robinet lorsque vous n'avez pas besoin que l'eau coule en continu. Certains foyers épluchent les pommes de terre et font la vaisselle sous l'eau du robinet, toutefois ces tâches peuvent être acquittées simplement en utilisant des bassines et seaux. Il est plus facile de laver la vaisselle en une fois, puis de la rincer en une fois. Les éviers récents sont souvent dotés de bouchons. Vous pouvez donc utiliser l'évier lui-même comme bassine.



Lavage et repassage

Réduire les émissions liées au lavage et au repassage peut contribuer à économiser de l'énergie, des émissions, du temps et à conserver vos vêtements plus longtemps.

- Lorsque vous lavez le linge à la machine, il n'est pas nécessaire de régler la température sur 90 °C et de lancer un cycle complet : cela n'est valable que pour les articles très sales. En ce qui concerne le linge et les vêtements peu sales, un cycle de lavage économique suffit (toute machine propose un mode économique ou un cycle rapide), sachant que les lessives actuelles contiennent des enzymes qui assureront un bon nettoyage même à basse température. Un tel lavage consomme presque 10 fois moins d'électricité qu'un cycle de 30 mn à 90 °C.
- Attendez de pouvoir remplir le lave-linge avant de l'utiliser – il n'est pas économique de ne laver qu'un jean.
- Vérifiez que le linge à laver est réparti uniformément dans le tambour de la machine. Dans le cas contraire, la machine aura des difficultés à faire tourner rapidement le tambour. Si le linge est réparti uniformément, le lave-linge subira moins de pression, le cycle de lavage sera plus court et les pièces de la machine dureront plus longtemps.
- Lorsque vous repassez vos vêtements, triezy-les par type de tissu : vous pouvez commencer par les faibles températures, puis passer aux vêtements nécessitant des températures plus élevées, tandis que les petites pièces pourront être mises de côté et repassées à la fin, une fois le fer éteint.
- Certains articles n'ont pas besoin d'être repassés – il suffit de les suspendre soigneusement sur des cintres.



Recyclage et réutilisation

Nous avons pour habitude d'avoir une abondance de choses autour de nous, mais elles ne proviennent pas de nulle part. Tout ce que nous utilisons a été produit en utilisant de l'énergie et avec la contribution de nombreuses personnes. Les déchets issus de cette production et les décharges de plus en plus grandes détériorent nos conditions de vie et ont une incidence négative sur le climat.

- Avant d'acheter quelque chose de neuf, demandez-vous si vous en avez réellement besoin. Vous n'en n'aurez peut-être besoin que quelques temps et pourriez donc aussi bien l'emprunter à quelqu'un d'autre.
- Prenez soin des choses afin qu'elles durent plus longtemps.
- Si vous n'avez plus besoin de quelque chose, demandez-vous si elle pourrait être utile à quelqu'un d'autre. Nous pouvons donner les jouets et les vêtements que nous n'utilisons plus aux crèches, aux orphelinats ou juste à des enfants de notre entourage. Certains sites Internet permettent de proposer gratuitement des choses que nous n'utilisons plus afin qu'elles trouvent preneur. Les tubes et boîtes d'emballage peuvent être transformés en quelque chose d'autre, les vieux jouets et poupées peuvent être restaurés, et un appareil cassé peut être réparé et fonctionner de nouveau.
- Vous pouvez donner les vieux livres que vous ne lisez plus à la bibliothèque ou procéder à un échange de livres, une pratique devenue populaire ces dernières années : il existe dans certaines bibliothèques et librairies des étagères dédiées où vous pouvez apporter un de vos livres et l'échanger contre un livre précédemment déposé par quelqu'un d'autre.
- Si quelque chose est définitivement cassé, son matériau de fabrication peut être recyclé. Vous pouvez vérifier sur Internet s'il y a, dans votre ville, un point de récupération des objets recyclables – vous aurez peut-être de la chance et disposerez d'un tel point de récupération à proximité de votre domicile. Vous pouvez également afficher des annonces afin d'inciter les habitants de votre quartier à se réunir pour le recyclage des déchets et objets indésirables, ou vous associer à vos amis, ou parler à vos enseignants. Ensemble, vous réunirez peut-être suffisamment de plastique, de papier et de métal pour que le déplacement au centre de recyclage vaille la peine.
- Apportez vos propres sacs lorsque vous faites les courses, de sorte à ne pas avoir besoin d'en acheter des neufs à la caisse (à moins que vous n'en n'ayez réellement besoin). Des sacs en plastique sont désormais gratuitement mis à disposition dans les magasins, lesquels s'avèrent parfois pratiques et nécessaires. Toutefois, vous avez toujours la possibilité d'indiquer au personnel de caisse que vous n'en voulez pas. Un certain nombre de pays commencent à facturer les sacs en plastique, ce qui vaut encore plus la peine d'amener ses propres sacs.
- Il est recommandé d'acheter les produits de consommation courante (lessive, shampoing, certaines céréales, etc.) en gros conditionnement. Rappelez-le à vos parents.



Figure 3.3.3

Déchets métalliques
pressés en balles

Tableau 3.3.1

Comparaison entre du papier produit entièrement à partir de pâte vierge et du papier produit entièrement à partir de matériaux recyclés (par tonne de papier)

	Papier fabriqué entièrement à partir de pâte vierge	Papier fabriqué entièrement à partir de matériaux recyclés	Économie
Bois	3 tonnes	0 tonnes	3 tonnes
Énergie	11 140 kilowatts-heure	6 450 kilowatts-heure	4 690 kilowatts-heure
Émissions de gaz à effet de serre	2 581 kg of CO ₂	1 625 kg of CO ₂	956 kg of CO ₂
Eaux usées	72 000 litres	39 100 litres	33 100 litres
Déchets solides	1 033 kg	506 kg	528 kg

Si nous économisons 1 tonne de papier, nous économiserons également 13 tonnes de pétrole, 4 100 kilowatts-heure d'électricité et 32 tonnes d'eau. La production et l'impression d'une feuille de papier A4 génère 28 g de CO₂, et la copie d'une seule feuille A4 produit 380 g de CO₂.

Économies d'énergie en matière de production grâce à l'utilisation de matériaux recyclés

Aluminium – 95 %

Zinc – 60 à 70 %

Papier – 64 %

Cuivre – 70–85 %

Magnésium – 95 %

Plastique – 80 à 88 %

Plomb – 60 à 80 %

Acier – 70 %

Verre – 68 %

Vous pouvez donc réduire votre empreinte carbone en consommant moins d'énergie et en ne gaspillant pas l'énergie et l'eau, en n'achetant pas de choses inutiles et suremballées, en recyclant vos déchets, en vous déplaçant à pied et en vélo autant que possible, en achetant des produits locaux. Pour finir, n'oubliez pas que nos principaux alliés dans la lutte contre le changement climatique sont les plantes. Prenez soin d'elles et plantez-en de nouvelles chaque fois que vous le pouvez, partout où cela est possible.





QUESTIONS

1

Qu'est-ce qu'une empreinte carbone ?

—

2

Quelles unités sont utilisées pour mesurer une empreinte carbone ?

—

3

Lequel de ces produits a la plus grande empreinte carbone : les fraises cultivées dans le jardin de la ferme locale, ou des fraises importées de l'étranger et joliment emballées ? Pourquoi ?

—

4

Il fait froid dehors et le chauffage ne fonctionne pas à l'intérieur. Quels sont les conseils les plus utiles pour avoir chaud chez soi et pourquoi ?

- a) porter un pull chaud et des chaussettes ;
- b) mettre un tapis sous ses pieds ;
- c) manger quelque chose ;
- d) boire un thé chaud ;
- e) allumer un radiateur électrique ;
- f) danser, sauter ou courir ;
- g) allumer un feu dans le poêle ou la cheminée ;
- h) prendre un bain chaud ;
- i) s'asseoir au soleil.

—

5

Quelle est la solution la plus économique et à quel moment : prendre un bain ou prendre une douche ?

—

6

L'installation de compteurs d'eau peut-elle aider à économiser l'énergie ? Pourquoi ?

—

7

Consommons-nous de l'énergie lorsque nous utilisons de l'eau dans un immeuble résidentiel ? Quel type d'énergie consommons-nous ?

—

8

Qu'avez-vous déjà mis à place chez vous pour faire des économies d'énergie ?

—

9

Quels sont les points importants à se rappeler lors de l'utilisation d'un réfrigérateur ?





EXERCICES



1

Testez votre empreinte carbone

- A.** Lorsque vous achetez des fruits et légumes dans un magasin, que choisissez-vous habituellement :
- produits locaux non emballés (1 point)
 - produits non emballés provenant des régions du sud de votre pays (2 points)
 - produits non emballés provenant de France, des Pays-Bas, d'Argentine et d'autres pays (3 points)
 - produits importés, préemballés individuellement (4 points)
- B.** Le sac que vous utilisez pour faire vos courses est :
- en lin ou coton (1 point)
 - en papier (2 points)
 - un sac plastique que je ramène de chez moi (3 points)
 - un sac plastique que je prends ou achète lorsque je paie des marchandises en magasin (4 points)
- C.** Lorsque vous achetez des boissons, dans quel type de contenant se trouvent-elles habituellement ?
- papier (1 point)
 - verre (2 points)
 - aluminium (3 points)
 - plastique (4 points)
- D.** Quel livre préférez-vous lire :
- un neuf, acheté en magasin (4 points)
 - un électronique (3 points)
 - celui qui a déjà été lu (2 points)
 - un de la bibliothèque (1 point)
- E.** Lorsque vous offrez un cadeau à quelqu'un, préférez-vous :
- du papier d'emballage lumineux et attrayant, quel que soit le matériau (4 points)
 - papier avec un label environnemental pour montrer qu'il est recyclable (2 points)
 - une boîte ou un sac usagé que je décore spécialement (2 points)
 - offrir le cadeau sans emballage (1 point)

Réponses

- **De 14 à 16 points :** L'empreinte carbone d'un éléphant ! Mieux vaut consacrer tout son poids aux économies d'énergie.
- **De 11 à 13 points :** L'empreinte carbone d'un sabot de cheval ! Enfilez votre harnais et faites des économies d'énergie.
- **De 8 à 10 points :** Vous avez l'empreinte carbone d'une patte de chat ! Mais ne restez pas assis à ronronner : vous pourriez faire encore mieux.
- **De 5 à 7 points :** Super ! Vous avez l'empreinte carbone d'une souris ! Vous pouvez être fier de vous – il ne vous reste plus qu'à persuader les autres d'être comme vous.

2

Dessinez un tableau composé de quatre colonnes. Dans la première colonne, notez les cas d'utilisation inefficace de l'énergie que vous observez autour de vous (dans la rue, chez vous, à l'école). Dans la deuxième colonne, expliquez comment économiser cette énergie ou l'utiliser plus efficacement dans l'ensemble de ces cas. Dans la troisième colonne, notez les cas d'utilisation efficace de l'énergie que vous avez observés. Enfin, dans la quatrième colonne, donnez pour chaque jour un exemple de situation où vous avez personnellement utilisé l'énergie de manière plus efficace et œuvré pour le bien de la planète. Comparez votre tableau avec celui de vos camarades. Faites le point sur les résultats.

3

Passez toutes vos affaires en revue (de préférence avec vos parents), trouvez l'endroit d'où elles viennent et inscrivez cet endroit sur une carte du monde. Mettez les choses que vous avez achetées ou qui vous ont été données, mais que vous n'utilisez pas, à part. Calculez la distance qu'elles ont parcouru pour arriver jusqu'à vous. Ensuite, composez un diagramme avec ce que vous avez appris, en indiquant la provenance des choses, l'utilité qu'elles ont pour vous (nécessaire, inutile, utile de temps en temps, bonne à recycler, bonne pour en faire autre chose, etc.).

4

Divisez la classe en sept groupes, chaque groupe tire à la courte paille pour choisir un groupe cible : élèves plus jeunes ; élèves plus âgés ; femmes au foyer ; retraités ; industriels ; politiciens ; enseignants. Chaque groupe doit élaborer un projet pour promouvoir les économies d'énergie et l'efficacité énergétique auprès de son groupe cible.

Vos tâches sont les suivantes :

- 1) réfléchir à un ou plusieurs slogans pour une campagne d'information
- 2) concevoir une affiche afin d'encourager les économies d'énergie et l'efficacité énergétique au sein de votre groupe
- 3) élaborer un programme permettant à votre groupe cible de saisir les principes de l'économie d'énergie et de les appliquer.

Incorporez des idées originales dans votre programme, que ce soit un spectacle de marionnettes, la publication d'un livre ou bien la proposition de réformer l'état (en fonction du groupe cible).

Une fois les projets présentés, affichez les meilleures affiches dans l'école.

3.4

Coopération mondiale sur le changement climatique, le développement durable et une approche qui implique l'ensemble de la société dans la lutte contre ses effets

Coopération et négociations mondiales sur le changement climatique

Jusqu'à la fin des années 1970, les seules personnes à se préoccuper du changement climatique étaient les scientifiques.

En 1979, les rapports présentés à l'occasion de la première Conférence mondiale sur le climat ont démontré que l'activité humaine avait un impact considérable sur le climat. Cela a permis d'attirer l'attention des journalistes, puis du grand public, et enfin des gouvernements.

En 1988, les Nations Unies ont reconnu le changement climatique comme l'un des problèmes mondiaux les plus préoccupants de l'humanité.

Certains des meilleurs scientifiques du monde ont commencé à se pencher sur le problème du changement climatique.

En 1988, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a été créé par l'Organisation météorologique internationale et le Programme des Nations Unies pour le développement.

Le Groupe a été chargé d'examiner les preuves scientifiques disponibles et d'indiquer de quelle façon l'activité humaine affectait le climat.

Le premier rapport du GIEC, publié en 1990, a confirmé que le risque de changement climatique était réel et qu'il y avait un lien direct entre l'activité humaine et l'atmosphérique en général. Depuis, cinq autres rapports du GIEC ont été publiés dont le dernier de 2021-2022 qui évaluent le changement climatique en se fondant sur les recherches scientifiques les plus récentes menées par des spécialistes du monde entier.



Depuis le premier rapport du GIEC, la plupart des scientifiques s'accordent de plus en plus sur le caractère anthropique du changement climatique et sur le fait que nous pouvons et devons trouver des moyens de le combattre. Cela ne sera possible que si les pays du monde entier travaillent ensemble, et le meilleur moyen d'y parvenir est de le faire sous les auspices des Nations Unies.

En 1992, lors d'une conférence des Nations Unies consacrée à l'environnement et au développement, tenue à Rio de Janeiro, au Brésil, les pays du monde entier ont convenu de la nécessité de coopérer sur les questions liées au climat, à la biodiversité, aux forêts et à la désertification. L'accord sur les questions climatiques s'est traduit par un traité international, la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), qui a été négociée dans un délai record de 18 mois.

La Convention sur les changements climatiques s'est contentée d'énoncer certaines mesures générales visant à limiter et réduire les émissions de gaz à effet de serre, et à coopérer en matière d'adaptation aux impacts climatiques. Par conséquent, en 1995, lors de la première Conférence des Parties à la Convention (c.-à-d. les pays signataires de la Convention), décision a été prise de préparer un autre document international visant à réglementer les mesures concrètes adoptées par les Parties en vue du XXI^e siècle.

Les négociations associées à l'élaboration de ce document ont été particulièrement complexes et difficiles. Toutefois, les pays sont parvenus à un accord. Et en décembre 1997, au Japon, ils ont adopté un nouveau traité international appelé le Protocole de Kyoto à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) du nom de la ville où celui-ci a été signé.

Le Protocole de Kyoto était révolutionnaire en ce sens qu'il contenait les engagements des différents pays développés à ne pas dépasser un certain seuil d'émissions de gaz à effet de serre entre 2008 et 2012 par rapport à 1990, prise comme année de référence. Il a également introduit des mécanismes de marché innovants qui fixent un prix aux émissions de dioxyde de carbone.



Nations Unies
Convention-cadre sur les
changements climatiques



À titre d'exemple, l'Union européenne s'est engagée à réduire ses émissions de 8 %, le Japon de 6 %, quant à la Russie et l'Ukraine, elles se sont engagées à ne pas dépasser le volume de leurs émissions en 1990.

Les États-Unis, responsables du plus gros volume d'émissions de gaz à effet de serre au monde, ont activement participé aux négociations relatives au Protocole de Kyoto, mais ne l'ont finalement pas ratifié en 2001.

Fin 2012, deux traités internationaux étaient donc en vigueur : la Convention sur les changements climatiques, document international définissant la stratégie générale à adopter par l'humanité pour lutter contre le changement climatique, et le Protocole de Kyoto à la Convention-cadre des Nations Unies, qui regroupe les engagements précis souscrits par les pays industrialisés, comme l'Union européenne, et les pays en transition, comme la Russie et l'Ukraine.

La période des engagements souscrits par les pays industrialisés et les pays en transition dans le cadre du Protocole de Kyoto a expiré fin 2012, et une nouvelle série de négociations a été entamée pour la période suivante, commençant en 2013. En 2013, les pays développés qui font toujours partie du protocole de Tokyo se sont de nouveau engagés à réduire les émissions de gaz à effet de serre durant la période de 2013 à 2020, en promettant des réductions plus substantielles que les précédentes.

Cependant, l'attitude d'un certain nombre de pays à l'égard du Protocole de Kyoto a changé. Les États-Unis, le Canada, le Japon, la Nouvelle-Zélande et la Russie n'ont pas adhéré à l'accord pour la période 2013-2020. Selon eux, le monde est en pleine mutation depuis les années 1990 et, à l'heure actuelle, la quasi-totalité de la croissance des émissions provient des grands pays en développement (la Chine, l'Inde, le Brésil, l'Afrique du Sud et autres), dont les émissions ne sont pas réglementées par le Protocole de Kyoto.



La solution trouvée à l'époque était que les pays développés qui ne font pas partie de la deuxième période d'engagement du Protocole de Kyoto prennent des engagements volontaires de réduction des émissions d'ici 2020 et que les pays en développement mettent en œuvre des mesures nationales appropriées. Mesures d'atténuation dont ils définissent eux-mêmes la forme et la portée.



Figure 3.4.2

Adoption de l'Accord de Paris historique lors de la COP21 à Paris en 2015

Jalons dans la lutte contre le changement climatique

- 1992 - Convention sur les changements climatiques, lorsque les pays ont convenu de définir des objectifs d'actions afin de revenir aux niveaux d'émissions de 1990 ;
- 2008-2012 - la première période d'engagement du Protocole de Kyoto – 37 pays développés ainsi que la Communauté européenne se sont engagés à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre d'au moins 5 % par rapport au niveau de 1990 ;
- 2013-2020 - la seconde période d'engagement du Protocole de Kyoto – les pays développés se sont engagés à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre d'au moins 18 % par rapport au niveau de 1990 ;
- Cependant, les pays développés qui n'ont pas participé à la deuxième période d'engagement ont pris des engagements volontaires pour réduire leurs émissions d'ici 2020, et les pays en développement ont accepté de mettre en œuvre des mesures d'atténuation appropriées au niveau national (NAMA) ;
- 2015 – Adoption de l'Accord de Paris qui comprend les contributions déterminées au niveau national (CDN) par les différents pays ainsi que des mesures ambitieuses à long terme pour parvenir à réduire les émissions de gaz à effet de serre ;
- 2016 – Entrée en vigueur de l'Accord de Paris avec les premiers engagements de réduction des émissions (CDN) entre 2020 et 2025, ou 2020 et 2030.



En décembre 2015, plusieurs pays se sont rencontrés à Paris lors de la Conférence des Nations Unies sur les changements climatiques afin d'adopter un nouvel accord universel sur le climat, lequel sera mis en œuvre en 2020 et s'appliquera à toutes les nations du monde. Avant de se réunir à Paris, les gouvernements ont présenté leurs engagements par rapport au changement climatique, appelés « **contributions déterminées au niveau national** » (CDN), et y ont exposé leurs objectifs nationaux de réduction des émissions à moyen et long terme. L'objectif est de limiter la hausse de la température moyenne mondiale bien en-dessous de 2 °C et aux alentours de 1,5 °C au-dessus des niveaux préindustriels.

La conférence de Paris s'est penchée sur un vaste éventail de défis et de solutions liés au changement climatique, notamment la réduction des émissions de gaz à effet de serre, l'adaptation aux conséquences du changement climatique, les pertes et les dommages dus au changement climatique ainsi que le soutien technologique, le développement des capacités et le soutien financier pour de telles actions. L'Accord de Paris fournit un cadre juridique aux actions relatives au changement climatique menées à partir de 2020 ; tandis que des décisions plus détaillées sur sa mise en œuvre ont été formulées et convenues lors de conférences ultérieures sur le climat.

Une coopération internationale effective pourrait permettre au monde de se tenir à l'objectif 2 °C et aux alentours de 1.5 °C et de s'adapter à aux changements climatiques en cours. Elle pourrait également permettre aux différents pays de saisir les nombreuses opportunités et les avantages associés à la transition vers des économies à faible émission de carbone et résilientes au changement climatique.

Il est important de noter que l'Accord de Paris n'impose pas de limitation ou d'objectifs de réduction des émissions aux pays. Au contraire, cela encourage les pays eux-mêmes à fixer des objectifs qui représentent leurs meilleurs efforts possibles pour contribuer aux objectifs de température de l'Accord de Paris. Ces efforts se reflètent dans les plans climatiques nationaux qui sont soumis périodiquement par les pays en tant que CDN. La première série de CDN a été soumise en 2015-2016 et la seconde en 2021-2022.

Pour garantir que les CDN promises par les pays ramènent collectivement les émissions bien en dessous de 2 °C et vers 1,5 °C, un nouveau mécanisme a été introduit dans l'Accord de Paris, connu sous le nom de Bilan mondial (GST). Le GST évaluera les progrès collectifs vers les objectifs de l'Accord de Paris, en tenant compte des meilleures connaissances scientifiques disponibles et de l'équité. Cela contribuera à encourager et à informer les pays à accroître leur ambition et à intensifier leurs actions conformément aux exigences scientifiques lorsqu'ils mettront à jour leurs CDN. Les prochaines CDN attendues en 2025 devraient inclure des objectifs pour 2035.

Le premier GST a eu lieu en 2022-2023 et a culminé lors de la Conférence des Parties (COP28) tenue en décembre 2023 à Dubaï, aux Émirats arabes unis. Les pays sont parvenus à un consensus sur le fait que le monde n'est pas sur la bonne voie pour atteindre l'objectif de 1,5 °C de l'Accord de Paris et qu'il doit prendre des mesures urgentes et ambitieuses en matière d'atténuation et d'adaptation et les refléter dans les prochaines CDN en 2025.

Le bilan mondial reconnaît les données scientifiques qui indiquent que les émissions mondiales de gaz à effet de serre doivent être réduites de 43 % d'ici 2030 et de 60 % en 2035 par rapport aux niveaux de 2019, pour atteindre zéro émission nette d'ici 2050 et limiter le réchauffement climatique à 1,5 °C.

Le bilan demande aux pays de a) prendre des mesures concrètes pour tripler la capacité d'énergie renouvelable et doubler les améliorations de l'efficacité énergétique d'ici 2030 à l'échelle mondiale et réduire les émissions de méthane ; et b) accélérer les efforts visant à réduire progressivement l'énergie alimentée au charbon, à éliminer progressivement les subventions inefficaces aux combustibles fossiles et à abandonner les combustibles fossiles dans les systèmes énergétiques d'une manière juste, ordonnée et équitable. Il appelle les pays développés à continuer de diriger la transition vers un avenir résilient et neutre en émissions.

La COP28 est également parvenue à un consensus sur le renforcement du soutien aux pays en développement pour permettre une action aussi ambitieuse. Par exemple, l'évaluation du GST a conduit à la mise en place de mécanismes et d'outils de financement pour aider à faire face à des événements tels que les inondations extrêmes à Sylhet, au Bangladesh en 2022, qui ont entraîné une pénurie d'eau potable (Fig. 3.4.2). Le résultat du GST donne ainsi aux pays une chance équitable d'atteindre les objectifs de l'Accord de Paris au cours de cette décennie critique pour l'action climatique.



Figure 3.4.2

Des femmes cherchent de l'eau potable à Sylhet, au Bangladesh, après des inondations extrêmes en 2022

L'Accord de Paris exige également que les pays développés soutiennent les pays en développement en leur renforçant leurs capacités financières et technologiques. Dans le cadre du GST, les pays ont reconnu la nécessité de fournir aux pays en développement un financement climatique de l'ordre de 5 800 à 5 900 milliards de dollars pour la période pré-2030.

La COP28 a également été la première à mettre en lumière l'impact du changement climatique sur la santé humaine. Les ministres de la santé, de l'environnement, des finances et d'autres secteurs connexes ont défini une feuille de route et des opportunités d'actions pour résoudre ce problème. Les pays ont adopté la première Déclaration sur la santé et le changement climatique, dans laquelle ils se sont engagés à unir leurs forces et à œuvrer pour transformer les systèmes de santé afin qu'ils soient résilients au climat, à faibles émissions de carbone, durables et équitables, et à mieux préparer les communautés et les populations les plus vulnérables aux impacts du changement climatique.

Changement climatique et développement durable

La coopération internationale sur le changement climatique est étroitement liée à l'autre préoccupation majeure de l'humanité : comment parvenir à un développement durable pour la prospérité mondiale. Le développement durable nécessite des actions qui se soutiennent mutuellement dans trois domaines : économique, social et environnemental. Et le changement climatique les impacte tous les trois.

Lors de l'Assemblée générale des Nations Unies en septembre 2015, 193 pays ont adopté le Programme de développement durable à l'horizon 2030 et **17 Objectifs de développement durable** (ODD). L'Objectif 13 vise à « Prendre d'urgence des mesures pour lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions » (Fig. 3.4.3).

Figure 3.4.3

Les 17 Objectifs de développement durable des Nations Unies



De nombreux autres objectifs se rapportent également au changement climatique, par exemple l'Objectif 7 : « Garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes, et à un coût abordable ».

Dans un monde moderne axé sur les évolutions technologiques, environ 1,3 milliard de personnes, dont 80 % en zones rurales, n'ont pas accès à l'électricité. Ces populations, les plus pauvres du monde, représentent plus de 16 % des 8 milliards de personnes vivant sur la planète.

Davantage de personnes encore, environ 3 milliards, dépendent de la biomasse (bois et bois de chauffage) pour la préparation des aliments et le chauffage. Selon l'Organisation mondiale de la santé, les polluants émis dans l'atmosphère du fait de la combustion de biomasse dans des appareils de cuisson inefficaces, peut entraîner le décès prématuré de 1,5 million de personnes chaque année, soit plus de 4 000 par jour. Cela est bien plus que le nombre de personnes décédant chaque jour de la malaria, de la tuberculose et du SIDA. Ces personnes extrêmement pauvres vivent en Afrique, dans le sud du désert du Sahara (le plus grand désert du monde), ainsi qu'en Asie du Sud et en Amérique latine.

Ce problème est ce que l'on appelle la « **pauvreté énergétique** ».

La réalisation des objectifs en matière de changement climatique et l'objectif de fournir à tous l'accès à l'électricité se renforcent mutuellement. Une énergie propre, efficace, abordable et fiable est essentielle à la santé et à la prospérité mondiales, et l'utilisation efficace des ressources énergétiques permet de lutter contre le changement climatique. C'est pourquoi il est vital de promouvoir l'utilisation rationnelle et efficace des ressources énergétiques..

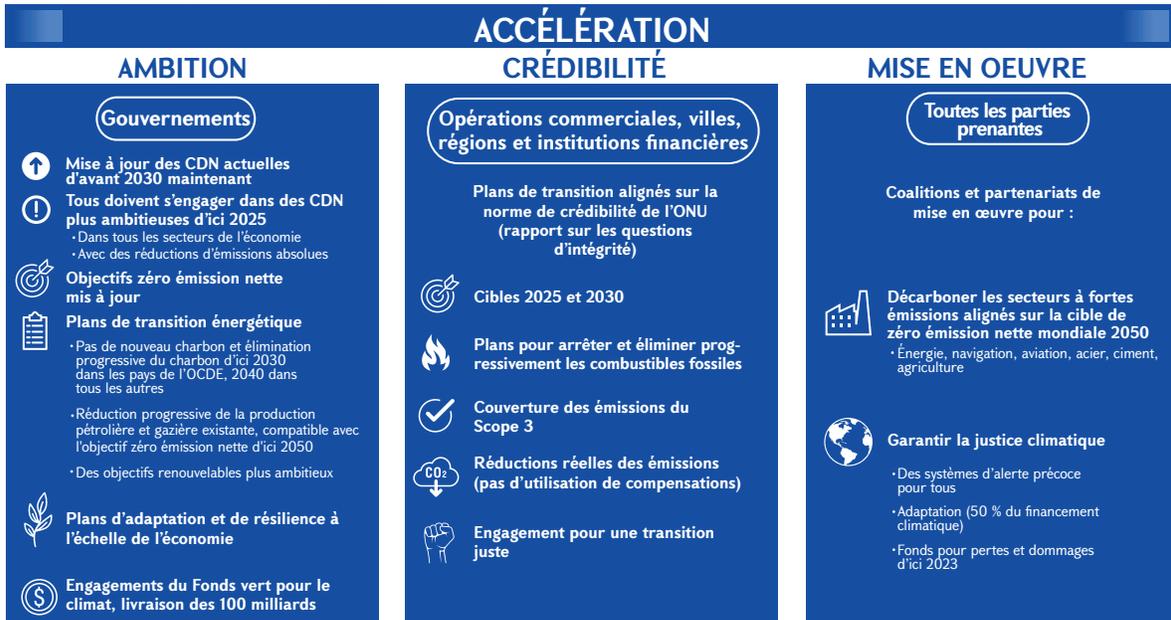
Approche pansociétale du changement climatique

Depuis les années 1990, les représentants des entreprises, des villes, des régions, des investisseurs, de la société civile, du monde universitaire et des organisations de femmes, de jeunes et de peuples autochtones, ou encore des acteurs non gouvernementaux, sont de plus en plus engagés dans les négociations sur le changement climatique.

C'est lors de la COP21 à Paris que les gouvernements ont formellement convenu qu'il était urgent de mobiliser une action climatique plus forte et plus ambitieuse pour atteindre les objectifs de l'Accord de Paris. Tout le monde a un rôle à jouer. La société et d'autres acteurs non gouvernementaux s'engagent dans l'action climatique en créant leurs propres plans climatiques, en fixant des objectifs de réduction des émissions, en divulguant les risques climatiques, en améliorant les compétences et les capacités techniques et en aidant à l'exécution locale des objectifs politiques nationaux. Ils travaillent également ensemble, et souvent avec les gouvernements nationaux, dans le cadre d'initiatives climatiques transnationales ou d'initiatives de coopération internationale. Le Sommet Ambition Climat des Nations Unies de 2023 a accordé une attention particulière au rôle des gouvernements, des entreprises, des villes, des régions et des institutions financières, ainsi qu'à la manière dont ils peuvent travailler ensemble pour faire de la décarbonation de la société et de l'économie une réalité (Fig. 3.4.4).

Figure 3.4.4

Comment plusieurs parties prenantes collaborent pour lutter contre le changement climatique : Sommet de l'ONU sur l'ambition climatique



La CCNUCC fournit des informations sur plus de 32 000 initiatives et acteurs engagés dans l'action climatique. En octobre 2023, il s'agissait de 15 590 entreprises, 1 654 investisseurs, 3 443 organisations, 282 régions, 11 354 villes et 194 pays. Des champions de haut niveau à la CCNUCC guident les actions des acteurs non gouvernementaux pour permettre la collaboration entre les gouvernements et les villes, les régions, les entreprises et les investisseurs qui doivent agir contre le changement climatique. Les initiatives récentes les plus notables sont les Percées 2030 (2030 Breakthrough), le programme d'adaptation de Charm el-Cheikh, les campagnes Race to Zero et Race to Resilience.

Reconnaissant l'importance d'impliquer les jeunes dans l'action climatique, la COP28 à Dubaï a créé le poste de Youth Climate Champion. Le champion est chargé d'améliorer la participation et la représentation significatives des jeunes dans les futures COP.



EXERCICES



1

Dans cette série d'exercices, vous pouvez vous essayer au rôle de négociateur international. Lisez les 10 conseils et apprenez-les par cœur.

10 conseils destinés au négociateur international

1. Concentrez-vous sur le sujet dont il est question. Ne vous en écarter pas. Ne suivez pas d'autres pistes ou n'abordez pas d'autres sujets.
2. Essayez de déterminer et distinguer l'idée principale, et concentrez-vous sur le contenu et non la forme. Cependant, lorsque vous dialoguez avec les autres, n'oubliez pas qu'en diplomatie, la forme ou la manière dont vous présentez vos idées compte beaucoup.
3. Paraphrasez ce qu'a dit votre interlocuteur et vérifiez que vous avez bien compris ses propos (« Sauf erreur de ma part, vous voulez dire que... », « Si j'ai bien compris... »).
4. Posez des questions.
5. Respectez le silence de votre interlocuteur, ne cherchez pas à combler les blancs dans la conversation.
6. Interprétez les informations du point de vue de votre propre culture, mais également du point de vue de la culture étrangère de votre homologue.
7. Essayez de ne pas faire vos propres interprétations du comportement de quelqu'un d'autre.
8. Ne vous hâtez pas d'émettre des évaluations et jugements de valeur.
9. Apprenez à reconnaître les messages non verbaux de votre interlocuteur (expressions du visage, gestes, position, intonation, etc.).
10. Ne tirez pas de conclusions prématurées sur la base d'un seul geste ou signe.

Il est intéressant de noter que les stratégies de négociation les plus performantes avec les personnes issues d'autres cultures consistent simplement à imiter ces personnes. Le fait de copier la manière dont votre interlocuteur se comporte augmente considérablement vos chances de parvenir à une issue positive pour les deux parties. Être un caméléon peut vous aider à réussir vos négociations internationales. Dans tous les cas, la courtoisie, le respect de votre interlocuteur et de sa culture, et une communication ouverte avec celui-ci peuvent faire des merveilles. Il en va de même dans la vie de tous les jours.

2

Jeu

Imaginez que vous participez à la Conférence des Nations Unies sur les changements climatiques et que vous êtes sur le point de discuter des problèmes rencontrés par les différents pays en relation avec le changement climatique.

Préparez un rapide discours de bienvenue que votre chef d'État lira à l'ensemble des participants à la Conférence. Le discours doit mentionner :

- le climat et les principales ressources naturelles de votre pays ;
- les conditions de vie des habitants de votre pays ;
- les secteurs les plus importants pour l'économie de votre pays ;
- l'impact du changement climatique sur la nature, les populations et l'économie ;
- ce que votre pays attend de la Conférence.

Une fois le discours de bienvenue effectué, les participants à la Conférence expriment leurs opinions sur la façon de prévenir les effets néfastes du changement climatique sur l'environnement et les populations dans les pays prenant part à la Conférence.

À la fin du jeu, les participants sélectionnent un gagnant, à savoir l'élève ayant le plus contribué au débat, et dont les propos étaient les plus pertinents, les mieux argumentés et les plus intéressants.

3

Vous êtes fonctionnaire du gouvernement d'un petit État insulaire de la région Pacifique. Actuellement, vous préparez une proposition pour demander un appui financier international afin d'aider votre pays à faire face aux effets négatifs du changement climatique. Reprenez les points suivants dans votre proposition :

- 1) Quels effets prévisibles du réchauffement planétaire représentent la plus grande menace pour votre pays ?
- 2) Quelles seront les mesures à prendre si la montée du niveau de l'océan submerge l'ensemble de votre île ?
- 3) À quels organismes internationaux et États demanderez-vous de l'aide ?
- 4) Comment envisagez-vous de préserver la culture de votre pays, si votre île venait à être engloutie par la mer ?