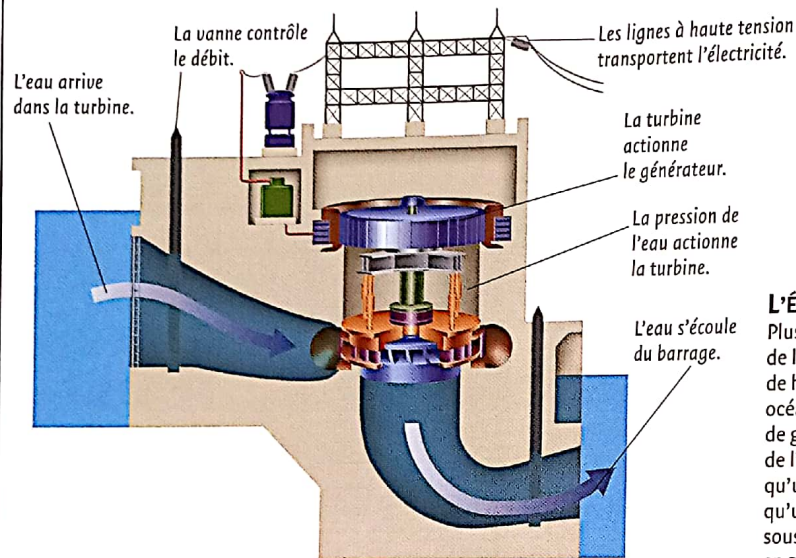


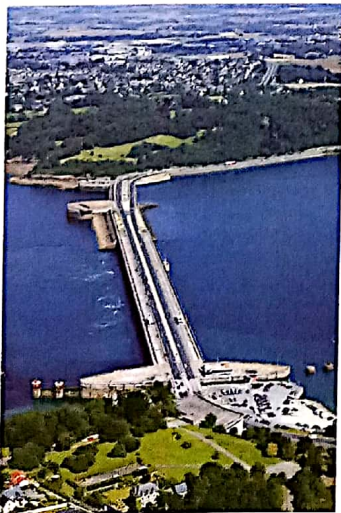
## LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

Pendant des siècles, les hommes se sont évertués à dompter l'énergie du vent et de l'eau pour faire tourner des moulins. Aujourd'hui, l'énergie solaire et même la chaleur volcanique peuvent être transformées en électricité. Ces sources énergétiques sont qualifiées de renouvelables car elles ne s'épuiseront jamais. Elles ne couvriront peut-être jamais tous nos besoins, mais la plupart ne libèrent pas de gaz à effet de serre responsables du changement climatique.



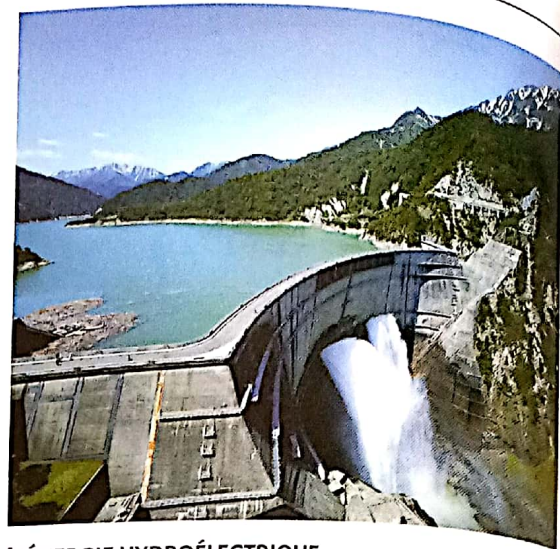
### LA PRESSION HYDRAULIQUE

Le principe de l'hydroélectricité repose sur l'énorme pression exercée par l'eau retenue derrière un barrage. Cette pression fait tourner les pales de gigantesques turbines installées dans des tunnels traversant le barrage. À leur tour, les turbines actionnent des générateurs qui produisent de l'électricité. Le débit de l'eau peut être contrôlé, voire stoppé, grâce à des vannes situées dans les tunnels. Ainsi, on peut ajuster la production de la centrale à la demande d'électricité et à l'eau disponible. Par ailleurs, arrêter le flux d'eau permet d'effectuer la maintenance des différents équipements de la centrale hydroélectrique.



### L'ÉNERGIE MARÉMOTRICE

On peut construire un barrage hydroélectrique dans une passe de marée, près d'un estuaire. Lorsque la marée monte, on ouvre les vannes pour laisser l'eau entrer. À marée haute, on les referme, puis, quand la mer se retire, on les ouvre à nouveau, et le passage de l'eau retenue actionne des turbines couplées à des générateurs. En France, l'usine marémotrice de la Rance (ci-contre) exploite à la fois le flux et le reflux de la mer. Ces barrages produisent de l'électricité propre, mais perturbent l'équilibre écologique, car ils entravent le mouvement naturel des marées.



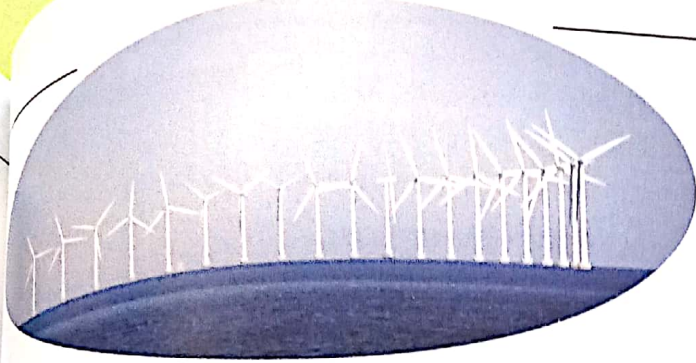
### L'ÉNERGIE HYDROÉLECTRIQUE

On peut utiliser les cours d'eau pour entraîner des turbines couplées à des générateurs d'électricité. Pour que le débit soit constant, l'eau est retenue dans des réservoirs créés par la construction de barrages en travers des vallées fluviales. Cela induit que les centrales hydroélectriques ne peuvent être bâties que sur un terrain spécifique. Les barrages posent de sérieux problèmes à la faune et à la flore, et il arrive souvent que les réservoirs s'ensavent. Mais l'énergie hydroélectrique est une technologie éprouvée et fiable, qui fournit actuellement 15 % de l'électricité mondiale.

### L'ÉNERGIE DES VAGUES ET DES COURANTS MARINS

Plusieurs usines utilisent l'énergie des vagues pour produire de l'électricité, mais leur fonctionnement nécessite la présence de hautes vagues tout au long de l'année. L'exploitation des courants océaniques est plus prometteuse. L'illustration ci-dessous montre de gigantesques turbines sous-marines qui permettraient de produire de l'électricité grâce au Gulf Stream, près des Bahamas. On estime qu'une installation comme celle-ci pourrait fournir autant d'électricité qu'une centrale nucléaire. En France, la première hydrolienne sous-marine, Saballa D03, a été expérimentée pendant six mois en 2008 dans l'estuaire de l'Odette à Bénodet, en Bretagne.





### L'ÉNERGIE ÉOLIENNE

On sait aujourd'hui utiliser la force motrice du vent pour produire de l'électricité grâce à des turbines de haute technologie regroupées en « fermes éoliennes ». Beaucoup sont implantées à terre, souvent dans de jolies régions, au grand mécontentement des habitants. En mer, les fermes comme celle-ci, près de Copenhague au Danemark, bénéficient de vents plus puissants et réguliers, mais leurs pales sont dangereuses pour les oiseaux marins. Par ailleurs, cette technologie pose un autre problème pratique : ne fonctionnant que lorsque le vent souffle, il faut compléter la production d'électricité au moyen d'autres systèmes, qui consomment souvent des combustibles fossiles.



### L'ÉNERGIE SOLAIRE THERMIQUE

Il existe quelques grosses centrales thermosolaires dans des régions très ensoleillées comme la Californie, l'Espagne mais aussi le sud de la France (four solaire d'Odeillo, Pyrénées-Orientales). Il s'agit de miroirs déviant les rayons du Soleil vers une tour qui collecte la chaleur, ce qui actionne une turbine couplée à un générateur. Des lignes à haute tension plus efficaces permettraient de distribuer cette électricité même dans les zones peu ensoleillées.



### L'ÉNERGIE GÉOTHERMIQUE

Dans les régions volcaniques, on peut extraire la chaleur des roches et des eaux souterraines chaudes et l'utiliser pour chauffer l'eau et les maisons : en Islande, 90 % des bâtiments sont chauffés de cette façon. Cette chaleur sert aussi à entraîner les turbines de centrales géothermiques comme celle-ci, à Wairakei, en Nouvelle-Zélande. En Californie, au Mexique, en Indonésie, en Italie et en Islande, l'énergie géothermique produit autant d'électricité que dix grandes centrales électriques au charbon, une technologie qui pourrait être employée dans toutes les zones de volcanisme actif.

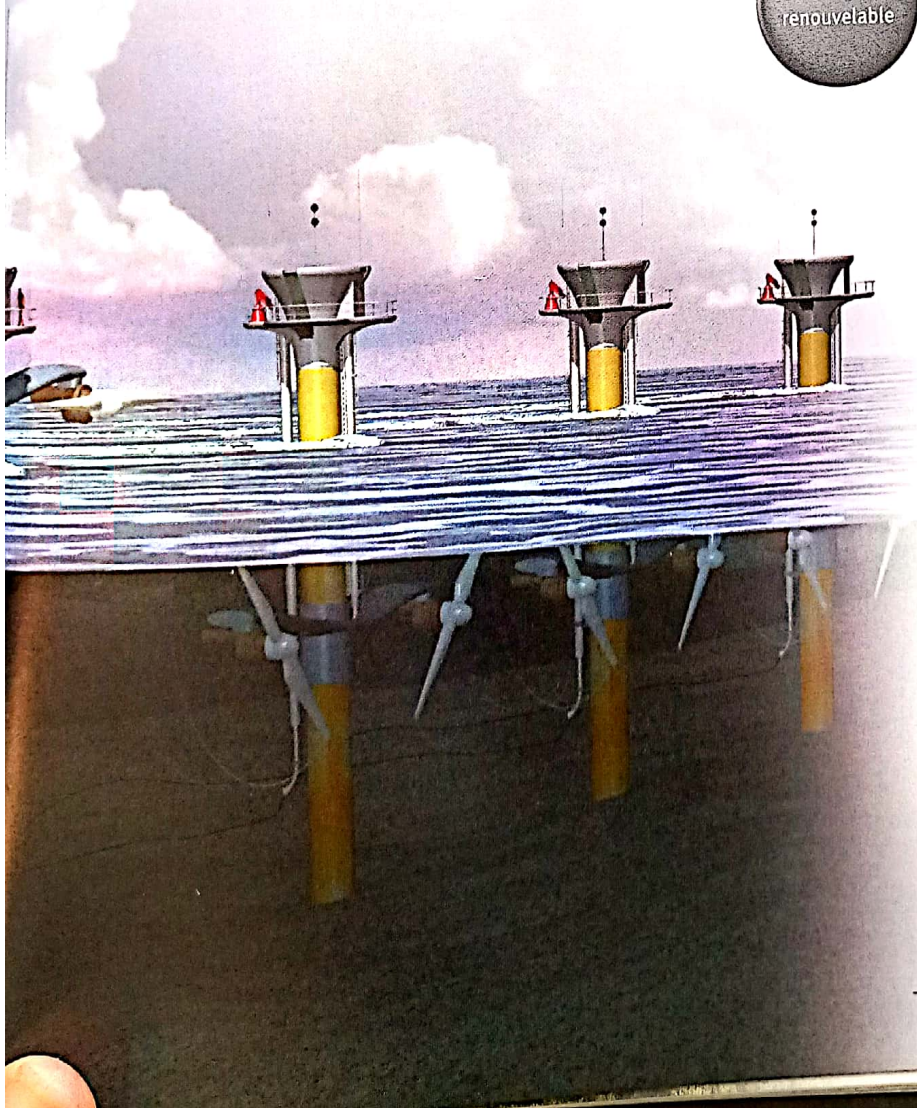
Morceau de canne à sucre



Champ de canne à sucre

### BIOCOMBUSTIBLES ET BIOCARBURANTS

Tout végétal brûlé comme combustible libère du  $\text{CO}_2$ . Si l'on replante à mesure que l'on récolte, les nouvelles cultures absorbent le  $\text{CO}_2$  rejeté. Certaines plantes peuvent être utilisées comme combustible dans leur état naturel mais d'autres, comme le panic raide et la canne à sucre, doivent être transformées en huile carburant et en éthanol. Cela dit, si l'on voulait cultiver suffisamment de ces plantes pour couvrir nos besoins en combustibles fossiles, nous n'aurions plus de terres pour les cultures vivrières et devrions déboiser massivement. Par ailleurs, l'utilisation d'engrais et de machines agricoles générerait aussi des gaz à effet de serre.

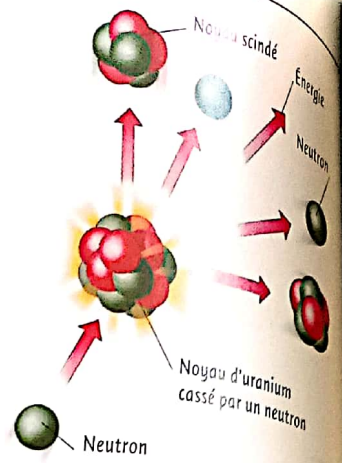


# L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

Il existe une source d'énergie puissante et fiable qui n'émet aucun gaz à effet de serre. La fission nucléaire exploite la quantité considérable d'énergie libérée par l'uranium radioactif lorsque les noyaux de ses atomes se cassent en deux dans un réacteur nucléaire. Mais les radiations émises sont extrêmement dangereuses et l'énergie produite peut être utilisée pour fabriquer des armes nucléaires : le débat fait donc rage entre les partisans du nucléaire et ses opposants.

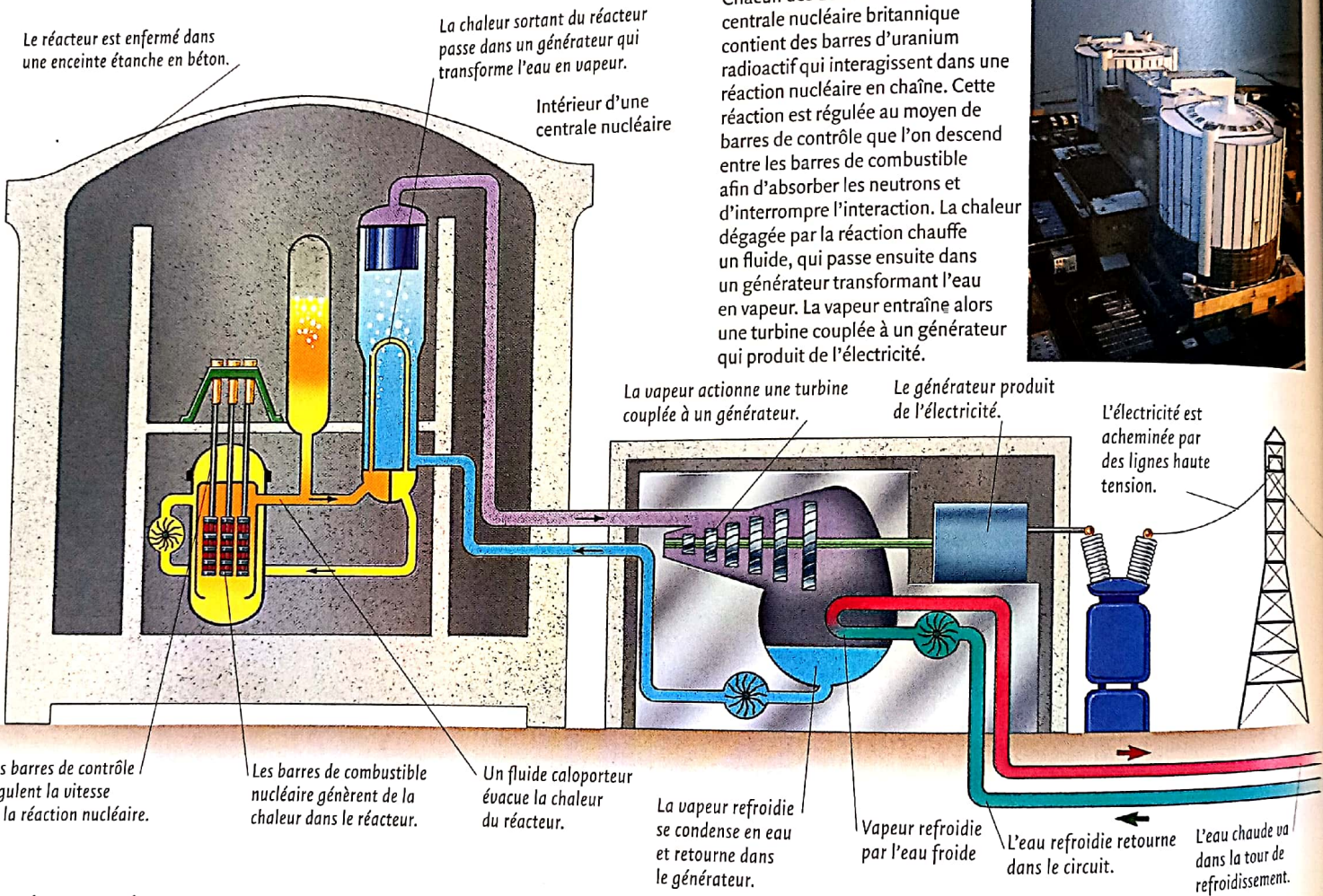
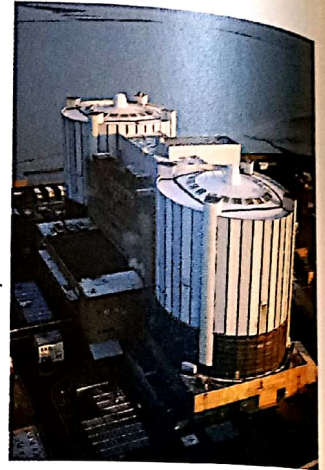
## LA FISSION NUCLÉAIRE

Un atome d'uranium est extrêmement petit, mais il dégage une quantité d'énergie considérable lorsque son noyau se casse en deux : cette fission s'obtient en le bombardant avec une minuscule particule, un neutron. À mesure que chaque noyau d'atome se divise, il libère de l'énergie et encore plus de neutrons, qui scindent d'autres noyaux. Si cette réaction en chaîne n'est pas contrôlée, elle peut provoquer une explosion nucléaire, mais si elle se déroule dans un réacteur nucléaire étanche, elle produit simplement beaucoup de chaleur.



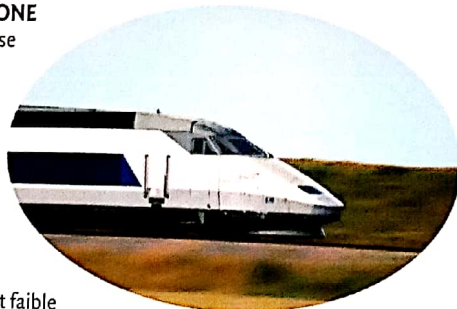
## LA CENTRALE NUCLÉAIRE

Chacun des deux réacteurs de cette centrale nucléaire britannique contient des barres d'uranium radioactif qui interagissent dans une réaction nucléaire en chaîne. Cette réaction est régulée au moyen de barres de contrôle que l'on descend entre les barres de combustible afin d'absorber les neutrons et d'interrompre l'interaction. La chaleur dégagée par la réaction chauffe un fluide, qui passe ensuite dans un générateur transformant l'eau en vapeur. La vapeur entraîne alors une turbine couplée à un générateur qui produit de l'électricité.



## DE L'ÉLECTRICITÉ SANS CARBONE

Près de 80 % de l'électricité française provient de l'énergie nucléaire. Elle alimente, par exemple, le train à grande vitesse (TGV) qui, couvrant de longues distances à une vitesse pouvant atteindre 300 km/h, peut rivaliser avec les avions en termes de rapidité, mais sans rejeter de carbone. Cela donne à la France une empreinte carbone relativement faible par rapport à sa richesse et sa productivité industrielle. De nombreux pays aimeraient suivre son exemple, mais les centrales nucléaires coûtent très cher et sont longues à construire. Il faut un minimum de 10 ans pour établir un réseau complet.



## LES DÉCHETS RADIOACTIFS

Une centrale nucléaire consomme une toute petite quantité de combustible qui, une fois utilisé, reste hautement radioactif pendant des milliers d'années. Extrêmement dangereux pour la santé, ces déchets radioactifs doivent ensuite être manipulés à distance et stockés dans des installations spécifiques : les spécialistes étudient les moyens de les entreposer en toute sécurité. Le combustible usé de cette centrale est conservé dans une piscine d'eau froide qui l'empêche d'irradier.



## LES ARMES NUCLÉAIRES

Les réacteurs nucléaires produisent de l'électricité, mais peuvent aussi servir à fabriquer des bombes pouvant détruire des villes entières. Si le nucléaire « civil » était accessible à tous les pays, certains pourraient en faire un usage militaire et fabriquer des armes nucléaires. Par ailleurs, des terroristes pourraient voler des matières radioactives, les associer à des explosifs classiques et fabriquer des bombes qui disperseraient des poussières radioactives dangereuses.



Mine d'uranium australienne



## L'EXTRACTION DE L'URANIUM

L'uranium, métal radioactif utilisé comme combustible nucléaire, est rare et pourrait s'épuiser d'ici quelques décennies. Son extraction consomme une grande quantité d'énergie qui, tout comme la construction d'une centrale nucléaire, génère des gaz à effet de serre: l'énergie nucléaire n'est donc pas totalement neutre en carbone. Par ailleurs, l'exploitation des gisements défigure l'environnement.



## LES ACCIDENTS NUCLÉAIRES

En 1986, le réacteur de Tchernobyl, en Ukraine, a surchauffé puis explosé. Des nuages de poussières radioactives se sont dispersés au-dessus d'une grande partie de l'ex-URSS, et même dans le monde entier, transportés par le vent. Les radiations ont fait de nombreuses victimes, y compris parmi les pompiers (ci-dessus) qui ont tenté de décontaminer les lieux. Bien d'autres personnes souffriront probablement de cancers provoqués par les radiations. Le réacteur de la centrale de Tchernobyl était mal conçu et mal exploité. Les centrales modernes offrent, semble-t-il, un niveau de sécurité nettement supérieur. Cela dit, beaucoup de gens redoutent d'autres explosions ou que les centrales nucléaires soient prises pour cible par des terroristes.

## LA FUSION NUCLÉAIRE

Lorsque deux petits noyaux atomiques s'assemblent, ils peuvent fusionner et former un noyau plus gros. Processus opposé à celui de la fission, la fusion nucléaire produit également d'énormes quantités d'énergie: c'est par ce principe que se forme le rayonnement du Soleil. La fusion ne nécessite aucun combustible radioactif et ne produit aucun déchet radioactif, mais elle requiert un apport d'énergie colossal pour se déclencher, et est très difficile à contrôler. Dans le monde entier, plusieurs laboratoires, comme celui de Cadarache (Bouches-du-Rhône), testent actuellement des réacteurs à fusion expérimentaux, mais il faudra encore des décennies avant que l'on puisse produire de l'électricité par fusion nucléaire.

