

Fête de la Science 2012

L'énergie durable pour tous

Qu'est-ce que l'énergie ?

L'énergie est ce qui nous permet d'obtenir de la **chaleur**, de la **lumière** ou du **mouvement**.



« Rien ne se crée, rien ne se perd : tout se transforme ! » a dit Lavoisier en posant les bases de toute réflexion concernant l'énergie.

Cette logique de transformations constitue une véritable grille de lecture du monde de l'énergie. Si l'énergie est la capacité à fournir un travail, aucun travail ne pourra se faire sans convertir une forme d'énergie en une autre. La quantité d'énergie d'un système est une constante, une caractéristique de ce système.

Pour obtenir une prestation ou un service, on devra toujours convertir une énergie primaire en une forme d'énergie utilisable.

Alors pourquoi parler de crise énergétique si rien ne crée, rien ne se perd ?

Toutes les transformations énergétiques sont irréversibles et de plus elles consomment souvent une énergie considérable : Il faut par exemple dépenser une tonne de pétrole pour en extraire deux !

L'énergie contenue dans les énergies primaires (pétrole brut, gaz naturel, etc.) est transformée en produits énergétiques finaux (essence, électricité, etc.) pour être ensuite convertissable en prestations de consommation (chaleur, lumière, mouvement) avant d'être finalement et irrémédiablement dégradée en chaleur. A l'heure actuelle, plus de la moitié de l'énergie est perdue en cours de route lors de ces processus de transformations.

Nos besoins énergétiques quotidiens

Besoins	Énergie utilisée
Je chauffe mon habitation	Électricité, fioul, gaz, bois
J'éclaire les pièces	Électricité
J'utilise ma voiture	Gazole, essence
J'utilise des appareils électriques	Électricité
Je me lave	Eau et électricité pour chauffer l'eau

Les énergies principalement utilisées aujourd'hui ne sont pas inépuisables et les réserves diminuent dangereusement.

L'électricité est principalement d'origine nucléaire (dangereuse pour l'homme et l'uranium qui la produit devient rare sur la planète).

Les réserves en énergies fossiles comme le pétrole sont au plus bas.

Que faire face à cette pénurie énergétique :

1. Économiser l'énergie
2. Utiliser des énergies renouvelables

Économiser l'énergie

Besoins	Énergie utilisée	Gestes quotidiens d'économie
Je chauffe mon habitation	Électricité, fioul, gaz, bois	Ne pas trop chauffer Isoler davantage
J'éclaire les pièces	Électricité	N'éclairer les pièces que si nécessaire Utiliser au maximum la lumière du jour Ouvrir les volets dès que le jour se lève Utiliser des ampoules à économie d'énergie
J'utilise ma voiture	Gazole, essence	Utiliser au maximum les transports en commun, le covoiturage Marcher ou aller à vélo plutôt que de prendre un véhicule pour les courts trajets
J'utilise des appareils électriques	Électricité	Acheter des appareils qui consomment peu d'énergie Éteindre les veilles des appareils
Je me lave	Eau et électricité pour chauffer l'eau	Favoriser les douches aux bains Fermer le robinet lorsque je me brosse les dents Réparer les fuites

Énergies renouvelables ⇔ Énergies non renouvelables

L'intensité du soleil ne diminue pas quand on pose des capteurs solaires, le vent ne s'arrête pas de souffler si on installe des éoliennes. En revanche les réserves de pétrole, de charbon, de gaz naturel et d'uranium diminuent irrémédiablement lorsqu'on les exploite.

On distingue donc deux grands types d'énergies :

<u>Énergies</u>	
Renouvelables	Non renouvelables
Leur disponibilité ne diminue pas lorsqu'on les utilise.	Elles s'épuisent lorsqu'on les utilise (stocks limités)
<p>Soleil : A la base de tous les cycles naturels.</p> <p>Végétaux : Pousent et se développent au rythme des saisons.</p> <p>Hydraulique : Issue du cycle de l'eau (soleil + force de gravitation).</p> <p>Vent : Selon la météo et la rotation de la terre.</p> <p>Bois : Produit par les forêts.</p> <p>Autres énergies renouvelables : Géothermie, marées, biogaz, éthanol, etc.</p>	<p>Esence : Tirée du pétrole.</p> <p>Mazout : Également issu du raffinage du pétrole.</p> <p>Charbon : Extrait des mines.</p> <p>Gaz naturel : Naturel, mais pas renouvelable.</p> <p>Uranium : Formé en même temps que notre planète il y a des milliards d'années.</p> <p>Autres énergies non renouvelables : Le kérosène alimentant les avions (tiré du pétrole), le butane, le propane (également extraits du pétrole) ...</p>

Les 5 familles d'énergies renouvelables :

Ce sont des énergies inépuisables fournies par le soleil, le vent, la chaleur de la terre, les chutes d'eau, les marées ou encore la croissance des végétaux. Leur exploitation n'engendre pas ou peu de déchets et d'émissions polluantes. Ce sont les énergies de l'avenir, encore sous-exploitées aujourd'hui par rapport à leur potentiel : Elles ne couvrent actuellement que 19 % de la production électrique mondiale.

Intérêts :

Utiliser des énergies renouvelables c'est réduire considérablement les émissions de gaz carbonique dans l'atmosphère et donc lutter contre l'effet de serre.

Développer l'utilisation de ces énergies permet de gérer de façon intelligente les ressources locales et de créer des emplois.

Le solaire photovoltaïque :

Des modules solaires produisent de l'électricité à partir de la lumière du soleil. Ils alimentent des sites isolés ou le réseau de distribution général. L'intégration à l'architecture est l'avenir du photovoltaïque dans les pays industrialisés.



Le solaire thermique :



Les capteurs solaires produisent de l'eau chaude sanitaire. Ils peuvent être aussi utilisés pour le chauffage, idéalement par le sol. Plusieurs dizaines de millions de m² de capteurs sont installés dans le monde. Les capteurs solaires haute température produisent de l'électricité par vapeur interposée : quelques grandes centrales de ce type existent le monde.

L'éolien :

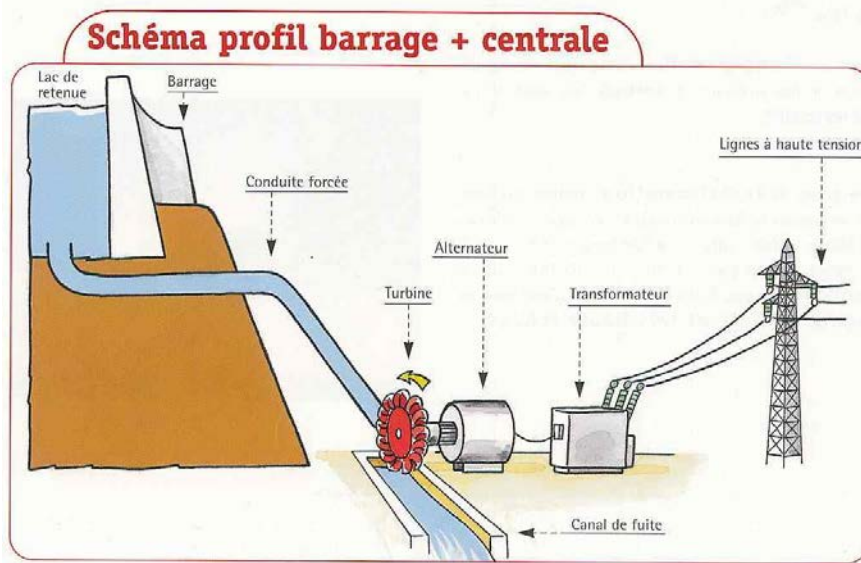
Les aérogénérateurs, mis en mouvement par le vent, fabriquent des dizaines de millions de mégawatt-heure. Utile dans les sites isolés, cette électricité alimente aussi les grands réseaux de distribution. Les éoliennes mécaniques servent à pomper de l'eau dans de nombreux pays.



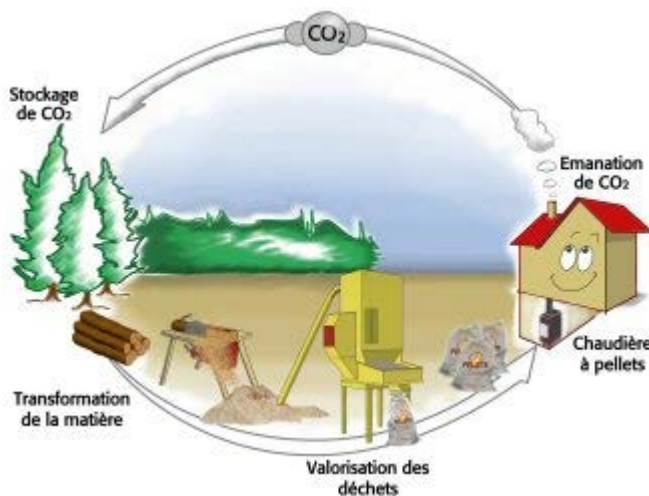
La petite hydroélectricité :

Elle désigne les centrales ne dépassant pas les 10 MW de puissance. Des turbines installées sur les cours d'eau utilisent la force motrice des chutes pour générer de l'électricité. Celle-ci est injectée dans le réseau ou alimente des sites qui n'y sont pas raccordés.

Les petites centrales avec les grands barrages et les usines marémotrices forment la filière hydraulique, deuxième source d'énergie renouvelable dans le monde (après la biomasse).



La biomasse (masse des végétaux) :

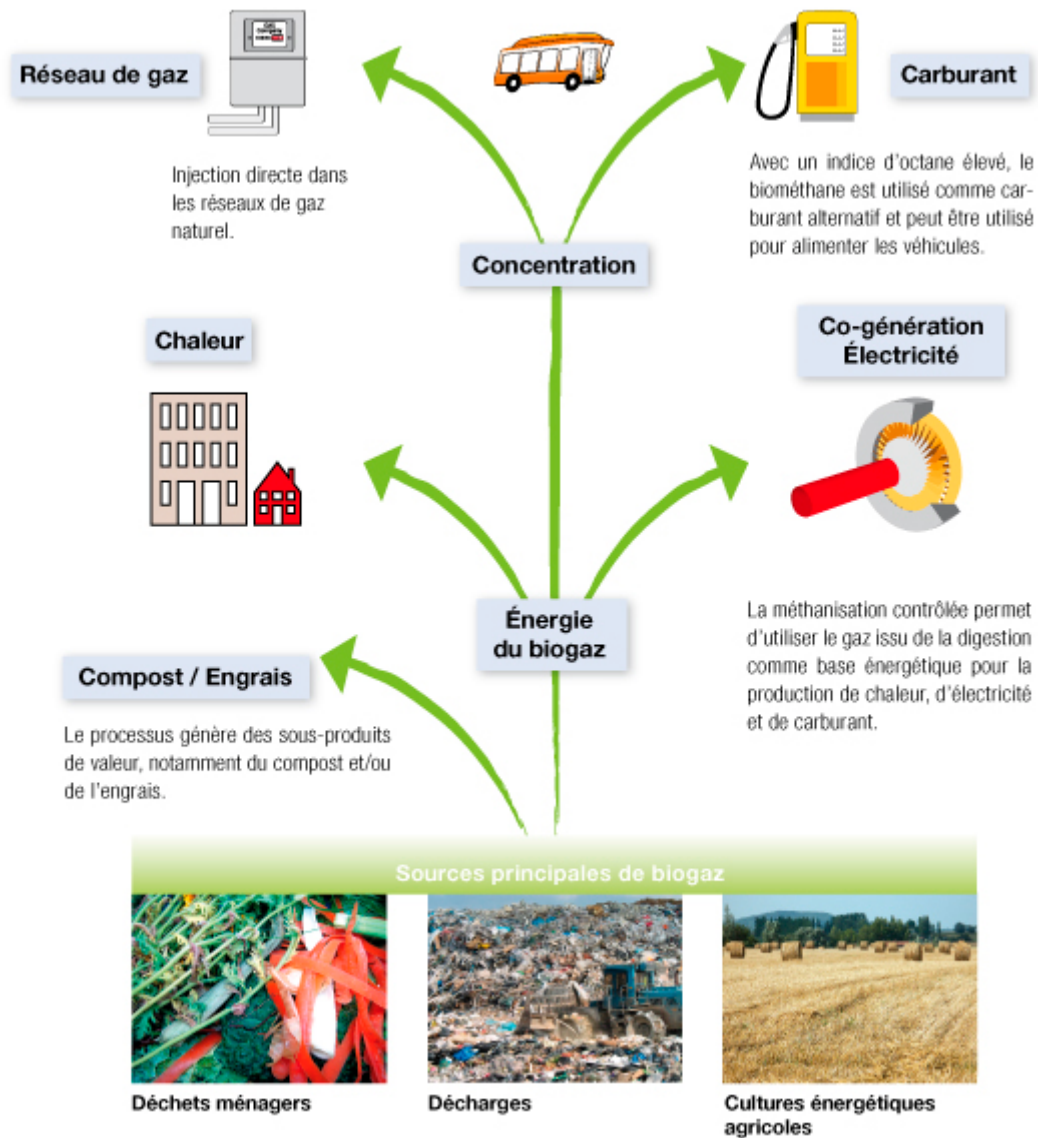


Elle réunit le bois, la paille, les rafles de maïs, le biogaz et les biocarburants : le bois-énergie représente 14 % de la consommation énergétique mondiale. Issu des déchets de la forêt ou des industries du bois, il est brûlé pour obtenir de la chaleur.

Le biogaz est issu de la fermentation des déchets organiques. Sa combustion produit de la chaleur,

mais également de l'électricité par cogénération.

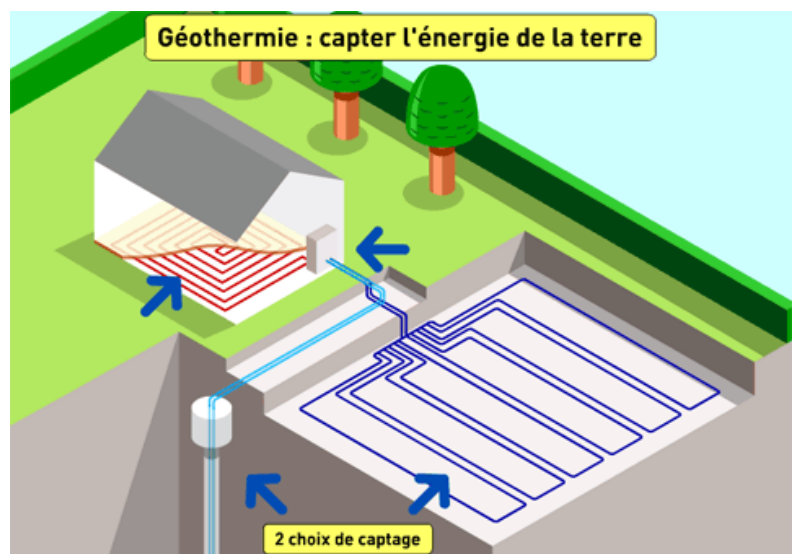
Les biocarburants proviennent de plantes cultivées (tournesol, betterave, colza ...). Le biodiesel (ou ester méthylique d'huile végétale, EMHV), l'éthanol, et son dérivé, l'éthyl-tertio-butyl-ether, l'ETBE, sont les plus courants. Ils sont mélangés à de l'essence ou du gazole.



La géothermie :

Cette énergie utilise la chaleur du sous-sol. Avec une température moyenne ou faible, on chauffe des locaux, alors qu'une température élevée permet de produire de l'électricité par vapeur interposée.

L'eau et le sol emmagasinent naturellement toute l'année des calories grâce au rayonnement solaire, à la pluie et au vent. Cet élément constitue ainsi une source d'énergie inépuisable, non polluante et surtout gratuite. Grâce au chauffage géothermique, il est possible d'exploiter cette énergie.



Énergies renouvelables : transformations, utilisations

Quelle source d'énergie ?	Comment la capter, la transformer ?	Sous quelle forme l'utiliser ?
Solaire : Photovoltaïque	Cellules photovoltaïques	Électricité directe ou stockées en batteries Électricité injectée dans le réseau
Solaire : Thermique	Serres, murs capteurs, capteurs solaires basse température, capteurs solaires haute température	Chauffage eau chaude sanitaire Chauffage par le plancher Chaleur à très haute température (four)
Vent : Éolien	Moulin à vent Éolienne mécanique Aérogénérateur	Force mécanique (mouture de céréales, pompage de l'eau, ...) Production d'électricité
Eau : Hydraulique	Moulin à eau Centrale hydroélectrique Marémotrice	Force mécanique (mouture de céréales, ...) Électricité directe ou stockée en batteries
Végétaux : Biomasse	Distillerie, unité d'estérification (blé, betterave, colza, tournesol) Chaudière biocombustibles (bois, sciure, paille, maïs ...) Bio digesteur, méthaniseur (déchets organiques, poubelles)	Biocarburants (transports) Chauffage Électricité Biogaz (transports, chauffage, électricité)
Terre : Géothermie	Pompes à chaleur (source à moins de 30°C) Centrales basse et moyenne énergie (130 à 150°C) Centrales haute énergie (> 150°C)	Chauffage Climatisation Électricité

Histoire De l'Énergie

L'histoire de l'énergie est étroitement liée à celle de l'humanité.

A l'âge du fer, les premières armes ont été façonnées à la flamme du bois de nos forêts. Dès l'Antiquité, les bateaux poussés par le vent ont permis d'explorer le monde. Au Moyen-âge, les moulins à eau ont favorisé l'essor des manufactures. Un peu plus tard, le charbon a été à l'origine de la première révolution industrielle. Au 20^{ème} siècle, la découverte du pétrole a révolutionné l'économie, du transport à la chimie.

Aujourd'hui, de nouvelles sources d'énergies tentent d'apporter une réponse durable aux **besoins croissants** de l'homme en énergie limitant les émissions de gaz à effets de serre.

L'énergie biomasse :

Depuis la préhistoire, c'est la première énergie utilisée dans l'histoire de l'humanité.



Le bois servant tout d'abord de combustible pour le chauffage puis pour la cuisson des aliments.

Viennent ensuite l'âge du fer puis le travail du verre, activités très gourmandes en énergie.

La sidérurgie jusqu'au XVIII^{ème} siècle l'utilise sous forme de charbon de bois avant l'apparition et le développement spectaculaire de l'extraction de la houille (charbon de terre).

Aujourd'hui, le bois-énergie suscite un regain d'intérêt en raison du prix grandissant des énergies fossiles, de sa disponibilité et de son caractère renouvelable.

Le chauffage biomasse se présente aujourd'hui sous différentes formes :

- plaquettes forestières (appelées parfois « bois déchiqueté »)
- granulés
- sciures
- copeaux
- écorces
- bois de rebut « propres » (sont écartés les bois traités, peints, etc.)
- déchets verts (valorisables en chaufferie si leur taux d'humidité est inférieur à 50%)
- sous-produits agricoles (pailles, sarments de vignes, etc.)

L'énergie éolienne :

Les premiers bateaux à voile apparaissent dans l'Égypte ancienne environ 3 000 ans avant Jésus-Christ. Leur invention a ouvert la voie des **transports** et de **l'exploration du monde**.



Un peu plus tard, la naissance des moulins à vent a constitué une nouvelle avancée. Les premiers moulins rudimentaires naissent en Perse au 8^{ème} siècle avant Jésus-Christ. Le moulin à vent s'est ultérieurement généralisé en Europe, au 12^{ème} siècle après Jésus-Christ. Son avènement se fera en particulier aux Pays-Bas où son utilisation était vitale pour **pomper l'eau des polders**.

Au fil des siècles, les moulins à vent ont permis de **moudre des céréales, d'irriguer des terres agricoles** ou encore **d'entraîner des scieries...**

A l'origine très élémentaires, les mécanismes des moulins se sont progressivement améliorés, passant des ailes à voiles ou rétractables aux moulins pivot. Ces mécanismes sont les ancêtres des éoliennes modernes : le vent sert aujourd'hui à **produire de l'électricité**.

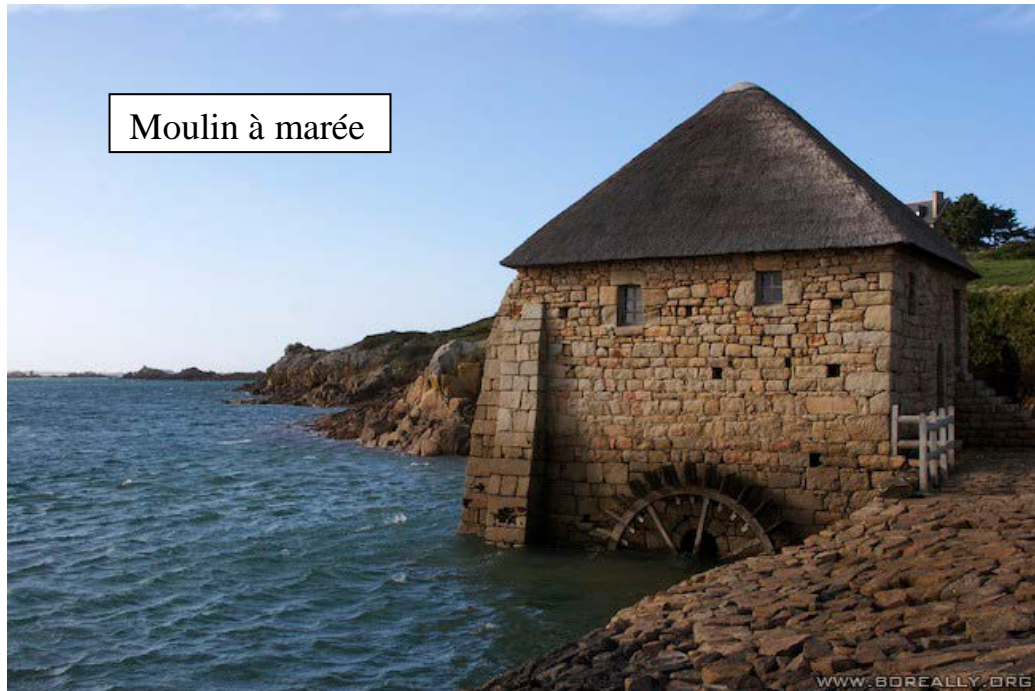
L'énergie éolienne est l'une des énergies renouvelables les plus prometteuses. Elle constitue

une **source d'énergie propre** et **durable** pour produire de l'électricité, sans émettre de CO₂.



L'énergie hydraulique :

La forme la plus ancienne et la plus simple de la turbine est la **roue à eau**, utilisée par les civilisations antiques grecques et romaines. Les premières roues servaient à faire remonter de l'eau pour **irriguer les terres**. Leur exploitation a permis très tôt une **amélioration** significative de la **productivité agricole**.



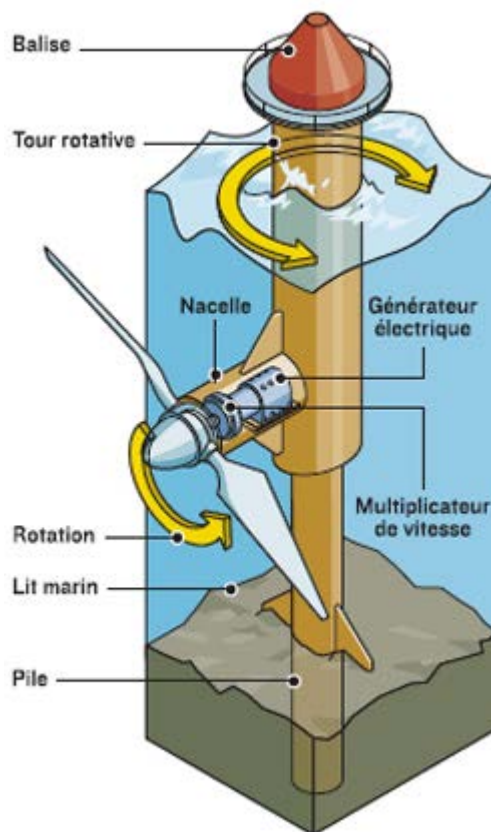
Au Moyen-âge, les mécanismes des moulins hydrauliques ont évolué, engendrant des avancées majeures pour l'homme. L'invention de l'arbre à cames marque ainsi un tournant en transformant le mouvement circulaire en un mouvement longitudinal. Grâce à cette invention, **les manufactures ont pu se mécaniser et l'industrie prendre de l'ampleur**. Les **forges** se multiplient ; les **filatures de textile** sont florissantes ; **l'industrie papetière** se développe ; les **scieries** s'industrialisent...



Ce n'est qu'au 19^{ème} siècle, avec l'invention de la turbine et la généralisation du **moteur à vapeur**, que les moulins à eau traditionnels disparaîtront de l'industrie.

Relié à la roue à aubes, l'arbre à cames, en tournant actionne le martinet (lourd marteau qui tombe sur l'enclume pour forger le métal).

L'« éolienne » sous-marine



La **force hydraulique** est aujourd'hui utilisée via les centrales hydroélectriques pour **produire de l'électricité**.

Au fil de l'eau ou en retenue, l'**énergie hydraulique** représente aujourd'hui **18 %** de la production électrique mondiale.

D'autres modes d'exploitation de l'eau sont à l'étude, notamment pour utiliser les **courants naturels des rivières** (sans barrage) ou encore **les énergies marines**.

Ces énergies marines regroupent :

- l'**énergie marémotrice**, produite par les marées,
- l'**énergie houlomotrice**, provoquée par les vagues,
- l'**énergie hydrolienne**, portée par les courants, et enfin,
- l'**énergie thermique des mers**.

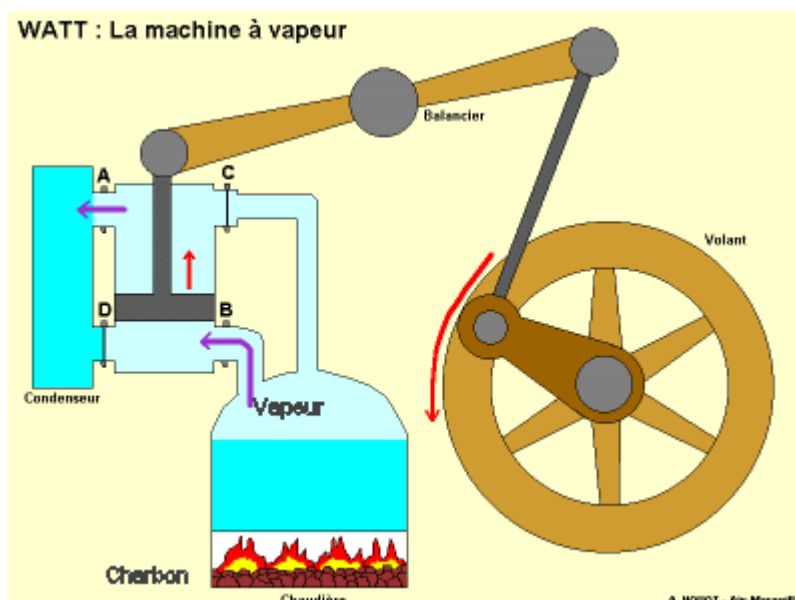
Ces énergies représentent de **sérieuses alternatives** mais sont encore en **quête de maturité**.

Les énergies thermiques

1. Le charbon :

La découverte du très fort **pouvoir calorifique** du charbon a bouleversé les sociétés dès la fin du 18^{ème} siècle.

A la fois **source d'énergie** et **combustible**, le charbon a été l'élément moteur de la **révolution industrielle**. Son exploitation massive a permis de passer d'une **société agricole** à une **société industrielle**.



C'est d'abord en Angleterre que l'utilisation du charbon a catalysé la révolution industrielle. Elle a permis le **développement des machines à vapeur**, un progrès central dans l'histoire de l'humanité. A cette époque, seuls le charbon et le bois étaient capables de fournir les **calories nécessaires** à la **production de vapeur**. En transformant ainsi l'énergie

thermique en énergie mécanique, l'homme révolutionne les transports et ouvre la voie de l'industrialisation.

- Les **chemins de fer** se développent.
- La **productivité industrielle** augmente.
- L'**activité minière** s'intensifie.
- Les **hauts fourneaux** se multiplient. **L'industrie métallurgique** est née.

L'exploitation du charbon a aussi engendré des évolutions sociales importantes, en accélérant l'**exode rural**. Peu à peu, le charbon va prendre une place prépondérante dans la société : **chauffage domestique, industrie, chemins de fer, sidérurgie, usines à gaz, électricité, carbochimie.**

Aujourd'hui, le charbon sert principalement à **produire de l'électricité**.

Deuxième source mondiale d'énergie primaire après le pétrole, mais **première pour la production d'électricité**, le **charbon** reste incontournable. **40 % de l'électricité mondiale** est produite par des centrales alimentées au charbon. Malgré son caractère polluant reconnu scientifiquement, la **demande** en faveur de cette source d'énergie est **croissante**, notamment dans les pays émergents comme l'Inde ou la Chine. Le charbon demeure **l'énergie fossile la plus répandue et la moins chère**.

2. Le pétrole :

Le **premier puits de pétrole** a été foré en **1859** aux États-Unis. A l'époque, le pétrole était utilisé essentiellement pour **l'éclairage**. Dès la fin du 19^{ème} siècle des **compagnies pétrolières** sont créées pour transporter le pétrole vers les pays consommateurs. L'arrivée de la première **voiture à essence** en 1896 marque un tournant : le développement du pétrole a permis **l'essor fulgurant** de l'automobile.

On assiste alors à un véritable **boom du pétrole** qui devient une matière première **stratégique**. Dans les années 40 et 50,



d'énormes gisements sont découverts au Moyen-Orient. Le pétrole devient bien plus qu'une affaire d'économie et commence à exercer une influence sur la géopolitique.

Au fil des années, la consommation mondiale de pétrole explose, soutenue par le développement du **marché automobile** et du **moteur à explosion** ainsi que par les progrès de la chimie. Outre les **carburants**, qui accompagnent l'essor des transports, l'industrie pétrolière génère une multitude de produits dérivés : **matières plastiques, lubrifiants, textiles, pharmacie...**

Le pétrole, qui a largement contribué au développement technologique du 20^{ème} siècle, demeure encore aujourd'hui l'un des piliers du système économique mondial.

Les pays industrialisés sont fortement consommateurs et dépendants du pétrole. Pourtant, les **réserves mondiales** connues d'hydrocarbures **s'épuisent**, et leur utilisation est l'une des principales sources d'**émission de gaz à effet de serre** dans le monde (avec le charbon).

L'énergie nucléaire :

La découverte de la fission nucléaire, fin 1938, a permis, à partir de l'uranium, de libérer une quantité inégalée d'énergie. Les premières **centrales nucléaires** voient le jour au milieu des années 50.

Une **centrale nucléaire** utilise la fission de noyaux atomiques pour produire de la chaleur, qui produira de la vapeur d'eau, laquelle entrainera la rotation d'un générateur producteur à son tour d'électricité. En 2009, **439**



réacteurs fonctionnent dans **31 pays** différents dans le monde, produisant environ **14 %** de l'**électricité** mondiale.

La France est le 2^{ème} producteur mondial d'électricité et le 1^{er} en % de sa production : 78 % de sa production électrique est nucléaire.

L'énergie nucléaire pour produire de l'électricité pose des problèmes majeurs :

- Risques d'accidents nucléaires graves (Ex : Fukushima)
- Stockage des déchets radioactifs dangereux pour la santé et qui ont une vie longue. (plusieurs centaines de millions d'années).
- Risque de terrorisme nucléaire.
- Coût économique élevé.
- Réserves mondiales en combustibles limitées (uranium) : environ 60 ans de consommation constante.
- Dépendance envers les pays producteurs d'uranium, tous situés hors d'Europe.

Aujourd'hui, face au développement industriel et à une consommation énergétique croissante, on s'interroge sur l'utilisation majeure des énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz) et nucléaires en raison de la diminution inquiétante des stocks mondiaux, de leur dangerosité et surtout des bouleversements climatiques qu'ils engendrent par leurs émissions importantes en CO₂ ou en radioactivité.

Pour un **développement durable**, l'homme aujourd'hui doit orienter ses choix énergétiques vers des **énergies renouvelables**, inépuisables à l'échelle humaine et **ne rejetant que peu de CO₂**.

