

J'apprends
l'Énergie

COMPRENDRE L'ÉNERGIE

GUIDE D'ACTIVITÉS POUR
LES ENSEIGNANTS DU PRIMAIRE



Une ressource pédagogique
proposée par

GDF SUEZ

INTRODUCTION

Ce Guide Enseignant permet de traiter la partie **Énergie : exemples simples de sources d'énergies (fossiles ou renouvelables)** du programme de **Sciences expérimentales** du cycle 3, abordée dans les classes de CE2 et CM2.

Il a pour but d'appuyer les professeurs dans l'élaboration des cours sur l'énergie, à partir d'une synthèse d'informations fiables, d'idées d'activités fondées sur la démarche expérimentale, et de liens utiles.

Il est complété par un ensemble de fiches pédagogiques, directement utilisables en classe, pour aborder la notion d'énergie, et présenter de façon synthétique les principales sources d'énergies renouvelables, ainsi que le fonctionnement des centrales correspondantes.

Pour chacune des six énergies renouvelables présentées, un jeu de 5 fiches est proposé : Synthèse du cours + Fiche exercice + Fiche exercice (corrigé) + Fiche centrale (exercice) + Fiche centrale (corrigé)

Enfin, un poster pédagogique permet de présenter de façon **interactive** les principales énergies renouvelables.

Objectifs pédagogiques

- Découvrir l'énergie
- Comprendre la notion de source d'énergie utilisable
- Distinguer énergies fossiles et énergies renouvelables
- Découvrir quelques **énergies renouvelables** (hydraulique, biomasse, éolienne, éolienne en mer, hydrolienne, solaire)
- Découvrir la production d'électricité et quelques enjeux environnementaux associés

Textes de référence :

Programme en Sciences expérimentales et technologie pour le Cycle 3 (BO hors-série n° 3 du 19 juin 2008)
Fiche Connaissances 16 – Énergie (Document d'application des programmes)

Pour information :

Notions liées du programme (non abordées dans ce document) :

Circuits électriques alimentés par des piles (CE2 et CM2)

Besoins en énergie, consommation et économie d'énergie (CM1).

Règles de sécurité, dangers de l'électricité (CM1)



SOMMAIRE

1	QU'EST-CE QUE L'ÉNERGIE ?	4
2	LES SOURCES D'ÉNERGIES UTILISABLES	6
3	ÉNERGIES RENOUVELABLES VS ÉNERGIES NON RENOUVELABLES	8
4	LES CENTRALES : COMMENT FABRIQUE-T-ON L'ÉLECTRICITÉ ?	11
4.1	L'ÉLECTRICITÉ, COMMENT ÇA MARCHE ?	14
4.2	LES CENTRALES THERMIQUES	17
4.3	LES CENTRALES HYDRAULIQUES	20
4.4	LA BIOMASSE	22
4.5	L'ÉLECTRICITÉ ÉOLIENNE	25
4.6	LES ÉOLIENNES EN MER	30
4.7	L'HYDROLIEN	32
4.8	LE SOLAIRE	35
5	CONSÉQUENCES	37
6	LIENS UTILES	38



1. QU'EST-CE QUE L'ÉNERGIE ?

Objectif : Élaborer une première approche du concept d'énergie, en faisant émerger les représentations des élèves.

Activité

Distinguer les différents types **d'énergie** (musculaire, électricité, pétrole) : pour venir à l'école, utilise-t-on de l'énergie ? Laquelle ? Y-a-t-il des manières de se déplacer qui consomment plus d'énergie que d'autres ? (à pied, à vélo, en bus, en voiture)

Les inviter à lister dans un tableau les activités quotidiennes et les gestes les plus automatiques qui reposent sur l'utilisation d'une source d'énergie (trajet en voiture, interrupteur d'une lampe, bouton ON d'un jouet), les répartir dans les colonnes correspondantes (électricité, pétrole, gaz)

→ Pour toutes les activités du quotidien, nous consommons différents types d'énergie.

Définition

Le mot français « énergie » vient du latin vulgaire *energia*, lui-même issu du grec ancien *ενεργεια* / *enérgeia*. Ce terme grec originel signifie, d'après le Petit Larousse, « **force en action** ».

Dans le langage courant, ce terme désigne aussi bien la manifestation de la volonté, du dynamisme (quel enfant énergique !), que les apports nutritionnels (faire le plein d'énergie au petit déjeuner), que l'énergie provenant du soleil, du pétrole ou de la prise électrique (l'énergie est notre avenir, économisons-la !)

Pas facile dans ces conditions de faire saisir aux enfants **le concept scientifique d'énergie**, dont la subtilité ne saurait s'appréhender par une simple définition.

L'énergie est partout. L'énergie est à l'origine de la vie. Sans elle, rien n'est possible. Sans elle, rien ne peut bouger ni se transformer. C'est elle qui permet aux êtres vivants de se développer. C'est elle qui permet de s'éclairer, de se chauffer, de se déplacer.

¹ Décret n° 2006- 1464 du 28 novembre 2006 relatif à la promotion des économies d'énergie dans les messages publicitaires des entreprises du secteur énergétique

JORF n°277 du 30 novembre 2006 page 18025 texte n° 36

Art. 2. – Le message prévu à l'article 2 du décret du 28 novembre 2006 susvisé est :

« L'énergie est notre avenir, économisons-la ! » Il doit être lisible, audible ou intelligible.



« Tout ce que nous voyons bouger bouge parce que le soleil brille »²

Pour bouger, pour courir, comme pour grandir, un enfant consomme de l'énergie. Cette énergie provient de l'alimentation.

Pour produire la nourriture, il faut l'énergie du soleil pour faire pousser les plantes, pour nourrir les animaux dont nous nous nourrissons. Il faut du carburant pour le tracteur du paysan ou le transport des marchandises jusqu'au magasin. Mais le carburant du tracteur ? C'est de l'énergie solaire accumulée, captée par les plantes et emmagasinée dans le sol. Il faut ensuite l'électricité ou le gaz pour faire cuire les aliments...

→ Après avoir exploité sa propre force et celle des animaux, l'homme a appris dès l'Antiquité à exploiter les énergies de la nature (le vent – énergie éolienne - avec les moulins à vent, l'eau – énergie hydraulique - avec les moulins à eau). Puis, pour obtenir plus de force de travail mécanique, il a inventé les machines et les moteurs, dont l'énergie est fournie par un carburant.

Ainsi, l'approvisionnement en **sources d'énergie utilisables** est devenu une des préoccupations majeures des sociétés humaines.

L'essentiel à retenir : L'énergie, c'est la force qui permet de bouger, de transformer, de produire quelque chose.

Connaissances

L'utilisation d'une source d'énergie est nécessaire pour chauffer, éclairer, mettre en mouvement. En particulier, le fonctionnement permanent d'un objet technique requiert une alimentation en énergie (pile, secteur, activité musculaire, combustible). Il existe différentes sources d'énergie utilisables : le pétrole, le charbon, l'uranium, le soleil, le vent...

Extrait de la Fiche Connaissances 16 – Énergie (Document d'application des programmes)

² La nature de la physique (Points sciences, Seuil, 1980), Richard Feynman (1918, 1988), physicien, prix Nobel de physique en 1965 et admirable pédagogue.



2. LES SOURCES D'ÉNERGIES UTILISABLES

Objectifs : Identifier quelques besoins humains en énergie.
Comprendre la nécessité de sources d'énergie utilisables pour chauffer, éclairer, mettre en mouvement.

Activité

De quoi a-t-on besoin pour se **déplacer** ?

De quoi a-t-on besoin dans la classe, dans la maison, dans la ville ?

Les besoins sont-ils les mêmes en été, en hiver, le jour, la nuit ?

Explorer la classe et ses environs, pour dresser une liste d'objets qui produisent une action, un mouvement (bouger, rouler, éclairer, chauffer...), répondant aux besoins identifiés.

Classer dans un tableau différentes sources d'énergies usuelles en fonction de leur utilisation (par exemple éclairage, chauffage, déplacement).

- Quelle énergie peut-on utiliser pour l'éclairage ? Le soleil (lumière naturelle), l'électricité (secteur), le pétrole (lampe à pétrole), les muscles (alternateur de bicyclette), lampe de poche (piles >électricité)...
- Quelle énergie peut-on utiliser pour le chauffage ? Le bois (cheminée).
- Qu'est-ce qui fait fonctionner le radiateur ? Le gaz, l'électricité, le pétrole.

De même, pour mettre un objet en mouvement, il existe plusieurs solutions (le pousser avec la main, remonter un ressort mécanique, le vent, l'utilisation d'une pile, de carburant, de capteur solaire)



→ Il existe différentes sources d'énergie utilisables

Une ampoule de lampe de poche n'a pas besoin de beaucoup **d'électricité** pour fonctionner, une pile suffit. Pour alimenter tous les équipements d'une maison, d'une ville, il en faut beaucoup plus : les centrales fabriquent de l'électricité en grande quantité.

→ L'énergie fournie peut être faible ou forte. L'homme a besoin d'énergie en quantité variable

Les énergies de la nature, comme le soleil (énergie solaire), le vent (énergie éolienne), la force de l'eau (énergie hydraulique), le charbon, le gaz naturel, les matières organiques (biomasse) peuvent être transformées en électricité dans les centrales. Les centrales nucléaires se servent de l'uranium comme source d'énergie utilisable, pour produire l'électricité.

→ Il y a beaucoup d'énergie autour de nous mais nous ne savons en utiliser qu'une petite partie

L'essentiel à retenir :
L'Homme a besoin d'énergie dans sa vie quotidienne.
Il existe différentes sources d'énergie utilisables pour répondre aux besoins de l'homme.

Connaissances

À l'échelle d'une génération humaine, certaines sources se renouvellent (énergies solaire, éolienne, hydroélectrique, marémotrice). Tel n'est pas le cas pour les autres (pétrole, nucléaire, biomasse...)

Extrait de la Fiche Connaissances 16 – Énergie (Document d'application des programmes)



3. ÉNERGIES RENOUVELABLES VS ÉNERGIES NON RENOUVELABLES

Objectifs :

Être capable de citer différentes sources d'énergie utilisables

Distinguer énergie renouvelable et énergie non renouvelable

Savoir que certaines sources d'énergie, dites non renouvelables, ne sont pas inépuisables.

Activité

L'énergie ne peut se créer, mais elle peut être transformée d'une forme à une autre. Pour ses besoins en énergie, l'Homme prélève dans son environnement des matériaux.

A partir des besoins en énergie identifiés précédemment (lumière, chaleur, électricité, mouvement), recenser les connaissances préalables des élèves sur les sources d'énergies permettant de répondre à ces besoins.

- D'où vient le carburant qu'on met dans la voiture ? D'où vient le gaz ?
- Dans la nature, quelles sont les ressources susceptibles de fournir de l'énergie ?
- Et l'électricité, d'où vient-elle ? La trouve-t-on dans la nature ? Comment est-elle produite ?

Recenser les connaissances préalables des élèves sur les moyens de produire de l'électricité.

Dresser une liste (provisoire) des sources d'énergie utilisées en France pour produire l'électricité.

A partir des sources d'énergie recensées, faire émerger les représentations initiales des élèves sur le caractère limité ou illimité de ces sources d'énergie.



Définition

Notion importante

Il existe deux grands types de sources d'énergie : les énergies renouvelables, et les énergies non renouvelables.

Une **énergie non renouvelable** est une source d'énergie **qui ne se renouvelle pas du tout ou pas assez rapidement pour être considérée comme inépuisable à l'échelle humaine**. Les réserves s'épuisent à mesure qu'on les utilise.

→ Il y a **deux grandes familles d'énergies non renouvelables** :

Les **énergies fossiles**

Ce sont des sources d'énergie dont les réserves se sont constituées il y a très longtemps. Le **pétrole**, le **gaz naturel** et le **charbon** sont issus de la lente transformation (la fossilisation) de résidus d'organismes (plancton, végétaux) morts il y a des millions d'années.

Ces énergies fossiles sont présentes en quantité finies, et leur vitesse de régénération est extrêmement lente à l'échelle humaine, il leur a fallu en effet des millions d'années pour se former.

- Un exemple : le pétrole est utilisé pour fabriquer de nombreuses choses : de l'essence, du fuel pour le chauffage, de l'électricité, des matières plastiques...

Cette consommation intensive est la cause des risques d'épuisement. Au rythme de consommation actuel, le pétrole pourrait être épuisé d'ici 45 ans environ.

L' **énergie fissile** (ou **nucléaire**)

Elle est produite à partir de l'uranium 235 (^{235}U), qui est un minerai qui s'est formé lors des supernovæ qui ont précédé la formation du système solaire... on en déduit facilement le caractère non renouvelable.

Une énergie renouvelable (EnR en abrégé) est une forme d'énergie dont la consommation ne diminue pas la ressource à l'échelle humaine. La plupart des EnR sont inépuisables ou presque. En effet, certaines peuvent disparaître si on ne les gère pas convenablement (bois issu de la déforestation).





L'énergie étant une grandeur physique, on parlera en théorie de «sources d'énergie renouvelables» ou «d'énergies d'origine renouvelable» - la forme courte est toutefois consacrée par l'usage.

Fournies par le soleil, le vent, la chaleur de la terre, les chutes d'eau, les marées ou encore la croissance des végétaux, les énergies renouvelables n'engendrent généralement **pas ou peu de déchets** ou **d'émissions polluantes**. Elles **participent à la lutte contre l'effet de serre** et les rejets de CO₂ dans l'atmosphère.



Attention également à **ne pas confondre énergie renouvelable** et **énergie propre** : le fait qu'une énergie soit renouvelable traduit le fait qu'elle se reconstitue et non qu'elle ne produise aucune pollution, aucun déchet.

Inversement le fait qu'une énergie soit propre n'implique pas qu'elle soit indéfiniment disponible.

En savoir plus

Indications techniques et économiques : il existe un nombre limité de sources d'énergie naturelles. En France, on utilise trois principaux types de centrales électriques : les centrales hydrauliques utilisant l'eau des rivières, parfois l'eau de la mer ; les centrales thermiques à flamme utilisant le charbon, le fioul ou le gaz naturel ; les centrales thermiques nucléaires utilisant l'uranium. Quelle que soit la méthode choisie, la production d'énergie présente des inconvénients pour l'environnement, inconvénients qu'il faut analyser pour prendre des décisions rationnelles.

Extrait de la Fiche Connaissances 16 – Énergie (Document d'application des programmes)



4. LES CENTRALES : COMMENT FABRIQUE-T-ON L'ÉLECTRICITÉ ?

Objectif : Mettre en évidence la place que prend l'électricité dans le quotidien

Activité 1

Un soir d'hiver, à la campagne, un orage éclate, survient une coupure d'électricité... Les enfants imaginent alors que l'électricité ne serait toujours pas revenue le lendemain matin. Qu'elle ait disparu dans toute la ville. Recenser avec les élèves tout ce qui ne marcherait plus : la lumière, les plaques de cuisson pour le repas, la machine à café, le grille bain. Et au bureau de papa ? Et dans les magasins ? Quelles sont les activités que les enfants aiment faire qu'ils ne pourraient plus faire ? (ordinateur, consoles de jeu...).

On constate que l'électricité prend une part importante dans nos vies. Beaucoup d'objets destinés à nous simplifier la vie s'accumulent, et consomment beaucoup d'énergie. Certains sont indispensables, d'autres moins.

Pendant très longtemps, les hommes ont vécu sans électricité. Pas besoin de remonter aux hommes préhistoriques, il n'y a pas si longtemps que cela qu'elle s'est généralisée dans tous les foyers. Aujourd'hui encore, des millions de personnes n'y ont pas accès. Selon l'ONU, qui a proclamé l'année 2012 Année internationale de l'énergie durable pour tous, 1,4 milliard de personnes n'ont pas accès à une énergie moderne, tandis que trois milliards de personnes dépendent de la «biomasse traditionnelle» et du charbon comme source principale de combustible. L'Unesco avance le chiffre de deux milliards de personnes qui n'ont pas accès à l'électricité à travers le monde.

Pourtant, les plus grandes possibilités d'augmentation en termes absolus de l'utilisation des énergies renouvelables se situent dans le secteur de l'électricité.



Activité 2

Quels peuvent être les bénéfices de l'accès à l'énergie durable dans les pays en voie de développement qui n'y ont pas accès ?

- Améliorer le **niveau de vie**.
- Générer des revenus, créer des opportunités pour mieux faire fonctionner les entreprises.
- Fournir de **l'électricité aux hôpitaux** (faire fonctionner des réfrigérateurs pour stocker les médicaments).
- Fournir un éclairage pour que les enfants puissent étudier à la nuit tombée.
- Alimenter les téléphones portables.
- Rendre plus propres les options pour la cuisine et chauffage.

Définition

Notion importante

La production et la consommation d'énergie en grande quantité présentent des inconvénients pour l'environnement. Il est important d'économiser l'énergie.

Tandis que certains n'ont pas accès à l'électricité, notre consommation en Europe ne cesse d'augmenter (2% par an depuis 10 ans selon l'Ademe), malgré les progrès considérables réalisés dans l'efficacité énergétique des appareils (étiquettes énergie, ampoules économiques).

Et nous, en France, aujourd'hui, comment pourrions-nous, sinon nous en passer, au moins réduire notre **consommation** ?



Demander aux enfants de citer des objets fonctionnant à l'électricité, qu'ils utilisent au quotidien, dont ils pourraient se passer.

Défi : **La chasse au gaspi** : Détecter au moins 3 gaspillages d'électricité dans la maison

- Laisser la lumière allumée.
- Laisser les appareils en veille.
- Prendre des bains plutôt que des douches.
- Mettre en marche le lave-linge ou le lave-vaisselle alors qu'il n'est pas plein.
- Utiliser des appareils qui ont une classe énergétique inférieure à A.

Pourquoi notre **consommation** augmente-t-elle ?

- Les appareils traditionnels restent en service plus longtemps (télé).
- Le développement de l'informatique a créé de nouvelles consommations (temps passé sur internet, consoles de jeu...).
- Augmentation du **confort** (chauffage, éclairage, lavage, eau chaude, climatisation).
- Consommations cachées (veille des appareils).

Notion importante

Pour répondre aux besoins des Hommes en énergie, il faut produire de l'électricité en grande quantité : c'est ce rôle que remplissent les centrales. L'électricité ne pouvant que difficilement être stockée, elle doit être produite dans les centrales électriques au moment même où elle est consommée.



4.1 L'ÉLECTRICITÉ, COMMENT ÇA MARCHE ?

Objectif : Montrer que le mouvement est une force qui peut être transformée en électricité

Activité

Nous avons vu que pour mettre un objet en mouvement, il faut de l'énergie. Mais l'inverse est-il possible ? Peut-on produire de **l'énergie à partir d'un mouvement** ?

Observer le fonctionnement d'un alternateur de bicyclette

Quand la roue ne tourne pas ou que le galet de l'alternateur n'est pas en contact avec la roue, la lumière reste éteinte. Quand la roue tourne et que le galet est en contact, la lampe s'allume : c'est bien le mouvement qui est transformé dans l'alternateur en électricité, ce qui permet à l'ampoule de s'allumer.

La manière principale de produire de l'électricité se base sur le principe de l'**alternateur**. Un alternateur produit de l'électricité quand un mouvement permet de le faire tourner rapidement.

L'alternateur transforme le mouvement en énergie électrique.

Il est constitué d'un aimant mobile (le rotor) et d'une bobine fixe (le stator), ces deux éléments formant l'alternateur. Il produit un courant alternatif.

- Exemple : ce qu'on appelle improprement « dynamo » de vélo est en fait un **alternateur**.



L'essentiel à retenir

Pour produire de l'électricité, on transforme une énergie mécanique (liée au mouvement) en énergie électrique.

C'est l'alternateur qui permet de transformer le mouvement en énergie électrique.

Dans une centrale électrique, le principe est exactement le même que pour l'alternateur de vélo, la différence tient simplement dans la quantité d'électricité produite.

Au lieu de faire tourner une roue, on fait tourner une turbine ou une hélice (un système d'entraînement), **qu'on relie à un alternateur pour transformer ce mouvement en électricité.**

Pour mettre en mouvement le système d'entraînement, il faut une source d'énergie, qui peut être thermique, éolienne, ou hydraulique.

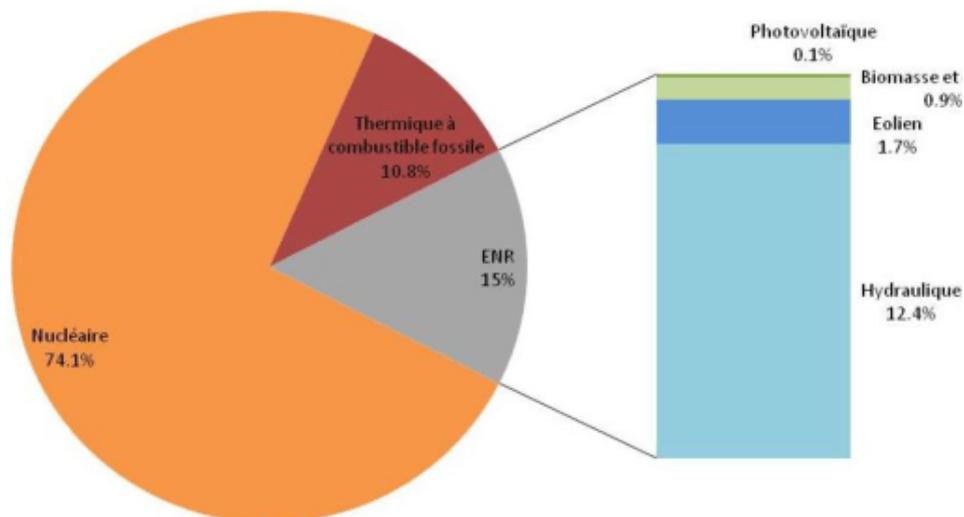
En France, on utilise **trois principaux types de centrales électriques**, par ordre d'importance de la production :

1. les **centrales thermiques nucléaires** utilisant l'uranium
2. les **centrales hydrauliques** utilisant l'eau des rivières, parfois l'eau de la mer
3. les **centrales thermiques à flamme** utilisant le charbon, le fioul ou le gaz naturel.

Viennent ensuite l'éolien, la biomasse et le photovoltaïque.



Parts occupées par les différents secteurs dans la production d'électricité nette totale en France métropolitaine (550 TWh) 2011



L'essentiel à retenir

L'essentiel de l'énergie électrique met en jeu des alternateurs dont le mouvement est obtenu par celui du vent (éoliennes), de l'eau (barrages) ou par la pression exercée par de la vapeur d'eau.



4.2 LES CENTRALES THERMIQUES

Objectif : Découvrir comment on produit l'électricité dans une centrale thermique

Définition

Notion importante

Dans les centrales thermiques, le mouvement est produit par la pression exercée par de la vapeur d'eau, obtenue en faisant bouillir de l'eau grâce à un combustible.

Les **centrales thermiques à flamme** fonctionnent avec la chaleur produite en brûlant un combustible (gaz, fuel, charbon) dans une immense chaudière. Cette chaleur permet de faire bouillir de l'eau, ce qui crée de la vapeur. La pression exercée par cette vapeur fait tourner une turbine, qui entraîne l'alternateur, qui ici encore transforme cette rotation en électricité. C'est très simple !

Avantages

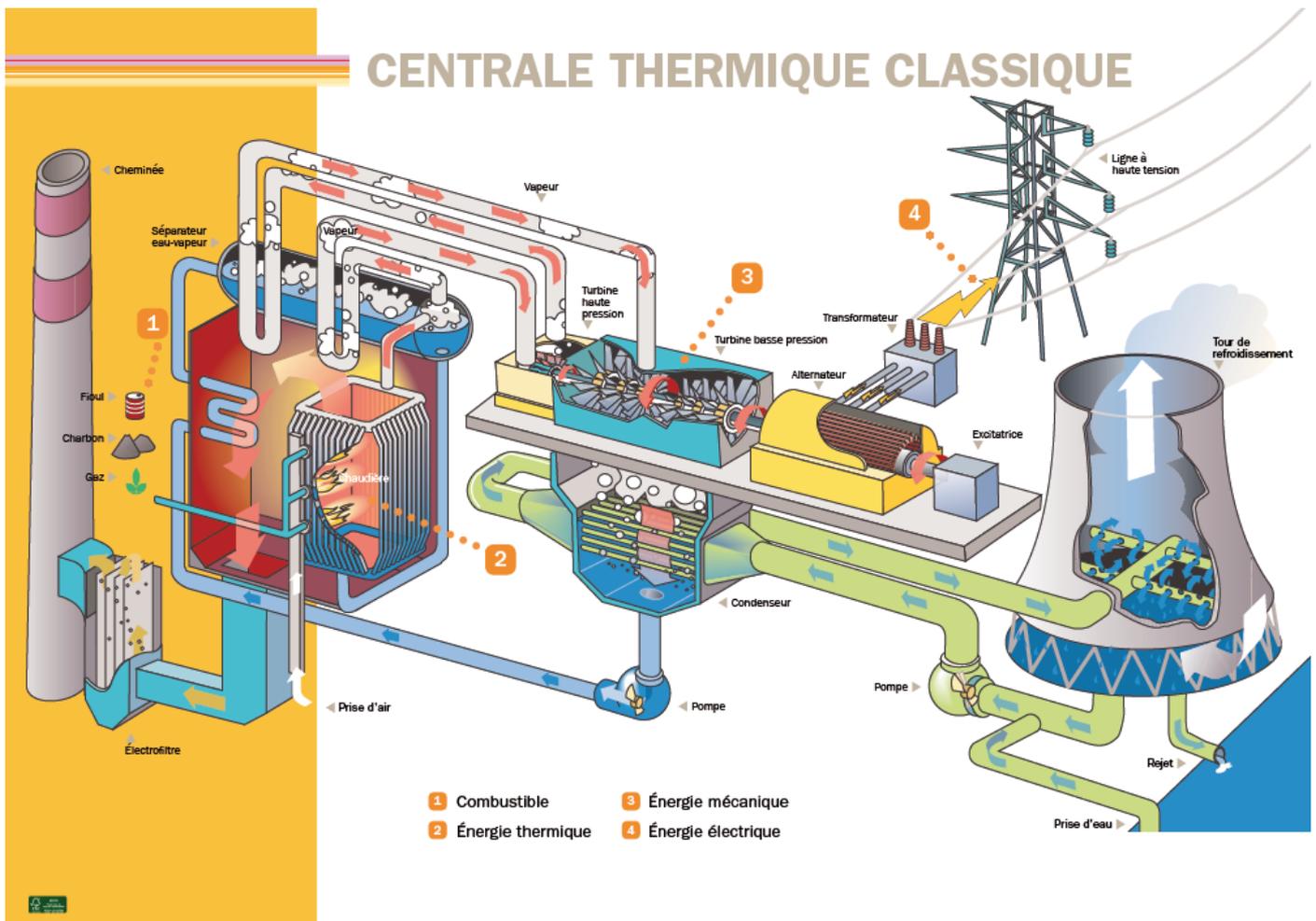
Les centrales thermiques permettent de produire l'électricité au moment où on en a besoin.

Inconvénients

- Pour produire de l'électricité, les centrales thermiques ont besoin des combustibles fossiles. Les combustibles fossiles, en brûlant, émettent du CO₂, un gaz à effet de serre contribuant au réchauffement climatique.
- Les centrales thermiques émettent du dioxyde de carbone (CO₂), mais aussi des oxydes d'azote (NO et NO₂) et de soufre (S).
- Ces ressources ne sont pas renouvelables. Elles proviennent de pays étrangers (ce qui peut créer une dépendance énergétique). Leur prix fluctue, et a augmenté ces dernières années.



CENTRALE THERMIQUE CLASSIQUE



Les **centrales nucléaires** sont aussi des centrales thermiques. On utilise l'uranium, qui dégage une chaleur très importante lors de la fission de ses atomes. On se sert de cette chaleur pour chauffer l'eau, et créer la vapeur qui fera tourner la turbine, puis l'alternateur, afin de produire l'électricité.

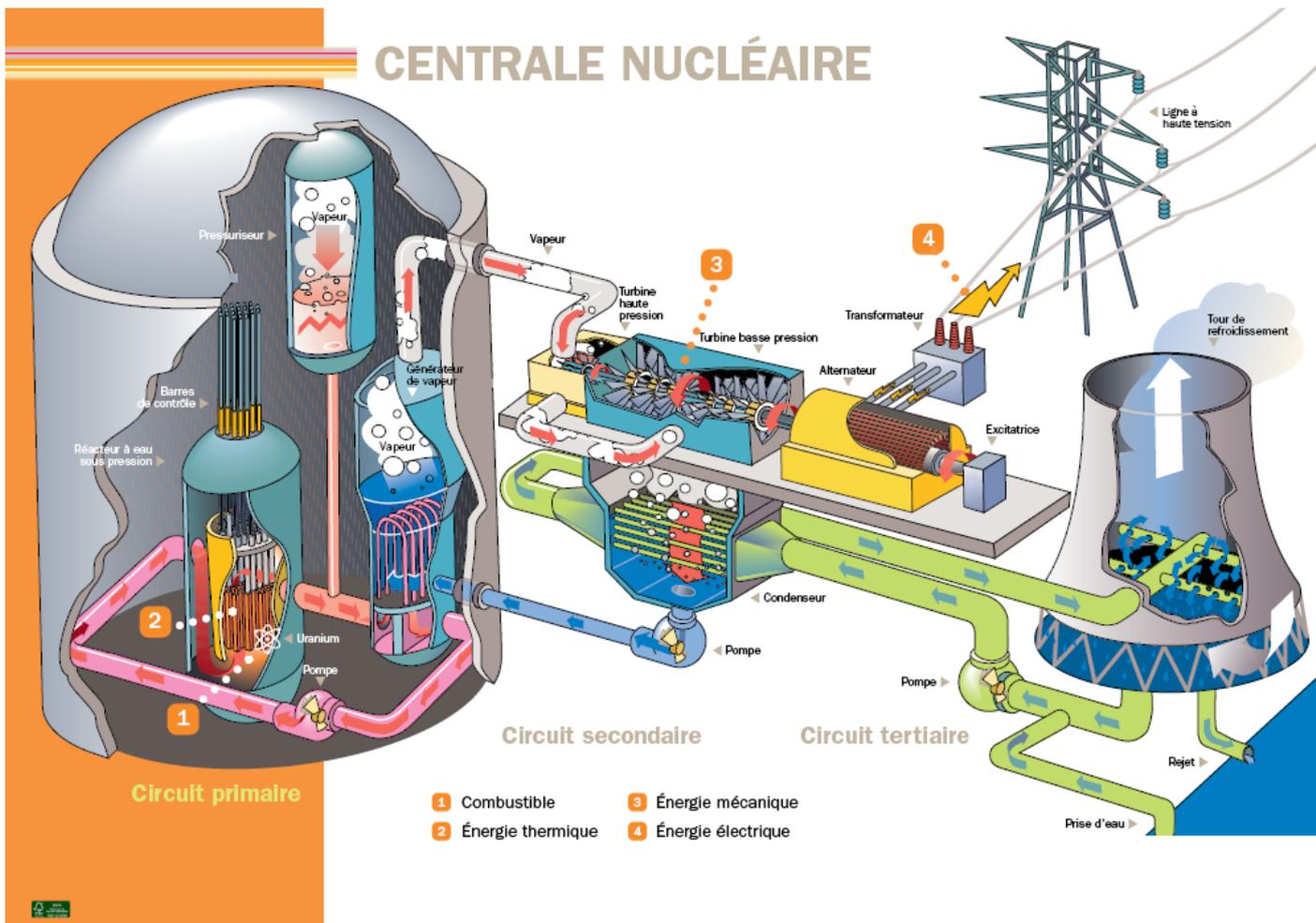
Avantages

L'avantage du nucléaire, c'est qu'il permet une production continue de grandes quantités d'électricité, tout en émettant peu de CO₂.

Inconvénients

- L'uranium n'est pas une ressource renouvelable.
- Il produit des déchets radioactifs **dangereux**, qui doivent être isolés pour des centaines d'années, voire des millénaires. On ne connaît pas à l'heure actuelle la solution pour les éliminer totalement.
- Des accidents comme Tchernobyl ou Fukushima ont marqué les esprits. Les centrales nucléaires doivent être soumises à un strict contrôle et à des normes de sécurité fiables, afin d'éviter toute fuite de matières radioactives, terriblement dangereuses pour **l'environnement**.

CENTRALE NUCLÉAIRE



4.3 LES CENTRALES HYDRAULIQUES

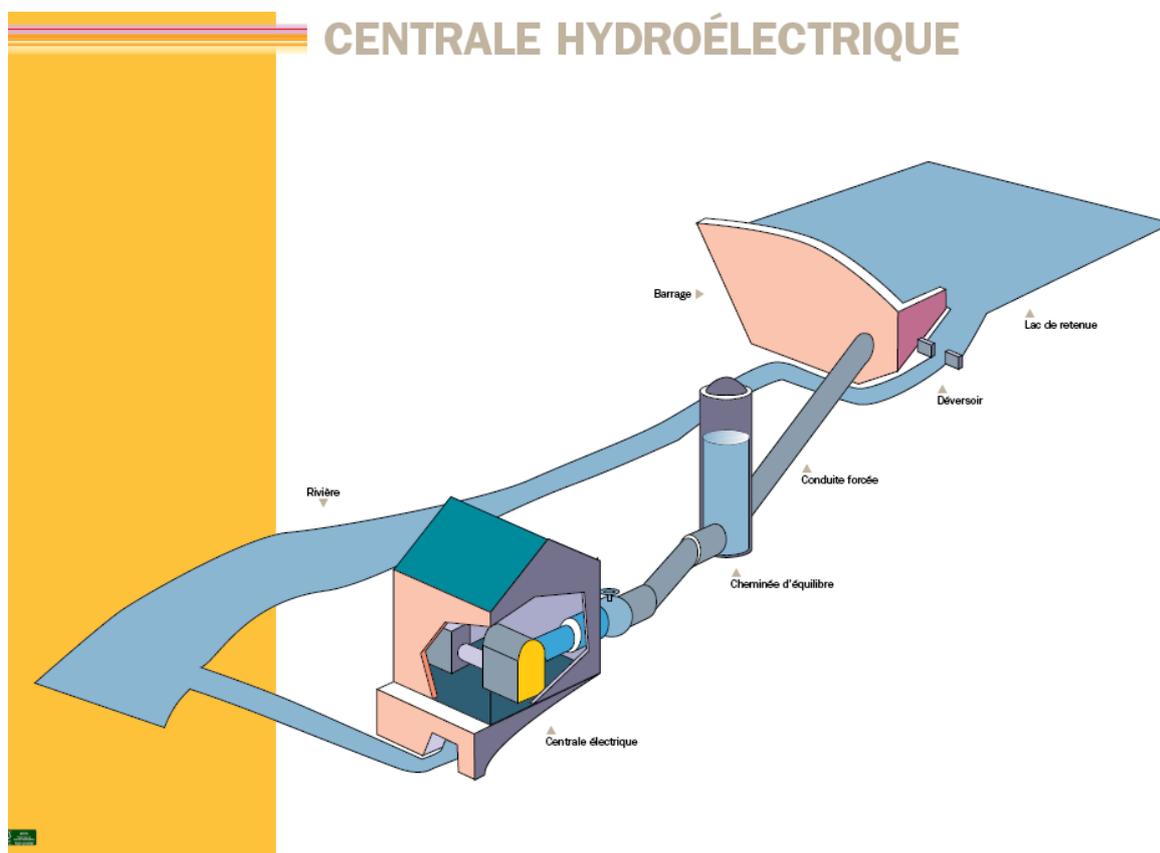
Objectif : Découvrir la production d'électricité dans une centrale hydraulique

Notion importante

Les centrales hydrauliques utilisent la force de l'eau en mouvement, celle des courants ou des chutes d'eau, qu'il s'agisse des fleuves, des rivières, des lacs ou de la mer.

Activité

On pourrait fabriquer une centrale hydro-électrique artisanale à partir d'un alternateur de bicyclette. Plus simplement, on peut aussi réaliser une roue à aube, que l'on fait tourner sur un ruisseau ou sous un robinet, pour illustrer le mouvement engendré par la force de l'eau.



Définition

Il existe 2 sortes de centrales hydrauliques :

- Les centrales au fil de l'eau qui utilisent la force du courant : elles turbinent en continu l'eau descendant des rivières.
- Les centrales à accumulation où l'eau est stockée dans un lac retenu par un barrage.

Lorsqu'il y a un besoin en électricité, on ouvre les **vannes** : grâce à une différence de hauteur, l'eau s'écoule et est conduite à travers une turbine. En tournant, la turbine fait fonctionner un alternateur (ou générateur), qui transforme ce mouvement en électricité.

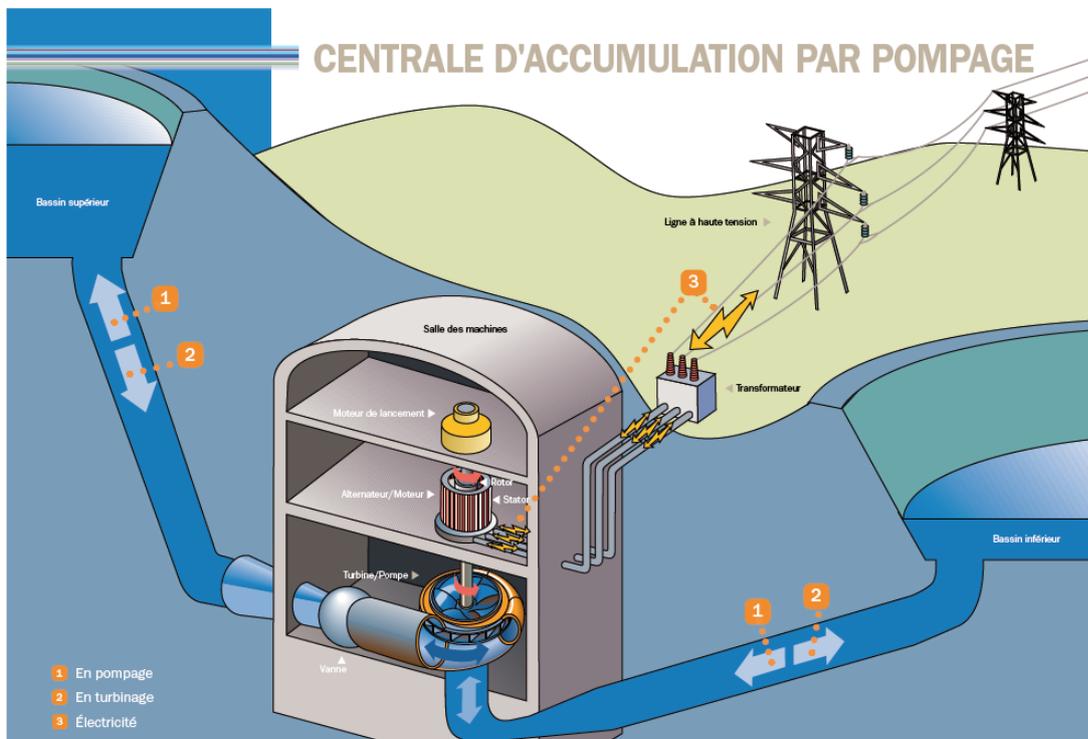
Ainsi, l'hydroélectricité est stockable, et peut être produite à la demande, en fonction des besoins des consommateurs.

Avantages

- La force de l'eau est une source d'énergie inépuisable, donc **renouvelable**.
- La production **d'hydroélectricité** ne génère que très peu de gaz à effet de serre, et aucun déchet.
- L'hydroélectricité peut être produite **à la demande**.

Inconvénients

- Les barrages modifient le paysage et le cours des rivières, ils représentent un obstacle à la navigation et à la circulation des poissons.



4.4 LA BIOMASSE

Objectif : Découvrir la production d'électricité dans une centrale biomasse

Définition

Notion importante

Dans les centrales biomasse, le mouvement est produit par la pression exercée par de la vapeur d'eau, comme dans les centrales thermiques.

La biomasse, c'est l'ensemble des **matières organiques (végétales ou animales)** existant sur Terre.

Les hommes **préhistoriques** utilisaient déjà la biomasse : ils brûlaient du bois pour s'éclairer, se chauffer, ou cuire leurs aliments.

Elle reste la première énergie renouvelable utilisée dans le monde, pour le chauffage et la cuisson surtout, mais essentiellement dans les pays peu industrialisés.

Du fait du dérèglement climatique et de l'épuisement à venir des ressources fossiles, l'énergie tirée de la biomasse intéresse à nouveau les pays riches.

C'est une filière en développement rapide, notamment avec les **agrocarburants** et le bois énergie.

Comment ça marche ?

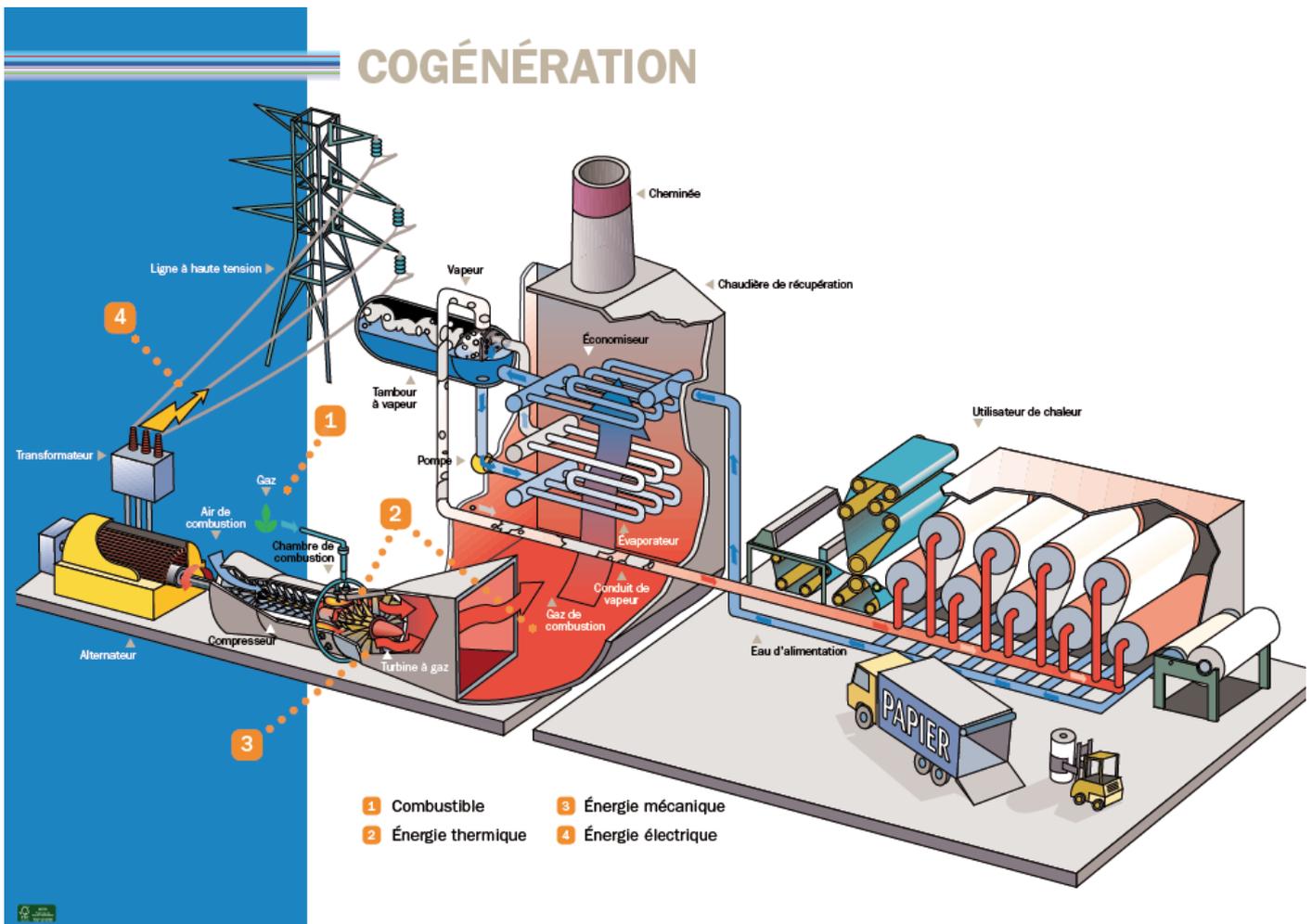
Pour la **biomasse**, le principe de production électrique est le même que pour les centrales thermiques.

On transforme la biomasse en énergie

- Par **combustion**.
- Par méthanisation : en laissant fermenter les matières organiques, on obtient un biogaz.



COGÉNÉRATION



Dans la centrale, la **combustion de biomasse ou de biogaz** chauffe l'eau d'une chaudière. La vapeur d'eau produite fait tourner une turbine, qui, couplée à un **alternateur**, produit de l'électricité.

Cela permet aussi de **recycler** certains déchets agricoles, industriels ou ménagers, et de s'en débarrasser tout en les transformant en énergie : la chaleur produite lors de leur incinération est récupérée.

- par transformation en biocarburant : on peut fabriquer du carburant à partir de betteraves, de blé, de maïs, de canne à sucre, de colza...

La **cogénération** permet de produire deux énergies à la fois à partir de la biomasse : une partie de la centrale utilise la chaleur pour la transformer en électricité, suivant le même principe que dans les centrales thermiques. L'air chaud qui a servi à faire tourner la turbine est ensuite récupéré pour chauffer l'eau qui part dans le réseau souterrain. Via une **chaufferie d'appoint**, et un réseau de tuyaux souterrains, l'eau chaude permet de chauffer directement les bâtiments, équipements, commerces, et habitations de la ville.

Avantages

- La matière première est disponible en permanence, et à priori **inépuisable**.
- Cela permet de recycler certains déchets agricoles, industriels ou ménagers, en les transformant en énergie.
- La **cogénération** permet de produire deux énergies à la fois (électricité + chauffage) à partir de la biomasse.
- La bilan carbone est considéré comme neutre : la combustion de biomasse restitue le CO₂ que les végétaux ont absorbé durant leur croissance. Ce carbone ayant été extrait récemment de l'atmosphère, il peut à nouveau être capté par les plantes. Par contre, **l'environnement** ne parvient plus à absorber le CO₂ emmagasiné il y a des millions d'années dans les énergies fossiles, aujourd'hui restitué en grandes quantités.
- Le biogaz est essentiellement du méthane. Il est issu de la fermentation de matières organiques contenues dans les décharges, les stations d'épuration, les exploitations agricoles. C'est un puissant gaz à effet de serre, au pouvoir réchauffant 21 fois supérieur au CO₂ (bien que moins persistant). Sa captation est hautement souhaitable.

Inconvénients

Le caractère **renouvelable** et/ou durable de l'énergie biomasse est parfois discutable, car il dépend du respect de certaines règles pour sa production et sa valorisation, notamment d'éviter la surexploitation de la ressource, la dégradation des sols ou de la biodiversité, ou la compétition excessive avec d'autres usages (terres arables, ressource en eau)

- La biomasse bois doit provenir de forêts gérées durablement, de façon à ne pas aggraver l'effet de serre ou la déforestation.
- Les cultures consacrées aux **biocarburants** ne doivent pas se faire au détriment des cultures vivrières locales, ou contribuer à la déforestation.
- La combustion doit être bien maîtrisée pour ne pas générer de pollutions atmosphériques.

Une partie des déchets ménagers destinés à l'incinération est constituée de plastiques, autrement dit du pétrole transformé, soit une énergie pas totalement renouvelable au sens propre du terme.



4.5 L'ÉLECTRICITÉ ÉOLIENNE

Objectif : Découvrir la production d'électricité dans une centrale éolienne

Notion importante

Avec une éolienne, c'est le vent qui produit le mouvement qui sera transformé en électricité par l'alternateur.

Activité

1. Faire émerger les représentations des enfants sur le vent « source d'énergie »

Depuis quand et comment l'homme peut-il utiliser l'énergie du vent ? Pourquoi faire ?

- Avec les **moulins** à vent (pour moudre le grain, puiser de l'eau, actionner des marteaux pilons).
- Avec les voiliers, les chars à voile (pour faire avancer un **véhicule**).
- Avec les **éoliennes** (pour produire de l'électricité).

2. Travaux de recherche sur les moulins à vent (histoire, les différents moulins, pour quelles utilisations).

Exemple : aux Pays-Bas, les moulins à vents ont servi à pomper l'eau pour assécher des zones littorales, et ainsi gagner des terres sur la mer (les polders). Le premier polder de ce type fut aménagé en 1612 !! Ainsi, les terres gagnées sur la mer représentent 15% du territoire actuel du pays.

3. Observer une éolienne (si possibilité de visite d'un parc éolien).

- À quoi sert une **éolienne** ?

4. Expérimentation :

- Construire une éolienne (en utilisant de préférence la démarche expérimentale).
- Comment fabriquer une éolienne ? (matériel nécessaire, nombre de pâles...).
- Comment transformer le mouvement des pâles en électricité ? (moteur, dynamo de vélo).



Liens utiles

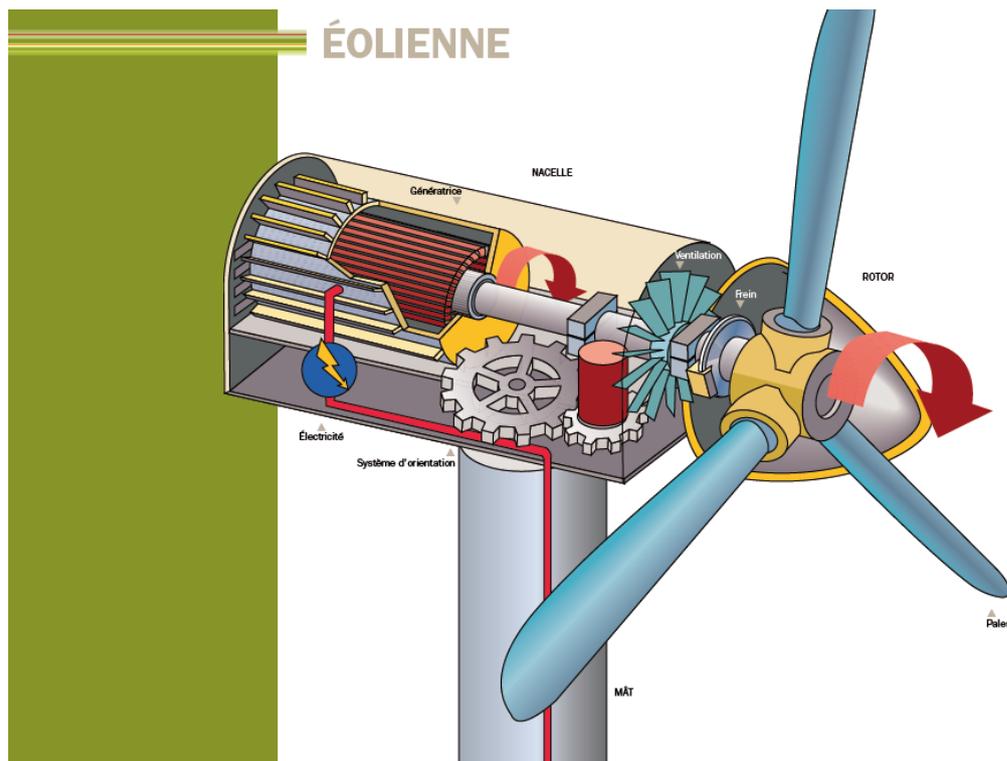
Fabriquer une éolienne (sur Curiosphère.tv)

Dossier « L'éolienne », présentation d'une activité de classe sur le site La main à la pâte, exposant de façon détaillée les expérimentations et travaux des élèves autour de l'éolienne.

Définition

- Qu'est-ce qu'une éolienne ?

Les éoliennes sont les moulins à vent modernes, qui transforment la force du vent en électricité.



Comment ça marche ?

Les éoliennes produisant de l'électricité sont appelées aérogénérateurs. Le vent entraîne les pales, qui font tourner un générateur, qui transforme ce mouvement en électricité.

Selon l'Ademe, les grands aérogénérateurs récents installés dans les parcs éoliens développent une puissance d'environ 2 MW, ce qui correspond à la consommation d'environ 2 000 foyers (hors chauffage).

Une éolienne est **composée** :

- Du **rotor** (pâles montées sur un moyeu).
- D'un **générateur** (ou alternateur), qui transforme l'énergie mécanique en énergie électrique.
- D'une **nacelle**, qui supporte le rotor.
- D'un **système d'orientation**, afin que le rotor soit toujours face au vent.
- D'un **multiplicateur**, qui sert à augmenter le nombre de tours effectués par les pales de l'éolienne.
- D'un **système de freinage**, pour protéger l'éolienne de la destruction ou d'une usure prématurée en cas de vents trop violents.
- D'un **mât**, qui supporte la nacelle.
- D'une **connexion au réseau par des câbles souterrains**.

La vitesse minimale du vent pour faire fonctionner une éolienne est d'environ 4 m/s, soit 14.5 km/h. L'éolienne s'arrête automatiquement à partir de vents soufflant à plus de 25 m/s, soit 90 km/h.

Dans le choix du site d'implantation d'une ferme éolienne, la **vitesse du vent** est donc un critère essentiel.

Il faut également qu'il ne souffle pas dans tous les sens, car l'éolienne ne pourrait pas tourner correctement.

On les construit dans des zones où le vent est fort et régulier. Entre les cols, au sommet des collines, près de la mer, les éoliennes sont particulièrement efficaces. Elles sont moins efficaces en altitude car la densité de l'air est plus faible.

- Si l'éolien est une ressource variable, elle reste gérable pour le gestionnaire du réseau électrique. Les capacités de stockage offertes par exemple par l'hydraulique permettent de compenser cette variabilité.



En France

«Dans le contexte français caractérisé par la prédominance de l'énergie nucléaire et des combustibles fossiles pour produire l'électricité, la diversification du bouquet énergétique passe par une utilisation accrue des **énergies renouvelables**.

La première loi Grenelle fixe un objectif de 23 % de notre consommation énergétique finale devant provenir de ressources renouvelables en 2020. Dans le plan national «Énergies renouvelables», l'éolien contribuera à cet objectif avec 25 000 MW installés en 2020 (19 000 MW terrestres et 6 000 en mer), soit 10 % de la production nationale d'électricité.»

ADEME – Guide énergie éolienne

La France bénéficie d'un **potentiel important** pour l'éolien, le deuxième en Europe, après les Îles britanniques.

Les zones terrestres régulièrement et fortement ventées se situent sur la façade ouest du pays, de la Vendée au Pas-de-Calais, en vallée du Rhône et sur la côte languedocienne.

- **L'éolien**, qu'il soit terrestre ou maritime, est considéré en France comme l'énergie renouvelable ayant le meilleur potentiel de développement à court terme.

Renouvelable et durable ?

Avantages

- Respect de l'environnement : les éoliennes produisent une énergie renouvelable (et même inépuisable) et propre (ni déchets ni gaz à effet de serre).
- Rapides à installer et à démanteler. En fin de vie, une éolienne est presque entièrement **recyclable** et ne laisse pas de polluant sur son site d'implantation.
- La filière éolienne est créatrice d'**emplois**.

Inconvénients

- Les éoliennes ne peuvent pas produire d'électricité en continu, car leur production dépend du vent.
- Certains leur reprochent aussi d'être trop **bruyantes** (c'est vrai pour les modèles anciens), ou de porter atteinte au paysage. Cependant, les avancées technologiques ont permis de réduire considérablement le bruit. Quant à l'impact visuel, cela reste subjectif, certains y voient au contraire un symbole d'espoir ou de vision à long terme.



Quoi qu'il en soit, l'installation d'un parc éolien doit aujourd'hui obéir à des contraintes réglementaires importantes en matière d'impact environnemental et paysager :

- L'implantation doit se faire hors des couloirs de migration ou des zones sensibles pour les **oiseaux** nicheurs.
- Elle doit faire l'objet d'**analyses** paysagères et ne peut être envisagée dans des secteurs paysagers remarquables ou préservés. Les constructions annexes (accès, transformateurs, enfouissement des réseaux, etc.) font partie de cette analyse.
- Elle obéit à la réglementation relative à la lutte contre les bruits de voisinage (décret 2006-1099 du 31/08/2006).
- Les éoliennes doivent se situer à 500 m des **habitations** et des zones destinées à l'habitation.



4.6 LES ÉOLIENNES EN MER

Objectif : Découvrir la production d'électricité dans une centrale éolienne en mer

Définition

Le potentiel énergétique de l'**éolien en mer** est plus élevé que celui de l'éolien terrestre, car les vents marins sont **plus forts** et **plus réguliers**.

En l'état actuel de la technologie, les parcs en mer sont situés généralement à moins de 40 m de profondeur et à moins de 30 km des côtes.

Dans l'avenir, l'éolien flottant permettra d'installer des parcs ancrés à une profondeur maximum de 150 m, ce qui pourrait augmenter les zones potentiellement exploitables.

Comment ça marche ?

Le principe de fonctionnement est le même que pour une **éolienne terrestre**, cependant les conditions exigeantes et rigoureuses du milieu marin impliquent des contraintes spécifiques : les éoliennes doivent être étudiées pour **résister** à la force des vagues et du courant, à la corrosion, et le raccordement au réseau électrique nécessite des câbles sous-marins.

La partie marine du parc comprend :

- **Les aérogénérateurs** . Les mâts peuvent atteindre une centaine de mètres au-dessus du niveau de la mer et chaque pale dépasser 80 m de long
- Un module pour les équipes d'intervention
- Un transformateur
- Des **câbles** sous-marins (collecte et transport de l'électricité jusqu'à la côte).



Renouvelable et durable ?

Avantages

- **Respect de l'environnement** : les éoliennes produisent une énergie renouvelable et propre (ni déchets ni gaz à effet de serre).
- **Le potentiel énergétique** est important sur les côtes françaises.
- L'impact visuel est moindre que pour les éoliennes terrestres.
- Le milieu marin permet l'installation de machines plus productives.
- La filière éolienne est créatrice d'**emplois**
- Un effet « récif artificiel » a été très nettement observé sur des parcs installés depuis plusieurs années. L'implantation de parcs éoliens en mer pourrait donc favoriser l'augmentation locale de biomasse et de la biodiversité marine.

Inconvénients

- La construction et le démantèlement d'un parc éolien en mer peuvent avoir des impacts négatifs encore **mal connus** sur l'environnement, notamment sur les mammifères et les poissons.
- En fonctionnement, les vibrations des éoliennes peuvent également avoir un impact sur les **mammifères marins** et les **poissons**, ainsi que sur l'avifaune (risques de collisions, phénomène d'évitement).
- Un parc éolien en mer peut générer des **conflits** d'usages avec les autres utilisateurs de la mer et du littoral : impact paysager, impact sur la pêche, impact pour la navigation, impact sur les radars...



4.7 L'HYDROLIEN

Objectif : Découvrir la production d'électricité dans une centrale hydrolienne

Définition

L'énergie marémotrice est issue des mouvements de l'eau créés par les marées et causés par l'effet conjugué des forces de gravitation de la Lune et du Soleil.

Parmi les technologies permettant d'exploiter les énergies marines³, les **hydroliennes** utilisent l'énergie des **courants marins** (énergie hydrocinétique).

La constance et la prévisibilité des courants laissent présager un bel avenir pour l'énergie hydrolienne.

En France

La France possède le 2^{ème} potentiel **hydrolien** en Europe (20%), derrière le Royaume Uni (75%).

Les zones propices sont celles où la vitesse des courants est supérieure à 1 ms⁻¹ et la profondeur d'eau est d'au moins 20 m pour que la machine puisse avoir une puissance suffisante.

Le littoral de la Bretagne et celui de la Normandie possèdent plusieurs sites où les courants atteignent des valeurs importantes.

Les sites potentiels sont spécifiques (détroits, caps, goulets... où l'on observe une augmentation des vitesses) et bien identifiés (sur les côtes métropolitaines françaises on peut noter : Raz Blanchard, Fromveur, Raz de Sein, Héaux de Bréhat, Raz de Barfleur (et en Outre Mer : effets de pointe, passes...)).

L'université de Bretagne occidentale a présenté un projet d'installation de 3 sites de production en **Bretagne** et **Normandie**, qui permettrait l'autonomie de la Bretagne d'un point de vue énergétique⁴.

³ Les énergies marines sont : énergie des marées (= marémotrice) ; énergie des courants marins (hydrocinétique), énergie des vagues (= houlomotrice) ; énergie éolienne en mer, énergie thermique des mers ; biomasse marine ; énergie osmotique (gradients de salinité)

⁴ Source : Bureau d'Etudes Industrielles Énergies Renouvelables et Environnement (BEI ERE) de l'ENSEEIH et de l'INP



Comment ça marche ?

L'exploitation de l'énergie hydrocinétique repose le plus souvent sur des **turbines** (turbines à axe horizontal ou à axe vertical), mais des projets de convertisseurs plus singuliers voient également le jour.

La turbine de l'hydrolienne permet la transformation de l'énergie cinétique d'un courant d'eau en énergie mécanique, qui est quant à elle transformée en énergie électrique par un alternateur.

4 familles d'hydroliennes :



1 Les hydroliennes à axe horizontal, qui fonctionnent à l'image d'une éolienne



2 L'énergie cinétique est récupérée et transformée directement en énergie mécanique de la même façon que pour les éoliennes.



3 Les hydrofoils, maintenus par un bras articulé, oscillent suivant la verticale sous l'effet d'une combinaison de forces de portance et de traînée.



4 Les hydroliennes qui exploitent « l'effet Venturi », c'est à dire l'accélération d'un fluide dans une conduite dont le diamètre se rétrécit

Aujourd'hui, c'est la technologie des hydroliennes à **axe horizontal** qui est la plus développée.

Les hydroliennes sous-marines à axe horizontal peuvent être assimilées à **des éoliennes immergées**. Bien que les courants marins soient 4 à 5 fois moins rapides que le vent, la puissance électrique d'une hydrolienne est beaucoup plus importante que celle des éoliennes de même dimension du fait d'un milieu fluide beaucoup plus dense (la densité de l'eau de mer est 800 fois plus élevée que celle de l'air). Cela a pour conséquence de nécessiter des hydroliennes nettement moins imposantes que les éoliennes terrestres ce qui en fait une technologie adaptée pour l'extraction de l'énergie des mers en faible profondeur.



Il existe actuellement un foisonnement de concepts autour de l'exploitation de l'énergie des courants de marée. Selon l'Ademe, le Centre Européen des Énergies Marines EMEC en recense plus de 50 en 2008, alors que l'IEA-OES (groupe dédié Énergies marines de l'Agence Internationale de l'Énergie) n'en comptait que 5 en 2003.

Parmi ces concepts, on pourrait citer les turbines de surface à axe horizontal de type roue à aubes, les hydrofoils (sorte d'aile ou nageoire sous-marine géante), ou les cylindres horizontaux placés sur des supports élastiques du projet VIVACE, qui permettent de créer et d'amplifier des vibrations afin de les convertir en électricité.

Avantages

- L'hydrolienne utilise une **énergie renouvelable** (le courant marin) et **inépuisable**.
- Les hydroliennes sont beaucoup plus petites que les éoliennes pour une **même puissance**.
- Les courants marins sont constants et prévisibles, ce qui permet d'estimer avec précision la production d'électricité.
- Les hydroliennes ne produisent ni déchets ni gaz à effet de serre.

Inconvénients

- Les impacts potentiels des hydroliennes sont encore mal connus, des études d'impact environnemental sont menées actuellement.
- Sans étude environnementale maritime fiable, les hydroliennes pourraient créer des zones de **turbulences**, qui modifient la sédimentation et le courant, avec de possibles effets sur la flore et faune juste en aval de leur positionnement. Cela pourrait créer à long terme une zone morte. Il faut cependant considérer que les sites préférentiels pour l'installation d'hydroliennes sont des sites de courants forts à très forts, généralement composés de roches ou de gravières de gros calibre, où les conditions sont de toute façon peu favorables au développement de la faune et de la flore.
- Ces zones de turbulences peuvent aussi constituer un **avantage**, en ce qu'elles empêchent les dépôts de sédiments et l'envasement sur le dispositif.
- La maintenance peut nécessiter l'utilisation de **produits toxiques** pour la faune et la flore marine (antifouling), pour éviter le développement des algues et organismes encroûtants sur l'hydrolienne.
- La technologie des hydroliennes en est encore à un stade **expérimental**.
- Le coût élevé de l'investissement d'une centrale hydrolienne et le faible tarif d'achat de l'électricité produite peuvent pour l'instant faire reculer les investisseurs.



4.8 LE SOLAIRE

Objectif : Découvrir la production d'électricité dans une centrale solaire

Définition

C'est l'énergie produite à partir du **rayonnement du soleil**.

Activité

Une vidéo de l'Écolo-Labo sur le site www.curiosphère.tv montre la fabrication d'un chauffe-eau solaire avec une carafe d'eau, des élastiques, du papier aluminium, un grand bocal en verre, du colorant alimentaire et un tuyau souple et transparent de deux mètres.

Fabriquer un chauffe-eau solaire

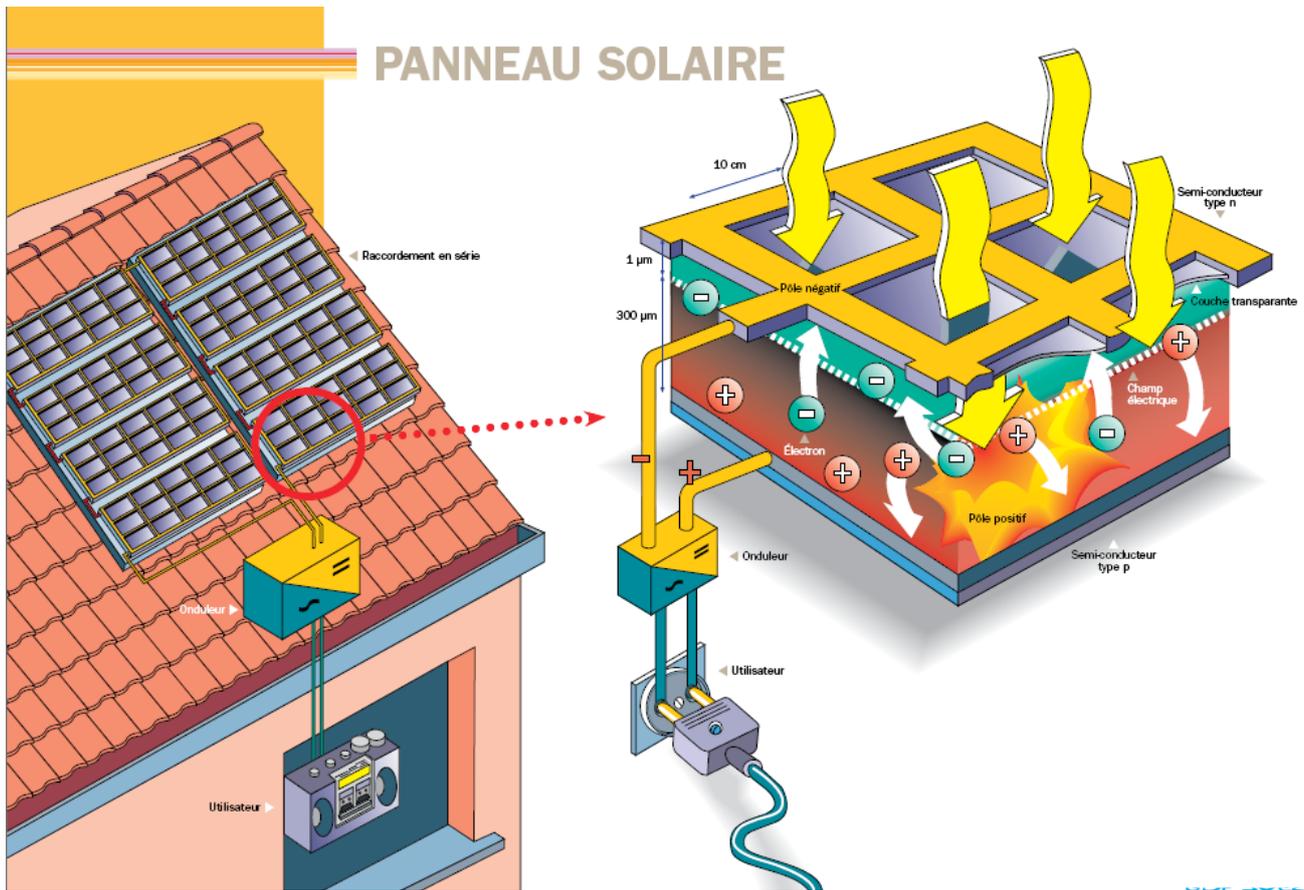
Une centrale solaire, comment ça marche ?

Il y a deux manières d'utiliser le rayonnement solaire :

- On capte la lumière du soleil qu'on transforme en électricité, grâce à des panneaux photovoltaïques (du grec photo = lumière).
- On transforme le rayonnement solaire en chaleur, grâce à des capteurs solaires thermiques (du grec thermos = chaleur).

On peut utiliser cette chaleur directement, pour chauffer l'eau des chauffe-eaux ou les bâtiments, grâce à des capteurs installés **sur les murs ou les toits**.





On peut aussi la transformer en **électricité**, dans une centrale électrique solaire. Malheureusement, elles ne peuvent être installées partout car elles nécessitent des conditions techniques, géographiques et environnementales très strictes (un grand espace plat, aucune pollution, un ensoleillement maximum toute l'année, des installations électriques proches, ...).

- Le soleil est une **source d'énergie inépuisable**, et non polluante (ni déchets, ni gaz à effet de serre).
- Le soleil en est à la moitié de sa vie, il lui reste encore 5 milliards d'années avant de s'éteindre !



5. CONSÉQUENCES

Quelle que soit la méthode choisie, la production d'énergie présente des inconvénients pour l'environnement, inconvénients qu'il faut analyser pour prendre des décisions rationnelles.

Extrait de la Fiche Connaissances 16 – Energie (Document d'application des programmes)

La consommation d'énergie ne cesse d'**augmenter**. Quelle que soit la méthode choisie, la production d'énergie présente des inconvénients pour l'environnement.

- La combustion d'énergies fossiles, utilisées dans les centrales thermiques et dans les transports, produit des gaz à effets de serre, responsables du réchauffement climatique. L'épuisement de ces ressources, prévu d'ici quelques décennies seulement, oblige à repenser notre consommation d'énergie.

L'Union Européenne cherche à promouvoir les énergies renouvelables, tout comme en France le Grenelle de l'environnement. Pourtant, moins de 15% de notre **électricité** provient de sources renouvelables, contre 75% pour le nucléaire.

En attendant, les spécialistes ne cessent de rappeler que l'énergie la plus propre et la moins chère est celle que l'on ne consomme pas. Avec l'éco-conception, les bâtiments basse consommation, de gigantesques potentiels d'économies existent.

- L'efficacité énergétique s'affiche de plus en plus sur les étiquettes... mais nous multiplions toujours davantage les équipements de la maison, sans compter toutes les consommations cachées (veille, énergie grise).

Une chose est sûre, il nous faudra changer nos **comportements** pour relever le **défi énergétique** !

Pour aller plus loin :

Notions liées au programme : Besoins en énergie, consommation et économie d'énergie



6. LIENS UTILES

Instructions officielles

Bulletin officiel hors-série n° 3 du 19 juin 2008 - CYCLE DES APPROFONDISSEMENTS - PROGRAMME DU CE2, DU CM1 ET DU CM2

La Direction générale de l'enseignement scolaire propose divers outils et ressources pour faire la classe :

Sciences et technologie Cycle 3 Collection École - Document d'application des programmes

Pourquoi et comment enseigner les sciences et la technologie à l'école ? Quelles sont les compétences à acquérir en fin de cycle 3 ?

Fiches Connaissances : Collection École - Document d'application des programmes

La fiche 16 est consacrée à l'énergie.

Aide à l'évaluation des acquis des élèves en fin d'école élémentaire - Sciences expérimentales et technologie.

Les compétences des élèves en sciences expérimentales en fin d'école primaire : Note d'information - DEPP - N°11.05 - janvier 2011

La main à la pâte

La main à la pâte a été lancée en 1996, à l'initiative de Georges Charpak, prix Nobel de physique 1992, Pierre Léna, Yves Quéré et de l'Académie des sciences dans le but de rénover l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école primaire en favorisant un enseignement fondé sur une démarche d'investigation scientifique.

Le site Internet La main à la pâte rassemble aujourd'hui plus de 300 activités pour la classe, libres de droits. Vous y trouverez de nombreuses activités sur l'énergie, ainsi que des guides pratiques sur la démarche d'investigation scientifique.

Activités de classe > Énergie

La démarche pédagogique des activités scientifiques

Guide pour l'élaboration de modules de sciences fondés sur l'investigation



Curiosphère

Curiosphere.tv a une vocation éducative généraliste. Cette webTV s'est donnée pour mission d'«offrir aux médiateurs éducatifs - profs, parents, éducateurs - les meilleurs contenus audiovisuels afin de favoriser l'éducation citoyenne des enfants et leur accès à la culture».

Ces contenus (vidéo, images, textes, animations...) actualisés tous les jours, sont accessibles gratuitement pour une utilisation dans un cadre scolaire ou à domicile.

- **Fabriquer un chauffe-eau solaire**
- **Fabriquer une éolienne à la maison**
- **Une expérience pour comprendre l'effet de serre**

Manicore

Le site de Jean-Marc Jancovici offre une information exhaustive et scientifique sur les problématiques de l'énergie et du réchauffement climatique.

