

# **Guide Pédagogique**

**L'ENERGIE**

**MARS 2005**

# SOMMAIRE

<b>Introduction.....</b>	<b>2</b>
<b>1ère partie : l'énergie .....</b>	<b>4</b>
1    L'ENERGIE ET L'HOMME .....	4
1.1 <i>Le monde vivant s'est organisé en fonction des possibilités et des contraintes énergétiques.....</i>	4
1.2 <i>Les sociétés humaines se sont adaptées en fonction de leur capacité à maîtriser les énergies .....</i>	4
1.3 <i>Le recours aux énergies fossiles a laissé penser à l'Homme qu'il pouvait s'émanciper des contraintes énergétiques.....</i>	5
1.4 <i>Cette parenthèse est déjà en train de se refermer .....</i>	5
1.5 <i>Les perspectives pour le XXIème siècle .....</i>	6
2    LES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX, GEOPOLITIQUES ET SOCIO-ECONOMIQUES.....	6
2.1 <i>Les enjeux environnementaux.....</i>	6
2.1.1 <i>Les impacts sur les ressources .....</i>	7
2.1.2 <i>Les pollutions.....</i>	7
2.1.3 <i>Les émissions de gaz à effet de serre (GES) .....</i>	8
2.1.4 <i>Impacts sur les milieux .....</i>	8
2.1.5 <i>Les risques technologiques .....</i>	9
2.1.6 <i>Les déchets.....</i>	9
2.2 <i>Les enjeux géopolitiques.....</i>	10
2.3 <i>Les enjeux socio-économiques.....</i>	11
3    LES FACTEURS QUI CONDITIONNENT NOS BESOINS EN ENERGIE .....	12
4    UNE APPROCHE PEDAGOGIQUE DES QUESTIONS ENERGETIQUES .....	18
<b>2ème partie : l'énergie dans les programmes scolaires .....</b>	<b>20</b>
<b>3ème partie : l'énergie, source d'activités .....</b>	<b>30</b>
<b>4ème partie : l'énergie, ressources .....</b>	<b>61</b>
1    Des outils pédagogiques .....	61
2    Pour illustrer l'énergie, des exemples de sites à visiter en Bourgogne avec vos élèves.....	65
3    Des organismes et personnes ressources .....	66
FICHE RESSOURCE : LE PETROLE .....	69
FICHE RESSOURCE : LE GAZ NATUREL.....	71
FICHE RESSOURCE : LE CHARBON .....	73
FICHE RESSOURCE : L'URANIUM .....	75
FICHE RESSOURCE : L'ENERGIE SOLAIRE .....	77
FICHE RESSOURCE : L'ENERGIE EOLIENNE.....	79
FICHE RESSOURCE : LE BOIS-ENERGIE .....	81
FICHE RESSOURCE : L'HYDROELECTRICITE .....	83
FICHE RESSOURCE : L'ENERGIE MAREE-MOTRICE .....	85
FICHE RESSOURCE : LA GEOTHERMIE .....	87
FICHE RESSOURCE : LES "NEGAWATTS" .....	89
BIBLIOGRAPHIE .....	91

<b>5ème partie : annexes .....</b>	<b>94</b>
Annexe 1 : DEFINITION DE L'ENERGIE ET UNITES DE MESURE .....	94
Annexe 2 : LES REJETS ATMOSPHERIQUES.....	95
Annexe 3 : L'EFFET DE SERRE 1/2 .....	96
Annexe 3 : L'EFFET DE SERRE 2/2 .....	97
Annexe 4 : LE CYCLE DE L'EAU .....	98
Annexe 5 : DE LA SOURCE A LA MER .....	99
Annexe 6 : LES MOTS CACHES.....	100
Annexe 7 : NON au renouvellement du parc nucléaire 1/2 .....	101
Annexe 7 : NON au renouvellement du parc nucléaire 2/2 .....	102
Annexe 8 : L'ENERGIE NUCLEAIRE 1/2 .....	103
Annexe 8 : L'ENERGIE NUCLEAIRE 2/2 .....	104
Annexe 9 : GRILLES D'ANALYSE DES PUBLICITES 1/2 .....	105
Annexe 9 : GRILLES D'ANALYSE DES PUBLICITES 2/2 .....	106
Annexe 10 : LE REVEIL D'OLIVIER .....	107
Annexe 11 : LE DILEMME ENERGETIQUE .....	108
Annexe 12 : L'ERIKA 1/2 .....	109
Annexe 12 : L'ERIKA 2/2 .....	110
Annexe 13 : L'HYDROGENE .....	111
Annexe 14 : TCHERNOBYL 1/2 .....	112
Annexe 14 : TCHERNOBYL 2/2 .....	113



## **Les journées de l'ERE 2005 : L'énergie**

Comme chaque année, le SFFERE (Système de Formation de Formateurs à l'Éducation Relative à l'Environnement) organise les journées de l'Éducation Relative à l'Environnement. Ces journées de l'ERE constituent une opération régionale pour vous informer, vous questionner, agir avec vos collègues, vos élèves, vos stagiaires, pour acquérir un comportement plus responsable vis à vis de l'environnement. Cette année, le thème retenu est celui de l'énergie.

Les journées de l'ERE se tiendront du **15 au 22 mars 2005**. Elles seront l'occasion de valoriser, auprès d'un large public, les actions que vous avez entreprises, ou que vous allez mettre en œuvre, avec vos élèves sur cette thématique au sein de votre établissement, que vous travailliez depuis plusieurs mois sur l'énergie, ou que votre projet soit encore en construction !

Le présent guide pédagogique est là pour vous aider dans le montage de votre projet ou de vos actions.

### **Remerciements :**

Ce guide a été réalisé par Yann GENAY (OREB), avec l'appui pédagogique du comité technique du SFFERE, dans le cadre des Journées de l'Éducation Relative à l'Environnement, sur le thème de l'énergie.

Nous tenons particulièrement à remercier le groupe de travail qui s'est constitué autour de la réalisation de ce guide, dont les contributions ont été précieuses. Ces remerciements s'adressent également à l'ensemble du personnel de l'OREB, pour leurs aides et conseils avisés.

## Introduction

La façon dont l'homme produit et consomme l'énergie est sans doute l'un des meilleurs indicateurs des relations qu'il entretient avec ses semblables et avec son environnement. A une échelle beaucoup plus réduite, le mode de vie de chacun d'entre nous se traduit par des dépenses d'énergie qui peuvent être très variables d'un individu à l'autre. En outre, les pressions que nous exerçons sur notre environnement sont en grande partie liées, directement ou indirectement, aux quantités d'énergie que nous consommons, et à la façon dont nous les consommons.

Le présent dossier est un guide pédagogique destiné aux enseignants, formateurs, éducateurs et animateurs, qui souhaitent, à l'occasion des journées de l'Education Relative à l'Environnement, ou dans tout autre cadre, réaliser un projet pédagogique ou une action avec des enfants, des élèves, sur le thème de l'énergie. Il se veut une aide pour chaque porteur de projet.

Nous avons souhaité mettre en avant les problématiques liées à la maîtrise des besoins énergétiques et les enjeux liés à la production, l'acheminement et la consommation des ressources, pour favoriser la prise de conscience du rôle que chacun peut jouer sur la consommation d'énergie, le choix des ressources, la détermination des besoins.

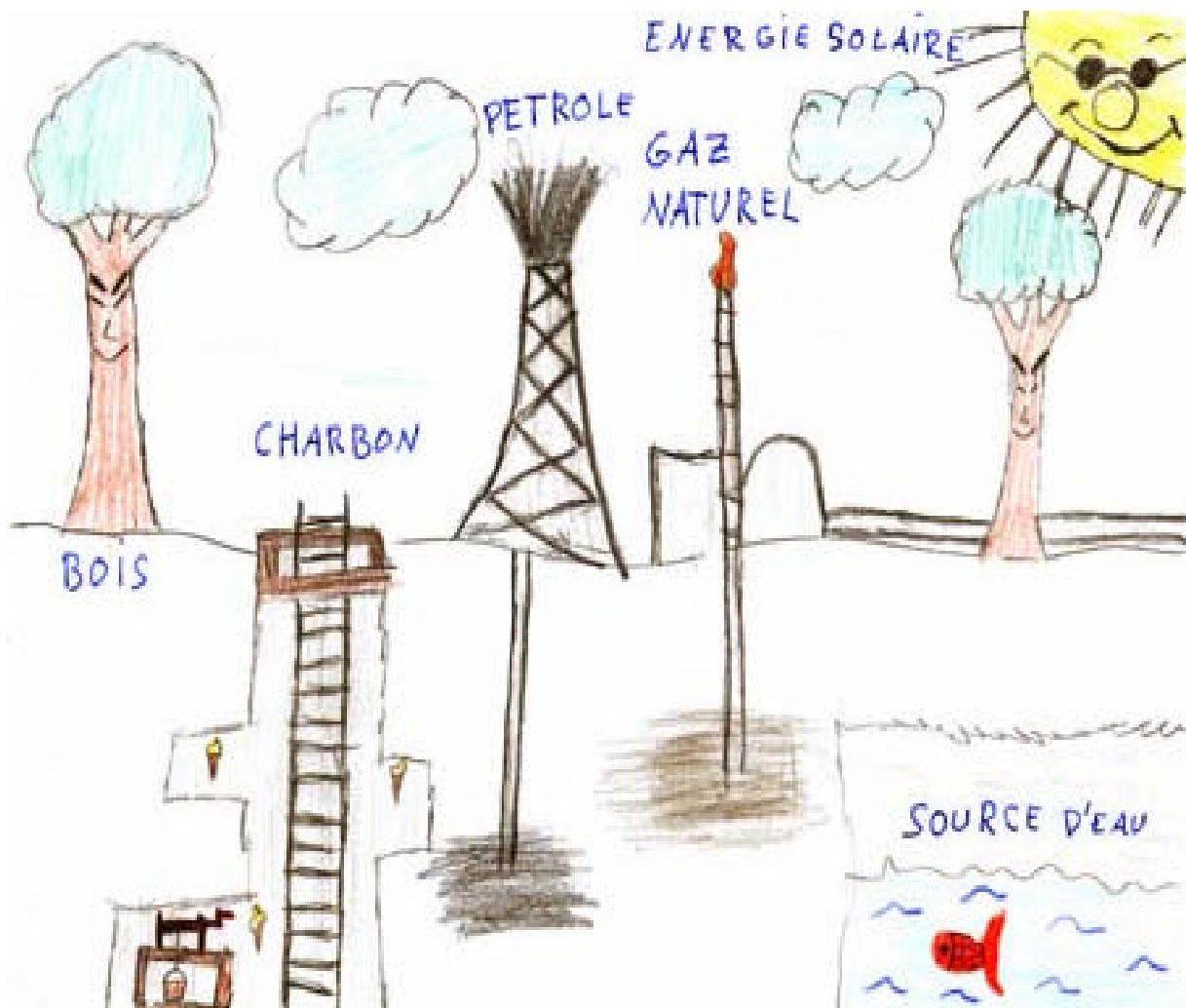
Il semble en effet important de privilégier une approche pédagogique de ces enjeux pour encourager les futurs citoyens à acquérir des comportements responsables par rapport à leur propre utilisation de l'énergie.

- ⇒ Dans un premier temps, le document apporte des connaissances théoriques sur le thème complexe de l'énergie (ce qu'est l'énergie, sa place dans la nature et nos sociétés, l'histoire de son exploitation, les différents types de ressources, et l'avenir énergétique).
- ⇒ Dans un second temps, le guide identifie la place de l'énergie dans les programmes scolaires, de la maternelle à l'enseignement secondaire.
- ⇒ Une large partie est consacrée aux activités pédagogiques qu'il est possible de mener sur le thème de l'énergie. Organisées selon une progression, elles permettent de découvrir l'énergie, de connaître quelques sources d'énergie, d'appréhender nos besoins énergétiques, et enfin d'aborder les impacts de nos consommations sur les ressources et l'environnement.
- ⇒ Enfin, sont également présentés des outils pédagogiques sur le thème de l'énergie (mallettes et jeux), des sites Internet, des personnes et organismes ressources.

Comme les précédents guides mis au point dans le cadre des journées de l'ERE, ce document est un outil destiné à faciliter la mise en œuvre d'actions pluridisciplinaires et multi-partenariales. Dans cet esprit, il fait apparaître des ponts et des passerelles possibles entre les différents niveaux d'enseignement et les différentes disciplines.

Enfin, et surtout, ce guide n'est pas un outil figé. Grâce à vos contributions, nous espérons que vos idées, vos expériences viendront l'enrichir et qu'ainsi, il répondra pleinement à vos attentes. N'hésitez donc pas à nous faire parvenir vos remarques, elles seront les bienvenues.

# Première partie : l'énergie



Source : <http://www.info-energie.ch/dessins-enfants.htm>

## 1ère partie : l'énergie

### 1 L'ENERGIE ET L'HOMME

#### 1.1 *Le monde vivant s'est organisé en fonction des possibilités et des contraintes énergétiques*

La vie est apparue et s'est développée en fonction des aptitudes des êtres vivants à mobiliser l'énergie qui leur est nécessaire. Les multiples stratégies qu'ils ont élaborées pour cela ont conduit à des adaptations biologiques et à la diversité des espèces. Elles caractérisent finalement leur écologie, c'est-à-dire les relations que les êtres vivants entretiennent entre eux et avec leur milieu, qui se définissent notamment en termes d'échanges énergétiques. Le comportement d'une espèce animale ou végétale est en grande partie conditionné par la recherche de nourriture, qui est la réponse au besoin qu'elle a de trouver l'énergie qui lui est nécessaire. Ce comportement définit pour une très large part les relations entre les êtres vivants : relations de prédation, de symbiose, de compétition, etc. La façon dont ces relations s'organisent définit un écosystème ; ainsi par exemple, le fait que le chêne ou le hêtre domine une forêt est le résultat d'une compétition pour la recherche de la lumière, qui est la forme de l'énergie qu'exploitent les végétaux chlorophylliens.

*Comprendre, à travers la lecture d'un paysage par exemple, comment notre environnement s'est organisé en fonction des possibilités et des contraintes énergétiques, peut constituer une étape importante d'une approche pédagogique.*

#### 1.2 *Les sociétés humaines se sont adaptées en fonction de leur capacité à maîtriser les énergies*

Pour l'Homme, la notion d'énergie est, à l'origine, associée à la force qui lui permet de modifier un état (mettre en mouvement un objet, bander un arc, tailler des pierres,...) ; elle ne peut provenir que de l'activité musculaire, la sienne ou celle des animaux qu'il domestique. A la préhistoire, l'utilisation du feu pour se chauffer, cuire la viande ou travailler les métaux, marque une étape majeure dans l'histoire de l'humanité.

Plus tard, de l'Antiquité à l'époque moderne (XVIII<sup>ème</sup> siècle), l'Homme apprend à utiliser la force motrice du **vent** et de l'**eau** pour se déplacer en bateau ou moudre le grain dans les moulins ; la maîtrise de ces deux nouvelles sources d'énergie marque une évolution technologique importante.

L'apparition de la machine à vapeur, au début du XVIII<sup>ème</sup> siècle, montre que la chaleur peut produire de la force motrice. Elle permet de s'affranchir des sites hydrauliques ou éoliens et de leurs variations saisonnières. C'est l'époque de transition des énergies de flux (l'eau et le vent) aux énergies de stock (les énergies fossiles pétrole/gaz/charbon et fissiles : l'uranium).

En Europe et aux Etats-Unis, le **bois**, qui était jusqu'alors la source d'énergie la plus utilisée, est progressivement remplacé par la **houille**, dont l'abondance et la disponibilité conditionnent l'essor industriel de la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle. Mais le développement de l'industrie s'accompagne d'une évolution des besoins énergétiques que le charbon ne suffit bientôt plus à satisfaire. Deux autres sources d'énergie vont alors être mobilisées : le pétrole et l'hydroélectricité. Le premier offre une forte densité énergétique, il est facilement transportable et favorise la mobilité. La seconde est facilement distribuable et permet la motorisation des machines-outils.

Le pétrole, d'abord utilisé pour l'éclairage, fait part égale avec le charbon à partir de 1880 dans l'industrie. L'invention et le perfectionnement du moteur à explosion, qui va permettre le développement de l'automobile, le rendent incontournable en raison de sa facilité d'utilisation, de son abondance et de son pouvoir énergétique.

A partir de 1900, le pétrole devient l'objet d'une prospection intense à l'échelle mondiale, accompagnée d'efforts politiques pour en contrôler l'exploitation.

La houille, le **pétrole** (avec le **gaz naturel** après 1945) et l'**hydroélectricité** restent jusqu'en 1960 les trois piliers du développement industriel. A partir des années 70, le panel des ressources énergétiques disponibles est complété par l'électricité d'origine **nucléaire** - même si la part du nucléaire dans les consommations actuelles d'énergie primaire reste globalement faible (moins de **5 %** des consommations mondiales en 2001<sup>1</sup>).

Mais les niveaux de consommations énergétiques sont très variables d'un Etat à l'autre, conséquences des inégalités de développement entre les pays occidentaux et le reste du monde.

### **1.3 Le recours aux énergies fossiles a laissé penser à l'Homme qu'il pouvait s'émanciper des contraintes énergétiques**

La croissance économique de l'après-guerre devient, pour les pays industrialisés, très gourmande en énergies fossiles. La disponibilité de ces énergies semble alors sans commune mesure avec les besoins et la question de la limite des stocks n'est pas posée.

L'économie toute entière des pays dits "développés" repose sur la consommation des énergies fossiles et, jusque dans les années 1970, les politiques énergétiques sont principalement fondées sur l'augmentation de l'offre.

### **1.4 Cette parenthèse est déjà en train de se refermer**

Les chocs pétroliers de 1973 et 1979 ont des conséquences économiques importantes. L'idée se répand que les ressources fossiles, pétrolières notamment, ne sont pas éternelles. Les pays industrialisés cherchent à diversifier et sécuriser leur approvisionnement énergétique (c'est à cette époque que la France lance son programme de développement de l'énergie nucléaire). L'utilisation des énergies fossiles - pétrole, gaz, charbon - reste toutefois largement prédominante : en **2001**, elles continuent à représenter **80%** des consommations mondiales d'énergies primaires, la biomasse **11%**, les énergies renouvelables **4,5%** (dont **4,2%** d'hydraulique) et le nucléaire **4,1%**.<sup>1</sup>

Parallèlement au souci de diversifier l'approvisionnement énergétique, les chocs pétroliers suscitent, dans les pays industrialisés, une réflexion sur la maîtrise des consommations.

Cette notion de **maîtrise des consommations** recouvre deux dimensions :

- **la réduction des besoins** (on parle de "**sobriété**") qui engage des choix collectifs et la responsabilité de chacun
- **la satisfaction de la demande à moindre coût énergétique** (on parle "**d'efficacité**") par des réponses technologiques.

Il s'agit ainsi de réduire les consommations - et donc les besoins énergétiques - par une efficacité technologique accrue dans tous les secteurs (industrie, transport, habitat, tertiaire), mais également à travers une évolution des comportements, individuels et collectifs.

---

<sup>1</sup> 4,1 % si on utilise les équivalences internationales récemment intégrée par l'Observatoire de l'Energie : Cf. Petit mémento énergétique – fiche 20, janvier 2003

## **1.5 Les perspectives pour le XXI<sup>e</sup> siècle**

Le passage d'une vision à court terme (visant une augmentation de l'offre comme réponse à la croissance des besoins) à une vision à plus long terme est désormais un véritable enjeu de société, au cœur d'un développement plus durable.

Face aux multiples problématiques (écologiques, politiques, économiques) engendrées par l'utilisation massive des énergies fossiles (Cf. 2. "Les enjeux environnementaux, géopolitiques et socio-économiques"), les pays industrialisés vont devoir remettre en cause les choix énergétiques qui ont façonné les sociétés actuelles ; et les pays en voie de développement devront, *a priori*, s'orienter vers d'autres voies énergétiques.

Pour tenter de négocier des solutions face à des enjeux planétaires, de nombreuses conférences internationales ont eu lieu depuis le début des années 70. Elles ont permis l'apparition des prémisses d'une prise de conscience de l'environnement au niveau international mais aussi des divergences entre Etats, d'ordres principalement économiques et géopolitiques.

Parmi les perspectives d'évolution, "*moins consommer et mieux produire*" semble être une orientation pour le siècle à venir. Cela revient à favoriser la maîtrise des consommations et à réfléchir sur les choix des énergies de demain dans les sociétés industrielles "énergétivores". Cette maîtrise de l'énergie consiste en une baisse des consommations par une optimisation de l'efficacité énergétique, les choix technologiques et le transfert de ces technologies aux pays en voie de développement. Le développement des énergies renouvelables à grande échelle entre dans le cadre de ces objectifs.

Au niveau mondial, la part des énergies renouvelables (énergie hydraulique comprise) est encore faible (moins de 5% des consommations) et elles ne représentent, pour l'instant, qu'un appoint aux énergies conventionnelles.

Au niveau européen, une Directive incite ainsi les Etats membres à favoriser le développement des énergies renouvelables (solaires et éoliennes principalement) et de nombreuses campagnes de communication sur les économies d'énergies apparaissent dans de nombreux pays.

Dans le contexte de libéralisation européenne des marchés de l'énergie et donc d'ouverture à la concurrence, les entreprises vont être plus nombreuses à proposer leurs services et leurs techniques de production. Cette concurrence se traduira par une diversification des offres technologiques, ce qui devrait offrir un contexte *a priori* plus favorable au développement des énergies renouvelables.

## **2 LES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX, GEOPOLITIQUES ET SOCIO-ECONOMIQUES**

### **2.1 Les enjeux environnementaux**

Pour parvenir jusqu'au consommateur, au moment et au lieu où il en a besoin et sous la forme dont il en a besoin, l'énergie est produite, transformée et, souvent, transportée de nombreuses fois. Toute production d'énergie, et donc toute consommation, a des impacts sur l'environnement. Ces impacts sont différents et plus ou moins importants selon les techniques utilisées.

## **2.1.1 Les impacts sur les ressources**

La question des ressources est perçue de façon très différente selon que l'on considère les énergies fossiles et fissiles ou les énergies renouvelables.

**Les énergies fossiles** – pétrole, gaz, charbon - sont issues de la décomposition de matières organiques durant plusieurs millions d'années, dans des conditions de températures et de pressions particulières. Elles constituent des stocks limités.

**Les énergies fissiles** désignent des ressources nécessaires à l'alimentation des centrales nucléaires. Elles sont issues d'un minerai qui existe en stock limité, au même titre que les énergies fossiles.

**Les énergies renouvelables** désignent des sources d'énergies inépuisables à l'échelle humaine (soleil, vent, géothermie, hydraulique...) ou qui se renouvellent (bois, cultures énergétiques).

85%<sup>2</sup> des énergies consommées dans le monde proviennent, aujourd'hui encore, des énergies non renouvelables (combustibles fossiles et uranium). Cette utilisation massive provoque la diminution des réserves mondiales, la recherche incessante de nouveaux sites d'exploitation et l'épuisement, à terme, des ressources.

Selon certaines estimations<sup>3</sup>, la disponibilité des ressources représenterait **34 ans** de consommation pour le pétrole, **37 ans** pour le gaz, et **93 ans** pour le charbon si la croissance économique et les consommations continuent de progresser au même rythme qu'au cours des 30 dernières années.

Selon les mêmes estimations, ces disponibilités seraient de **45 ans** pour le pétrole, **67 ans** pour le gaz et **216 ans** pour le charbon si la maîtrise des consommations se généralise dans l'ensemble des secteurs d'activité.

Les ressources d'uranium représentent environ **50 ans** d'approvisionnement<sup>4</sup> si l'on considère les besoins actuels du parc électronucléaire mondial.

D'autres sources fournissent des estimations différentes mais, quel que soit le scénario envisagé, l'épuisement des ressources non renouvelables est inéluctable.

## **2.1.2 Les pollutions**

De sa production à sa consommation, l'utilisation d'énergie engendre des pollutions des différentes composantes de l'environnement, avec principalement :

### Des pollutions atmosphériques :

- ◆ la combustion des énergies fossiles est responsable de la majorité des émissions de dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ) et d'oxyde d'azote ( $\text{NO}_x$ ),
- ◆ l'émission de poussières et de cendres dans l'air par cette même combustion
- ◆ le rejet d'éléments radioactifs dans l'atmosphère par l'industrie nucléaire.

### Des pollutions des sols et des eaux :

- ◆ les rejets de métaux lourds (plomb et cadmium principalement) issus de la combustion des hydrocarbures pour les transports
- ◆ les pollutions par hydrocarbures des sols à l'emplacement des oléoducs et des raffineries, des boues de forage et des eaux d'exploitation.
- ◆ les pollutions des eaux de ruissellement, du puit de forage à la mine de charbon, du lessivage des routes aux fuites de cuves de station-service.... .

<sup>2</sup> Laboratoires de Systèmes Energétiques, [www.fifel.ch/includes/asp](http://www.fifel.ch/includes/asp) , 2001

<sup>3</sup> [www.manicore.com](http://www.manicore.com) (British Petroleum statistical review, 2002)

<sup>4</sup> [www.cea.fr](http://www.cea.fr) : Commissariat à l'Energie Atomique (CEA)

- le rejet d'éléments radioactifs dans l'eau par les centrales nucléaires et la filière de retraitement-séparation.

### **2.1.3 Les émissions de gaz à effet de serre (GES)**

L'effet de serre est un mécanisme naturel (**ANNEXE 3** pages 96 et 94) : un certain nombre de gaz atmosphériques, dits "à effet de serre", "piègent les radiations infrarouges émises par la terre provoquant le réchauffement de l'atmosphère.

L'effet de serre est donc un phénomène nécessaire à la vie. La température moyenne à la surface de la Terre est d'environ 17° à 18° C ; sans effet de serre, elle serait de -17°C : il n'y aurait pas d'eau sous forme liquide et la vie serait impossible, ou du moins pas sous la forme où nous la connaissons.

Mais les activités humaines provoquent une augmentation des teneurs en gaz à effet de serre et cette augmentation entraîne des évolutions climatiques dont les conséquences pourraient être très importantes.

Les principaux gaz à effet de serre (GES) sont :

- la vapeur d'eau **H<sub>2</sub>O**
- le dioxyde de carbone **CO<sub>2</sub>**
- le méthane **CH<sub>4</sub>**
- le protoxyde d'azote **N<sub>2</sub>O**
- l'ozone **O<sub>3</sub>**
- les gaz fluorés (**HFC, PFC, CFC, SF6**).

Parmi ces gaz, la vapeur d'eau est d'origine uniquement naturelle alors que le dioxyde de carbone, le méthane, le protoxyde d'azote et l'ozone sont d'origines naturelles et anthropiques. Les gaz fluorés, quant à eux, sont des gaz à effet de serre "dits" industriels, ils n'existent pas à l'état naturels.

Le CO<sub>2</sub> provient principalement de la combustion d'énergies fossiles, le méthane et le protoxyde d'azote des activités agricoles, les gaz fluorés de procédés industriels ainsi que de l'utilisation d'aérosols et de systèmes de climatisation et de réfrigération.

Par exemple, en Bourgogne, les émissions de gaz à effet de serre sont constituées :

- pour 62% de dioxyde de carbone **CO<sub>2</sub>**
- pour 19% de méthane **CH<sub>4</sub>**
- pour 17% de protoxyde d'azote **N<sub>2</sub>O**
- pour 2% de gaz fluorés.

Ces émissions sont dues pour 65% à la combustion d'énergies fossiles, principalement par les secteurs des transports et de l'habitat-tertiaire.

### **2.1.4 Impacts sur les milieux**

L'extraction des énergies fossiles et fissiles génère des forages terrestres ou off-shores (sous-marins) et des exploitations minières, sources de contaminations diffuses ou ponctuelles des sols et des eaux environnantes par les hydrocarbures et les radionucléides. La distribution du pétrole et du gaz est réalisée par des oléoducs et des gazoducs, dont la construction s'étale sur plusieurs années, sur des milliers de kilomètres, à travers de nombreux écosystèmes.

Les centrales nucléaires ont également des impacts sur les milieux naturels, de leur construction, avec une emprise au sol très importante, à leur fonctionnement qui provoque un réchauffement des eaux du fleuve et les perturbations écologiques associées.

Le transport de l'électricité se traduit par des impacts paysagers liés aux réseaux de lignes électriques aériennes, avec leurs conséquences visuelles et les éventuels risques sur la santé, liés aux ondes électromagnétiques.

Les barrages hydroélectriques ont des impacts sur les écosystèmes et leur fonctionnement (réchauffement des eaux de retenues, eutrophisation du milieu, reproduction des espèces piscicoles) ainsi que des impacts paysagers importants.

L'utilisation massive du bois provoque la déforestation dans certains pays en voie de développement, pour lesquels le bois reste la première et la seule source d'énergie.

La **déforestation** désigne la perte permanente de forêts au profit d'autres utilisations telles que l'agriculture, la pâture, la colonisation humaine, les infrastructures,...

Pour plus de 2 milliards de personnes, le bois est le principal combustible utilisé<sup>5</sup> ; chaque année, les forêts subsistantes sont détruites sur environ **16 millions** d'hectares (ce qui représente la moitié d'un pays comme la Norvège). Au cours des trente dernières années, **418 millions** d'hectares de forêts naturelles ont ainsi été perdus, soit une disparition de **10%** du couvert forestier depuis 1972<sup>6</sup>.

Les éoliennes ont également un impact paysager qui suscite, dans un certain nombre de cas, l'hostilité des populations riveraines.

### **2.1.5 Les risques technologiques**

Le développement des technologies de production et de transport d'énergie a engendré de nouveaux risques, réels ou potentiels, pour l'environnement et les personnes. Ces risques sont principalement ceux des installations de production et d'acheminement de l'énergie.

L'accident nucléaire constitue le risque technologique majeur avec les effets catastrophiques et irréversibles d'une contamination radioactive des milieux et des êtres vivants. L'explosion d'un réacteur nucléaire à Tchernobyl en 1986 a provoqué l'émission dans l'air d'un nuage d'éléments radioactifs qui, en quelques jours, a parcouru le continent européen en quasi-totalité, disséminant au gré des vents et des pluies des retombées radioactives sur les êtres vivants et les sols.

*| La fiche 14 d'activité pédagogique permet de pointer la dimension dans le temps et dans l'espace d'un accident de type Tchernobyl, survenu en 1986. |*

Les marées noires attirent de façon spectaculaire l'attention sur les risques liés au transport des hydrocarbures<sup>7</sup>.

Les installations contenant des hydrocarbures très inflammables peuvent exploser (raffineries, entrepôts pétroliers et gaziers, stations essence...), un barrage hydroélectrique peut se briser et inonder toute une vallée.

### **2.1.6 Les déchets**

Le mode de production énergétique qui génère les déchets les plus problématiques reste l'industrie nucléaire. En France, la production d'électricité par le nucléaire est à l'origine d'environ **20 000 m<sup>3</sup>** de déchets par an<sup>8</sup> (ce chiffre n'inclut pas les produits de démantèlement des réacteurs).

<sup>5</sup> Programmes des Nations Unies pour l'Environnement, 1992

<sup>6</sup> Programmes des Nations Unies pour l'Environnement, *l'Avenir de l'environnement mondial 3* De Boeck, 2002, p 92

<sup>7</sup> Elles ne doivent pas faire oublier que la pollution chronique et diffuse due au transport maritime de ces hydrocarbures est plus importante encore.

<sup>8</sup> [www.sortirdunucleaire.org/](http://www.sortirdunucleaire.org/)

Depuis le début de "l'ère nucléaire" en France et jusqu'au 31 décembre 2002, environ **980 000 m<sup>3</sup>** de déchets radioactifs ont été recensés, **68 %** d'entre eux bénéficient aujourd'hui d'un stockage définitif.

Les déchets radioactifs sont classés selon deux critères :

➤ L'intensité de la radioactivité :

- 4 types ➔ les déchets à **Très Faible Activité**  
➔ les déchets à **Faible Activité**  
➔ les déchets à **Moyenne Activité**  
➔ les déchets à **Haute Activité**

➤ La durée d'existence des radioéléments

La période de certains d'entre eux peut atteindre plusieurs millions d'années (la période ou demi-vie d'un élément est définie comme le temps nécessaire pour que sa radioactivité diminue de moitié).

Le mode de gestion des déchets radioactifs choisi actuellement par l'ensemble des pays ayant développé un programme nucléaire civil est le stockage souterrain dans des roches imperméables (argiles / granit).

L'ensemble des étapes du cycle du combustible nucléaire génère des déchets variés, de l'enrichissement du minerai d'uranium au retraitement du déchet sur plates-formes ou en piscines pour en faire baisser la radioactivité avant stockage définitif.

Après avoir été retraités à La Hague (Cf. fiche ressource : l'uranium page 73), les déchets sont conditionnés pour pouvoir être stockés, c'est-à-dire incorporés dans une matrice permettant de confiner au maximum leur radioactivité. La présence d'une matrice n'est pas systématique et va dépendre de la dangerosité du déchet. Les plus radioactifs sont conditionnés en matrice de verre (matière inerte à l'échelle géologique) et pour les autres, on utilise des matériaux à base de ciment, résines, bitumes,...

L'ensemble matrice + déchet est ensuite placé dans un conteneur adapté, en béton ou en acier<sup>9</sup>.

Jusqu'aux années 70, les déchets nucléaires militaires et civils occidentaux et soviétiques étaient déversés dans les profondeurs des fosses océaniques. Une Convention Internationale a depuis interdit ces pratiques.

En France, depuis 1992, c'est le Centre de stockage de l'Aube qui accueille les déchets de faible et moyenne activité à vie courte.

Les déchets de haute activité à vie longue seront stockés à 400 mètres de profondeur dans une couche argileuse au Laboratoire de la Meuse géré par l'Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA).

## 2.2 Les enjeux géopolitiques

Source de pouvoir, de crises et de conflits, le pétrole joue un rôle central sur la scène géopolitique mondiale. La nécessité de se procurer et de contrôler cette source d'énergie crée une situation de dépendance énergétique des pays consommateurs vis à vis des pays producteurs.

Les chocs pétroliers (1973 et 1979) ont fait prendre conscience aux Etats à quel point l'approvisionnement et la stabilité des prix étaient des questions stratégiques, d'autant que les grandes réserves sont, pour une large part, concentrées dans certaines zones géographiques à forte instabilité politique, principalement au Moyen-Orient (Arabie Saoudite, Irak, Koweït, Iran).

<sup>9</sup> "Inventaire national des déchets radioactifs et des matières valorisables", ANDRA, 2004

Pour contrôler les "routes de l'or noir", c'est-à-dire les axes d'approvisionnement en hydrocarbures, les grandes puissances, au premier plan desquelles les Etats-Unis, se positionnent dans des régions stratégiques pour la production de pétrole (Irak, Koweït) et son transport (Afghanistan, Azerbaïdjan, Caucase,...), engendrant ainsi des facteurs supplémentaires de tension dans ces régions déjà politiquement instables.

L'augmentation prévisible des consommations de pétrole dans les pays en développement, en particulier en Asie (Chine et Inde), et la stagnation, voire la baisse de l'offre des pays de l'Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole (OPEP), risque d'accroître la vulnérabilité énergétique de l'économie mondiale dans les prochaines années.

Deux nations, les Etats-Unis et l'Arabie Saoudite (respectivement premier consommateur et producteur mondiaux) jouent un rôle central de régulation du système d'approvisionnement mondial, basé sur des équilibres géopolitiques précaires.

Cette précarité devrait encore s'accroître si les prévisions d'épuisement des ressources et d'explosion de la demande en énergie se confirment.

De plus, les enjeux du changement climatique et les préoccupations environnementales à l'échelle planétaire vont obliger les Etats à une prise de conscience d'intérêts communs et à une réflexion sur l'utilisation des énergies fossiles.

La question du nucléaire suscite également des enjeux géopolitiques, au niveau du transfert des technologies d'enrichissement de l'uranium et, surtout, des utilisations civiles et militaires qui vont en être faites. De plus, les ressources en uranium ne sont pas illimitées<sup>10</sup> et la raréfaction du minerai pourrait générer des conflits d'intérêts si le choix du nucléaire s'élargissait à de nouveaux pays.

### **2.3 Les enjeux socio-économiques**

Il existe des rapports étroits entre croissance économique et disponibilité des ressources naturelles. Les effets d'un épuisement des ressources sur cette croissance sont devenus des sujets très discutés en économie, suite aux crises pétrolières et à la prise de conscience que l'offre énergétique n'est pas indéfiniment extensible.

Le premier enjeu concerne le coût de l'énergie. Le développement des pays industriels est en effet basé autour d'une source d'énergie dominante : le pétrole. Son omniprésence dans les systèmes de production mondiaux suscite de nombreux problèmes, à commencer par celui de son approvisionnement futur. Face à cette dépendance énergétique vis-à-vis des pays producteurs, de nombreux pays ont cherché à développer des politiques énergétiques nationales (c'est dans cette optique que la France a lancé son programme nucléaire dans les années 70).

La difficulté de l'approvisionnement ne devrait pas se réduire dans les années à venir avec l'augmentation prévisible des consommations de pétrole dans les pays en développement, surtout en Asie, et de son importance dans les transports.

Si la ressource pétrolifère se raréfie, la facture énergétique des Etats risque d'augmenter, la stagnation de l'offre ne pouvant répondre à l'explosion des besoins.

Mais l'augmentation massive des productions et des consommations d'énergie mondiales<sup>11</sup> ne s'est pas traduite par la fourniture équitable d'énergie pour tous, de nombreuses inégalités s'accroissent entre les pays riches et les autres.

---

<sup>10</sup> Les principaux gisements d'uranium connus se situent au Canada, en Australie, aux Etats-Unis, en Russie et en Afrique.

<sup>11</sup> "En 1900, la consommation mondiale d'énergie commerciale était d'environ 500 millions de tonnes équivalent pétrole (tep), pour une population de 1,6 milliards d'habitants. Un siècle plus tard, la consommation a été multipliée par 18 pour atteindre 9 milliards de tep, tandis que la population était multipliée par 5,6."

A titre d'exemple, sur les **8,5 milliards** de tonnes équivalent pétrole (tep) consommées dans le monde en 1999, **70%** le sont dans les **pays industriels**, où chaque individu consomme en moyenne **4 tep/an**. Les **pays en voie de développement**, ceux d'Asie en premier lieu, comptent **75%** de la population mondiale, mais leur consommation moyenne par habitant est de **0,5 tep/an**<sup>12</sup>.

En moyenne, un Américain du Nord consomme quotidiennement **14** fois plus d'énergie qu'un Indien et deux fois plus qu'un Européen.

Quotidiennement, **3 milliards** de personnes (environ **50%** de la population mondiale) survivent avec **moins de 2 \$ par jour**<sup>13</sup>.

Au regard des stocks disponibles et des enjeux liés aux productions et consommations d'énergie, il ne sera pas possible que les six milliards d'Hommes consomment comme le font les citoyens des pays développés.

Les chocs pétroliers ont eu des répercussions importantes sur les pays riches mais la crise du bois dans les pays les plus pauvres de la planète est toujours d'actualité.

Actuellement, deux milliards d'humains (le tiers de la population mondiale) n'ont pas accès aux produits énergétiques modernes comme l'électricité, mais seulement au bois, dont les stocks se réduisent plus vite qu'ils ne se forment.

La déforestation est d'autant plus problématique que la pression démographique est forte dans les pays où le bois reste la première source d'énergie.

L'augmentation des besoins constitue un enjeu économique majeur. Même si des pays affichent des volontés de maîtriser les consommations, la tendance mondiale est à l'augmentation de la demande en énergies fossiles, qui restent aujourd'hui les premières sources d'énergies du développement.

Selon des estimations démographiques<sup>14</sup>, la population mondiale devrait atteindre 9 à 10 milliards d'habitants d'ici le milieu du prochain siècle. Cette augmentation entraînera une hausse très importante de la demande totale d'énergie, si l'on admet que des pays comme l'Inde et la Chine (représentant le tiers des habitants de la planète) pourraient s'approcher, dans 50 ans, du niveau de développement actuel de certains pays riches, et donc connaître une explosion de leurs consommations énergétiques.

### 3 LES FACTEURS QUI CONDITIONNENT NOS BESOINS EN ENERGIE

L'un des principaux enjeux énergétiques est celui de la maîtrise des consommations et, par conséquent, des facteurs qui vont conditionner l'évolution des besoins.

Les évolutions des consommations par secteur d'activité et l'analyse des facteurs qui déterminent ces évolutions fournissent, à travers l'exemple de la Bourgogne, des éléments de réflexion.

En 2001, les consommations énergétiques finales représentaient en Bourgogne **4 600 000 tonnes équivalent pétrole (tep)**, ce qui correspond à une consommation moyenne de **2,9 tep** par habitant et par an<sup>15</sup>. Ces consommations, et les facteurs qui les influencent, sont présentés dans les pages suivantes.

12 www.cite-sciences.fr

13 L'écologiste, volume 3 N°2, 2002

14 "Energie 2010-2020 : les chemins d'une croissance sobre", Commissariat Général du Plan, 1998

15 "Le bilan énergétique de la Bourgogne 1989-2001", rapport technique OREB, novembre 2003

## LES TRANSPORTS

Evolution des consommations énergétiques par secteurs d'activités en Bourgogne (chiffres 2001, à climat corrigé)	Facteurs déterminants l'évolution des besoins
<p><b>Avec 35%</b> des consommations finales d'énergie, les transports représentent le premier secteur de consommation en Bourgogne.</p> <p>La part des transports dans les consommations est plus importante en Bourgogne qu'au niveau national (<b>32%</b>).</p> <p>La consommation d'énergie par les transports a augmenté de <b>22%</b> entre 1989 et 2001.</p> <p>La route représente plus de <b>90%</b> des consommations d'énergie des transports en Bourgogne.</p>	<p>La Bourgogne constitue un carrefour de voies de communication, au niveau national entre Paris, Lyon et Marseille et au niveau européen par les flux de transit importants entre Europe du Nord et Europe du Sud.</p> <p>Cette augmentation des consommations est presque entièrement due à celle des consommations de gazole (+ <b>73%</b> sur la période 1989/2001) qui est aujourd'hui le carburant le plus consommé ( <b>64%</b> des consommations des transports). L'utilisation du gazole s'est substituée à celle de l'essence et la hausse des consommations de gazole a plus que compensé la baisse des consommations d'essence.</p> <p>Les transports routiers ont répondu à des exigences liées aux évolutions économiques et aux comportements individuels. La construction d'infrastructures pour répondre à ces attentes a contribué à développer le trafic.</p>
<p>Le parc automobile bourguignon a augmenté de <b>5%</b> entre 1990 et 2000, ce qui représente en moyenne 10 voitures supplémentaires par jour sur la période<sup>16</sup>. Quatre ménages bourguignons sur cinq sont équipés d'au moins une voiture, un sur quatre de plusieurs<sup>17</sup>.</p> <p>L'urbanisation gagne des communes de plus en plus éloignées des villes : la population des couronnes périurbaines a augmenté en Bourgogne de 22% entre 1975 et 1990, puis de 33% entre 1990 et 1999, et leur territoire s'est étendu : il a gagné 164 nouvelles communes entre 1990 et 1999<sup>18</sup>.</p> <p>La route constitue aujourd'hui le mode de transport prédominant pour les marchandises comme pour les voyageurs (en milieu urbain et sur de longues distances).</p>	<p>L'amélioration globale des revenus des ménages a permis de s'équiper davantage en automobile et parallèlement, les moteurs sont devenus moins gourmands en carburants. Cependant, la baisse des consommations unitaires a été compensée par l'augmentation des distances parcourues.</p> <p>Le développement de l'habitat en périphérie des villes (péri urbanisation) et la concentration des emplois en zone urbaine favorisent l'utilisation de la voiture pour les déplacements quotidiens.</p> <p>De plus, l'organisation des transports incite souvent à utiliser la voiture plutôt qu'un autre mode de transport.</p>
	<p>Pour le transport de marchandises, la route représente 90% des transports de fret intra et interrégionaux.</p> <p>L'ouverture de l'économie au niveau mondial, les délocalisations de production et la gestion des stocks en flux tendus sont autant de facteurs qui augmentent les besoins de transport de marchandises.</p> <p>Cette évolution s'est également accompagnée d'une augmentation des fréquences de livraison et d'une diminution de la taille des lots transportés.</p>

<sup>16</sup> Ministère des transports (OEST), « Le marché des véhicules », recensement annuel

<sup>17</sup> INSEE, Tableaux de l'Economie bourguignonne, édition 1996

<sup>18</sup> INSEE Bourgogne dimensions «Les trajets domicile-travail», juillet 2001

## L'HABITAT

Evolution des consommations énergétiques par secteurs d'activités en Bourgogne (chiffres 2001, à climat corrigé)	Facteurs déterminants l'évolution des besoins
<p>L'habitat représente <b>32%</b> des consommations finales d'énergie en Bourgogne. Ces consommations ont augmenté de <b>8%</b> entre 1990 et 1999.</p>	<p>En Bourgogne, les deux tiers de l'énergie sont consommés dans le cadre du logement et des transports. La généralisation du logement individuel a entraîné une augmentation du nombre de logements et donc des consommations associées. L'augmentation des consommations d'énergie dans l'habitat a été similaire à celle du nombre de logements.</p>
<p>Les équipements de chauffage qui fonctionnent au fioul ou au gaz sont les plus répandus dans les logements en Bourgogne, malgré le développement de l'électricité (<b>1/3</b> des résidences principales construites après 1982 ont un chauffage électrique).<sup>19</sup> Le gaz naturel est la première énergie consommée dans l'habitat (<b>28%</b>), le fioul arrive en seconde position (<b>25%</b>). Le bois et l'électricité arrivent ensuite à part égale (<b>22% chacun</b>).</p>	<p>La Bourgogne se distingue de l'ensemble de la France par une moindre utilisation de l'électricité pour le chauffage et par une proportion plus élevée de chauffage au bois. Pour le chauffage, plusieurs sources d'énergie sont utilisables (gaz, fioul, électricité, bois). L'électricité est en revanche irremplaçable dans l'état actuel des techniques pour certains usages captifs (télévision, éclairage, électroménager).</p>
<p>Les consommations d'énergies dans l'habitat se répartissent :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>71%</b> pour le chauffage</li> <li>- <b>13%</b> pour les appareils électriques</li> <li>- <b>10%</b> pour l'eau chaude</li> <li>- <b>5%</b> pour la cuisson</li> </ul>	<p>En Bourgogne, les consommations électriques dans l'habitat sont équivalentes à celles de l'industrie : la multiplication des équipements informatiques, audiovisuels et électroménagers des ménages au cours des 15 dernières années a fortement contribué à la hausse des consommations électriques.</p>
<p>C'est la production d'une centrale nucléaire qui serait économisée si les français ne laissaient jamais leurs appareils électriques en veille.</p>	<p>Les consommations cachées générées par la veille des appareils (téléviseur, magnétoscope, radio-réveil, ...) sont à prendre en compte dans la hausse des consommations électriques ménagères.</p>
<p>L'électricité est la seconde énergie dans l'habitat, sa consommation a augmenté de <b>10%</b> entre 1989 et 2001. Le froid est le poste le plus consommateur d'électricité : <b>35%</b> de la consommation électrique hors chauffage. L'éclairage représente environ <b>15%</b> de la consommation électrique (hors chauffage du logement).</p>	<p>Plusieurs facteurs vont être déterminants pour les consommations dans l'habitat :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la conception architecturale du bâtiment (orientation, matériaux utilisés,...)</li> <li>- l'isolation des logements permettant de diminuer les besoins en chauffage</li> <li>- l'efficacité énergétique de nouvelles techniques pour le chauffage (développement du solaire thermique), l'électroménager (étiquette énergie), l'éclairage (ampoules basse consommations),...</li> <li>- les "comportements individuels" sont importants.</li> </ul>
	<p>De manière générale, les Français ont tendance à se chauffer davantage : en 10 ans, la température moyenne des logements est passée de 19 à 21°C Un degré en plus dans une habitation correspond à une augmentation moyenne de <b>7%</b> de la consommation.</p>

<sup>19</sup> Recensement Général de la Population , INSEE, 1999

## L'INDUSTRIE

Évolution des consommations énergétiques par secteurs d'activités en Bourgogne (chiffres 2001, à climat corrigé)	Facteurs déterminants l'évolution des besoins
<p>Au niveau régional, l'industrie représente <b>17%</b> des consommations finales d'énergie</p> <p>La part de l'industrie dans les consommations reste inférieure à celle que l'on observe au niveau national (<b>24%</b>).</p> <p>L'électricité et le gaz naturel y représentent <b>84%</b> des consommations d'énergie.</p> <p>Les consommations de l'industrie ont augmenté de <b>21%</b> entre 1990 et 2001.</p>	<p>L'augmentation des besoins industriels en énergie concerne principalement l'électricité, dont la consommation a été multipliée par 2 entre 1989 et 2001, et dans une moindre mesure le gaz naturel : ces deux énergies se sont substituées au pétrole et à la houille dont les consommations ont été divisée par <b>2</b> durant cette période.</p> <p>Plusieurs facteurs expliquent ce phénomène :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'évolution des process industriels</li> <li>- les évolutions macro-économiques : la répartition des activités et les délocalisations génèrent des coûts énergétiques supplémentaires</li> <li>- les normes imposées à l'industrie</li> <li>- le souci de maîtriser les coûts de production, parmi lesquels celui de la facture énergétique.</li> <li>- L'évolution des secteurs de production : de nouvelles activités se sont développées en Bourgogne, modifiant le tissu industriel de la région : la chimie pharmaceutique, la plasturgie, la construction électrique et électronique sont des activités qui se sont développées et qui utilisent principalement l'électricité.</li> </ul> <p>Au niveau national, l'industrie a été, depuis le choc pétrolier de 1973, le secteur dans lequel les économies d'énergie ont été les plus importantes, mais cette tendance s'est ralenti.</p>

## LE TERTIAIRE

<b>Evolution des consommations énergétiques par secteurs d'activités en Bourgogne (chiffres 2001, à climat corrigé)</b>	<b>Facteurs déterminants l'évolution des besoins</b>
<p>Le tertiaire représente <b>13%</b> des consommations finales d'énergie en Bourgogne.</p> <p>L'habitat et le tertiaire représentent <b>45%</b> des consommations en Bourgogne contre <b>42%</b> au niveau national.</p> <p>Deux énergies sont consommées à parts équivalentes par le secteur tertiaire : le gaz naturel et l'électricité.</p> <p>Les consommations d'énergies du secteur tertiaire ont augmenté de <b>30%</b> entre 1989 et 2001.</p>	<p>Généralement, les consommations du secteur tertiaire sont comptabilisées avec celles de l'habitat : on retrouve des usages d'énergie communs aux deux secteurs : chauffage, usages spécifiques de l'électricité, eau chaude... .</p> <p>Le gaz et l'électricité sont les sources d'énergies dominantes dans le tertiaire.</p> <p>Cette évolution s'explique en partie par le développement du secteur des services (bureaux, commerces, administration, collectivités, bâtiments publics, écoles, hôpitaux) dont les effectifs ont augmenté de <b>18%</b> sur la période 1989-2001.</p> <p>L'augmentation des consommations du tertiaire résulte ainsi à la fois du développement de ce secteur et des consommations unitaires.</p>
<p>L'électricité représente en Bourgogne plus du tiers des consommations d'énergies du secteur tertiaire.</p> <p>Les consommations d'électricité ont augmenté de <b>17%</b> entre 1989 et 2001.</p>	<p>Cela s'explique par la part importante des usages spécifiques de l'électricité (bureautique, éclairage, informatique...) qui constituent le premier poste de consommation en raison de la croissance des équipements. On compte actuellement un micro-ordinateur par actif du tertiaire.</p>

# L'AGRICULTURE

Evolution des consommations énergétiques par secteurs d'activités en Bourgogne (chiffres 2001, à climat corrigé)	Facteurs déterminants l'évolution des besoins
<p>En 2001, l'agriculture représente <b>3%</b> des consommations finales d'énergie en Bourgogne et <b>2%</b> au niveau national.</p>	<p>L'agriculture est le secteur d'activité dont la part est la plus faible dans l'ensemble des consommations finales d'énergies.</p>
<p>Il est difficile de comptabiliser les consommations indirectes d'énergie dans l'agriculture. Par exemple, pour obtenir <b>1 Kg</b> d'engrais azoté, <b>3 Kg</b> de pétrole sont nécessaires.</p>	
<p>En 2001, les consommations d'énergies dans l'agriculture sont au même niveau qu'en 1989, ceci malgré des variations importantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la consommation d'énergie par exploitation est passée de <b>3,1 tep</b> en <b>1977</b> à <b>5,3 tep</b> en <b>1992</b></li> </ul>	<p>Dans le même temps, le nombre des exploitations agricoles a chuté de presque la moitié, les exploitations se sont agrandies, spécialisées et davantage mécanisées.</p>
<p>La Bourgogne se situait néanmoins au-dessous de la moyenne nationale qui était de <b>5,8 tep</b> par exploitation en <b>1992</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la consommation d'énergie du secteur agricole a fortement diminuée en <b>1993</b></li> </ul>	<p>L'agriculture bourguignonne ne se caractérise pas par des activités grosses consommatrices d'énergies comme les cultures sous serres ou l'élevage hors sol. La part du fioul consommé par l'agriculture en Bourgogne est plus élevée que la moyenne nationale : les grandes cultures, très présentes en Bourgogne, s'accompagnent d'une utilisation importante des tracteurs et autres engins automoteurs.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- de <b>1996 à 1998</b>, la consommation d'énergie rattrape son niveau de 1992 alors que la surface des exploitations reste inférieure</li> </ul>	<p>Cette diminution des consommations d'énergie fait suite à la réforme de la <b>Politique Agricole Commune</b> et à la mise en jachère de terres</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- entre <b>1999</b> et <b>2001</b>, la consommation d'énergie diminue légèrement, de même que la surface des exploitations</li> </ul>	<p>La consommation d'énergie rapportée à l'hectare exploité est ainsi plus élevée qu'au début des années 90</p> <p>La consommation rapportée à l'hectare est relativement stable.</p>

## 4 UNE APPROCHE PEDAGOGIQUE DES QUESTIONS ENERGETIQUES

→ **Le choix de ce guide:** favoriser une approche par la **demande** (*la consommation d'énergie*) plutôt que par l'**offre** (*la production*)

Qu'il s'agisse des impacts environnementaux, géopolitiques ou économiques, les enjeux auxquels nous sommes confrontés nous montrent que les problèmes de demain exigent une réflexion sur des choix collectifs, mais également une prise de conscience du rôle que chacun peut jouer sur ses consommations d'énergies, le choix des ressources, la détermination de ses besoins...

L'élaboration de ce document a été guidée par la volonté de mettre en avant les problématiques de la maîtrise des besoins en énergie et des multiples enjeux liés à la production, l'acheminement et la consommation des ressources.

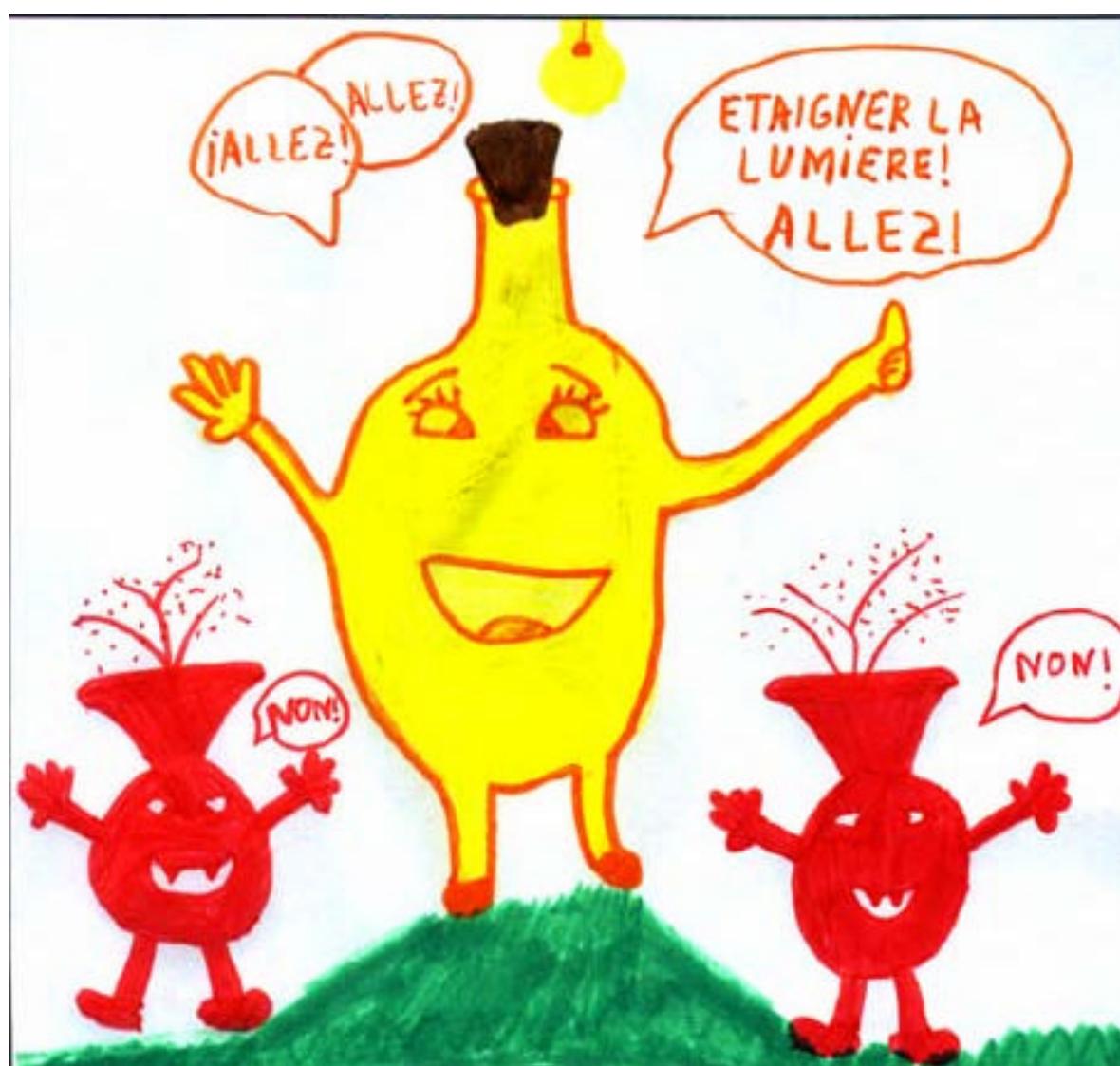
L'éducation à l'énergie s'intègre dans l'éducation à l'environnement et elle vise à développer une prise de conscience mondiale développée autour des problématiques associées.

Il semble important de privilégier une approche pédagogique de ces enjeux pour encourager les citoyens de demain à acquérir des comportements responsables par rapport à leur propre utilisation de l'énergie.

L'orientation pédagogique de ce guide reprend cette volonté de travailler sur les choix énergétiques qui concernent les citoyens (la maîtrise des consommations par exemple) et la manière dont tout un chacun peut devenir acteur de cela :

- **comprendre comment l'énergie façonne notre environnement**  
Etre capable de percevoir l'énergie et ses manifestations physiques dans un paysage, comprendre comment un système s'organise en fonction des contraintes énergétiques.
- **repérer l'omniprésence de l'énergie au quotidien**  
Acquérir des connaissances sur l'énergie et prendre conscience de son importance dans l'ensemble de nos actes quotidiens (se déplacer, se chauffer, s'éclairer, manger,...), que se soit à l'école, à la maison, au travail, en vacances...  
et s'interroger sur les enjeux environnementaux liés à sa gestion, de sa production à sa consommation.
- **raisonner en terme de besoins et des possibilités de limiter ces besoins**  
Agir et adapter son comportement à sa propre utilisation de l'énergie, comprendre que l'ensemble de ces besoins a un coût et que nos actes ont des répercussions sur les ressources, les milieux, les pollutions,...

## Deuxième partie : L'énergie dans les programmes scolaires



Source : <http://www.info-energie.ch/dessins-enfants.htm>

## 2ème partie : l'énergie dans les programmes scolaires

Le thème de l'énergie permet une réflexion pluridisciplinaire. C'est pourquoi on retrouve, dans les programmes scolaires des différentes classes, des sujets en relation avec la thématique énergie. Voici une liste non exhaustive de thématiques suivant les disciplines.

### Dans les programmes de l'Éducation Nationale

NIVEAUX	DISCIPLINE	CONTENUS
Ecole maternelle	<b>Découvrir le monde</b>	<p><b>Découvrir le monde vivant</b> Découverte de différents milieux, sensibilisation aux problèmes de l'environnement <i>"Pour les plus grands, une première approche du paysage comme milieu marqué par l'activité humaine devient possible."</i> <i>"... une initiation concrète à une attitude responsable : respect des lieux, de la vie,..., impact de certains comportements sur l'environnement de la classe (lutte contre le gaspillage, tri des déchets pour recyclage, repérage des nuisances)."</i></p> <p><b>Découvrir le monde des objets, éducation à la sécurité</b> <i>"La fabrication d'objets contribue tout aussi fortement à cette première découverte du monde technique. On peut ainsi explorer :</i> <i>des montages et des démontages (jeux de construction, maquettes...) ;</i> <i>des appareils alimentés par des piles comme lampes de poche, jouets, magnétophones, etc.,..."</i></p>

NIVEAUX	DISCIPLINE	CONTENUS
		<p><b>Le temps qui passe</b>  <i>"...repérer l'influence des hommes dans la transformation d'un paysage."</i></p> <p><b>Les manifestations de la vie chez les animaux et chez les végétaux</b>  <i>"L'objectif est ici de distinguer le vivant du non vivant par la découverte des grandes fonctions du vivant. On s'appuie sur l'observation d'animaux et de végétaux de l'environnement proche, puis lointain..."</i></p> <p><b>Diversité du vivant et diversité des milieux</b>  <i>"... après une première sensibilisation aux problèmes de l'environnement à l'école maternelle, l'élève prend conscience de la fragilité des équilibres observés dans les milieux de vie."</i></p> <p><b>Les objets et les matériaux</b>  <i>"La découverte de quelques objets et de leurs usages... c'est l'occasion de mieux distinguer les sources d'énergie et les fonctions d'un appareil."</i></p>
<b>Cycle 2</b>	<b>Le monde du vivant</b>	
	<b>Education civique</b>	<i>"Par les sciences, il mesure les menaces qui pèsent sur l'environnement et la responsabilité de chacun."</i>
	<b>Éducation à l'environnement (transdisciplinaire)</b>	<p><i>"... elle développe une prise de conscience de la complexité de l'environnement et de l'action exercée par les hommes. Elle s'appuie sur une compréhension scientifique pour des choix raisonnés :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>- approche écologique à partir de l'environnement proche ;</i></li> <li><i>- rôle et place des êtres vivants ; notions de chaînes et de réseaux alimentaires..."</i></li> </ul>
	<b>Géographie</b>	Les grandes inégalités entre régions du globe
<b>Cycle 3</b>	<b>L'énergie</b>	<p><i>"On ne tente pas au niveau de l'école une véritable introduction du concept scientifique d'énergie :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>- exemples simples de sources d'énergie utilisables ;</i></li> <li><i>- consommation et économie d'énergie ;</i></li> <li><i>- notions sur le chauffage solaire."</i></li> </ul>

NIVEAUX	DISCIPLINE	CONTENUS
6ème	<b>Sciences de la vie et de la terre</b>	Energie lumineuse et besoins nutritionnels des plantes chlorophylliennes.
	<b>Education physique et sportive</b>	Les caractéristiques et les contraintes de l'environnement : conséquences sur la production d'énergie pour agir dans les différentes activités.
5ème	<b>Sciences de la vie et de la terre</b>	Exemple(s) de ressource énergétique fossile et de sa gestion en fonction d'un épuisement prévisible. La cellule utilise l'énergie chimique des nutriments, seule source d'énergie de l'organisme humain.
	<b>Physique - chimie</b>	Energie lumineuse émise par une source. Energie lumineuse transportée par un faisceau. Energie lumineuse reçue par une surface (éclairage).
4ème	<b>Géographie</b>	Identification et localisation de quelques ressources énergétiques significatives, selon le continent ou l'État étudié. Leur rôle sur l'organisation de l'espace et le niveau de développement du territoire concerné.
	<b>Education physique et sportive</b>	Les effets de la motricité et de l'effort physique sur le corps : réchauffement corporel ; quantité d'énergie maximale disponible.
	<b>Sciences de la vie et de la terre</b>	Energie potentielle accumulée de part et d'autre d'une faille et libérée lors d'un séisme. Conversion sous forme thermique et cinétique de l'énergie libérée par radioactivité au sein de la planète.
<b>4ème</b>	<b>Physique - chimie</b>	Energie lumineuse et formation des images. Concentration de l'énergie en un foyer (étymologie du mot).
	<b>Géographie</b>	Identification et localisation de quelques ressources ou aménagements énergétiques significatifs, en Europe ou dans certains Etats européens. Leur rôle sur l'organisation de l'espace.

NIVEAUX	DISCIPLINE	CONTENUS
3ème	<b>Mathématiques</b>	Proportionnalité. Changements d'unités. Comparaison de séries statistiques Le kilowattheure en tant que grandeur produit.
	<b>Physique - chimie</b>	Combustions et transfert thermique (dégagement de chaleur). Consommation électrique et puissance. Unités (joule, watt, kWh). Transferts énergétiques : énergie potentielle et hydroélectricité, énergies renouvelables ; énergie chimique et centrales thermiques, énergie cinétique et sécurité routière.
	<b>Sciences de la vie et de la terre</b>	Besoins nutritifs en matière et en énergie. Alimentation rationnelle et dépense énergétique nécessaire au bon fonctionnement d'un organisme
	<b>Géographie</b>	Importance et répartition de quelques grandes ressources énergétiques confrontées à leur consommation à l'échelle de la planète ou des Etats-Unis, du Japon et de l'Union européenne. Echanges, mobilité des hommes, inégale répartition de la richesse.
	<b>Education physique et sportive</b>	L'appréciation et la régulation de ses possibilités et ses ressources, au regard des actions à entreprendre : travailler à des intensités imposées et variées (faible, moyenne, élevée) ; importances des ressources énergétiques. L'alimentation et l'hydratation nécessaires pour supporter l'effort intense: glucides et activité physique ; importance des protéines pour réparer les blessures ; quantité et fréquence de l'hydratation.

NIVEAUX	DISCIPLINE	CONTENUS
<b>2<sup>nde</sup> générale et technologique</b>	<b>Physique - chimie</b>	<p><i>"...offrir à chacun, futur scientifique ou pas, une culture de base dans un domaine de la connaissance indispensable à la compréhension du monde qui nous entoure, et ceci à une époque où nous sommes confrontés à des choix de société, notamment en matière d'environnement..."</i></p> <p>Quantité d'énergie reçue par les planètes : climats et saisons - effet de serre.</p>
	<b>Sciences de la vie et de la terre</b>	<p><b>La planète Terre et son environnement</b></p> <p>Dans le but de situer l'homme dans le monde au sens le plus large, l'étude de la planète Terre est l'occasion de décrire et de percevoir les dimensions dans l'espace, les durées et les mouvements. Ces connaissances sont nécessaires à la compréhension de l'environnement, de son évolution et à la perception de sa fragilité.</p> <p><i>"...percevoir les problèmes d'environnement à l'échelle globale et d'avoir un avis sur des enjeux importants du monde futur (effet de serre, dispersion des polluants par l'atmosphère et les océans, stockage des déchets, etc.)."</i></p>
	<b>EPS</b>	Le rôle des facteurs énergétiques dans la Performance (transformation d'énergie et entraînement)
	<b>Géographie</b>	<p><i>"Les sociétés utilisent des ressources inégalement accessibles et coûteuses comme l'eau ; elles doivent prendre en compte les risques naturels (inondations, instabilité des substrats...), gérer les risques technologiques et réfléchir aux types de transports urbains."</i></p> <p><i>"À plus grande échelle, les activités des hommes peuvent aussi être à l'origine des risques technologiques, liés aux industries, aux transports, à l'énergie nucléaire..."</i></p>
	<b>Initiation aux sciences de l'ingénieur</b>	Décrire les grandeurs physiques d'entrée et de sortie d'un actionneur et la conversion de l'énergie
	<b>Informatique et systèmes de production</b>	Identifier la nature et repérer les niveaux des énergies utilisées.

NIVEAUX	DISCIPLINE	CONTENUS
<b>1ère L</b>	<b>Enseignement scientifique</b>	<p>"Les enjeux planétaires énergétiques : il s'agit de présenter les principales sources de production d'énergie et de comparer leurs avantages et inconvénients respectifs, en particulier en termes de gestion des déchets (déchets nucléaires et rejets liés aux combustions de carburants)..."</p> <p>Les énergies fossiles et la pollution atmosphérique Ressources énergétiques ; sources d'énergie fossile. Les produits de combustion du gaz naturel, du bois, du charbon, du fuel, de l'essence. Les principaux polluants atmosphériques : origine, effets, remèdes.</p>
<b>1ère ES</b>	<b>Enseignement scientifique</b>	<p>Le bois, un matériau d'usage courant <i>"fragilité de l'environnement, importance des activités humaines au regard des équilibres naturels"</i></p>
<b>1ère S</b>	<b>Physique – chimie</b>	<p>Le bloc "énergie" propose une progression force/travail/énergie qui part des notions les plus intuitives - celles de force et de travail - pour construire les différentes formes d'énergie, jusqu'à l'énergie interne. Thème de "l'énergie au quotidien" en traitant les aspects énergétiques des transformations chimiques et leur utilisation pour la satisfaction des besoins en énergie de la société. Ces questions, y compris dans leur composante environnementale, auront leur correspondant dans une partie qui traitera en classe terminale les aspects énergétiques des transformations nucléaires.</p>
	<b>Sciences de la vie et de la terre</b>	Dissipation de l'énergie interne de la Terre

NIVEAUX	DISCIPLINE	CONTENUS
<b>Terminale S</b>	<b>Physique - chimie</b>	<p>Comprendre que la conversion masse-énergie peut être à l'origine de la production d'énergie utilisable (soleil, centrales nucléaires, géothermie)</p> <p>Mise en évidence de l'énergie emmagasinée.</p> <p>Calcul des énergies potentielle et cinétique</p> <p>Transferts d'énergie</p> <p>Energie mécanique</p> <p>Conservation ou non de l'énergie mécanique</p> <p>Savoir exploiter un document expérimental pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- calculer des énergies</li> <li>- reconnaître et interpréter la conservation ou la non-conservation de l'énergie mécanique d'un système.</li> </ul>
	<b>Sciences de la vie et de la terre</b>	<p>Mise en parallèle des variations climatiques terrestres avec les variations de l'énergie solaire reçue par la Terre au cours du temps.</p> <p>L'ATP, molécule indispensable à la vie cellulaire</p>
	<b>Sciences de l'ingénieur</b>	<p>Liens avec les sources d'énergie et les consommations dans le cadre de la réalisation d'un projet pluritechnique encadré (PPE) qui exerce la créativité des élèves, met en œuvre et complète les savoirs et les savoir-faire visés par la formation et développe les capacités de réflexion autonome et de travail en groupe organisé des élèves.</p>

## Dans les programmes de l'enseignement agricole<sup>20</sup>

NIVEAUX	DISCIPLINE	CONTENUS
<b>4ème et 3ème à projet professionnel</b>	<b><i>Modules d'éducation</i></b>	Faire acquérir aux élèves à partir de situations concrètes, des connaissances et des comportements afin de leur permettre de devenir des consommateurs autonomes et responsables de leurs actes. Les notions de besoins et de désirs vis-à-vis de la consommation
	<b><i>Modules de technologie, de sciences et de découverte de la vie professionnelle</i></b>	Exemples simples de sources et de formes d'énergie <ul style="list-style-type: none"> <li>- transformations énergétiques et rendement</li> <li>- unités d'énergie</li> <li>- l'énergie électrique : l'installation électrique domestique</li> <li>- l'énergie et puissance électrique</li> <li>- risques et protections pour les installations et les personnes</li> </ul> Elaborer le concept d'énergie à partir de l'analyse d'une certaine diversité de situations et de phénomènes de la vie courante.
	<b><i>Découverte de la vie professionnelle</i></b>	Découvrir les métiers liés au thème de l'énergie, réaliser des actes simples en liaison avec ces métiers, acquérir des connaissances technologiques afin de permettre à l'élève de préciser son projet professionnel. L'enseignement peut développer tel ou tel type d'énergie selon les possibilités locales

<sup>20</sup> [www.educagri.fr/](http://www.educagri.fr/)

NIVEAUX	DISCIPLINE	CONTENUS
<b>BEPA</b> Conduite des productions agricoles	<b><i>Initiation au monde contemporain</i></b>	Analyser la vie économique : la production et la consommation
	<b><i>Connaissance du vivant</i></b>	Expliquer l'organisation et la vie des animaux Besoins nutritifs : énergie, croissance, entretien, production
	<b><i>Initiation scientifique</i></b>	Acquérir et utiliser des connaissances sur l'énergie et ses transformations. Sources et conversions de l'énergie
	<b><i>Conduite d'un processus de production animale</i></b>	La composition des aliments Les besoins et les apports énergétiques Alimentation énergétique Le fonctionnement de la parcelle : les flux d'énergie
	<b><i>Conduite d'un processus de production végétale</i></b>	Flux d'énergie sur la parcelle Moteur diesel Circuit électrique
<b>BAC PRO</b> Conduite et gestion de l'exploitation agricole	<b><i>Education physique et sportive</i></b>	Les sources énergétiques et la mise en œuvre des grandes fonctions au cours de l'effort
	<b><i>Connaissance du monde contemporain</i></b>	Acquérir des repères géographiques, historiques pour comprendre le monde actuel Innovations technologiques : la troisième révolution industrielle (nucléaire) Mondialisation des flux et dépendance
	<b><i>Connaissance des systèmes vivants</i></b>	Appréhender la dynamique des écosystèmes Transfert de matière et flux d'énergie à travers les réseaux trophiques Estimer le rôle de l'homme dans la transformation des écosystèmes Identification des actions : gestion des ressources naturelles (non renouvelables et renouvelables)
	<b><i>Eléments de chimie du vivant, du sol et de l'environnement – Energétique</i></b>	Décrire et expliquer les transferts et l'utilisation des énergies
	<b><i>Diagnostic de l'exploitation dans son environnement</i></b>	Bilan énergétique de l'exploitation agricole

NIVEAUX	DISCIPLINE	CONTENUS
<b>Baccalauréat technologique Série STAE</b>	<b><i>La matière et le vivant</i></b>	<p>Observer, décrire et expliquer les transferts et l'utilisation des énergies thermique, rayonnante, nucléaire et électrique</p> <p>Distinguer sources et formes d'énergie : citer les unités légales et usuelles d'énergie et effectuer des conversions.</p> <p>définir et calculer un rendement</p> <p>faire répertorier les différentes sources d'énergie : fossiles, nucléaire, renouvelables.</p> <p><i>Flux d'énergie et cycle de la matière, conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique : ATP et pouvoir réducteur.</i></p> <p>Identifier et raisonner les causes et effets des problèmes d'environnement au niveau planétaire</p>
	<b><i>Espaces ruraux et société</i></b>	<p>Fonctionnement des agrosystèmes : étude des flux d'énergie : énergie solaire, énergie injectée par les activités humaines (énergie mécanique, musculaire, électrique, fossile)</p> <p>Gestion des autres flux : maîtrise de l'érosion, gestion des fertilisants, de l'eau, de l'énergie...</p>

# Troisième partie : l'énergie, source d'activités



**Source :** <http://www.info-energie.ch/dessins-enfants.htm>

## 3ème partie : l'énergie, source d'activités

Voici quelques propositions d'actions à mener avec vos élèves sur le thème de l'énergie...

## Sommaire des fiches d'activités

<b>1. Découverte de l'énergie</b>	A. L'énergie et l'Homme B. L'actualité C. Les journalistes D. Interviews sur l'énergie E. Le cycle de l'eau F. Définissons l'énergie G. La chaîne énergétique
<b>2. Quelques sources d'énergie</b>	H. Le biogaz I. La dynamo J. Le nucléaire K. La pile à hydrogène L. L'énergie du vent
<b>3. La consommation</b>	M. Marchand de bonheur N. La police de l'énergie O. La facture énergétique P. Economiser l'énergie à la maison Q. Le dilemme énergétique R. Des années 50 à aujourd'hui S. La consomm'action T. Les transports
<b>4. Les impacts</b>	U. L'effet de serre (1) V. L'Erika (1) W. L'Erika (2) X. Tchernobyl Y. Lecture de paysage Z. Les déséquilibres Nord-Sud AA. L'effet de serre (2)

**A**

# L'énergie et l'Homme

**Cycle 3**  
**Collège**  
8 – 14 ans

## Objectifs pédagogiques :

- ⇒ Comprendre l'évolution de l'Homme au travers de la maîtrise de l'énergie
- ⇒ Retracer chronologiquement les grandes découvertes liées à l'énergie

<b>ORGANISATION</b>	<b>DÉROULEMENT</b>
<p><b>Préparation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• préparer les articles de presse, documentation sur l'Histoire de l'énergie et les grandes découvertes</li></ul> <p><b>Matériel :</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• documentation ressource</li><li>• matériel de découpage et collage pour la frise</li></ul> <p><b>Durée :</b> 2h environ.</p> <p><b>Objectifs opérationnels :</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Réaliser une frise chronologique</li><li>• Rechercher des informations utiles dans un texte</li><li>• Travailler en groupe</li></ul>	<p><i>Identifier les représentations initiales des élèves, leur demander s'ils ont des connaissances historiques sur l'énergie, de la préhistoire à nos jours.</i></p> <p><i>Reprendre, à partir de leurs connaissances, les grandes inventions ou découvertes technologiques qui ont jalonné l'Humanité et garder une trace écrite de ces informations.</i></p> <p><i>A partir de ces données, affiner la recherche grâce à la documentation ressource, préciser le lieu de la découverte, la date, la source d'énergie dont il s'agit et l'utilisation qui en était faite.</i></p> <p><i>Selon l'effectif, la classe pourra être séparée en plusieurs groupes, chaque groupe ayant à étudier une grande période de l'Humanité :</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- la Préhistoire</li><li>- l'Antiquité</li><li>- le Moyen âge</li><li>- l'Époque contemporaine</li></ul> <p><i>Puis, l'ensemble des recherches sera corrélé sur un même support auquel seront ajoutées des illustrations pour rendre le travail plus "vivant".</i></p> <p><i>Enfin, avec le recul historique, une réflexion sur les choix énergétiques du XX<sup>ème</sup> siècle et leurs perspectives sera amorcée.</i></p>

## Pour en savoir plus :

<http://www.memo.fr/> : site ressource en Histoire.

**Objectifs pédagogiques :**

- ⇒ élaborer une réflexion sur un problème d'actualité lié à l'énergie
- ⇒ organiser ses idées sous forme d'un texte ou réaliser une illustration

<b>ORGANISATION</b>	<b>DÉROULEMENT</b>
<p><b><u>Préparation :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Documentation sur l'énergie et ses enjeux (adaptée aux niveaux des enfants)</li> <li>• Matériel de rédaction ou de dessin</li> </ul> <p><b><u>Durée :</u></b> 2h</p> <p><b><u>Objectifs opérationnels :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lire et écrire des textes variés</li> <li>• Communiquer et expliquer ses idées aux autres</li> <li>• Justifier ses choix</li> </ul>	<p><i>Cette activité commence par une brève mise en situation réalisée par l'enseignant sur le gaspillage de l'énergie, les enjeux environnementaux liés à son utilisation (effet de serre, marée noire,...) ou sur l'utilisation des énergies renouvelables.</i></p> <p><i>Les élèves doivent ensuite choisir un problème d'actualité lié à l'utilisation de l'énergie ; l'enseignant peut suggérer des pistes de recherche en adaptant les sujets de réflexion aux âges et aux niveaux des enfants.</i></p> <p><i>Les élèves travaillent individuellement à leur propre production et l'enseignant reste à leur disposition pour répondre aux questions ou fournir de la documentation traitant de leur sujet.</i></p> <p><i>De la maternelle au cycle 3, les productions écrites ne seront évidemment pas les mêmes, il faut adapter les exigences aux possibilités des élèves :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>un dessin pour le cycle 1,</i></li> <li>- <i>quelques phrases simples pour le cycle 2,</i></li> <li>- <i>un texte d'une dizaine de lignes pour le cycle 3.</i></li> </ul> <p><i>Plusieurs élèves peuvent choisir le même thème d'actualité, c'est un bon moyen pour l'enseignant d'apprecier les différentes conceptions des enfants face à un même sujet et leur capacité de synthèse.</i></p> <p><i>La fin de l'activité consiste en une mise en commun des productions pendant laquelle on demande à l'élève d'expliquer son texte ou son illustration aux autres.</i></p>

**Pour en savoir plus :**

[www.csq.qc.net](http://www.csq.qc.net) : site de la Centrale des Syndicats du Québec, ressources documentaires et pédagogiques sur l'énergie.

**Objectifs pédagogiques :**

- ⇒ décrire, par une étude documentaire, des modes de production d'énergie électrique
- ⇒ analyser les impacts de ces modes de production sur l'environnement
- ⇒ organiser sa réflexion et rédiger un article d'investigation

ORGANISATION	DÉROULEMENT
<p><b>Préparation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• connections Internet sur plusieurs postes</li> <li>• logiciel de traitement de texte</li> <li>• autres documentations écrites ou en ligne</li> </ul> <p><b>Durée :</b> plusieurs jours</p> <p><b>Objectifs opérationnels :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Savoir rechercher des informations sur Internet</li> <li>• Travailler en groupe pour produire un projet commun</li> <li>• Utiliser le traitement de texte</li> <li>• Présenter un rapport "formel" organisé et documenté.</li> </ul>	<p><i>L'activité commence par une mise en situation : on demande à l'élève d'entrer dans la peau d'un ingénieur, qui doit fournir aux décideurs politiques un rapport écrit sur un mode de production d'électricité. Ce rapport doit constituer un outil d'aide à la décision.</i></p> <p><i>Les modes de production d'électricité retenus sont au nombre de quatre : l'hydroélectricité, l'énergie nucléaire, l'énergie éolienne et l'énergie solaire. Les élèves ont donc comme mandat d'étudier ces quatre modes de production.</i></p> <p><i>L'enseignant divise sa classe en quatre groupes ayant chacun en charge l'étude d'un mode de production sur les points suivants :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- une brève description du mode de production d'électricité,</li> <li>- les avantages de ce mode de production,</li> <li>- les inconvénients ou risques qui y sont liés pour les hommes et l'environnement,</li> <li>- l'identification d'un mode de production qui présenterait, éventuellement, moins d'inconvénients (avec justifications).</li> </ul> <p><i>Le document final doit être organisé selon ces quatre points, produit à l'aide d'un traitement de texte, d'environ deux pages et il doit contenir au moins une illustration choisie par les élèves.</i></p> <p><i>Pour les recherches, on demande à chaque groupe de travailler à partir de ressources Internet et notamment quatre sites documentaires présentés ci-dessous.</i></p> <p><i>En terme de réinvestissement, lorsque les travaux sont terminés, l'enseignant peut organiser un débat pour déterminer le meilleur mode de production d'électricité en utilisant le travail réalisé pour appuyer les arguments.</i></p>

**Ressources Internet :**

[www.hydroquebec.com/hydroélectricité](http://www.hydroquebec.com/hydroelectricite) : site sur les avantages de l'hydroélectricité

[www.amisdelaterre.org/publications](http://www.amisdelaterre.org/publications) : vulgarisation de l'énergie nucléaire

[www.eole.org](http://www.eole.org) : informations sur l'énergie éolienne

<http://www.ageden.org/> : site d'informations sur l'énergie solaire

**Objectifs pédagogiques :**

- ⇒ Préparer une interview, élaborer des questions sur un sujet lié à l'environnement
- ⇒ Prendre des notes et rédiger une note de synthèse

ORGANISATION	DÉROULEMENT
<p><b><u>Préparation :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• contacter et inviter un ou plusieurs intervenants dans le domaine énergétique</li> <li>• demander aux élèves de préparer les questions</li> <li>• se procurer un magnétophone ou un caméscope</li> </ul> <p><b><u>Durée :</u></b> environ 3h</p>	<p><i>Il s'agit d'une activité de communication autour du thème de l'énergie.</i></p> <p><i>En concertation avec les élèves, l'enseignant invite en classe plusieurs intervenants qui ont des responsabilités, à divers titres, dans des domaines ayant un lien avec l'énergie. Par exemple :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- un technicien compétent sur les questions énergétiques,</li> <li>- un industriel du secteur énergétique,</li> <li>- une personne spécialiste des techniques d'économies d'énergie,</li> <li>- un représentant de l'industrie nucléaire,</li> <li>- un membre d'une association de consommateurs,</li> <li>- un représentant d'une association de solidarité Nord / Sud.</li> </ul>
<p><b><u>Objectifs opérationnels :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Travailler en groupe</li> <li>• Maîtriser la langue française</li> <li>• Emettre son avis sur une autre note de synthèse</li> </ul>	<p><i>Pour la préparation des interviews, on répartit les élèves en groupes (autant que d'intervenants) et chaque groupe prépare un ensemble de questions à poser à son invité. Au sein d'un même groupe, les élèves se répartissent les tâches, certains poseront les questions, d'autres se chargeront de l'enregistrement (audio ou vidéo) et le reste prendra des notes pendant l'exposé.</i></p> <p><i>Ensuite, à partir des notes et des enregistrements, les élèves doivent, individuellement, rédiger une note de synthèse d'une page manuscrite ou informatique sur l'intervention qui les concerne. Quelques règles de rédaction sont énoncées : organiser le contenu, établir un plan, trouver titres et sous-titres,....</i></p> <p><i>Enfin, plusieurs élèves doivent lire leur production à voix haute à la classe et inscrire leur plan de rédaction au tableau.</i></p> <p><i>Le but est de mettre en évidence les différences entre les synthèses et de formuler les idées principales communes en insistant sur la difficulté d'être objectif quand on résume un propos et que toute transmission d'informations engendre transformations et interprétations.</i></p>

**Pour en savoir plus :**

"L'énergie de notre planète bleue" – Orcades / CRDP Poitou-Charentes, 1994.

**Objectifs pédagogiques :**

- ⇒ Comprendre le cycle de l'eau, qui fonctionne sous l'action de l'énergie solaire
- ⇒ Prendre conscience que l'énergie de l'eau façonne le paysage

<b>ORGANISATION</b>	<b>DÉROULEMENT</b>
<p><b><u>Préparation :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Photocopies du cycle de l'eau (MS et GS) : <b>ANNEXE 4</b> page 98 et <b>ANNEXE 5</b> page 99</li> <li>• Crayons de couleurs</li> <li>• Documentation sur le cycle de l'eau (images, posters, cédérom...)</li> </ul> <p><b><u>Durée :</u></b> environ 1h</p> <p><b><u>Objectifs opérationnels :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Observer, décrire et retrouver les éléments d'un dessin</li> <li>• Faire fonctionner une "maquette".</li> </ul>	<p><i>Il s'agit d'une activité de compréhension du cycle de l'eau, de la source à la mer. La découverte de ce cycle se fait, pour les plus jeunes (MS), par une activité de coloriage. Chaque enfant dispose d'une photocopie noire et blanche du cycle de l'eau qu'il devra colorier avec les bonnes couleurs, en repérant correctement les différents éléments sur le modèle.</i></p> <p><i>Pour les grandes sections (GS), la même activité est proposée avec quelques difficultés supplémentaires puisque les élèves connaissent déjà les chiffres et ont un vocabulaire plus riche. On leur propose de numérotter, sur la feuille, les différentes phases du cycle de l'eau afin de repérer la logique naturelle d'écoulement des eaux. Puis, on leur demande de colorier ce schéma en utilisant les couleurs appropriées.</i></p> <p><i>Cette activité étant relativement courte, plusieurs prolongements pédagogiques peuvent être envisagés.</i></p> <p><i>Afin de matérialiser les notions précédentes sur le cycle de l'eau, il est possible de reconstituer, en extérieur, un réseau hydraulique réduit. Il suffit, dans un tas de sable, de modéliser un paysage fait de zones montagneuses, de collines et de plaines puis de faire écouler de l'eau (au moyen d'un arrosoir ou d'un jet) sur cette maquette. Faire remarquer aux enfants l'écoulement préférentiel de l'eau dans des zones de fortes pentes et l'organisation du réseau qui en découle. Expliquer que c'est l'énergie (la force) de l'eau qui façonne le paysage.</i></p> <p><i>Un autre prolongement possible est une promenade sur un site naturel présentant des signes d'érosion par l'eau afin d'observer l'action de l'eau sur un paysage "grandeur nature".</i></p>

**Pour en savoir plus :**

"L'eau, la rivière, le fleuve", cahiers pédagogiques pour les maternelles, LPO Auvergne, EP Loire, 2004

**Objectifs pédagogiques :**

⇒ Découvrir le vocabulaire lié au concept d'énergie

ORGANISATION	DÉROULEMENT
<p><b><u>Préparation :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grille de mots cachés <b>ANNEXE 6</b> page 100</li> </ul> <p><b><u>Durée :</u></b> environ 1h</p> <p><b><u>Objectifs opérationnels :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trouver un mot à partir de sa définition</li> <li>• Rechercher ce mot dans une grille de mots cachés</li> </ul>	<p><i>Cette activité a pour but de faire découvrir aux enfants le concept d'énergie et le vocabulaire qui lui est associé.</i></p> <p><i>A travers une approche ludique, chaque élève va devoir trouver des mots à partir de leurs définitions (10 mots sont à découvrir). Chacun de ces mots a un rapport avec le concept d'énergie au sens large.</i></p> <p><i>Individuellement, les élèves doivent tout d'abord lire les définitions et trouver les mots correspondants. L'enseignant réalise ensuite une correction collective (au tableau) des définitions afin que chaque élève puisse continuer l'activité.</i></p> <p><i>La seconde étape est la recherche des 10 mots précédents dans une grille de mots cachés. L'élève doit les entourer et finir l'épreuve le premier.</i></p> <p><i>Pour finir, l'enseignant peut évoquer les diverses notions abordées en apportant des informations complémentaires, en répondant aux questions des enfants et en leur fournissant une définition du mot énergie.</i></p> <p><i>La grille est reportée en <b>ANNEXE 6</b> page 100, voici les solutions des énigmes :</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. muscle, 2. marcher, 3. électricité, 4. naviguer, 5. chauffer, 6. soleil, 7. Moteur, 8. vent, 9. essence, 10. soulever</li> </ol>

**Cette activité est issue de :**

"L'énergie, consommons-la autrement", cahier pédagogique, COREN asbl

**Objectifs pédagogiques :**

⇒ Comprendre les différentes étapes de la filière "électricité", de sa production à la prise de courant

ORGANISATION	DÉROULEMENT
<p><b><u>Préparation :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réaliser les étiquettes (un jeu d'étiquettes par élève)</li> <li>• Documentation sur la filière de l'électricité</li> </ul> <p><b><u>Durée :</u></b> environ 2h</p> <p><b><u>Objectifs opérationnels :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Remettre les étiquettes dans l'ordre</li> <li>• Réfléchir sur la logique de ses propres choix</li> </ul>	<p><i>L'objet de cette activité est de faire connaître aux élèves les différentes étapes de l'électricité, comment est-elle arrivée jusqu'à l'école?</i></p> <p><i>L'enseignant commence par demander aux enfants de réaliser une enquête sur l'électricité avec comme point de départ une prise de courant située dans la classe. Qu'y a-t-il derrière la prise ? D'où partent les fils électriques ? Les élèves peuvent se déplacer pour suivre les fils qui vont les amener au tableau de fusibles puis au compteur EDF puis à l'extérieur de l'établissement jusqu'au transformateur. A chacune de ces étapes, l'enseignant fournit des informations sur les objets rencontrés.</i></p> <p><i>Puis, on demande aux élèves de continuer de remonter la filière de l'électricité, que se passe-t-il en dehors de l'école, de la maison, ... ?</i></p> <p><i>L'enseignant propose un jeu, remettre dans l'ordre plusieurs étiquettes où sont dessinés les équipements ou les étapes ayant un lien avec l'électricité, à savoir : une télévision, un fil électrique, une prise de courant, un disjoncteur, un compteur électrique, un poteau électrique, un pylône électrique, des lignes haute tension, des lignes moyenne tension, un transformateur, une centrale électrique.</i></p> <p><i>D'autres sujets peuvent servir de points de départ de filières différentes comme une pompe à essence, le gaz de ville, un panneau solaire, du charbon, une centrale nucléaire...</i></p>

**Pour en savoir plus :**

"L'énergie, découvrons", Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie, 1983

**Objectifs pédagogiques :**

- ⇒ Découvrir le biogaz comme source d'énergie et ses applications possibles
- ⇒ Comprendre le mode de formation de ce gaz

ORGANISATION	DÉROULEMENT
<p><b>Matériel:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Boîtes, bouteilles plastiques et bouchons</li> <li>• film alimentaire perméable à l'air</li> <li>• boîtes de conserve (métal)</li> <li>• matières organiques : végétaux, épluchures,...</li> <li>• cahier d'expériences</li> </ul> <p><b>Durée :</b> expériences sur 2 semaines</p> <p><b>Objectifs opérationnels :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Concevoir et suivre un protocole scientifique</li> <li>• Tenter d'imaginer des expériences</li> <li>• Remplir un cahier d'expériences</li> <li>• Chercher des informations dans la documentation</li> </ul>	<p><i>On commence par une phase de questionnement où l'on demande aux élèves s'ils ont déjà entendu parler du biogaz, qu'est-ce que c'est ? comment le fabriquer ? pour quelles utilités ?</i></p> <p><i>Partant de leurs conceptions initiales ainsi exprimées à l'oral, il est demandé aux élèves de proposer des expériences pour en fabriquer à partir du matériel à disposition.</i></p> <p><i>Ensuite, deux expériences sont réalisées simultanément en classe par les élèves :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>dans les boîtes, on place la matière organique (la moitié du volume de la boîte) en faisant varier les types de résidus (feuilles dans une, épluchures dans une autre, autres débris végétaux dans une troisième,...). Chaque boîte est numérotée et fermée soigneusement avec du film alimentaire laissant passer l'air.</i></li> <li>- <i>dans les bouteilles, on réalise la même expérience en les fermant au moyen de bouchons vissés (ni air ni oxygène).</i></li> </ul> <p><i>Puis, on note dans le cahier d'expériences le schéma de l'expérience réalisée, en indiquant précisément, pour chaque manipulation, la quantité de matière organique déposée (nature et masse) ainsi que le jour et l'heure du début de l'expérience.</i></p> <p><i>On laisse fermenter en plaçant les récipients près d'une source de chaleur douce (soleil, radiateur,...) pendant minimum 7 jours et on observe l'évolution chaque jour mais sans ouvrir les récipients.</i></p> <p><i>A la fin de l'expérience, on compare les boîtes et les bouteilles en remarquant que de la buée est apparue sur les parois des bouteilles fermées avec un bouchon et qu'il se dégage une odeur nauséabonde lorsqu'on les ouvre. Ce n'est pas le cas pour les boîtes avec le film plastifié où on ne remarque quasiment rien. On demande aux élèves de noter les résultats et l'enseignant aide en proposant une explication. On note dans le cahier "ce que nous avons appris". En complément, l'enseignant peut apporter un document qui donne des informations.</i></p> <p><i>Le biogaz se forme lors de la décomposition de la matière organique en absence d'air (c'est la fermentation). Le biogaz est composé principalement de méthane (<math>CH_4</math>) et peut être utilisé comme source d'énergie sous différentes formes comme la production de chaleur par combustion, l'utilisation dans des moteurs pour produire chaleur et électricité.</i></p>

**Pour en savoir plus :** [www.gdf.fr](http://www.gdf.fr) : site de Gaz de France, explications sur le biogaz

**Prolongement pédagogique :** visite des stations d'épuration de Dijon, Sens, Auxerre,... qui récupèrent le biogaz et l'utilisent comme source d'énergie pour le chauffage du site.

**Objectifs pédagogiques :**

- ⇒ Comprendre le rôle d'une génératrice de bicyclette
- ⇒ Produire de l'énergie électrique et l'utiliser pour s'éclairer

<b>ORGANISATION</b>	<b>DÉROULEMENT</b>
<p><b><u>Préparation :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réaliser le circuit au préalable pour le tester</li> </ul> <p><b><u>Matériel:</u></b></p> <p>Par groupe de 4 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• une génératrice</li> <li>• 2 fils + pinces crocodiles</li> <li>• une ampoule 3,5V</li> <li>• une douille</li> </ul> <p><b><u>Durée :</u></b> environ 2h</p> <p><b><u>Objectifs opérationnels :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Travailler en groupe</li> <li>• Fabriquer un circuit électrique</li> <li>• Démonter une dynamo</li> </ul>	<p><i>Pour cette séance, il serait intéressant de disposer d'un vélo dont l'éclairage se fait avec une génératrice. Les élèves observent la génératrice et essayent de comprendre comment elle fonctionne.</i></p> <p><i>Puis, on sépare les élèves en quatre groupes et on distribue à chacun une génératrice, deux fils et une ampoule avec douille. L'enseignant lance le défi d'allumer la lampe avec le matériel à disposition.</i></p> <p><i>Par tâtonnement expérimental, les élèves élaborent leur circuit électrique, l'enseignant veille à la participation et à la compréhension de tous.</i></p> <p><i>En principe, l'ampoule devrait alternativement s'allumer et s'éteindre sauf si la génératrice tourne très vite, on a l'impression que la lampe s'allume continuellement..</i></p> <p><i>Pour aller plus loin, on peut aborder le fonctionnement de la génératrice en la démontant et en constatant qu'elle contient des fils et un aimant. Les élèves peuvent alors observer que grâce à un aimant permanent tournant dans un bobinage, il est possible de fabriquer de l'électricité, c'est le principe de l'électroaimant (notion abordée beaucoup plus tard dans la scolarité).</i></p> <p><i>Dans le démontage de la dynamo, il faut faire attention au ressort comprimé à l'intérieur qui risque d'être projeté à l'ouverture. Lors du remontage, il faut resserrer le ressort d'un tour.</i></p> <p><i>Il est également possible de démonter un petit moteur électrique 6V pour observer son fonctionnement.</i></p> <p><i>Un prolongement pédagogique possible consiste à construire une mini centrale hydraulique à partir du circuit précédent. Pour cela, il faut ajouter un axe (tige en bois ou en plastique) sur la génératrice en le collant à la super glue. Et fixer des petites cuillères en plastique sur cet axe pour jouer le rôle des pales.</i></p> <p><i>Avec un jet d'eau puissant, on fait tourner les pales qui entraînent l'axe de la dynamo qui va produire du courant électrique.</i></p>

Cette activité est disponible en ligne sur le site : [www.inrp/lamap/](http://www.inrp/lamap/) site officiel de l'Institut National pour la Recherche Pédagogique.

**Objectifs pédagogiques :**

- ⇒ Prendre conscience des choix politiques en matière d'approvisionnement énergétique
- ⇒ Comprendre les différentes étapes de la filière nucléaire civile, de l'extraction du minerai à la production d'électricité
- ⇒ Découvrir les problématiques environnementales et économiques liées à ce mode de production d'énergie

<b>ORGANISATION</b>	<b>DÉROULEMENT</b>
<p><b>Préparation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Photocopies des articles de périodiques sur le nucléaire <b>ANNEXE 8</b> pages 103 et 104</li> <li>• ANNEXE 7 pages 98 et 99</li> <li>• Connexion Internet</li> <li>• Logiciel de traitement de texte</li> </ul> <p><b>Durée :</b> projet sur plusieurs séquences</p> <p><b>Objectifs opérationnels :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Effectuer des recherches documentaires</li> <li>• Travailler en groupe</li> <li>• Synthétiser des données</li> <li>• Rédiger un document</li> <li>• savoir argumenter, écouter d'autres points de vue.</li> </ul>	<p><i>Dans cette activité, on propose aux élèves de découvrir l'énergie nucléaire, de sa production à sa consommation. On commence par quelques questions sur le nucléaire afin de percevoir les conceptions initiales des élèves, connaissent-ils les étapes de production d'électricité ? le nombre de centrales en France, en Europe ? Les applications du nucléaire ? Les risques ?</i></p> <p><b><i>La fission nucléaire fait appel à des notions complexes, dont le niveau théorique dépasse le niveau que l'on peut attendre des élèves, l'enseignant a donc en un travail de vulgarisation des notions scientifiques les plus difficiles.</i></b></p> <p><i>L'activité consiste à réaliser un document complet sur l'énergie nucléaire et ce, sous plusieurs aspects :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les choix d'orientations politiques,</li> <li>- l'extraction du minerai d'uranium,</li> <li>- le fonctionnement d'une centrale nucléaire,</li> <li>- la gestion des déchets et les risques associés à toute la chaîne.</li> </ul> <p><i>D'autres aspects peuvent être développés à la demande de l'enseignant. Il semble plus aisément de réaliser plusieurs groupes de travail, chaque groupe ayant en charge la rédaction d'une des parties : ex : les avantages, les inconvénients, les autres possibilités...</i></p> <p><i>Pour ce faire, les élèves disposent de ressources documentaires (articles de presse, livres, Internet,...). Il s'agit d'un travail de groupe et il leur est demandé de fournir un document complet (présentation, traitement de texte, schémas éventuels) sur la partie qu'ils ont en charge.</i></p> <p><i>Chaque groupe doit ensuite présenter son travail devant les autres dans le but de réaliser une synthèse des informations et d'obtenir un document sur l'énergie nucléaire. En prolongement, possibilité d'organiser un débat contradictoire, sous la forme d'un jeu de rôle : les défenseurs du nucléaire face aux opposants.</i></p>

**Ressources Internet :**

<http://www.sfen.org/> : site de la Société Française d'Energie Nucléaire

[www.cea.fr/](http://www.cea.fr/) : site du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA)

[www.sortirdunucleaire.org/](http://www.sortirdunucleaire.org/) : site du réseau Sortir du Nucléaire

[www.agora21.org.](http://www.agora21.org/) rubrique bibliothèque

**Objectifs pédagogiques :**

- ⇒ Comprendre le principe de fonctionnement d'une pile à combustible
- ⇒ Mettre en évidence la réaction chimique qui se produit à l'intérieur
- ⇒ Connaître les applications possibles de cette technologie de **transformation de l'énergie** et les difficultés techniques qui freinent son développement

ORGANISATION	DÉROULEMENT
<p><b>Préparation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Télécharger les protocoles PEMFC</li> <li>• Réaliser l'expérience au préalable pour d'éventuels remaniements</li> <li>• Préparer l'ensemble du matériel scientifique</li> <li>• Photocopies de l'article de journal sur l'hydrogène <b>ANNEXE 12</b> pages 109 et 110</li> <li>•</li> </ul> <p><b>Durée :</b> environ 3h</p> <p><b>Objectifs opérationnels :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suivre un protocole scientifique</li> <li>• Déterminer une équation chimique</li> <li>• Synthétiser des données</li> </ul> <p><b>Remarque :</b> l'hydrogène est <b>une forme de stockage de l'énergie</b> et non pas une source d'énergie. De plus, pour produire de l'H<sub>2</sub> il faut en général du charbon ou du gaz et, pour l'instant, le rendement global est très faible.</p>	<p><i>Le protocole de l'expérience est à télécharger à l'adresse ci dessous :</i></p> <p><a href="http://www.educnet.education.fr/orbito/pedago/pileh2">www.educnet.education.fr/orbito/pedago/pileh2</a></p> <p><i>L'étape préalable à l'activité est de se procurer une pile PEMFC (pile à Hydrogène), disponible chez les fournisseurs habituels de matériel scientifique.</i></p> <p><i>Ensuite, il faut préparer les combustibles pour faire fonctionner la pile: le dihydrogène (H<sub>2</sub>) et le dioxygène (O<sub>2</sub>) produits tous deux par électrolyse d'une solution aqueuse de sulfate de sodium (voir protocole plus précis sur le site Internet).</i></p> <p><i>Une fois que l'on a réussi à produire ces deux gaz, on les prélève au moyen de seringues reliées par un tuyau. On branche ensuite ces seringues sur la pile, on pousse légèrement le piston, les deux gaz sont injectés, la réaction chimique peut avoir lieu et donc produire du courant électrique (mesuré à l'aide d'un multimètre).</i></p> <p><i>L'intérêt de cette activité est d'identifier et de comprendre l'équation chimique de fonctionnement de la pile :</i></p> <p><b>2 H<sub>2</sub>(g) + O<sub>2</sub>(g) = 2H<sub>2</sub>O(l)</b></p> <p><i>C'est-à-dire que la formation d'eau à partir d'oxygène et d'hydrogène produisant de l'électricité, la pile à hydrogène représente un réel enjeu économique et environnemental.</i></p> <p><i>A partir d'un article sur l'hydrogène et ses applications (ANNEXE 12 pages 109 et 110), les élèves vont découvrir les différents modes de production de l'hydrogène ainsi que les raisons technologiques et économiques qui empêchent son développement dans le secteur automobile, grand émetteur de CO<sub>2</sub>.</i></p>

Cette activité est issue du site : [www.educnet.education.fr/orbito/pedago/pileh2](http://www.educnet.education.fr/orbito/pedago/pileh2)

**Objectifs pédagogiques :**

⇒ Découvrir l'énergie du vent à travers la fabrication d'une petite éolienne

<b>ORGANISATION</b>	<b>DÉROULEMENT</b>
<p><b><u>Préparation :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• des ciseaux</li> <li>• des crayons de couleur</li> <li>• des punaises</li> <li>• un bâtonnet</li> <li>• trouver un plan dessiné de la fabrication</li> </ul> <p><b><u>Durée :</u></b> environ 1h</p> <p><b><u>Objectifs opérationnels :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suivre un plan de fabrication</li> <li>• Plier correctement les pales de l'éolienne</li> </ul>	<p><i>L'activité a pour but la fabrication d'une mini éolienne composée d'une feuille de papier soigneusement pliée (pour former les pales de l'éolienne), que l'on fixe sur un bâtonnet (représentant le mat) au moyen d'une punaise.</i></p> <p><i>La première étape est de demander aux élèves s'ils savent ce qu'est une éolienne ? Ont-ils déjà entendu ce mot ? Comment on utilise l'énergie du vent ? Pour faire quoi ?</i></p> <p><i>Ensuite, on leur propose de fabriquer chacun sa rose des vents. Pour la fabrication, plusieurs étapes sont nécessaires :</i></p> <p><b><i>Préparation de la feuille.</i></b></p> <p><i>Selon l'âge des élèves, l'enseignant prépare au préalable le plan de découpage. Il s'agit de découper dans une feuille A4 un carré de 10 cm de côtés dont on trace les diagonales et un petit rond au centre. En partant de chacun des quatre coins du carré, on découpe les diagonales du coin vers le centre sur une longueur de 4 cm.</i></p> <p><i>Avant de plier les quatre pales, les enfants peuvent décorer et personnaliser leur moulin à vent.</i></p> <p><i>Les élèves replient les angles vers le centre, de manière à ce que les pales se superposent avec le centre du carré.</i></p> <p><i>L'éolienne est fixée sur le bâtonnet en piquant une punaise en son centre.</i></p> <p><i>Pour faire tourner l'éolienne, les élèves peuvent souffler dessus ou la mettre face au vent si les conditions le permettent.</i></p> <p><i>L'enseignant peut finir sa séquence en présentant une photo d'une véritable éolienne ou amener les enfants à en visiter une si un site est à proximité (penser par exemple, dans les campagnes, aux éoliennes des abreuvoirs à bestiaux qui sont assez communes) en leur expliquant son rôle, son intérêt, ses limites...</i></p>

**Pour en savoir plus :** "L'énergie, je maîtrise!", WAPITI hors série, septembre 1995.

**Objectifs pédagogiques :**

- ⇒ Comprendre que les problèmes énergétiques et environnementaux sont liés à nos habitudes de consommation
- ⇒ Porter un regard critique sur la publicité, réfléchir aux enjeux de la consommation et percevoir le rôle que chacun peut jouer dans la société

<b>ORGANISATION</b>	<b>DÉROULEMENT</b>
<p><b><u>Préparation :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demander aux élèves d'apporter des publicités qui leur plaisent (sur papier)</li> <li>• Choisir des publicités moralement "correctes"</li> <li>• Préparer les grilles d'analyse des publicités <b>ANNEXE 9</b> pages 105 et 106</li> <li>• Préparer des ressources documentaires disponibles pour d'éventuelles recherches</li> </ul> <p><b><u>Matériel :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• publicités</li> <li>• grilles d'analyses</li> </ul> <p><b><u>Durée :</u></b> 2h</p> <p><b><u>Objectifs opérationnels :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Distinguer et analyser les différents éléments d'informations présents sur une publicité</li> <li>• Organiser sa réflexion et communiquer ses idées aux autres, travailler en groupe.</li> <li>• Comprendre que des produits de consommations sont plus ou moins respectueux de l'environnement.</li> </ul>	<p><i>Identifier les perceptions initiales des élèves, leur demander, en se justifiant, quel est leur message publicitaire préféré et celui qu'ils aiment le moins. Puis, susciter une discussion sur les raisons qui peuvent influer sur nos besoins et nos consommations.</i></p> <p><i>Après avoir apporté les publicités, on demande aux élèves de les regrouper en diverses catégories selon les thèmes : alimentation, loisirs, logement, produits ménagers, ...</i></p> <p><i>On regroupe les élèves pour former des équipes correspondantes à chacune des catégories précédentes et on demande à chaque équipe de remplir, pour toutes les publicités, la grille d'analyse sur le décodage de la publicité et la grille des impacts énergétiques et environnementaux (selon les modèles fournis en <b>ANNEXE 9</b> pages 105 et 106).</i></p> <p><i>Chaque équipe doit ensuite déterminer, parmi les publicités de sa catégorie, un prix "Soleil" et un prix "Poubelle" accordés respectivement aux produits les plus respectueux et les plus dommageables sur le plan de l'environnement et de la consommation énergétique.</i></p> <p><i>Chaque équipe est invitée à présenter son analyse en justifiant l'attribution des prix.</i></p> <p><i>L'activité peut se terminer par une action symbolique comme interdire la publicité dans l'enceinte de l'école ou encore placer un autocollant non à la pub sur la boîte aux lettres, fabriquer une "contre-pub" à partir d'une publicité existante.</i></p>

Cette activité est disponible en ligne sur le site : [www.csq.ac.net](http://www.csq.ac.net)

## Objectifs pédagogiques :

- ⇒ Prendre connaissance des diverses manifestations de l'énergie au quotidien
- ⇒ Prendre conscience que l'utilisation qui est faite de l'énergie est souvent abusive
- ⇒ Trouver des moyens concrets et simples d'économiser l'énergie
- ⇒ Modifier les comportements

ORGANISATION	DÉROULEMENT
<p><b>Préparation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• documentation sur la consommation d'énergie</li> <li>• se procurer les guides - pratiques de l'ADEME</li> <li>• fiches de gaspillage préparées</li> </ul> <p><b>Durée :</b> 2x 2h</p> <p><b>Objectifs opérationnels :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• observer avec attention les situations de gaspillage quotidiennes</li> <li>• organiser ses idées et remplir les fiches</li> <li>• travailler en groupes, mettre en commun ses idées</li> <li>• développer la responsabilité individuelle</li> </ul>	<p><i>Afin d'identifier les conceptions initiales, on commence l'activité en amenant les élèves à s'exprimer sur ce qu'ils connaissent de l'énergie, d'où vient-elle ? sous quelles formes existe-t-elle ? quelles en sont les principales utilisations ?</i></p> <p><i>Puis, on amorce une discussion sur le gaspillage de l'énergie, ont-ils été témoins de telles situations au quotidien ?</i></p> <p><i>La deuxième phase est une phase d'observation de la réalité où on va confier aux élèves une mission de recherche dans laquelle ils sont chargés d'identifier dans leur entourage et à l'école des situations où l'énergie est gaspillée.</i></p> <p><i>Afin de bien cadrer le travail, on propose trois secteurs de recherches :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la consommation d'eau,</li> <li>- la consommation d'électricité,</li> <li>- le gaspillage des ressources et les déchets.</li> </ul> <p><i>Chaque élève sera chargé, de retour à la maison, d'identifier des situations de gaspillage d'énergie dans les 3 domaines et de noter sur des "fiches de gaspillage" les faits et situations qu'il a remarqués (une fiche par domaine de recherche).</i></p> <p><i>Ensuite, on invite les élèves à mettre en commun leurs fiches de gaspillage et à les classer selon les 3 catégories précédentes pour amorcer une discussion sur les situations identifiées.</i></p> <p><i>Une synthèse des fiches pour les 3 domaines est réalisée par l'enseignant et distribuée aux enfants, elle contient l'ensemble des situations de gaspillage observées.</i></p> <p><i>La dernière étape consiste à amener les élèves à rechercher des moyens concrets dans leur vie quotidienne permettant de réduire les consommations d'énergie et d'illustrer les comportements qui contribuent à améliorer les situations précédentes.</i></p> <p><i>Une exploitation pédagogique essentielle serait la réalisation d'une campagne de sensibilisation sur le gaspillage d'énergie, sous la forme d'une exposition ou d'un petit livret.</i></p>
<p>Cette activité est disponible en ligne sur le site : <a href="http://www.csq.qc.net">www.csq.qc.net</a></p>	

## Objectifs pédagogiques :

- ⇒ Apprendre à lire une facture et en comprendre les principaux éléments (émetteur, destinataire, consommation, montant à payer)
- ⇒ Intégrer les notions de mesure et de quantification de l'énergie (gaz et électricité)
- ⇒ Prendre conscience de l'impact de son mode de vie sur la facture énergétique
- ⇒ Modifier les comportements

ORGANISATION	DÉROULEMENT
<p><b>Préparation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• factures EDF/GDF de l'établissement à différentes saisons</li> <li>• fiche présentant les unités énergétiques <b>ANNEXE 1</b> page 94</li> <li>• "étiquette énergie" d'un appareil électroménager</li> <li>• Fiches consommation (puissance) des appareils les plus courants</li> </ul> <p><b>Durée :</b> 2h</p>	<p><i>Cette activité commence par un questionnement sur les unités de mesure de l'énergie (intérêts, valeur, utilisation) et une présentation de celles-ci. Afin de vérifier la bonne compréhension des élèves, un exercice de conversion autour des différentes unités de mesure de l'énergie peut être réalisé.</i></p> <p><i>Ensuite, une fois les unités usuelles connues, l'enseignant distribue les factures énergétiques et forme autant de groupes qu'il y a de factures différentes. Chaque groupe doit alors analyser sa facture, en comprendre le contenu, les éléments remarquables et expliquer les variations de prix observées d'une facture à l'autre. L'enseignant, par quelques questions, peut guider la réflexion sur le nombre d'appareils et leurs usages, quelles sources d'énergie? pour quelles utilisations? le gaspillage éventuel ?</i></p> <p><i>Par une mise en commun des recherches, l'enseignant réalise le lien entre toutes ces factures et fournit les explications sur les calculs des consommations, la fréquence, la provenance de l'électricité utilisée.</i></p>
<p><b>Objectifs opérationnels :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• manipuler les unités énergétiques</li> <li>• travailler en groupe et synthétiser des idées</li> <li>• rédiger des conseils d'utilisation rationnelle de l'énergie</li> <li>• développer la responsabilité de chaque individu</li> </ul>	<p><i>Enfin, une discussion sur les économies éventuelles qui peuvent être réalisées dans l'établissement est menée par l'enseignant, au niveau de l'isolation, du mode de chauffage, de l'équipement en appareils électriques, de l'éclairage.</i></p> <p><i>Cette discussion va permettre aux élèves d'énoncer et de rédiger des conseils pour éviter le gaspillage d'énergie, ces conseils pouvant donner lieu à une campagne de sensibilisation à travers toute l'école, par la rédaction d'une charte sur "l'utilisation rationnelle de l'énergie" par exemple, ou la réalisation d'une exposition.</i></p> <p><b>Prolongement pédagogique possible :</b> réaliser un travail sur les différentes classes énergétiques des appareils électriques en récupérant les "étiquettes-énergie".</p>

Pour en savoir plus : [www.lepetitpoucet.net](http://www.lepetitpoucet.net)

**Objectifs pédagogiques :**

- ⇒ Identifier des gestes quotidiens qui entraînent un gaspillage d'énergie
- ⇒ Modifier ses comportements

<b>ORGANISATION</b>	<b>DÉROULEMENT</b>
<p><b>Matériel :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• bande dessinée du réveil d'Olivier (4 vignettes) en <b>ANNEXE 10</b> page 107</li> </ul> <p><b>Durée :</b> environ 1h</p> <p><b>Objectifs opérationnels :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Observer et comprendre la bande dessinée</li> <li>• Repérer des éléments particuliers</li> <li>• Rédiger des conseils pour économiser l'énergie</li> </ul>	<p><i>A partir d'une planche de bande dessinée représentant un homme au quotidien, il s'agit de faire trouver aux enfants dans chaque vignette de la BD ce que le héros ne ferait pas s'il voulait économiser l'énergie.</i></p> <p><i>C'est un travail personnel (une planche BD par élève) et chaque enfant doit noter et identifier les gestes de gaspillages observés.</i></p> <p><i>Selon l'âge des enfants, l'enseignant peut guider les observations en précisant que dans une maison, on dépense de l'énergie pour le chauffage (plus de la moitié de la consommation totale), l'éclairage, la production d'eau chaude, la cuisine et les appareils électriques.</i></p> <p><b>Le corrigé</b></p> <p><b>Vignette 1 :</b> <i>Un baladeur est resté allumé et le radiateur fonctionne alors que la fenêtre est ouverte.</i></p> <p><b>Vignette 2 :</b> <i>La lumière reste allumée alors qu'Olivier quitte la pièce, c'est une lampe halogène qui consomme beaucoup.</i></p> <p><b>Vignette 3 :</b> <i>Olivier laisse couler la douche et laisse le robinet d'eau chaude ouvert.</i> <i>Un des deux éclairages est inutile.</i></p> <p><b>Vignette 4 :</b> <i>La TV et la radio fonctionnent en même temps, un brûleur de la cuisinière est resté allumé, la porte du réfrigérateur est restée ouverte.</i> <i>Olivier n'a pas mis de couvercle sur la casserole d'eau qui bout.</i> <i>La fin de l'activité peut être réservée à une discussion avec les élèves sur ces quelques situations quotidiennes de gaspillage,</i> <i>La rédaction d'une charte ou la réalisation d'un autocollant permet également une meilleure implication des élèves dans l'activité.</i></p>

**Pour en savoir plus :** "L'énergie de notre planète bleue" – Orcades / CRDP Poitou-Charentes, 1994.

**Objectifs pédagogiques :**

- ⇒ Acquérir des connaissances sur la place de l'énergie au quotidien
- ⇒ Etablir des liens entre la mauvaise utilisation des ressources et les impacts sur l'environnement
- ⇒ Confronter ses propres valeurs et faire un choix face à un dilemme relatif à la gestion rationnelle des ressources

<b>ORGANISATION</b>	<b>DÉROULEMENT</b>
<p><b><u>Préparation :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fiche du dilemme énergétique <b>ANNEXE 11</b> page 108</li> </ul> <p><b><u>Durée :</u></b> environ 2h</p> <p><b><u>Objectifs opérationnels :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ecouter l'opinion des autres</li> <li>• Réfléchir à un dilemme et faire un choix</li> <li>• Justifier ses actes</li> </ul>	<p><i>La première étape de l'activité consiste en une identification des perceptions initiales des enfants, on demande aux élèves s'ils savent ce qu'est un dilemme, ont-ils déjà été confrontés à des dilemmes ? Puis, on réalise le lien avec l'activité en leur demandant s'ils croient qu'il y a des rapports entre la consommation d'énergie et leurs activités quotidiennes.</i></p> <p><i>Un dilemme</i> est "une situation qui donne à choisir entre deux partis entraînant chacun des conséquences de même nature, généralement douloureuse".</p> <p><i>Une fois la notion d'énergie introduite, l'enseignant demande aux élèves de nommer les différentes sources d'énergie qu'ils connaissent et les formes d'énergie associées (exemple : moulin / vent ; auto / pétrole ; chauffage / électricité...). Les élèves dressent ensuite une liste d'activités quotidiennes en indiquant quel type d'énergie est nécessaire à leur pratique.</i></p> <p><i>Dans une seconde partie, l'enseignant forme trois équipes pour chacune des catégories suivantes :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- transports et loisirs,</li> <li>- gestion des ressources et des déchets,</li> <li>- consommation d'eau et d'électricité.</li> </ul> <p><i>Chaque équipe se voit présenter les dilemmes qui correspondent à leur catégorie et, en groupe, ils doivent discuter de leur choix en justifiant leurs réponses.</i></p> <p><i>Les dilemmes d'une catégorie doivent rester inconnus des autres groupes afin que les élèves passent au tableau et énoncent devant leurs camarades l'intitulé des dilemmes et les choix qu'ils ont réalisés, en les argumentant.</i></p> <p><i>Ensuite, avec tous les élèves, chacune des mises en situation est révisée et discutée ; l'enseignant d'évoque les conséquences environnementales de leurs choix et les invite à réfléchir à leurs actes quotidiens.</i></p> <p><i>Un réinvestissement souhaitable est de demander aux élèves d'écrire de nouveaux dilemmes, inspirés de leur quotidien, de l'actualité... et d'y réfléchir.</i></p>

Cette activité est disponible en ligne sur le site : [www.csq.qc.net](http://www.csq.qc.net)

**Objectifs pédagogiques :**

- ⇒ Découvrir le mode de vie des années 50
- ⇒ Prendre conscience des changements de société depuis 50 ans
- ⇒ Comprendre l'évolution des besoins et des modes de consommation

ORGANISATION	DÉROULEMENT
<p><b>Préparation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Documentation sur les années 50</li> <li>• Contacter des personnes ressources ADEME, EDF, CEA.</li> </ul> <p><b>Durée :</b> plusieurs séquences</p> <p><b>Objectifs opérationnels :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Travailler en groupe</li> <li>• Rechercher des éléments documentaires</li> <li>• Synthétiser ses idées</li> <li>• Rédiger une note de résumé</li> </ul>	<p><i>Cette activité propose aux élèves de découvrir le mode de vie des habitants dans les années 50/60 en France afin de pouvoir le comparer au mode de vie actuel. Il s'agit d'analyser ces évolutions du point de vue des consommations et de l'énergie utilisée.</i></p> <p><i>Afin de cadrer les recherches, il semble plus commode de séparer la classe en plusieurs groupes qui ont chacun en charge l'étude d'un secteur d'activité :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les transports,</li> <li>- l'habitat,</li> <li>- l'industrie,</li> <li>- l'agriculture.</li> </ul> <p><i>Les élèves doivent donc effectuer des recherches concernant un de ces secteurs. Le type de documentation est laissé à l'appréciation de l'enseignant (Internet, livres, périodiques, contact avec des personnes ressources de l'ADEME, EDF-GDF ou des personnes ayant vécu pendant les années 50/60) en fonction des possibilités.</i></p> <p><i>Il est demandé aux élèves de rechercher tous les éléments ayant traits à l'énergie dans ces secteurs d'activité :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- des estimations des consommations de l'époque par rapport aux consommations actuelles,</li> <li>- la répartition des secteurs d'activité cités plus haut dans les consommations,</li> <li>- les évolutions technologiques des équipements,</li> <li>- la part de chaque source d'énergie dans les productions et les consommations d'énergie à l'époque et de nos jours.</li> </ul> <p><i>Chaque groupe doit étudier son secteur d'activité, rédiger une note commune et présenter les résultats de ses recherches aux autres.</i></p> <p><i>Par une mise en commun des études, l'enseignant va mettre en valeur les évolutions fondamentales de société qui se sont produites depuis l'après-guerre, les nouvelles sources d'énergie, l'augmentation des besoins et des consommations, l'abandon du charbon, le développement du nucléaire. Les élèves pourront ainsi prendre la mesure de nos modes de vie actuels très "énergétivores" et encourager des comportements de maîtrise des consommations.</i></p>

**Objectifs pédagogiques :**

- ⇒ Prendre conscience des impacts de la surconsommation et des inégalités énergétiques mondiales
- ⇒ Encourager des comportements de consommation respectueux et raisonnés

<b>ORGANISATION</b>	<b>DÉROULEMENT</b>
<p><b><u>Préparation :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Document téléchargé sur Internet : "la consommation responsable"</li> </ul> <p><b><u>Durée :</u></b> environ 2h</p> <p><b><u>Objectifs opérationnels :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Remplir un questionnaire</li> <li>• Réfléchir à des consomm'actions et s'engager à les réaliser</li> </ul>	<p><i>A partir d'un document disponible sur Internet, les élèves doivent réaliser un travail sur la consommation responsable.</i></p> <p><i>Il s'agit d'une activité réalisée par le Comité de Solidarité Tiers-monde de Trois-Rivières basé au Québec, en collaboration avec L'Agence canadienne de développement international.</i></p> <p><i>Cette fiche pédagogique contient des textes informatifs sur la répartition des ressources, la surconsommation dans les pays développés et quelques définitions utiles sur des notions de développement durable.</i></p> <p><i>Chaque élève doit remplir le questionnaire individuellement, une correction collective sera réalisée en fin d'activité.</i></p> <p><i>Des questions et des jeux viennent agrémenter le document, permettant un réinvestissement des notions et la vérification de la bonne compréhension des élèves.</i></p> <p><i>A la fin de l'activité, l'enseignant fait le bilan des notions abordées en mettant l'accent sur les problèmes liés à la surconsommation, aux impacts planétaires engendrés par les modes de développement des pays industrialisés et à nos responsabilités individuelles.</i></p> <p><i>Il est recommandé que l'enseignant demande à chaque élève de mettre en pratique ces comportements responsables de consommation en s'engageant en les formulant par écrit et à réaliser des actions quotidiennes allant dans ce sens.</i></p>

**Ce document est disponible sous format .pdf à l'adresse suivante :**

[www.cstm.qc.ca/in-terre-actif/document/Fiche%20Cons%20respons.pdf](http://www.cstm.qc.ca/in-terre-actif/document/Fiche%20Cons%20respons.pdf)

**Objectifs pédagogiques :**

- ⇒ Identifier et comparer les différents moyens de transport et leurs consommations
- ⇒ Réfléchir aux économies d'énergie possibles

<b>ORGANISATION</b>	<b>DÉROULEMENT</b>
<p><b><u>Préparation :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartes du quartier ou de la ville avec les transports collectifs</li> <li>• Documentation sur les consommations des transports</li> <li>• Matériel de dessin</li> </ul> <p><b><u>Durée :</u></b> environ 4h</p> <p><b><u>Objectifs opérationnels :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lister les moyens de transport</li> <li>• Etudier le plan de la ville</li> <li>• Repérer les trajets des transports collectifs</li> <li>• Travailler en groupe et discuter ses idées</li> </ul>	<p><i>Pour cette activité, l'école doit être située en zone urbaine afin de pouvoir comparer plusieurs modes de transport (individuel / collectif).</i></p> <p><i>L'activité commence par identifier l'ensemble des moyens de transports disponibles dans la ville (à pied, vélo, voiture, bus,...) et demander aux élèves quels sont les moyens de transport qu'ils utilisent régulièrement ou au contraire, rarement.</i></p> <p><i>Sur la carte de la ville, l'enseignant va tracer plusieurs trajets en attribuant une couleur à chacun. La classe sera divisée en autant de groupes que de trajets définis.</i></p> <p><i>Chaque groupe a en charge l'étude d'un parcours. Au sein de chaque groupe, les élèves vont comparer la dépense d'énergie relative aux différents moyens de transport. Sur le trajet, ils devront étudier chaque mode de transport, est-il possible de le faire à pied, en vélo? Les transports publics (autobus, tramways, métro) desservent-ils ce trajet ? Dans chaque cas, les élèves regardent la faisabilité du transport.</i></p> <p><i>En tenant compte des consommations énergétiques moyennes, du nombre de passagers transportés et du temps de trajet, les élèves estiment globalement "l'efficacité" de chaque mode de transport en dressant la liste des avantages et inconvénients de chacun.</i></p> <p><i>La phase suivante consiste à donner des responsabilités aux élèves en leur demandant de réfléchir et de proposer des solutions pour améliorer l'organisation des transports et favoriser les économies d'énergie. Quelles infrastructures faut-il construire ? Quels carburants pour les transports publics ? Que faudrait-il faire pour que l'on puisse se rendre à l'école en vélo ?</i></p> <p><i>Un prolongement intéressant de cette activité serait de rencontrer un responsable local des transports afin de lui soumettre les propositions des enfants et de lui demander des explications sur les difficultés, les contraintes, les futurs projets et également les impacts des transports sur l'environnement, l'économie, la sécurité.</i></p>

**Pour en savoir plus :** "Module éducatif sur la conservation et la gestion des ressources naturelles", UNESCO, 1983

### Objectifs pédagogiques :

- ⇒ Comprendre le phénomène naturel de l'effet de serre
- ⇒ Identifier les principaux polluants atmosphériques, les gaz intervenant dans l'effet de serre (GES) et leurs sources d'émission

<b>ORGANISATION</b>	<b>DÉROULEMENT</b>
<p><b><u>Préparation :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Documentation sur l'effet de serre, conséquences environnementales et origines <b>ANNEXE 3</b> pages 96 et 94</li> </ul> <p><b><u>Matériel :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Documentation ressource</li> <li>• Connexion Internet pour recherche</li> <li>• Schéma pédagogique du phénomène d'effet de serre</li> </ul> <p><b><u>Durée :</u></b> 1h30</p> <p><b><u>Objectifs opérationnels :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lister l'ensemble des polluants atmosphériques</li> <li>• Rechercher des informations utiles dans un texte</li> <li>• Etablir une synthèse documentaire</li> <li>• Construire un système</li> </ul>	<p><i>Partir des conceptions initiales des élèves, leur demander s'ils connaissent l'effet de serre, à quoi cela correspond-il ? Quel est le problème soulevé, comment y remédier ?</i></p> <p><i>La première étape consiste à essayer de définir et comprendre l'effet de serre, envisager à partir des documents qu'il s'agit d'un phénomène naturel, indispensable à la vie et à la régulation de la température terrestre.</i></p> <p><i>Ensuite, selon le niveau des élèves, lister les gaz qui interviennent dans l'effet de serre, leurs origines anthropiques ou naturelles et leurs parts respectives dans l'accroissement du phénomène.</i></p> <p><i>Pour synthétiser l'ensemble des données collectées et s'assurer d'une bonne compréhension générale, les élèves réaliseront un schéma récapitulatif de l'effet de serre en faisant apparaître le plus d'informations possibles.</i></p> <p><i>Une fois le phénomène compris, les élèves doivent rechercher les causes principales d'émissions de gaz à effet de serre, lister les conséquences environnementales à court et long termes et appréhender la prise de conscience internationale sur la réduction des émissions de GES suite à la conférence de Kyoto en recherchant des solutions possibles.</i></p> <p><i>Enfin, une discussion sur les différentes sources d'énergie, les impacts de leur utilisation sur l'environnement et les choix énergétiques des Etats sera lancée avec les élèves.</i></p>

**Pour en savoir plus :** <http://www.cea.fr> : site du Commissariat à l'Energie Atomique  
Global Chance : petit mémento énergétique

**Objectifs pédagogiques :**

- ⇒ Comprendre les enjeux liés au transport de pétrole
- ⇒ Mesurer les impacts de l'homme sur son environnement

<b>ORGANISATION</b>	<b>DÉROULEMENT</b>
<p><b>Étape 1 :</b></p> <p><b>Préparation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• recueillir de la documentation sur la marée noire de l'Erika (photo du littoral avant l'évènement, pendant la marée noire, photos des personnes nettoyant les plages, oiseaux mazoutés...)</li> <li>• Articles de presse sur Erika <b>ANNEXE 12</b> pages 109 et 110</li> </ul> <p><b>Durée :</b> 2h</p> <p><b>Objectifs opérationnels :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rechercher et analyser des informations documentaires</li> <li>• Travailler en groupe classement de documents</li> </ul>	<p><i>Cette activité propose de revenir sur la marée noire de décembre 1999 suite au naufrage du pétrolier Erika et de comprendre son impact sur le littoral (milieu de vie particulier, car zone de contact entre la mer et la terre), liée à des propriétés particulières du pétrole.</i></p> <p><i>A la suite de ces deux étapes, les enfants vont réaliser un support d'information (affiche, exposé, exposition, journal...) sur ce thème.</i></p> <p>♦ <b>Première étape :</b></p> <p><i>A travers une analyse de documents divers sur le naufrage de l'Erika, on amène les élèves à réfléchir sur le thème de la marée noire :</i></p> <p><i>Exemple de questionnements :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Qu'est-ce que le littoral ? Faire décrire le paysage en utilisant les termes adaptés (baie, crique...)</li> <li>- Qu'est-ce que le pétrole ? (définir avec eux des termes comme hydrocarbures, pétrochimie...)</li> <li>- Qu'est-ce qu'une marée noire ? Est-ce dangereux pour l'homme ? Comment sont équipées les personnes qui nettoient le littoral ? Pourquoi portent-ils des gants ?</li> <li>- Quel est son impact sur la faune, et la flore, mais aussi sur les activités humaines (pêche, tourisme...).</li> <li>- A quoi sert le pétrole ? Que se passera-t-il s'il disparaît ?</li> <li>- Comment les marées noires arrivent-elles ? (catastrophes naturelles / humaines...)</li> <li>- Qui est responsable ?</li> </ul> <p><i>Cette phase de réflexion peu se terminer par un exercice de tri documentaire selon différents critères : nature des documents, nature de l'information qu'ils dispensent.</i></p> <p style="text-align: right;">..../...</p>

<p><b>Étape 2 :</b></p> <p><b>Préparation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Matériel : une bassine, du sel de mer, du liquide vaisselle, de l'huile pour simuler le pétrole.</li> <li>Se procurer plusieurs plumes d'oiseaux</li> <li>pour le 3., se procurer : pâte à modeler, beurre, huile, miel, à consistance pâteuse et visqueuse pour simuler le pétrole, sable, gravier, cailloux qui simuleront les matériaux englués.</li> </ul> <p>Pour simuler la mer, eau, sel marin.</p> <p>Pour prolonger l'activité :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Contacter un centre de soin de la faune sauvage, en bord de mer, qui soigne les animaux mazoutés.</li> </ul> <p><b>Durée :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Expérimentation : 2h</li> <li>- Mini reportage : plusieurs séances</li> </ul>	<p><b>Deuxième étape :</b></p> <p>La seconde étape vise à faire comprendre que les conséquences des marées noires sur la faune et la flore sont liées aux propriétés physico-chimiques du pétrole, à travers l'expérimentation. Elle vise aussi à faire comprendre aux enfants l'importance des conditions climatiques dans la propagation des nappes de pétrole, les difficultés rencontrées pour nettoyer ce polluant, les conséquences sur la faune et notamment les oiseaux.</p> <p><b>Déroulement :</b></p> <p><i>Répartir les élèves en petits groupes.</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><i>Faire tremper la main dans l'huile. Essayer ensuite de faire partir cette huile en passant la main sous l'eau froide. Que ce passe-t-il ? Utiliser ensuite un détergent (produit vaisselle). Que se passe-t-il ? Recommencer l'expérience avec une plume d'oiseau. Est-ce facile de nettoyer un oiseau avec du liquide vaisselle ?</i></li> <li><i>Dans une bassine, mettre de l'eau (salée) et y verser de l'huile. Observer ce qui se passe. Provoquer ensuite des vagues en remuant. Observer et noter ce qui se passe. Simuler le vent avec un séchocheveux, plus ou moins fort, selon plusieurs directions. Observer et noter ce qui se passe.</i></li> <li><i>Simuler le traitement d'un sinistre par récupération des produits répandus : essayer de trouver des techniques pour "nettoyer" des matériaux englués et contenir le "pétrole" sur la mer : actions mécaniques (brassage, écoulement d'eau, pompes), physique (encerclement de la nappe d'huile) et chimique (dissolution) seront simulées. Ces expériences permettent de comprendre différentes techniques qui peuvent être employées pour le traitement des marées noires.</i></li> </ol> <p><b>Prolongements recommandés :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Préparer des exposés sur le thème de la marée noire et les présenter aux élèves des autres classes pour les sensibiliser à leur tour.</li> <li>- Sur une grande affiche, trier, classer des photos et des articles de presse sur les marées noires. Représenter d'un côté un écosystème marin sans marée noire et de l'autre, un écosystème marin victime d'une marée noire.</li> </ul> <p><b>Prolongements possibles :</b></p> <p>Contacter un centre de soin qui s'occupe de soigner les animaux victimes de mazoutage et enquêter sur les moyens dont ils disposent pour nettoyer ces animaux, le nombre d'animaux concernés chaque année (avec ou sans marée noire) et faire un mini reportage écrit.</p>
---	---

**Ressources :** Eduquer pour prévenir les risques majeurs. Aléas et enjeux. SCEREN [CNDP]. 2003. p. 158-159.

### Objectifs pédagogiques :

- ⇒ Comprendre les enjeux liés au transport de pétrole
- ⇒ Mesurer les impacts environnementaux d'une marée noire
- ⇒ Synthétiser des données documentaires sur un événement d'actualité précis

ORGANISATION	DÉROULEMENT
<p><b>Préparation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un ou plusieurs ordinateurs avec des connexions Internet</li> <li>• Articles de presse sur Erika <b>ANNEXE 12</b> pages 109 et 110</li> </ul> <p><b>Durée :</b> plusieurs séquences</p> <p><b>Objectifs opérationnels :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rechercher des informations documentaires</li> <li>• Travailler en groupe</li> <li>• Présenter son travail devant les autres, communiquer</li> <li>• Approche systémique</li> </ul>	<p>Cette activité propose de revenir sur la marée noire de décembre 1999 suite au naufrage du pétrolier Erika. L'intérêt est de synthétiser l'ensemble des données recueillies suite à ce naufrage et de réaliser un document complet sur la marée noire.</p> <p>Ce travail peut s'inscrire dans le cadre d'une exposition devant d'autres classes ou de tout autre projet de communication sur l'environnement.</p> <p>Afin d'organiser l'activité, il est préférable de séparer les élèves en plusieurs groupes, en donnant à chaque groupe un cadre de recherche :</p> <p>un 1<sup>er</sup> groupe revient sur la chronologie des évènements, le 2<sup>nd</sup> groupe travaille sur les impacts écologiques de la marée noire,</p> <p>le 3<sup>ème</sup> groupe, sur les enjeux économiques et les responsabilités.</p> <p>Les élèves doivent réaliser des recherches documentaires sur le sujet qu'il leur a été attribué (sur support informatique : Internet, cédérom ou sur supports écrits : journaux, magazines...). Ensuite, chaque groupe doit fournir un document résumant le travail de synthèse effectué.</p> <p>Les exigences de ce document (manuscrit ou traitement de texte, taille, niveau technique, illustrations,...) sont laissées à l'appréciation de l'enseignant.</p> <p>La fin de l'activité consiste en une mise en commun des travaux réalisés, permettant aux élèves d'avoir une vision globale de l'événement et de ses enjeux.</p> <p>Un prolongement recommandé est de réaliser l'activité suivante (Tchernobyl) et de faire mettre en parallèle ces deux types d'accidents pour comparer :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'étendue spatiale des deux incidents,</li> <li>- la durée dans le temps,</li> <li>- les conséquences sur le milieu et pour les hommes.</li> </ul>

### Ressources Internet :

- [www.le-cedre.fr/fr/accident/erika/erika.htm](http://www.le-cedre.fr/fr/accident/erika/erika.htm) : site récapitulatif de l'accident
- [www.ouest-France.fr/dossiershtm/naufrage-reika/chronologie.htm](http://www.ouest-France.fr/dossiershtm/naufrage-reika/chronologie.htm) : chronologie des événements
- [www.ac-rouen.fr/pédagogie/equipes/demi/public/cyberfax2001/Erika.htm](http://www.ac-rouen.fr/pédagogie/equipes/demi/public/cyberfax2001/Erika.htm) : impacts écologiques et économiques de la marée noire, travaux d'une classe de 3<sup>ème</sup>.

X

# Tchernobyl

Collège  
Lycées  
11 – 18 ans

## Objectifs pédagogiques :

- ⇒ Comprendre les enjeux liés au nucléaire
- ⇒ Mesurer les conséquences environnementales d'un accident nucléaire, en terme d'étendue et de durée du sinistre.
- ⇒ Synthétiser des données documentaires sur un événement
- ⇒ Construire un schéma relationnel "systémique" (causes, problèmes, conséquences, solutions...)

ORGANISATION	DÉROULEMENT
<p><b>Préparation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Un ou plusieurs ordinateurs avec des connexions Internet</li><li>• Articles de presse sur Tchernobyl <b>ANNEXE 14</b> pages 109 et 110</li></ul> <p><b>Durée :</b> plusieurs séances</p> <p><b>Objectifs opérationnels :</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Rechercher des informations documentaires</li><li>• Travailler en groupe</li><li>• faire une fiche comparative entre des évènements</li><li>• Présenter son travail devant les autres, communiquer</li><li>• Comprendre la complexité d'un problème environnemental par l'approche systémique</li></ul>	<p><i>Cette activité a pour thème l'accident de la centrale nucléaire de Tchernobyl qui s'est produit le 26 décembre 1986.</i></p> <p><i>Le but est d'enquêter sur les conséquences immédiates, actuelles et futures d'une telle catastrophe à partir d'un travail de synthèse de données recueillies préalablement par les élèves sur ce thème.</i></p> <p><i>Un document complet sur les événements du jour de l'explosion à nos jours sera réalisé, sous la forme d'une exposition devant les autres classes ou de tout autre projet de communication sur l'environnement.</i></p> <p><b>Réalisation :</b></p> <p><i>Il est préférable de séparer les élèves en plusieurs groupes, en donnant à chaque groupe un cadre de recherche :</i></p> <p><i>un 1<sup>er</sup> groupe revient sur la chronologie des événements sur place mais aussi partout en Europe. Un travail sur le trajet du nuage radioactif est recommandé.</i></p> <p><i>le 2<sup>nd</sup> groupe travaille sur les conséquences immédiates de la catastrophe pour la sécurité des personnes, sur l'environnement.</i></p> <p><i>le 3<sup>ème</sup> groupe, sur les conséquences actuelles de la catastrophe sur la santé des personnes et sur l'environnement, localement mais aussi en Europe.</i></p> <p><i>Les élèves réalisent des recherches documentaires (sur support informatique : Internet, cédérom,... ou sur supports écrits : journaux, magazines,...). Après un travail de synthèse, chaque groupe fournit un document résumant le travail effectué.</i></p> <p><i>Les exigences de ce document (manuscrit ou traitement de texte, taille, niveau technique, illustrations,...) sont laissées à l'appréciation de l'enseignant.</i></p> <p><i>Après une mise en commun des travaux, les élèves peuvent ensuite faire le lien avec la fiche précédente et comparer ces deux types de catastrophes, dans leur étendue, leur durée et leurs conséquence sur l'homme et la nature.</i></p>

**Objectifs pédagogiques :**

- ⇒ Repérer, dans un paysage, les traces des activités humaines
- ⇒ Repérer dans le paysage l'impact des grandes infrastructures, la marque des défrichements, la fourniture directe (bois) ou indirecte (nourriture) d'énergie et la marque des travaux nécessitant de l'énergie
- ⇒ Comprendre que l'impact de l'Homme façonne le paysage

<b>ORGANISATION</b>	<b>DÉROULEMENT</b>
<p><b>Préparation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Choisir un paysage</li> <li>• Réaliser un schéma très simplifié de ce paysage</li> <li>• Rechercher des photos anciennes de ce paysage</li> </ul> <p><b>Durée :</b> plusieurs séances</p> <p><b>Objectifs opérationnels :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Observer et analyser un paysage</li> <li>• En identifier les divers éléments</li> <li>• Imaginer et dessiner ce paysage à des époques différentes</li> </ul> <p><b>Recommandation :</b> faire prendre conscience aux élèves que les bois et les forêts ne sont presque jamais naturels et qu'ils portent très souvent les marques très importantes de l'utilisation énergétique du bois par les hommes.</p>	<p><i>Pour cette activité, l'enseignant a le choix entre une sortie pour observer le paysage depuis un point panoramique ou faire travailler les élèves à partir de photographies.</i></p> <p><i>Quel que soit le paysage choisi, l'enseignant doit préparer, à partir de cartes géographiques ou de photos, un schéma représentant le paysage, ses principales lignes de force (relief, rivières, limite forêt/champ/ville,...) en noir et blanc.</i></p> <p><i>Il serait intéressant de choisir un paysage marquant la limite ville/campagne (ou forêt/campagne) afin de mettre en valeur l'influence humaine.</i></p> <p><i>La première étape est une description du paysage à partir de questions posées aux élèves : y-a-t'il du relief ? est-il boisé ? cultivé ? voyez-vous une, plusieurs rivières ? y a-t-il des maisons, des grands bâtiments, des usines? routes, chemin de fer ? des lignes électriques ?</i></p> <p><i>Ensuite, parmi tous les éléments remarqués, on demande aux élèves de lister ceux qui se rapportent à l'Homme, sa présence, ses activités et donc son impact.</i></p> <p><i>Et, au contraire, lister les zones où l'impact de l'Homme n'est pas trop visible ;</i></p> <p><i>Une fois la description terminée, les élèves utilisent le schéma simplifié du paysage pour noter les différentes utilisations de l'espace en attribuant une couleur à chacune (une couleur pour les champs, une pour les bois, une pour les zones d'habitation,...).</i></p> <p><i>Pour terminer, on sépare les élèves en plusieurs groupes auxquels on attribue des tâches différentes. Un groupe doit redessiner le même paysage en imaginant que l'Homme n'y soit jamais intervenu, un autre groupe doit imaginer et dessiner ce paysage tel qu'il a pu être au début du siècle dernier. Et enfin un 3<sup>ème</sup> groupe dessine ce paysage en se projetant dans le futur, en l'imaginant dans 100 ans.</i></p> <p><i>Cette dernière partie permet à l'enseignant de mieux percevoir les différents points de vue des élèves sur les impacts des activités humaines.</i></p>

**Pour en savoir plus :** "Module éducatif sur la conservation et la gestion des ressources naturelles", UNESCO, 1983

## Objectifs pédagogiques :

- ⇒ Prendre conscience des disparités existant entre les pays du Tiers-monde et les pays développés
- ⇒ Comprendre qu'une partie des problèmes économiques, énergétiques et environnementaux des pays en voie de développement est due aux actions des pays industrialisés
- ⇒ Approcher la notion de développement durable

ORGANISATION	DÉROULEMENT
<p><b><u>Préparation :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contacter une école dans un PVD francophone</li> <li>• Contacter une association ou un organisme de coopération.</li> </ul> <p><b><u>Durée :</u></b> plusieurs mois</p> <p><b><u>Objectifs opérationnels :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Savoir écouter les autres</li> <li>• Rédiger des lettres</li> <li>• Prendre des décisions collectives</li> <li>• S'investir dans un projet de coopération</li> </ul>	<p><i>Dans cette activité, les élèves vont devoir entretenir une correspondance avec des élèves d'une école francophone située dans un pays en voie de développement (en Afrique par exemple). Le choix du pays est fait par l'enseignant qui doit, au préalable, contacter son homologue pour déterminer un projet commun.</i></p> <p><i>Le but est de faire découvrir aux élèves "occidentaux" un mode de vie différent du leur afin qu'ils prennent conscience des inégalités entre leurs niveaux de vies et qu'ils puissent acquérir un esprit objectif et critique de leurs situations.</i></p> <p><i>Comme première étape, l'enseignant propose aux élèves de découvrir le pays en question, de le localiser sur une carte du monde et de rappeler brièvement les grandes étapes de son histoire.</i></p> <p><i>La correspondance peut alors commencer, les lettres sont écrites par les élèves et le choix de celles à envoyées appartient également aux élèves, après une décision commune (encadrée par l'enseignant).</i></p> <p><i>Après la phase de présentation des élèves (noms, âges...), ils vont demander à leurs correspondants de raconter une journée classique dans leur pays, du lever au coucher, en mentionnant les sources d'énergies quotidiennes qu'ils utilisent. Les élèves français font de même. L'analyse du quotidien est un très bon révélateur des disparités de développement.</i></p> <p><i>Cette correspondance peut continuer aussi longtemps que les deux parties le souhaitent et les thèmes abordés dans les lettres doivent dresser un panorama relativement complet de la situation :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'accès à l'énergie, quelles énergies ? l'électricité? le bois?,</li> <li>- l'accès aux ressources naturelles (eau, nourriture...),</li> <li>- le niveau de vie du peuple,</li> <li>- l'environnement local.</li> </ul> <p><i>Les applications pédagogiques sont multiples, de la réalisation d'une exposition à la démarche de contacter un organisme de coopération internationale pour accomplir une action concrète d'entraide (fournitures scolaires, mobilier scolaire...).</i></p>

**Objectifs pédagogiques :**

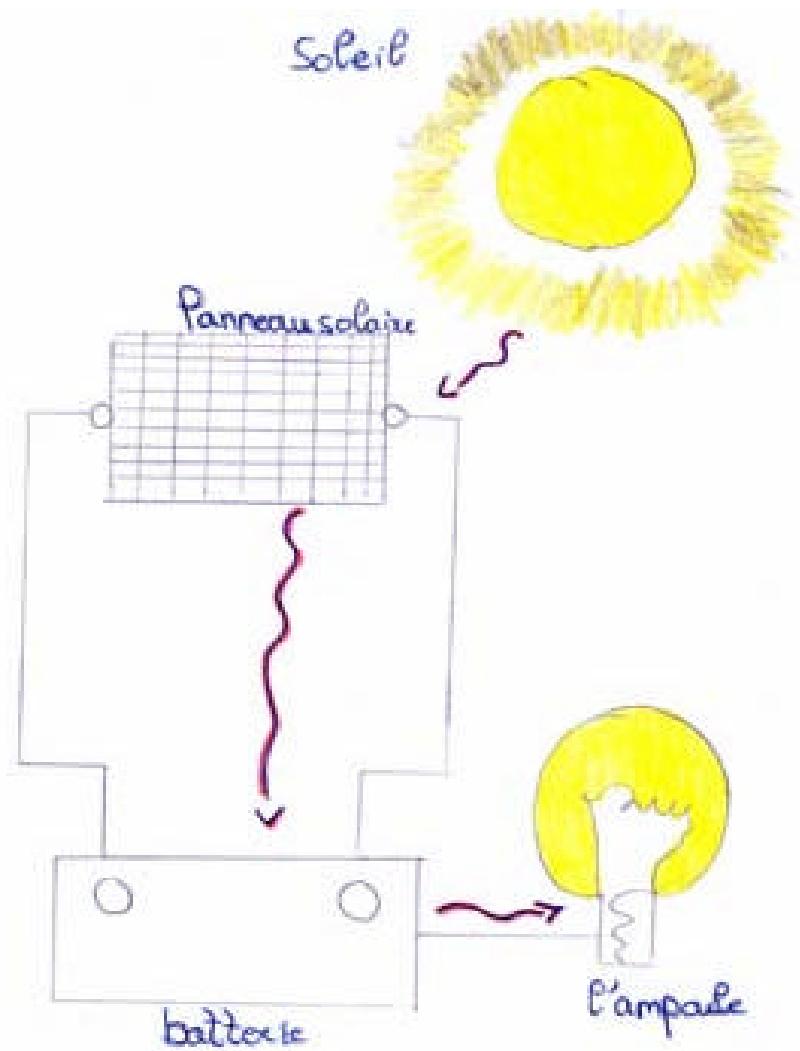
⇒ Découvrir le phénomène d'effet de serre par une expérience

ORGANISATION	DÉROULEMENT
<p><b>Préparation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 gobelets</li> <li>• 1 saladier en verre transparent</li> <li>• 1 thermomètre</li> </ul> <p><b>Durée :</b> environ 2h</p> <p><b>Objectifs opérationnels :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suivre un protocole</li> <li>• Emettre des hypothèses</li> </ul>	<p>Cette expérience est destinée à faire découvrir le phénomène d'effet de serre aux élèves.</p> <p>Pour cela, on leur propose une petite expérience, on remplit les 2 gobelets avec la même quantité d'eau et on les place au soleil.</p> <p>Au dessus de l'un des gobelets, on pose le saladier en verre et on laisse le tout au soleil.</p> <p>Au bout d'une heure, on enlève le saladier et on trempe un doigt ou le thermomètre dans l'eau d'un gobelet puis dans l'autre. On demande aux élèves s'ils ressentent la même température dans les deux et la raison pour laquelle la température est plus élevée dans le gobelet "coiffé" du saladier.</p> <p>Il est demandé aux élèves d'émettre des hypothèses sur ce phénomène, tenter de l'expliquer par des mots ou un schéma.</p> <p>"L'eau du gobelet avec le saladier est celle qui a le plus chauffé. Le sol, le gobelet, l'eau, renvoient de la chaleur qu'ils ont reçue par les rayons solaires. Le verre étant dans le saladier piège cette chaleur, l'empêchant de se dissiper dans l'atmosphère. Comme elle reste sous le saladier, elle contribue à réchauffer l'eau.</p> <p>On appelle ce phénomène '<b>effet de serre</b>', il est utilisé par les paysans, les horticulteurs, les jardiniers pour garder les pousses et certains fruits et légumes au chaud et dans les maisons solaires (bioclimatiques).</p> <p>Ensuite, l'enseignant réalise le lien avec l'effet de serre au niveau planétaire (le saladier représente l'atmosphère et le gobelet la terre), à l'aide d'un schéma explicatif par exemple, en précisant qu'il s'agit d'un phénomène naturel et indispensable à la vie sur Terre. Ce sont les émissions trop importantes de gaz à effet de serre actuelles qui rendent ce phénomène problématique.</p>

**Pour en savoir plus :**

"Economies d'énergie, faisons vite, ça chauffe", ADEME, Petits Débrouillards, 2004

# Quatrième partie : l'énergie, ressources



C'est une des façons qui produit l'énergie!

Source : <http://www.info-energie.ch/dessins-enfants.htm>

## 4ème partie : l'énergie, ressources

*Quelles ressources pour les projets ?*

### 1 Des outils pédagogiques

#### DES MALLETTES PEDAGOGIQUES

NOM	AUTEUR	SUPPORT PEDAGOGIQUE & PUBLIC VISE	OBJECTIFS	CONTACTS / DIFFUSION
<b>Un degré de plus</b>	Les petits débrouillards	Mallette pédagogique sur l'atmosphère, le climat et les activités humaines. Fiches pédagogiques, jeux individuels et collectifs,... <b>A partir de 7 ans</b>	Comprendre le changement climatique  Acquérir des notions sur les énergies	Association Française des Petits Débrouillards La Halle aux cuirs 75930 PARIS  ADEME Bourgogne 03 80 76 89 76 (Prêt gratuit)
<b>4 Maquettes sur les énergies renouvelables</b>	Energies Solaires Développement	4 maquettes : "Capter le soleil", "L'eau chaude solaire", "L'électricité solaire", "La force du vent"	Familiariser les enfants avec les énergies renouvelables	Energies Solaires Développement RAMONVILLE SAINT AGNE – 31 05 61 73 34 92 <a href="mailto:contact@energiesolaire.info">contact@energiesolaire.info</a>
<b>La famille GASPITRO</b>	Paragramme ADEME	Jeu par équipes autour d'un plateau représentant la maison des GASPITRO <b>A partir de 8 ans</b> De 2 à 6 joueurs	Sensibiliser les enfants aux économies quotidiennes d'énergie	ADEME Bourgogne 03 80 76 89 76 (Prêt gratuit)
<b>Mallette pédagogique énergie et énergies renouvelables</b>	Comité de Liaison Energies Renouvelables (CLER)	Mallette contenant un fascicule enseignant, 40 diapositives, des expériences, des fiches et jeux dont un puzzle géant. CYCLE 3 / Collège	Découvrir les énergies	Alter Alsace Energies <a href="mailto:Info@alteralsace.org">Info@alteralsace.org</a>

## DES LIVRETS PEDAGOGIQUES

NOM	AUTEUR	SUPPORT PEDAGOGIQUE & PUBLIC VISE	OBJECTIFS	CONTACTS / DIFFUSION
Découvrons l'énergie dans la ville	Centre d'Information sur l'Energie et l'Environnement C.I.E.L.E	Kit pédagogique constitué d'un livret de 12 pages, une affiche et un guide de 16 pages	Découvrir les énergies	Livret téléchargeable sur le site Internet du CIELE <a href="http://www.ciele.org">www.ciele.org</a>
L'énergie et sa maîtrise	GRAINE	Dossier en trois parties : des fiches pédagogiques pour une approche des énergies renouvelables, notions-clés et références documentaires <b>De 9 à 13 ans</b>	Comprendre les enjeux de la consommation, de la maîtrise de l'énergie et des énergies renouvelables	CRDP de Languedoc-Roussillon, 2004 Commande sur site du SCEREN <a href="http://www.sceren.fr/produits">www.sceren.fr/produits</a>
Les énergies renouvelables au bout des doigts	ASSEM ENERPLAN WWF Italie	Livret pédagogique sur les différentes sources d'énergies renouvelables, expériences scientifiques.	Découvrir les énergies renouvelables et leurs utilisations	ASSEM STJ – Secteur énergie 9 rue Gazan 06130 GRASSE 04 92 60 78 78 <a href="mailto:assemstj.nrj@wanadoo.fr">assemstj.nrj@wanadoo.fr</a>
L'énergie de notre planète bleue	ORCADES	Livret composé d'un ouvrage pour l'enseignant et un fascicule "Je calcule la consommation d'énergie de ma famille" pour les élèves	Energies disponibles, consommation énergétique, modes de vie, économies d'énergie, impacts environnement.	ORCADES 6 bis, rue Albin Haller 86000 POITIERS 05 49 41 49 11 <a href="mailto:orcades@orcades.org">orcades@orcades.org</a>
Le changement climatique	Réseau Action Climat – France	Livret et CD-ROM, destiné aux éducateurs à l'énergie pour sensibiliser le grand public	Données sur le changement climatique	Réseau Action Climat France 2B rue Jules Ferry 93100 Montreuil 01 48 58 83 92 <a href="http://www.rac-f.org">www.rac-f.org</a>

## DES EXPOSITIONS

NOM	AUTEUR	SUPPORT PEDAGOGIQUE & PUBLIC VISE	OBJECTIFS	CONTACTS / DIFFUSION
<b>La maison des Négawatts</b>	Association Terre Vivante	Exposition avec des panneaux explicatifs (40 m <sup>2</sup> de surface), maquettes et CD-ROM <b>Tous publics</b>	Sensibiliser aux économies d'énergie	Association Terre Vivante Domaine de Raud 38710 MENS 04 76 34 80 80 <a href="http://www.terrevivante.org">www.terrevivante.org</a>
<b>"Energies et énergies renouvelables"</b>	ADEME	17 panneaux d'exposition et 1 CD-ROM <b>Tous publics</b>	Les sources d'énergie, la place de l'énergie dans notre société, les énergies renouvelables, les perspectives	ADEME Bourgogne 03 80 76 89 76 (Prêt gratuit)

## DES JEUX

NOM	AUTEUR	SUPPORT PEDAGOGIQUE & PUBLIC VISE	OBJECTIFS	CONTACTS / DIFFUSION
<b>Jeu de rôle Kids4Energy</b>	Comité de Liaison Energies Renouvelables (CLER)	Jeu de 20 cartes avec personnages issus de 4 familles aux comportements énergétiques différents. Règles du jeu modulables. <b>Elèves de 6 à 10 ans</b>	Soulever des questions sur les comportements individuels et susciter la réflexion.	C.L.E.R <a href="mailto:Info@cler.org">Info@cler.org</a> <a href="mailto:Webmaster@cler.org">Webmaster@cler.org</a>  ADEME Bourgogne 03 80 76 9 76  <b>(Prêt gratuit)</b>
<b>Jeu de société "Raconte nous Solix"</b>	Association Energies solaires développement	Plateau type jeu de l'oie, cartes questions et cartes infos sur les énergies renouvelables	Acquérir des connaissances sur les énergies alternatives en complément d'un projet éducatif sur l'énergie	Association Energies solaires développement 1 Allée des Dahlias 31520 RAMONVILLE 05 61 73 34 92 <a href="mailto:energysoler@wanadoo.fr">energysoler@wanadoo.fr</a>  ADEME Bourgogne 03 80 76 9 76 (Prêt gratuit)

## D'AUTRES OUTILS...

NOM	AUTEUR	SUPPORT PEDAGOGIQUE & PUBLIC VISE	OBJECTIFS	CONTACTS / DIFFUSION
<b>Consommation et environnement</b>	ARENE Ile-de-France 94 bis, avenue de Suffren 75015 PARIS 01 53 85 61 70	CD-ROM ludo-pédagogique sur la maîtrise de l'énergie 5 thèmes abordés : électroménager, alimentation, déchets, habitat, transports	Apprendre à repérer les formes de gaspillage d'énergie dans la vie courante	EDF Librairie 38, rue Jacques Ibert 75008 PARIS 01 40 42 54 30
<b>Les énergies renouvelables : comment ça marche ?</b>	Rhônealpénergie - Environnement	CD-ROM traitant de 4 types d'énergies renouvelables : solaire, éolienne, biomasse et hydraulique + des fiches "activités énergie"	Comprendre les principes de fonctionnement et les applications possibles lors d'un travail en classe	CRDP de GRENOBLE 11, avenue Général Champon 38031 GRENOBLE cedex 04 76 74 74 74
<b>Les énergies renouvelables</b>	Bourgogne Energies Renouvelables	Plusieurs outils sont disponibles : un diaporama, une exposition, des maquettes, démonstration de pompage solaire et visites de sites fonctionnant avec des énergies renouvelables	Découvrir des applications concrètes des énergies renouvelables	Association Bourgogne Energies Renouvelables 2, rue Mozart 21000 DIJON 03 80 59 12 80 <a href="mailto:association.ber@wanadoo.fr">association.ber@wanadoo.fr</a>
<b>Valise exploration Énergie</b>	CRPCSTI /ALIAS Nord Pas de Calais	Mini exposition de découverte des différentes énergies (besoins, consommations réserves, production, transformation...) A partir de 6 ans	Acquérir des connaissances sur les énergies à l'aide de manipulations et de jeux	Prêt gratuit et animation offerte par l'ADEME : Contacter les FRANCAS : 03 80 30 17 36 (21) 03 86 61 48 56 (58) 03 85 38 27 03 (71) 03 86 51 11 91 (89)
<b>Lumière sur l'an 2000</b>	EDF	Cassette VHS 14 minutes (1999) présentant différentes techniques et produits qui participent à la production d'une électricité plus propre et au développement des économies d'énergie	Sensibiliser les enfants aux économies d'énergie	EDF Librairie 38, rue Jacques Ibert 75008 PARIS 01 40 42 54 30

## **2 Pour illustrer l'énergie, des exemples de sites à visiter en Bourgogne avec vos élèves...**

### **Les musées de la mine**

Emmenez vos élèves à la découverte de l'univers de la mine et du travail des mineurs, à l'époque où le charbon était la ressource énergétique dominante !

Dans la Nièvre :

✓ **Musée de la mine à la Machine**

1, avenue de la République  
58 260 LA MACHINE  
Téléphone : 03 86 50 91 08

En Saône-et-Loire :

✓ **Musée de la mine et des hommes de Blanzy**

Association de la Mine et des Hommes  
34, rue du Bois Clair  
71 450 BALNZY  
Téléphone : 03 85 68 22 85  
[mairblanzy@wanadoo.fr](mailto:mairblanzy@wanadoo.fr)

✓ **Musée de la Mine, de la Verrerie et du Chemin de Fer**

Place Charles de Gaulle  
71 360 EPINAC  
Téléphone : 03 85 82 10 12

### **Le flottage du Bois**

Le flottage du bois ou comment utiliser l'énergie des ruisseaux et rivières pour transporter le bois, combustible pour le chauffage de Paris...

Le bois produit dans les forêts du Morvan était transporté par voie d'eau, sur le bassin de la Seine, par le biais du "flottage en train", lui-même alimenté par le flottage à bûches perdues sur les ruisseaux en amont. Des étangs ont été aménagés pour permettre le lâchage des bois, les lits de ruisseaux nettoyés et des ports aménagés.

Il est possible de découvrir les vestiges de cette activité sur le territoire du Parc Naturel Régional du Morvan et de se renseigner sur le thème en visitant le site du Parc : [www.patrimoinedumorvan.org](http://www.patrimoinedumorvan.org)

Renseignements :

Parc Naturel Régional du Morvan  
Maison du Parc  
58 320 Saint-Brisson  
Téléphone : 03 86 78 79 00.

## **Les barrages hydroélectriques**

**En Bourgogne**, on rencontre une palette assez variée d'équipements hydroélectriques que l'on distingue par le mode de fonctionnement et l'importance du dénivelé amont aval de l'édifice.

Une centrale hydroélectrique utilise l'énergie d'un cours d'eau pour entraîner une turbine, un alternateur transforme ensuite cette énergie en électricité, qui est injectée dans le réseau électrique. La puissance disponible sur un site est liée au débit circulant dans le cours d'eau et à la hauteur de la chute d'eau exploitée.

**Les centrales de haute chute** peuvent utiliser plusieurs centaines de mètres de dénivels, alors que les **centrales de basse chute** (ou installations au fil de l'eau) exploitent une différence de niveau de quelques mètres, qu'elles compensent par un débit d'eau important. Les installations de haute chute, qui peuvent valoriser des débits faibles, comme l'installation de **Roussillon** en Morvan sur la Canche, sont rares en Bourgogne.

Chaque année, la quantité d'électricité d'origine hydraulique produite en Bourgogne est de l'ordre de 180 Gwh. Cette énergie provient pratiquement en totalité de la petite hydraulique (les centrales de moins de 10MW).

**L'usine de bois de la cure** est la plus importante centrale de production d'hydroélectricité de Bourgogne, avec une puissance de 23,5 MW et la fourniture de 53 GWh / an.

### A visiter :

Le site **Chaumeçon-Crescent** à Saint-Martin-du-Puy (Parc Naturel Régional du Morvan, Nièvre). Le projet de 1926 prévoyait tout un ensemble de prises d'eau en rivière, petits barrages et conduites souterraines pour accroître le débit à turbiner du Chalaux. Si la réalisation n'a été que partielle, l'ensemble constitue un aménagement hydroélectrique unique de complexité.

## **3 Des organismes et personnes ressources**

ACTEURS	CORDONNEES	CONTACT
<b>ADEME</b> Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie	Délégation régionale Bourgogne 10 avenue Foch BP 51562 21015 DIJON Cedex 03 80 76 89 76 <a href="http://www.ademe.fr">www.ademe.fr</a>	Martine SFEIR <a href="mailto:martine.sfeir@ademe.fr">martine.sfeir@ademe.fr</a>
<b>Bourgogne Energies Renouvelables</b>	2, rue Mozart 21000 DIJON	Jean-marc CONVERS <a href="mailto:association.ber@wanadoo.fr">association.ber@wanadoo.fr</a>
<b>Conseil Régional de Bourgogne</b>	DATE- Mission environnement 17 Bd de la Trémouille 21000 DIJON 03 80 44 35 05 <a href="http://www.cr-bourgogne.fr">www.cr-bourgogne.fr</a>	

ACTEURS	COORDONNEES	CONTACT
<b>DRAF/SRDF</b> Direction Régionale de l'Agriculture et de la Forêt	22 D Bd Winston Churchill BP 87865 21 078 DIJON CEDEX 03 80 39 30 81	Jean-Louis GESUATI <a href="mailto:jean-louis.gesuati@agriculture.gouv.fr">jean-louis.gesuati@agriculture.gouv.fr</a>
<b>DIREN</b> Direction Régionale de l'Environnement	Le Richelieu 10 bd Carnot 21000 DIJON 03 80 68 08 30 <a href="http://www.ecologie.gouv.fr/bourgogne">www.ecologie.gouv.fr/bourgogne</a>	Madeleine TAUPENOT 03 80 68 08 63 <a href="mailto:madeleine.taupenot@bourgogne.ecologie.gouv.fr">madeleine.taupenot@bourgogne.ecologie.gouv.fr</a>
<b>Groupement des SCIEntifiques contre l'Énergie Nucléaire</b>	<b>GSIEN</b>	<b>Nièvre</b> : Roland BEAUSILLON, 9 quai d'Aval, 58400 la Charité, tél : 05.86.26.30.23
<b>OREB</b> Observatoire régional de l'environnement de Bourgogne	30 bd de Strasbourg 21000 DIJON 03 80 68 44 30 <a href="http://www.oreb.org">www.oreb.org</a>	Pascale REPELLIN 03 80 68 44 30 <a href="mailto:p.repelin@oreb.org">p.repelin@oreb.org</a>
<b>AJENA</b> Association Jurassienne pour la diffusion des ENergies Alternatives	<b>Maison des énergies renouvelables</b> 28, bd Gambetta BP 149 39004 LONS-LE-SAUNIER 03 84 47 81 10 mail : <a href="mailto:ajena@wanadoo.fr">ajena@wanadoo.fr</a> web : <a href="http://www.ajena.org">www.ajena.org</a>	
<b>ANDRA</b> Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs	<b>ANDRA</b> 1/7, rue Jean Monnet Parc de la Croix-Blanche 92298 CHATENAY-MALABRY cedex 01 46 11 80 00 web : <a href="http://www.andra.fr">www.andra.fr</a> mail : <a href="mailto:webcom@andra.fr">webcom@andra.fr</a>	
<b>CEA</b> Commissariat à l'Energie Atomique	<b>CEA</b> Direction de la communication et des affaires publiques 31/33 rue de la Fédération - 75752 PARIS CEDEX 15 Tél. 01 40 56 14 86 <a href="http://www.cea.fr">www.cea.fr</a>	
<b>CLER</b> Comité de Liaison des Energies Renouvelables	<b>CLER</b> 2b, rue Jules Ferry 93100 MONTREUIL 01 55 86 80 00 <a href="http://www.cler.org">www.cler.org</a>	

ACTEURS	COORDONNEES	CONTACT
<b>CIELE</b> Centre d'Information sur l'Energie et l'Environnement	<b>CIELE</b> 96, quai Saint-Martin 35700 RENNES 02 99 54 42 98 <a href="http://www.ciele.org">www.ciele.org</a>	
<b>Cm3e</b> Club maîtrise de l'Énergie et de l'Environnement-Enseignement	<b>Cm3e</b> 17, rue Lavoisier 76 821 Mont Saint Aignan Cedex <a href="http://www.cm3e.com">www.cm3e.com</a>	
<b>DGEMP</b> Direction Générale de l'Énergie et des Matières Premières	<b>DGEMP</b> Télédoc 151 61 bd Vincent Auriol 75703 PARIS Cedex 13 01 44 87 17 17 <a href="http://www.industrie.gouv.fr/energie">www.industrie.gouv.fr/energie</a>	
<b>EDF</b> Electricité de France	<b>EDF - GDF</b> Direction de la communication 38, rue Jacques Ibert 75858 PARIS cedex 17 <a href="http://www.edf.fr">www.edf.fr</a>	
<b>GREENPEACE</b> Association	<b>GREENPEACE</b> France 22, rue des Rasselins 75020 PARIS 01 44 64 02 02 <a href="http://www.greenpeace.fr">www.greenpeace.fr</a>	
<b>Réseau Sortir du nucléaire</b>	9, rue Dumenge 69004 LYON 04 78 28 29 22 <a href="http://www.sortirdunucléaire.org">www.sortirdunucléaire.org</a>	

## FICHE RESSOURCE : LE PETROLE<sup>21</sup>



- 1<sup>ère</sup> source d'énergie consommée dans le monde ( 37% des consommations en 2001)
- ressource limitée, environ 50 ans d'utilisation au rythme et au coût actuel
- sa combustion est à l'origine d'émissions de CO<sub>2</sub> atmosphérique (GES)

**Le pétrole** tire son nom du latin "petra" qui signifie pierre et "oleum", huile. C'est une huile minérale naturelle très foncée et plus dense que l'eau douce.

### Formation

Le pétrole que nous utilisons actuellement est le résultat d'une lente dégradation au fond des océans du plancton (sédiments organiques et minéraux). Elle a débuté il y a des dizaines, voire des centaines de millions d'années.

Ce plancton s'est déposé par couche, entraînant la formation de strates. Ces strates de plancton, qui sont le siège de la formation du pétrole (mais aussi du gaz naturel), sont souvent séparées par une épaisseur de dépôt argileux qui constitue alors une roche imperméable.

La strate dans laquelle va avoir lieu la dégradation du plancton est appelée roche mère. La roche mère est donc en quelque sorte une éponge dans laquelle se forme, après fossilisation des sédiments, du pétrole et du gaz naturel bruts. L'eau de mer qui était dans les sédiments n'est pas modifiée et reste dans la roche mère.

Ils vont ainsi rester coincés dans une strate appelée roche magasin ou réservoir (du fait de son rôle) jusqu'à ce que l'homme les trouve et les exploite.

Depuis le début de la formation de ces gisements, il y a plusieurs millions d'années, les océans se sont retirés par endroit laissant ainsi certains d'entre eux dans des terres émergées. C'est le cas du Bassin Parisien par exemple. En général, un gisement s'étale de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres en hauteur et peut atteindre plusieurs dizaines de kilomètres en longueur (c'est le cas au Moyen-Orient).

### Transport

Une fois extrait des gisements, le pétrole est transporté par oléoducs ou par pétroliers.

Les **oléoducs ou pipelines** sont des tuyaux de diamètres assez importants dans lesquels le pétrole circule jusqu'aux grands centres de consommation. C'est l'équivalent des gazoducs pour le gaz naturel.

Les **pétroliers ou tankers** sont utilisés pour transporter le pétrole par voie maritime. C'est l'équivalent des méthaniers pour le gaz naturel. Le premier navire utilisé pour transporter du pétrole était un bâtiment allemand en 1886.

Pour le livrer aux utilisateurs, on dispose de différents moyens. Pour les petites quantités (fuel pour chauffage des particuliers, carburants des stations-service), le pétrole est transporté par camions-citernes.

Contrairement aux gazoducs, les oléoducs ne vont généralement pas directement aux points de consommation. Ce sont des camions qui assurent cette livraison.

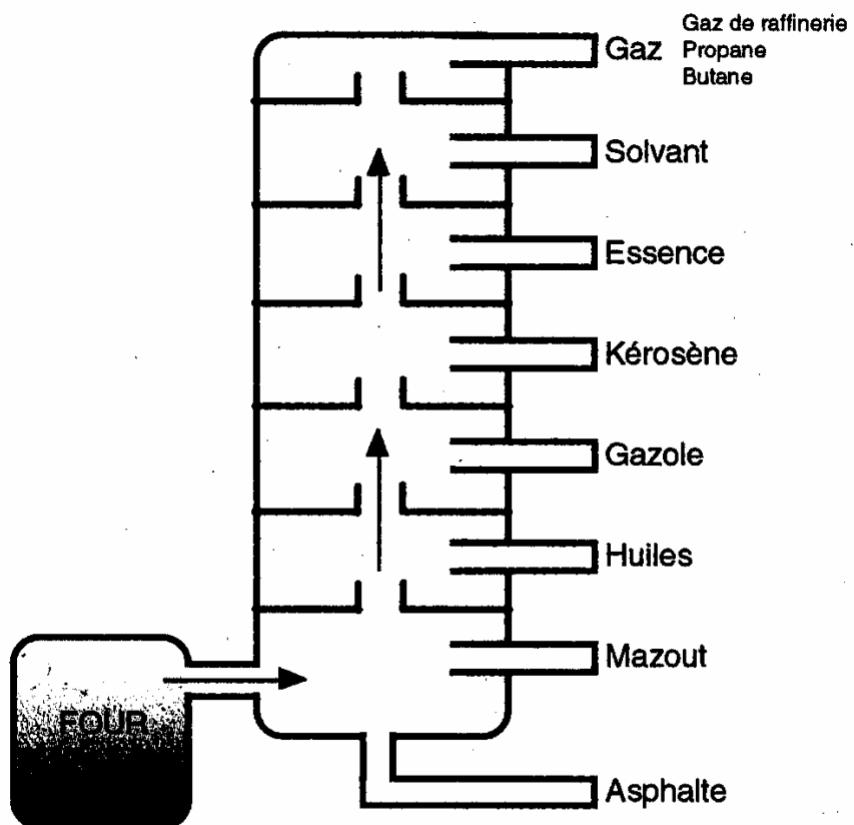
<sup>21</sup> <http://www.inrp.fr/lamap/scientifique/energie> : site de l'Institut National pour la Recherche Pédagogique

## Raffinage

Le pétrole brut est un mélange de milliers d'hydrocarbures et de résidus d'eau et de solides. Le raffinage consiste à extraire l'eau et les solides du pétrole brut et à séparer et traiter les hydrocarbures.

Il se fait en trois étapes : **la distillation**, le **craquage thermique** et le **craquage catalytique**.

### COLONNE DE DISTILLATION (HYDROCARBURES)



Source : " Les énergies renouvelables", livret pédagogique, ADEME, 2002

## Stockage et réserve

Le stockage permet d'assurer la régularité de l'approvisionnement des consommateurs en dépit des variations saisonnières. Le pétrole n'est pas stocké en sous-sol comme le gaz naturel mais en surface, dans des réservoirs spécifiques.

Quant aux réserves actuelles de pétrole prouvées, elles sont relativement minimes dans la mesure où l'on consomme plus que ce que l'on découvre.

En effet, elles seraient de 50 milliards de tonnes environ, ce qui correspond à une autonomie de **50 ans**, au rythme de consommation actuelle.

## FICHE RESSOURCE : LE GAZ NATUREL<sup>22</sup>

- Le gaz naturel est le combustible fossile le moins polluant mais émetteur de CO<sub>2</sub> lorsqu'on le brûle
- 20 % des consommations mondiales en 2001 pour le chauffage et l'industrie principalement
- ressource limitée, il reste environ 70 ans de consommation (variable selon les estimations)

Ce gaz n'a pas toujours été celui que l'on employait dans les foyers et l'industrie. Auparavant, on utilisait du gaz manufacturé, produit par distillation de la houille. Ce dernier fut remplacé par le **gaz naturel** car il était trop toxique et chargé de soufre.

### Formation

Le gaz naturel s'est formé pendant des millions d'années à partir de la décomposition des matières organiques et végétales. Il est produit dans les mêmes poches que le pétrole. On le trouve **en gisement sec** accompagné parfois de gouttelettes de pétrole (celui-ci a fuit ailleurs ou bien il ne s'est pas formé en quantité suffisante) ou **en gisement humide** c'est à dire associé au pétrole.

### Transport

On dispose de deux moyens pour le transport du gaz naturel. On peut le transporter **sous forme gazeuse** par gazoducs (conduites souterraines ou immersées) ou **sous forme liquéfiée** par méthaniers.

Dans les **gazoducs**, le gaz naturel circule à haute pression à la vitesse de 30 km/h dans des canalisations pouvant atteindre 1,40 mètre de diamètre. Afin de détecter d'éventuelles fuites de gaz, on plante au-dessus des conduites souterraines une végétation qui change d'aspect au contact du gaz.

Actuellement, le réseau mondial de gazoducs représente environ 900 000 km de canalisations. La France dispose du premier réseau de transport européen avec plus de 30 000 km de canalisations.

On peut aussi transporter le gaz naturel par **méthanier** si le lieu d'extraction et le lieu de consommation sont trop éloignés ou s'il n'existe pas de canalisation les reliant. Avec un méthanier, on peut transporter en un voyage la consommation d'une ville de 200 000 habitants.

Actuellement, 25 % des échanges internationaux sont assurés par les méthaniers.

### Réserves et développement

Les réserves mondiales actuelles représentent plus de **70 ans** de consommation au rythme (et au coût) actuel de consommation soit plus de 150 000 milliards de m<sup>3</sup>. De plus, chaque année, **on trouve plus de gaz naturel que l'on en consomme**.

En France, le plus grand gisement est celui de Lacq avec plus de 5 milliards de m<sup>3</sup>. Sa contenance initiale était de 200 milliards de m<sup>3</sup>. Dans les années soixante, il répondait à 30 % des besoins nationaux. Il est désormais quasiment épuisé. C'est pourquoi, la France

<sup>22</sup> <http://www.inrp.fr/lamap/scientifique/energie>

importe environ 95 % du gaz naturel qu'elle consomme, principalement de Norvège, de Russie, d'Algérie et des Pays-Bas .

Le gaz naturel représente en France 14,7 % de la consommation énergétique et dessert près de 75 % de la population. Sa consommation est en constante progression dans le monde. En 2000, il représentait 24 % de l'énergie mondiale consommée contre 10 % en 1950.

## Propriétés du gaz naturel

Le gaz naturel est un gaz incolore, inflammable et inodore quand on l'extrait du sous-sol. Afin de pouvoir le détecter en cas de fuite, on lui ajoute une odeur caractéristique.

**C'est le combustible fossile le plus "propre".** Sa combustion ne génère ni poussière, ni suie, ni fumée. Elle dégage du dioxyde de carbone **CO<sub>2</sub>**, de la vapeur d'eau, un peu d'oxyde d'azote NOx et très peu de dioxyde de soufre SO<sub>2</sub>.

## Utilisations

Le gaz naturel est présent quotidiennement. Il est utilisé dans la **cuisson**, pour **produire de la chaleur**, pour **climatiser**, dans la **cogénération**, pour **les transports avec le GNV** (Gaz Naturel pour Véhicule), pour **produire de l'électricité** dans les centrales thermiques à flamme.

## La cogénération

La cogénération est la production simultanée d'énergie mécanique et de chaleur à partir d'un combustible tel que le gaz naturel. L'énergie mécanique produite peut être utilisée pour produire de l'électricité ou pour entraîner des machines tournantes. **La cogénération permet d'exploiter au maximum le potentiel énergétique du combustible.** Son rendement est de 80 à 90 % contre environ 45 % pour une utilisation classique. De plus, elle permet de diminuer la quantité de gaz à effet de serre par quantité d'énergie utilisée.

## FICHE RESSOURCE : LE CHARBON<sup>23</sup>

- Le charbon est un terme général qui regroupe essentiellement la houille et la lignite
- Il représente 80 % des énergies fossiles disponibles et 22 % des consommations mondiales (2001)
- C'est l'énergie fossile la plus abondante (réserves 7 fois supérieures à celles de gaz et de pétrole)
- Sa combustion génère des émissions de CO<sub>2</sub>
- Il reste environ 300 ans de consommation (variable selon les sources)

### Formation

Le charbon résulte de la décomposition de débris végétaux accumulés, il y a des centaines de millions d'années, dans des endroits marécageux, des lagunes et des deltas de fleuves. Les végétaux immergés morts se sont déposés au fond de l'eau, fond qui s'est ainsi recouvert de feuilles, de bois, de pollen, d'écorces, de spores, d'algues microscopiques... Ces dépôts minéraux ont été à leur tour recouverts d'un dépôt d'argile qui les a protégés de l'air. La fermentation a alors pu commencer. C'est cette fermentation qui donnera plus tard la houille. Pendant que les dépôts ont fermenté, du sable s'est accumulé sur l'argile, permettant à une nouvelle forêt de pousser. Puis le bassin s'est de nouveau enfoncé et une partie de la forêt a de nouveau été immergée. Et ainsi de suite. De tels gisements de charbon peuvent atteindre une surface de 5000 km<sup>2</sup>.

### Différentes étapes de la fermentation

Au cours de la fermentation, les dépôts minéraux passent par différents stades :

- **La tourbe** ne peut pas être qualifiée de charbon. Elle commence à peine à se carboniser c'est-à-dire qu'elle contient seulement 60 % de carbone. C'est donc un mauvais combustible.
- **Le lignite** est un charbon fossile qui n'est pas encore arrivé à maturation. Il a commencé à se former il y a 60 millions d'années environ et contient seulement 65 à 70 % de carbone. Il brûle mal et produit peu de chaleur donc peu d'énergie.
- **La houille** a commencé sa formation il y a 250 à 300 millions d'années. Elle contient entre 80 et 90 % de carbone. Comme elle contient plus de carbone que la lignite, c'est un meilleur combustible.
- **L'anthracite** est à peine plus âgé que la houille et contient un peu plus de carbone.

On trouve aussi, dans les gisements, du **graphite** (carbone pur qui sert, entre autres, à fabriquer les mines de crayon). Quant au **coke**, ce n'est pas du vrai charbon. C'est un résidu de la distillation des charbons fossiles, de couleur gris argent. Dans les hauts fourneaux, il s'unit au minerai de fer pour donner de la fonte. De même, le **charbon de bois** n'est pas naturel. C'est un charbon artificiel qui est obtenu par combustion incomplète de végétaux.

<sup>23</sup> <http://www.inrp.fr/lamap/scientifique/energie>

## Les différentes mines

Il existe deux types d'exploitations : les **mines souterraines** et les **mines à ciel ouvert**.

Dans les **mines souterraines**, les mineurs creusent des galeries à l'intérieur du sol jusqu'à la veine (aussi appelée filon) de charbon. Le puits le plus profond se trouve en Inde, à Kolar et atteint plus de 3000 mètres de profondeur.

Dans les **mines à ciel ouvert**, l'exploitation se fait généralement entre 10 et 400 mètres de profondeur. Ces mines ressemblent à de grands amphithéâtres avec d'énormes gradins. Durant l'exploitation, les couches de terre recouvrant ou entourant le charbon sont décapées afin d'atteindre le filon. Ainsi, l'amphithéâtre s'élargit progressivement et devient de plus en plus profond.

## Le coup de grisou

Le coup de grisou est l'accident lié à l'exploitation du charbon le plus connu. Le grisou est un gaz (composé essentiellement de méthane CH<sub>4</sub>) contenu dans la houille. Il est inflammable dès qu'il est présent à plus de 6 % dans l'air. Une simple étincelle suffit alors ; c'est l'explosion ou coup de grisou. Le coup de grisou le plus meurtrier en France s'est produit en 1906 à Courrières. Il fit environ un millier de victimes.

## Transport

Les **pipe-lines** sont l'équivalent des oléoducs pour le pétrole. Ils sont plutôt utilisées pour des transports sur de courtes distances. Pour être transporté ainsi, le charbon doit subir des modifications. En effet, le charbon se présente sous forme de blocs solides. Il est donc broyé sous forme de fines particules puis dilué dans une solution liquide.

Pour les longues distances, le charbon est transporté par **barges ou péniches**, par **trains** ou encore par **bateaux** sans être préalablement transformé.

## Réserves

Les principaux pays riches en charbon sont situés en zones tempérées. Ce sont les Etats-Unis, la Belgique, la France (nord de la France), l'Allemagne, la Pologne, la Russie et la Chine. Les réserves exploitables de charbon correspondent à 10 000 milliards de tonnes soit sept fois plus que celles du gaz et du pétrole. Ces réserves sont suffisantes pour subvenir aux besoins pendant environ **300 ans**.

Cependant, la combustion du charbon dégage très souvent, en plus du CO<sub>2</sub>, des oxydes de souffre participant à la pollution acide de l'air.

## FICHE RESSOURCE : L'URANIUM<sup>24</sup>

- Utilisé dans un réacteur à eau sous pression, un kilo d'uranium produit 10 000 fois plus d'énergie qu'un kilo de charbon ou de pétrole dans une centrale thermique
- Actuellement, la consommation mondiale d'énergie requiert le nucléaire pour 7 % (2001)
- En France, il existe 21 sites nucléaires produisant 78% de l'électricité française
- Les ressources conventionnelles mondiales représentent environ 50 ans d'approvisionnement.

L'uranium, utilisé dans les centrales nucléaires, est appelé "combustible nucléaire" car il dégage aussi de la chaleur mais cette fois par **fission** et non par **combustion**.

### L'extraction de l'uranium

L'uranium est un métal relativement répandu dans l'écorce terrestre (50 fois plus que le mercure par exemple). Comme la plupart des métaux, il ne s'extract pas directement sous sa forme pure parce qu'à l'état naturel il se trouve, dans des roches, combiné à d'autres éléments chimiques. Les roches les plus riches en uranium sont les minérais uranifères (c'est-à-dire contenant de l'uranium), telles, par exemple, l'uraninite et la pechblende. Le cycle du combustible nucléaire commence donc par **l'extraction du minerai** uranifère dans des mines à ciel ouvert ou en galeries souterraines. Les principaux gisements connus se trouvent en Australie, aux États-Unis, au Canada, en Afrique du Sud et en Russie.

### L'enrichissement de l'uranium

Dans 100 kg d'uranium naturel, il y a 99,3 kg d'uranium 238 et 0,7 kg d'uranium 235, soit 0,7 % seulement d'uranium 235 fissile.

L'opération consistant à augmenter la proportion d'uranium 235 est appelée enrichissement.

### La consommation de l'uranium 235

Les assemblages de combustible, disposés selon une géométrie précise, forment le cœur du réacteur. Chacun va y séjourner pendant trois ou quatre ans. Durant cette période, la fission de l'uranium 235 va fournir la chaleur nécessaire à la production de vapeur puis d'électricité.

### La dégradation du combustible

Au bout d'un certain temps, le combustible doit donc être retiré du réacteur même s'il contient encore des quantités importantes de matières énergétiques récupérables, notamment l'uranium et le plutonium. Ce combustible usé est également **très radioactif** en raison de la présence des produits de fission. Les rayonnements émis par ces atomes radioactifs dégagent beaucoup de chaleur et, après son utilisation, le combustible usé est entreposé dans une piscine de refroidissement près du réacteur pendant trois ans pour laisser diminuer son activité.

<sup>24</sup> [www.cea.fr/](http://www.cea.fr/) : site du Commissariat à l'Energie Atomique

## Les objectifs du retraitement

Le retraitement consiste à :

- **récupérer la matière encore utilisable, le plutonium et l'uranium**, pour produire à nouveau de l'électricité. C'est le recyclage des matières énergétiques contenues dans les combustibles usés
- **trier les déchets radioactifs non récupérables.**

## La production de déchets nucléaires en France

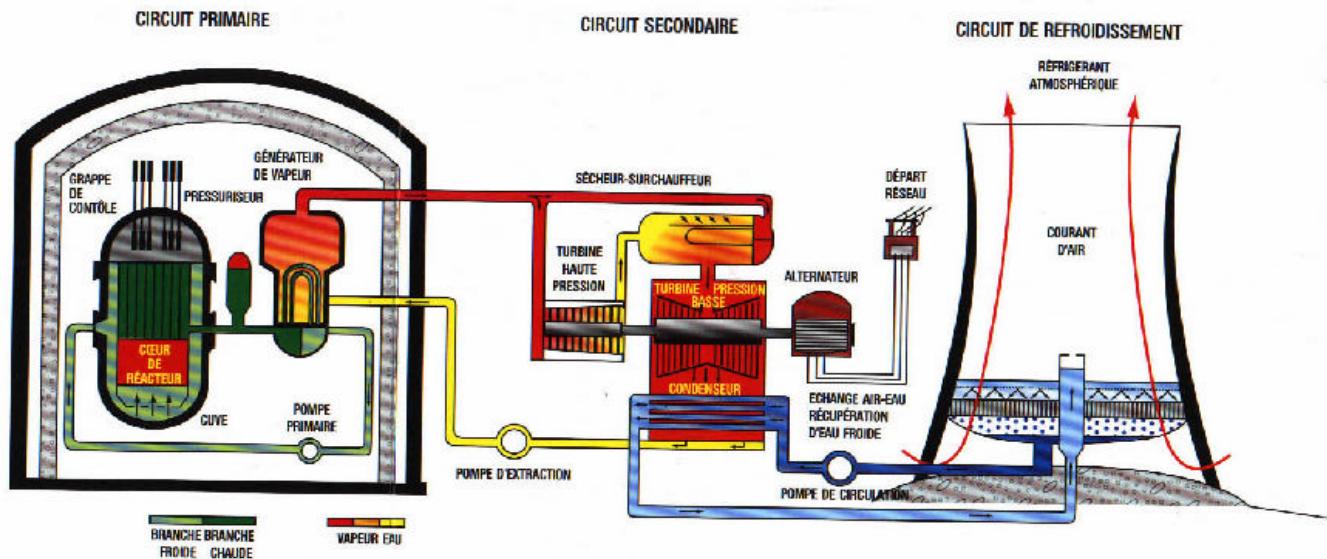
Toute activité humaine génère des déchets. La croissance démographique et industrielle s'accompagne d'un accroissement du volume de déchets à traiter, conditionner, recycler ou stocker lorsque le recyclage n'est pas possible. L'industrie nucléaire n'échappe pas à la règle.

Les déchets nucléaires sont produits à toutes les étapes du cycle du combustible nucléaire : extraction minière, enrichissement de l'uranium, fabrication des assemblages, exploitation des réacteurs, retraitement. Ils sont aussi engendrés lors du démantèlement des installations nucléaires.

## Réserves

Enfin, les ressources conventionnelles en **uranium** connues aujourd'hui, incluant celles raisonnablement accessibles, sont supérieures à 4 millions de tonnes d'uranium. Si l'on considère les besoins actuels pour le parc électronucléaire mondial - qui consomme annuellement environ 50 000 tonnes d'uranium naturel - les ressources conventionnelles représentent environ **50 ans** d'approvisionnement. Si l'on y ajoute les gisements spéculatifs, mais pas encore assurés, ces ressources devraient être suffisantes pour quelque **200 ans**.

## Schéma récapitulatif du fonctionnement d'une centrale nucléaire<sup>25</sup> :



<sup>25</sup> [www.crdp.ac-reims.fr/cddp10/ressources/mediatheque/dossiers/centrale/centrale.htm](http://www.crdp.ac-reims.fr/cddp10/ressources/mediatheque/dossiers/centrale/centrale.htm)

## FICHE RESSOURCE : L'ENERGIE SOLAIRE<sup>26</sup>

- L'énergie solaire est à l'origine de l'apparition de la vie
- En 2002 le solaire représentait 0,01% de l'énergie consommée en France et 0,04% dans le monde
- Si nous ne regardons que les productions brutes, il faudrait donc couvrir de panneaux solaires une surface de 5.000 km<sup>2</sup> environ pour assurer la production française d'électricité, soit environ 1% du territoire

Le Soleil fonctionne comme une gigantesque centrale nucléaire à fusion, brûlant 4 milliards de tonnes d'hydrogène à la seconde, dégageant d'énormes quantités d'énergie. Une grande quantité de l'énergie solaire est réfléchie ou absorbée par l'atmosphère, les nuages... Elle se perd aussi dans les mers (70 % de la surface du globe) ou des régions peu peuplées. En France, la puissance solaire moyenne utilisable n'est plus que de **120 à 150 W par mètre carré**.

### L'énergie solaire thermique

Au Soleil, on se réchauffe, on bronze, on peut même allumer un feu... bref, le soleil est une vraie source d'énergie. Il est possible d'utiliser directement l'énergie reçue du Soleil soit passivement (architecture, lumière naturelle) ou activement pour chauffer de l'eau sanitaire ou des locaux : **c'est le solaire thermique**.

Généralement placés sur un toit, il s'agit de capteurs où circule de l'eau qui se réchauffe naturellement en présence de soleil. Ils sont beaucoup moins chers que leurs confrères électriques par mètre carré et possèdent un **rendement** approchant les **90%** dans les conditions idéales. Le solaire thermique est donc promis à un bel avenir.

Le plancher solaire (pour les maisons individuelles) fonctionne sur le même principe que le **chauffage eau solaire** : des capteurs absorbent le rayonnement solaire et le transforment en chaleur. L'eau ainsi chauffée circule dans un réseau de fines canalisations noyées dans la dalle. Le plancher fonctionne à basse température (23 à 25 °C en surface, modulable à votre gré). Chaque pièce est alimentée par un circuit indépendant.

### L'énergie solaire photovoltaïque

Avec l'énergie solaire, on peut produire du **courant électrique**, au moyen d'une surface photosensible (panneaux de Silice). Cette technique sert par exemple à alimenter des calculatrices de poche, mais aussi des satellites traversant notre système solaire.

L'énergie solaire photovoltaïque convertit directement l'énergie solaire en électricité, en utilisant les propriétés des surfaces photosensibles qui libèrent des électrons lorsque des photons (des rayons solaires) les éclairent.

**Les rendements** obtenus (de **6 à 14 %** suivant les modèles dans les meilleures conditions possibles) sont faibles.

**La production annuelle d'un panneau solaire photovoltaïque est d'environ 100 kWh par m<sup>2</sup>.**

Cette densité énergétique oblige à poser de grosses surfaces de panneaux solaires, ou à économiser et optimiser l'utilisation de l'électricité. L'installation est reliée au réseau électrique : quand elle ne produit pas assez pour la maison, on se fournit sur le réseau et

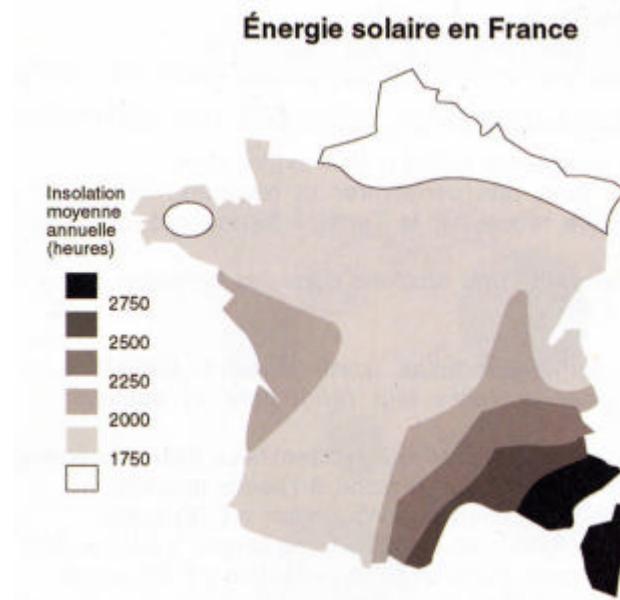
<sup>26</sup> [www.ecopole.com/](http://www.ecopole.com/) et [www.manicore.com/documentation/solaire.html](http://www.manicore.com/documentation/solaire.html)

quand elle produit trop on vend le courant à EDF, au prix d'achat : le compteur tourne à l'envers. L'installation est financièrement aidée par l'Europe et par l'ADEME.

Cette technologie est néanmoins suffisante pour alimenter des calculettes, montres, lampadaires, parcmètres... et autres petits appareils électroniques. De plus, dans certains endroits (déserts, montagne, mer, espace...), il est impossible de raccorder les utilisateurs à un réseau, soit parce que le relief rend l'installation très coûteuse, soit parce que les utilisateurs sont trop dispersés (un réseau électrique tel que nous le connaissons en France est inimaginable en Afrique). Dans ce cas, le solaire représente la seule source de courant possible.

A titre d'exemple, l'Allemagne est le deuxième pays producteur d'énergie solaire au monde (derrière le Japon). En octobre 2002, le solaire photovoltaïque a permis une production de **117 MW** en Allemagne, seulement **11 MW** en France...

En 2003, en Allemagne, les énergies renouvelables représentaient **8%** de la consommation totale d'électricité et un peu plus de **3%** de la consommation totale d'énergie.



**Energie solaire reçue par m<sup>2</sup> et par an en France selon l'ADEME.  
Pour obtenir la production annuelle d'un panneau il faut diviser environ par 10.**

## FICHE RESSOURCE : L'ENERGIE EOLIENNE<sup>27</sup>

- L'éolien représente environ 0,1% du total de la production "renouvelable" dans le monde, et environ 0,02% de l'approvisionnement énergétique mondial
- En France, 15% de l'électricité est produite à partir d'énergies renouvelables
- L'éolien est la dernière des sources d'énergie renouvelables en France aujourd'hui, avec 0,1% de l'ensemble de ces énergies (et 0,01% de la consommation totale d'énergie finale en France)
- En Europe, 3 millions de familles obtiennent leur électricité à partir du vent

**Une éolienne est une machine qui transforme l'énergie cinétique du vent (déplacement d'une masse d'air) en énergie mécanique ou électrique.**

Le dispositif est simple : une hélice (le rotor) tourne lorsqu'il y a du vent, cette hélice fait alors tourner une dynamo (une génératrice) qui transforme ce mouvement en courant électrique.

### Dans le monde

Aujourd'hui, plus de **35 000** grandes éoliennes sont réparties à travers le monde.

### En France

On trouve encore peu d'éoliennes, le parc opérationnel français (métropole et DOM-TOM) comptait **481 éoliennes à la fin 2003**.

Dans le cadre de la directive européenne sur l'électricité renouvelable, la France s'est fixé comme objectif de produire **21%** de sa consommation d'électricité à partir de sources renouvelables en **2010**. Pour y parvenir, l'objectif est notamment d'atteindre 2000 à 6000 MW issus de l'énergie éolienne, soit **1 000 à 3 000** turbines éoliennes en 2007.

### Du point de vue de la production énergétique ...

Une éolienne : **2 MW**

Usine marémotrice de la Rance : **240 MW**

Un réacteur nucléaire : **900 à 1450 MW**

Une éolienne de haute qualité a un taux de disponibilité de plus de 98%, c'est à dire que les éoliennes sont opérationnelles en moyenne sur 99% des heures de l'année. Par ailleurs, le développement des éoliennes est générateur de nombreux emplois.

### Impacts environnementaux

L'énergie éolienne n'entraîne ni production de déchets, ni rejets polluants dans l'environnement.

#### ➤ LE BRUIT

Contrairement à une idée parfois répandue, une éolienne moderne ne produit pas plus de bruit que le vent dans un grand pylône électrique. En moyenne, le bruit généré par une éolienne en fonctionnement est d'environ **45 à 50 décibels**, ce qui représente le bruit moyen

<sup>27</sup> [www.manicore.com](http://www.manicore.com)

[www.eole.org](http://www.eole.org)

[www.greenpeace.fr](http://www.greenpeace.fr)

d'un environnement de bureau. On adopte maintenant des normes pour installer des éoliennes à une distance importante des résidences.

#### ➤ LES OISEAUX

Des études scientifiques ont démontré que la plupart des oiseaux identifient et évitent l'hélice qui tourne. Les aigles, et probablement d'autres oiseaux de proie, semblent moins vigilants lorsqu'ils chassent et certains ont été frappés par les pales en mouvement.

Il est néanmoins essentiel de s'assurer que le lieu d'un projet d'implantation d'éoliennes ne se situe pas dans un couloir de migration d'oiseaux, ni à proximité d'un site de reproduction.

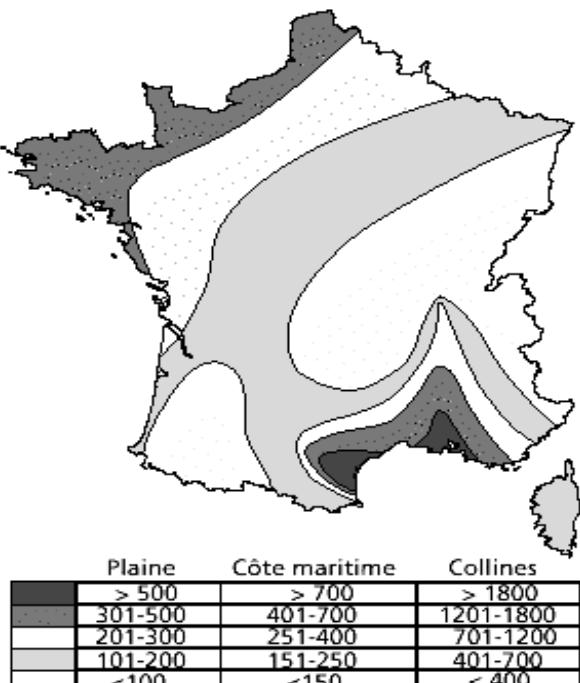
#### ➤ IMPACT VISUEL

C'est la critique la plus fréquemment rencontrée. Il est vrai qu'avec ses 60 mètres de haut, une éolienne est facilement visible, d'autant plus que les parcs se situent en général sur des crêtes ou des sommets de colline. Les efforts doivent aboutir à une harmonisation visuelle pour favoriser l'acceptation du public. La couleur blanche "classique" des éoliennes actuelles permet de limiter au maximum l'impact visuel en se fondant avec le ciel environnant.

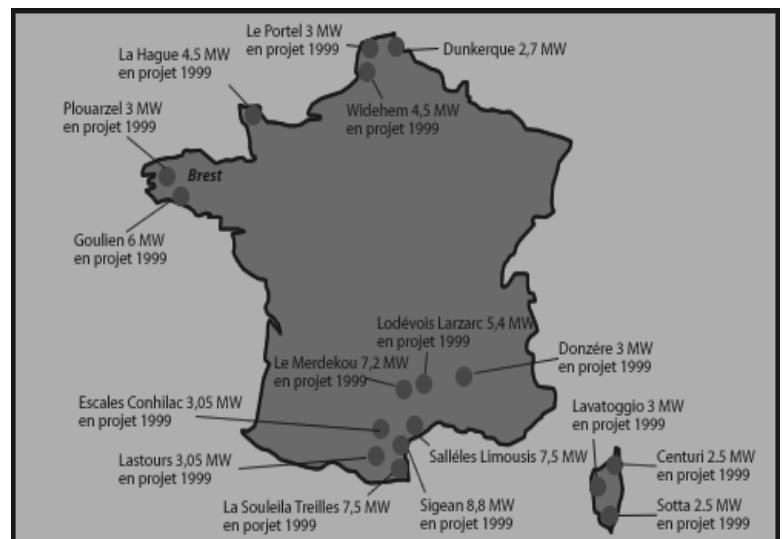
### Ressources

Les côtes européennes présentent de **forts potentiels éoliens**, notamment les côtes françaises (cf. figure ci-dessous).

Hélas, le vent ne souffle pas toujours et il n'est pas nécessairement là pour faire tourner une éolienne au moment où on le souhaite ! On prévoit donc souvent un autre système de production d'électricité qui garantit une sécurité énergétique plus permanente. Souvent, ce deuxième dispositif est plus coûteux, bruyant ou polluant, et on ne l'utilisera qu'en dehors des périodes de vent. Ce double système est appelé **couplage**. Le relais est pris par une petite génératrice à essence ou diesel, ou par un panneau solaire.



**Potentiel éolien en France  
(en W par m<sup>2</sup>)** Source : ADEME



Source : [www.eole.org](http://www.eole.org)

## FICHE RESSOURCE : LE BOIS-ENERGIE<sup>24</sup>

- 40% de l'énergie utilisée dans le monde est fournie par la combustion du bois.
- 2 milliards de personnes utilisent le bois comme principal combustible
- Le bois développe 2 fois moins d'énergie que le charbon et 3 fois moins que le pétrole.
- Mais sous certaines conditions d'exploitation, le bois est une énergie renouvelable.

Pour se tenir chaud ou cuire les aliments, l'homme utilise depuis bien longtemps le bois, première ressource énergétique à sa disposition. Après un déclin notable, le bois redevient aujourd'hui une source d'énergie intéressante, notamment pour le chauffage dans les pays développés.

### Qu'appelle-t-on le bois énergie ?

Les végétaux captent l'énergie solaire qu'ils transforment en biomasse. La combustion de cette biomasse libère l'énergie préalablement emmagasinée, qui est appelé **bio-énergie**.

Le bois énergie consiste donc en la valorisation énergétique des sous-produits forestiers (branchages, petits bois, etc.) et industriels (écorces, sciures, copeaux, etc.). Par combustion, le bois dégage de la chaleur qui peut ensuite être utilisée pour le chauffage domestique, industriel ou urbain.

Par la filière Bois énergie, on peut valoriser :

- les déchets de transformation du bois (scierie, menuiserie)
- le bois d'éclaircie et des houppiers issus des travaux sylvicoles,
- le broyat des emballages perdus comme les palettes, les caisses ou les cagettes...

### La ressource :

En France, la forêt couvre 28% du territoire national, et elle ne cesse de s'accroître. C'est donc une ressource énergétique importante qui représente déjà **4% de la consommation nationale d'énergie, et près de 80% des sources d'énergies renouvelables utilisées**, ce qui en fait d'ailleurs la seconde source d'énergie renouvelable après l'hydroélectricité.

En Bourgogne, la forêt occupe 30% du territoire et le bois (notamment pour le chauffage individuel) a toujours été bien utilisé. D'ailleurs, dans notre région, où la part des énergies renouvelables représente entre 8 et 10 % de la consommation énergétique, le bois en **représente 95 %** ! Actuellement, l'utilisation du bois pour le chauffage domestique individuel a tendance à diminuer tandis que les utilisations collectives du bois se développent (chaufferies automatisées).

### Le bois, une énergie renouvelée :

Le bois n'est pas une énergie renouvelable à proprement parler, il s'agit plutôt d'une **ressource renouvelée**, car l'homme peut cultiver et régénérer la forêt. Ainsi, tant que le volume de bois prélevé ne dépasse pas l'accroissement de la forêt, la ressource Bois est préservée et presque illimitée.

Dans les pays de l'hémisphère Nord, où la forêt s'accroît (sauf la taïga finlandaise et russe, victime également de la déforestation), le risque est plutôt à la sous-exploitation, mais dans les pays en voie de développement, où le bois constitue l'unique source d'énergie pour le chauffage et l'alimentation, la disponibilité de la ressource pose déjà problème.

La forte croissance démographique à en effet entraîné la surexploitation du bois. Dans de nombreux pays, la pénurie de la ressource augmente et 1 milliard d'hommes dans le monde manquent déjà de bois.

### **Pour qui, comment ?**

Les particuliers sont actuellement les plus grands utilisateurs du bois énergie (1 ménage sur 2, soit 87 % de l'utilisation du bois énergie) pour le chauffage individuel, mais le bois énergie peut aussi prendre d'autres formes pour satisfaire de plus grands besoins. Par exemple, la combustion en chaufferie (chaudières à bois) permet d'alimenter des bâtiments collectifs ou des réseaux de chaleur urbains dans des conditions de modernisme et d'automatisme équivalentes aux autres énergies. La chaleur produite par la chaufferie est transmise à un fluide (en général de l'eau) par l'intermédiaire d'un échangeur, le fluide ainsi réchauffé circule dans un réseau et cède son énergie calorifique aux locaux à chauffer.

En Bourgogne, un programme réunissant la Région Bourgogne, l'ADEME et les différents partenaires de la filière bois, avec le soutien de l'Union européenne, vise à placer la région à la pointe du développement du Bois énergie.

### **Avantages / inconvénients :**

La combustion du bois dans des chaufferies modernes est saine, écologique et a un impact nul sur l'effet de serre : lors de sa combustion, le bois rejette dans l'atmosphère la quantité de carbone que l'arbre a transformé par photosynthèse lors de sa croissance. En quelque sorte, l'arbre recycle le carbone et n'en produit pas : il a un bilan carbone neutre. Et surtout, il n'émet pas de souffre, contrairement aux combustibles fossiles.

De plus, en valorisant les sous-produits forestiers et industriels, le bois énergie permet de compenser le coût de l'entretien des forêts et donc celui de nos paysages. L'exploitation de la filière bois énergie permet ainsi d'améliorer la gestion du patrimoine forestier et aussi de stimuler l'économie et l'emploi local.

Enfin, contrairement au gaz et au pétrole, le prix du bois n'est pas soumis à des enjeux géostratégiques.

Ressources : [www.ademe.fr/](http://www.ademe.fr/)

## FICHE RESSOURCE : L'HYDROELECTRICITE<sup>25</sup>

- ➔ L'hydroélectricité représente 18 % de la production d'électricité mondiale.
- ➔ En France, l'hydroélectricité représente 15 % de l'électricité produite.
- ➔ L'hydroélectricité est la première source d'électricité issue des énergies renouvelables dans le monde.

### L'hydroélectricité qu'est ce que c'est ?

La force de l'eau en mouvement représente une source d'énergie considérable utilisée depuis plus de 2000 ans par l'homme. Dans un premier temps, l'exploitation de cette source d'énergie s'appliquait seulement à des utilisations mécaniques (scieries, moulins, métallurgie...), mais depuis le XIXe siècle, la force de l'eau peut être utilisée pour produire de l'électricité : **c'est l'hydroélectricité**.

La première roue hydraulique capable de produire de l'électricité a été fabriquée en 1881. Le principe est simple, l'eau entraîne la roue d'une turbine qui entraîne elle-même une génératrice, qui transforme l'énergie mécanique en énergie électrique. Cette source d'électricité dispose d'un fort rendement : **90% de l'énergie d'une chute d'eau peut-être transformée en électricité.**

L'électricité ainsi produite est difficile à stocker, il est plus facile de stocker l'eau dans des barrages avant qu'elle ne soit transformée en électricité. Ainsi, les eaux stockées pendant l'été lors de la fonte des neiges servent à satisfaire les besoins accrus en électricité de l'hiver.

Aujourd'hui, l'hydroélectricité participe pour **18 % de la production d'électricité mondiale**. **C'est la première source d'électricité issue des énergies renouvelables dans le monde**. En France, les barrages fournissent **15 % de l'électricité produite**. L'hydroélectricité occupe donc une place importante dans la production de l'électricité.

### Historique

Au XIXe siècle, l'invention de la turbine, des dynamos puis le couplage entre alternateurs a permis de produire industriellement de l'électricité à partir de l'énergie mécanique. L'invention du transformateur a ensuite permis de transporter l'électricité sur de grandes distances.

Entre les deux guerres, l'hydroélectricité a connu un important développement et plus de 50 barrages ont été édifiés par une multitude de sociétés privées qui fournissaient, à la veille de la deuxième guerre mondiale, près de 50% de la production totale d'énergie.

Après la seconde guerre mondiale, pour suivre la hausse de la demande en électricité, de nombreux barrages ont été construits et mis en exploitation dans les pays disposant de cette ressource, si bien qu'aujourd'hui la majeure partie de leur potentiel hydraulique est exploitée.

### La production hydraulique dans le monde

Actuellement, la production mondiale d'énergie électrique annuelle est d'environ **14 500 milliards de kWh** dont **64 % proviennent des combustibles fossiles** (charbon, pétrole,

**gaz), 18 % des ressources hydrauliques, 17 % des combustibles nucléaires et 1 % des autres sources d'énergie.**

Ces chiffres montrent l'importance de l'énergie hydraulique dans le monde, première source d'électricité issue des Énergies Renouvelables.

Un important potentiel hydroélectrique reste pourtant inexploité dans certaines régions du globe, notamment en Asie et en Afrique.

### **Dans les pays en voie de développement :**

L'expansion économique des pays en voie de développement met en évidence l'insuffisance des moyens de production d'électricité, alors que la demande est importante : en moyenne, la moitié de la population de ces pays n'a pas accès à l'électricité. En Afrique noire, par exemple, à peine plus de 10 % des foyers ont l'électricité, soit un niveau de consommation de 50 à 100 fois plus faible qu'en France.

Pourtant, ces pays disposent souvent de ressources hydrauliques mais seulement 15 à 20 % des sites aménageables sont équipés. D'importants programmes de construction de barrages ont été engagés en Asie, en Amérique du Sud, en Chine, tel l'ambitieux projet du barrage des Trois-Gorges sur le Yang-Tseu-Kiang.

En Inde, pays également en pleine expansion, plusieurs barrages sont aussi en cours de construction. Ils représenteront à terme un accroissement de 70 % de la production hydroélectrique indienne.

### **Impacts environnementaux**

- ♦ L'hydroélectricité présente bien des avantages.
  - L'eau peut être stockée et libérée ensuite : les barrages et les lacs constituent une réserve en eau et donc une réserve énergétique disponible à tout moment. Elle possède donc des qualités de souplesse et de rapidité de mise en œuvre, permettant de répondre rapidement aux exigences de consommation, tout en restant économique puisque l'eau est gratuite.
  - C'est une énergie renouvelable dont les stocks sont immenses. C'est également une énergie propre, au sens où elle n'entraîne pas la production de gaz à effet de serre.
- ♦ Mais elle présente aussi des inconvénients, surtout en termes d'impacts sur l'environnement, notamment dans le cas des grands barrages.
  - La construction des grands barrages engendre souvent des submersions de terre importantes, entraînant la perte de terres agricoles et le déplacement des populations.
  - les modifications paysagères sont profondes.
  - les dégâts occasionnés sur la faune et la flore par les barrages et par la modification des débits des cours d'eau appauvissent les écosystèmes. Les poissons migrateurs, par exemple, sont gênés dans leurs migrations en période de reproduction. Ainsi, le saumon a disparu de la plupart des grands fleuves français. L'équipement des ouvrages avec des passes à poissons permet actuellement la reconquête du Fleuve Loire par cette espèce emblématique.
  - La stagnation de l'eau en amont du barrage conduit à l'eutrophisation et à des pollutions importantes des lacs de retenues qui se comblent inexorablement.

**ressources : [www.edf.fr](http://www.edf.fr)**

## FICHE RESSOURCE : L'ENERGIE MAREE-MOTRICE<sup>26</sup>

### Qu'est ce que l'énergie marémotrice ?

Les océans couvrent 70% de la surface du globe. Les marées engendrent d'importants mouvements d'eau qui disposent d'une énergie considérable.

En fermant, à marée haute, les vannes de barrages qui traversent ces estuaires, de l'eau peut être emmagasinée, et lors du reflux, utilisée à l' entraînement de turbo générateurs, qui produisent de l'électricité.

Les anciens moulins à marées qui fonctionnaient selon ce principe étaient actionnés lorsque la marée se retirait, c'est à dire deux fois par jour.

**Cette source d'énergie est considérable puisque la puissance des marées mondiales représente** 3 milliards de kW, dont 1/3 est perdu le long des côtes. Si l'on savait en utiliser 20 %, on obtiendrait 400 milliards de kWh.

Cependant, la construction d'usines marémotrices nécessite des sites où les marées présentent des amplitudes suffisantes et une configuration favorable de la côte. De même, ces usines doivent être couplées à un réseau électrique dans l'arrière-pays assez puissant pour s'adapter aux fluctuations de l'énergie des marées.

### L'exemple de l'usine de la Rance, en Bretagne.

L'usine marémotrice de la Rance, située entre Dinard et Saint-Malo, a été construite de 1961 à 1966 sur l'estuaire de la Rance. Elle produit de l'électricité grâce à la force des marées : l'eau se déverse à marée haute dans un bassin réservoir excavé dans la roche. Lors du reflux, l'eau est siphonnée par des canalisations reliant le fond du réservoir à la mer libre, et elle entraîne des turbines montées dans ces canalisations

Le flot montant puis descendant traverse 24 turbines : les groupes-bulbes, qui peuvent fonctionner dans les deux sens, utilisant pleinement le va-et-vient de la marée. Une écluse garantit la continuité du trafic maritime.

Cette usine produit annuellement **600 millions de kWh**, ce qui représente la consommation domestique de l'agglomération rennaise (333 000 habitants), soit 3,5 % des besoins en électricité de la Bretagne. Pendant 30 ans, les 24 turbines de la Rance ont produit **16 milliards de kWh** au prix de 18,5 centimes le kilowattheure, un prix très compétitif et inférieur à la moyenne des coûts de production d'EDF (20 centimes pour une centrale nucléaire).

A elle seule, elle produit **91% de l'énergie électrique marémotrice mondiale** et reste actuellement l'unique usine marémotrice au monde de taille industrielle. Ce mode de production est appelé à se développer fortement dans le siècle prochain.

### Les impacts environnementaux :

La construction de l'usine il y a 30 ans a provoqué plusieurs modifications dans l'écosystème de la Rance, mais aucune pollution :

Une nouvelle faune : tout estuaire est un équilibre entre eau douce et eau salée, et barrer l'embouchure modifie fortement l'écosystème. Aujourd'hui l'estuaire est devenu un lac d'eau douce et la flore et la faune ont été modifiées.

L'envasement : L'estuaire de la Rance subit un fort envasement depuis la construction du barrage. La présence du bassin de retenue et les marées artificielles favorisent une forte décantation qui va parfois jusqu'à un phénomène de poldérisation (transformation d'une région en terre gagnée sur la mer endiguée et mise en valeur).

### **Un autre système : piéger la houle :**

Il est possible de capter l'énergie de la houle et de l'utiliser, selon deux principes, qui font encore l'objet d'études :

- **transformer l'énergie des vagues** en variations de pression ou d'équilibre hydrostatique.
- **convertir le mouvement ondulatoire des vagues** en mouvement de rotation ou de bascule d'éléments mécaniques.

Ces systèmes pourraient produire une puissance d'environ 50 à 80 kW par mètre linéaire de front de vague, mais les coûts sont encore beaucoup trop élevés.

ressource : [www.ciele.org](http://www.ciele.org) / [www.edf.fr](http://www.edf.fr) /

## FICHE RESSOURCE : LA GEOTHERMIE<sup>27</sup>

- De la croûte terrestre vers le centre de la terre, la température augmente de l'ordre de 3,3 °c par 100 m : c'est le gradient géothermique
- La géothermie peut se définir comme l'exploitation de la chaleur stockée dans la terre pour le chauffage ou la production d'électricité.

### L'énergie géothermique, qu'est ce que c'est :

A mesure que l'on s'enfonce sous terre, la température augmente, de l'ordre de 3,3 °c par 100 m en France, par exemple. C'est le **gradient géothermique**. Il témoigne de la présence d'une quantité de chaleur importante dans le sous-sol, dont l'origine provient pour l'essentiel de la radioactivité naturelle des roches de la croûte terrestre. La **géothermie** est l'exploitation de cette chaleur stockée dans le sous-sol.

Le potentiel énergétique théoriquement disponible est important, cependant l'extraction de cette chaleur n'est possible que lorsque les formations géologiques du sous-sol contiennent **des aquifères** (formation géologique dans laquelle circule l'eau). Cette eau peut en effet être captée, grâce à des forages, et permettre de transporter la chaleur emmagasinée des profondeurs de la terre vers la surface, pour ensuite l'exploiter.

**Les structures géologiques favorables** sont principalement les bassins sédimentaires (couches continues), les régions volcaniques (présence de magmas chauds à faible profondeur), les régions plissées ou faillées (sources thermales, remontées d'eaux chaudes le long de plans de failles), les régions de socle cristallin non fracturé (roches chaudes et sèches).

La variété des formations géologiques contenant des aquifères et les profondeurs variables auxquelles elles se situent conditionnent les caractéristiques du **fluide géothermal** extrait (température, composition physico-chimique, ...). Il en résulte une multiplicité de techniques et de modes de valorisation.

**La géothermie très basse énergie** concerne des aquifères peu profonds (inférieure à 100 m) et à faible niveau de température. Le fluide géothermal extrait est utilisé pour le chauffage et la climatisation de locaux après élévation de sa température au moyen d'une pompe à chaleur.

**La géothermie basse énergie** exploite des aquifères dont la température est comprise entre 30 et 100 °C. Ils se rencontrent dans des formations sédimentaires comprises entre 1000 et 3000 m de profondeur (bassin parisien, bassin aquitain...). Elle est utilisée pour le chauffage urbain, le chauffage de serres, dans des process industriels, le thermalisme...

**La géothermie haute et moyenne énergie** correspond à la mise en valeur de ressources géothermales sous la forme d'électricité.

- La géothermie haute énergie valorise des ressources dont la température est supérieure à 180 °C qui se rencontrent à des profondeurs allant de 1000 et 2000 m, dans des zones où une activité volcanique a existé (c'est cas des départements d'outre-mer en France).
- La géothermie moyenne énergie valorise des ressources dont la température est comprise entre 100 et 180 °C, qui se rencontrent dans le même type de roche, mais à

des profondeurs moindres (inférieures à 1000 m) ou dans des formations sédimentaires à des profondeurs supérieures à 3000 m).

**La géothermie profonde des roches peu ou pas perméables** correspond à l'extraction de la chaleur emmagasinée dans la croûte terrestre, mais où il n'existe pas d'aquifères. Son principe est simple : à une profondeur permettant d'atteindre des températures intéressantes, on va créer un réseau de fractures dense et étendu, par fracturation de la roche, puis on va injecter de l'eau dans le réseau de failles ainsi créé, pour qu'elle y circule et se réchauffe. On va ensuite récupérer l'eau réchauffée et l'utiliser pour la production électrique ou de chauffage.

### Intérêts et contraintes de la géothermie :

Contrairement aux autres énergies renouvelables, la géothermie ne dépend pas des conditions atmosphériques et climatiques, ni même de la disponibilité d'un substrat ce qui en fait une énergie fiable et stable dans le temps.

Cependant, il est difficile de localiser les ressources géothermales et de juger de leur productivité sans réaliser des forages, ce qui constitue une contrainte importante. D'autre part, quand on veut utiliser des ressources géothermales, il faut s'assurer du besoin réel de chaleur en surface, car ce type de ressource n'est pas transportable sur de longues distances.

Pour une utilisation pour le chauffage, il faut donc s'assurer de l'existence simultanée d'une ressource en sous-sol et d'un besoin en surface.

Pour la production d'électricité, la contrainte est moindre car l'électricité produite peut-être transportée sans trop de pertes sur de longues distances jusqu'au points d'utilisation.

### Exploitation :

Plus de 500 installations de géothermie destinées à la production d'électricité existent sur la planète réparties dans plus de 20 pays.

Actuellement, la production d'électricité d'origine géothermale constitue la troisième source d'électricité renouvelable dans le monde, derrière l'hydraulique et la biomasse. En France métropolitaine, la géothermie est plutôt utilisée pour des usages thermiques. Une cinquantaine d'installations sont en fonctionnement, surtout dans le bassin parisien et dans le bassin aquitain.

Dans les DOM, sur le site de **Bouillante en Guadeloupe**, sont installées deux unités de production d'électricité d'une puissance totale de 15 MW qui assurent près de 10% de la consommation d'électricité de ce département.

ressource : [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr) / [www.quid.fr](http://www.quid.fr)

## FICHE RESSOURCE : LES "NEGAWATTS"<sup>28</sup>

- Un degré de moins dans une habitation réduit la consommation de près de 7%
- Si tous les français ne laissaient jamais leurs appareils électriques en veille, nous économiserions la production d'une centrale nucléaire
- Une voiture consomme deux fois plus sur les trajets de moins d'un kilomètre

### Les NégaWatts, qu'est ce que c'est :

Le concept des NégaWatts relève des économies d'énergie. Les NégaWatts caractérisent l'énergie non-consommée grâce à un usage plus sobre et plus efficace de l'énergie. Un négaWatt est donc un Watt "négatif" en quelque sorte.

Cette approche donne la priorité à la réduction de nos besoins d'énergie, à qualité de vie inchangée : mieux consommer au lieu de produire plus.

**Prenons un exemple :** si l'on remplace une ampoule classique de 100 W par une lampe basse consommation de 20 W, alors, pour le même niveau d'éclairage, la puissance nécessaire est réduite de 80 W. Le remplacement de cette lampe a donc généré "80 W en moins" : on parle alors d'une "production de 80 négaWatts".

### L'association négaWatt

L'association négaWatt a pour objectif de promouvoir et développer le concept et la pratique "négaWatts" à tous les niveaux de notre société. Elle souhaite ainsi contribuer à la protection de notre biosphère, à la préservation et au partage équitable des ressources naturelles, à la solidarité et la paix par le développement harmonieux des territoires.

L'objectif est de rompre avec la croissance immodérée de nos consommations basée sur le modèle "*produire toujours plus pour consommer toujours plus*", partager nos ressources de façon équitable et contribuer à la solidarité entre les hommes.

### La démarche négaWatt

Partant du principe que les "gisements d'économies d'énergie" sont potentiellement impressionnantes et sont applicables à tous les secteurs consommateurs d'énergie, la démarche négaWatt se décline en trois temps :

#### ⇒ La sobriété

La sobriété énergétique consiste à supprimer les gaspillages absurdes et coûteux à tous les niveaux de l'organisation de notre société et dans nos comportements individuels. Elle répond à l'impératif de fonder notre avenir sur des besoins énergétiques moins boulimiques, mieux maîtrisés et plus équitables. Elle s'appuie sur la responsabilisation de tous les acteurs, du producteur au citoyen.

<sup>28</sup> "Le manifeste négaWatt pour un avenir énergétique sobre, efficace et renouvelable", [www.negawatt.org](http://www.negawatt.org)

## ⇒ L'efficacité

L'efficacité énergétique consiste à réduire le plus possible les pertes par rapport à la ressource utilisée. Le potentiel d'amélioration dans les secteurs du bâtiment, des transports et des appareils que nous utilisons est considérable : il est possible de réduire d'un facteur 2 à 5 nos consommations d'énergie et de matières premières...

## ⇒ Les énergies renouvelables

Les actions de sobriété et d'efficacité réduisent nos besoins d'énergie à la source. Le solde doit être fourni à partir d'énergies renouvelables issues des ressources naturelles. L'idée est de favoriser le développement de ces énergies alternatives dont l'utilisation, en France, reste marginale par rapport à l'omniprésence des énergies fossiles et fissiles. Un avantage de cette démarche serait de diminuer fortement les émissions de gaz à effet de serre par le développement des énergies renouvelables ainsi qu'une dynamique de création d'emplois autour des nouvelles technologies énergétiques.

## Les gisements d'économie d'énergie

A tous les niveaux, il semble possible de réduire les consommations et de réaliser ainsi des économies considérables. A titre d'exemple :

- investir dans des appareils électriques en Label A énergétique
- régler le lave-linge à 40°C au lieu de 60°C permet d'économiser jusqu'à 25% d'énergie
- une lampe "basse-consommation" consomme 4 fois moins d'électricité et a une durée de vie de 6 à 10 fois plus longue qu'une lampe traditionnelle
- une habitation bien isolée, bien orientée par rapport à l'ensoleillement, permet de réaliser jusqu'à 30% d'économie d'énergie pour le chauffage

## Pour en savoir plus :

- "Les Guides Pratiques" de l'ADEME
- "Energie : comment dépenser moins?", ADEME, décembre 2001
- [www.edf.fr](http://www.edf.fr)
- [www.negawatt.com](http://www.negawatt.com)
- "La maison des NegaWatts", SALOMON Thierry, BEDEL Stéphane, éditions Terre Vivante, juillet 1999

## BIBLIOGRAPHIE

### 1. Ouvrages utilisés pour la rédaction de ce guide :

- Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie ADEME , **Les énergies renouvelables**, livret pédagogique, 2002
- Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC), **Bilan 2001 des changements climatiques : les éléments scientifiques**, rapport du groupe de travail, 2003
- Commissariat Général du Plan, **Energie 2010-2020 : les chemins d'une croissance sobre**, 1998
- Observatoire Régional de l'Environnement de Bourgogne OREB, **Le bilan énergétique de la Bourgogne 1989-2001**, rapport technique, 2003
- BOBIN Jean-louis, **L'énergie**, éditions DOMINOS Flammarion, 1996
- INSEE, **Tableaux de l'Économie Bourguignonne**, édition 1996
- INSEE Bourgogne dimensions, **Les trajets domicile – travail** , juillet 2001
- CRDP Poitou-Charentes, **L'énergie de notre planète bleue**, Orcades, 1994
- Ligue de Protection des Oiseaux LPO Auvergne, EP Loire, **L'eau, la rivière, le fleuve**, cahiers pédagogiques pour les maternelles, 2004
- COREN asbl, **L'énergie, consommons-la autrement**, cahier pédagogique
- Agence Française pour la Maîtrise de l'Énergie, **L'énergie, découvrons**, 1983
- WAPITI hors série, **L'énergie, je maîtrise!**, septembre 1995
- UNESCO, **Module éducatif sur la conservation et la gestion des ressources naturelles**, 1983
- ADEME, Petits Débrouillards, **Economies d'énergie, faisons vite, ça chauffe!**, 2004
- OREB, **L'environnement en Bourgogne, les enjeux**, 1999
- OREB, **Les énergies en Bourgogne, bilan régional 1989-1996**, 1997
- SPURGEON Richard, FLOOD Mike, **L'énergie : une initiation à l'énergie avec projets et activités**, éditions USBORNE, 1990
- DESSUS Benjamin, **Energie, un défi planétaire**, éditions BELIN, 1996
- LERAY Théo, DE LA RONCIERE Bertrand, **30 ans de maîtrise de l'énergie**, ATEE, 2003
- ADEME, **Le solaire dans tous ses états**, 1992

### 2. Les sites Internet :

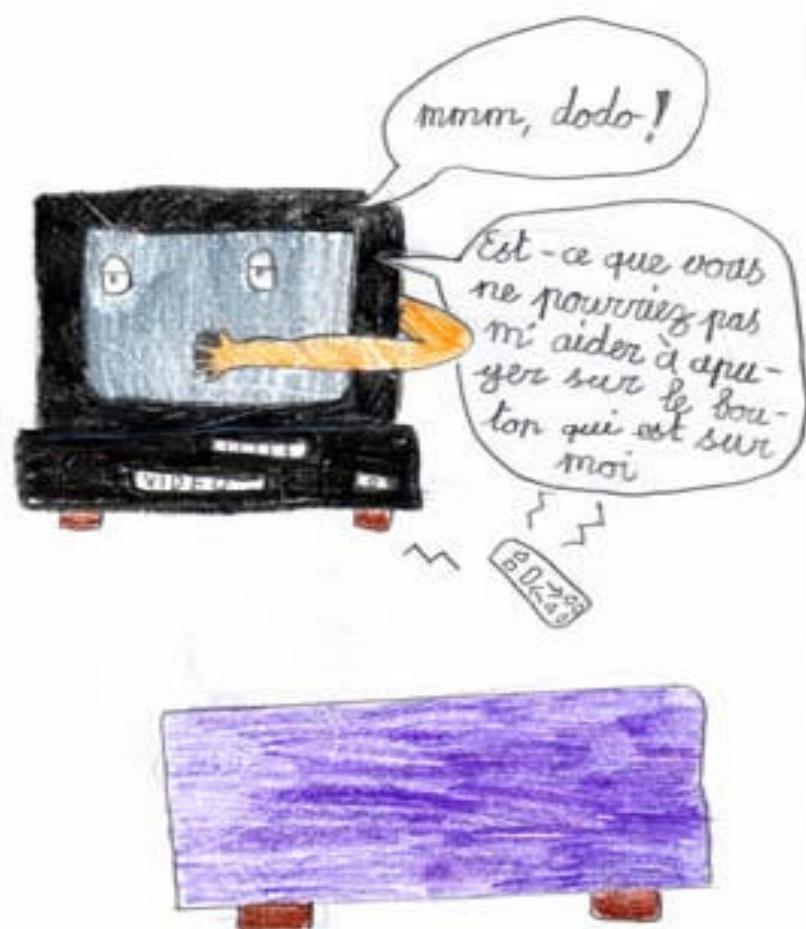
- <http://www.inrp/lamap.fr> site de l'Institut National de la Recherche Pédagogique, opération "la main à la pâte"
- <http://www.ademe.fr> : informations sur l'énergie, maîtrise des consommations

- <http://www.edf.fr> : site d'Électricité de France
- <http://www.planetecologie.org/> : ressource pédagogique sur le thème de l'énergie
- <http://www.ciele.org/> : Centre d'Information sur l'Énergie et l'Environnement
- <http://www.cler.org/> : Comité de Liaison des Energies Renouvelables
- <http://www.eole.org> : site ressource sur l'énergie éolienne
- <http://www.centreinfo-energie.com> : site canadien pour la maîtrise de l'énergie
- <http://www.csq.qc.net/> : site québécois, activités pédagogiques en Éducation à l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie (EURE)
- <http://www.educnet.education.fr> : activités pédagogiques sur l'énergie
- <http://www.cea.fr> : Site du Commissariat à l'Énergie Atomique
- <http://www.sfen.org/> : site de la Société Française d'Énergie Nucléaire
- <http://www.sortirdunucléaire.org> : site du réseau, informations sur l'énergie nucléaire
- <http://www.ena.fr/> : site de l'École Nationale d'Administration, rapports sur l'énergie et ses enjeux
- <http://www.ecologie.gouv.fr/> : site gouvernemental, thème du développement durable
- <http://www.vrai-debat.org/> : Un nouveau regard sur l'énergie : enjeux économiques, technologiques et territoriaux
- <http://www.memo.fr/> : site ressource sur l'Histoire de l'énergie
- <http://mendeleiev.cyberscol.qc.ca/> : activités pédagogiques sur l'énergie et l'électricité
- <http://www.lesdebrouillards.qc.ca/> : site d'activités en ligne
- <http://www.idea-reseau.org/> : site du réseau idea environnement aquitaine
- <http://www.orcades.org/dossiers.html> : ressource documentaire sur l'énergie, activités pour les élèves
- <http://lepetitpoucet.net> : site d'informations sur l'énergie
- <http://www.fnh.org> : Fondation Nicolas HULOT, site ressource en environnement, activités pédagogiques

### **3. Articles de presse :**

- ✓ Nucléaire : le futur réacteur EPR sera construit à Flamanville, les Echos, 20/10/04
- ✓ La plupart des pays privilégient le stockage géologique, le Monde, 20/05/00
- ✓ Naufrage de l'Erika : la tempête décuple les effets de la marée noire, les Echos, 28/12/99
- ✓ Les côtes atlantiques s'apprêtent à recevoir l'essentiel de la marée noire, le Monde, 28/12/99
- ✓ Les multiples recettes pour produire de l'hydrogène, Les Echos, 13/10

# Cinquième partie : annexes



Source : <http://www.info-energie.ch/dessins-enfants.htm>

## 5ème partie : annexes

### Annexe 1 : DEFINITION DE L'ENERGIE ET UNITES DE MESURE<sup>29</sup>

#### Energie :

Les physiciens définissent la notion d'énergie comme la quantité de travail qu'un système physique est susceptible d'effectuer. Selon la définition des physiciens, l'énergie ne peut être ni créée, ni consommée, ni détruite.

**Le Joule (J)** est l'unité de mesure de travail, d'énergie et de quantité de chaleur, équivalent au travail produit par une force de 1 newton dont le point d'application se déplace de 1m dans la direction de la force.

L'unité de puissance est le **Watt** (correspondant à 1 joule/s)

**Le kilowattheure (kWh)** est l'unité d'énergie ou de travail, équivalent au travail exécuté pendant une heure par une machine dont la puissance est de 1 kilowatt (1000 W).

**1kWh = 3,6 MégaJ**

L'unité officielle d'énergie est le Joule (J) mais, parce que le pétrole est l'énergie dominante, les énergéticiens utilisent la **tonne d'équivalent pétrole (tep)** ou quelquefois la **tonne d'équivalent charbon (tec)**.

**La tonne-équivalent-pétrole** est une unité de mesure employant le pouvoir calorifique du pétrole comme étalon et permettant de convertir les quantités physiques ( $m^3$ , tonne, kWh,...) des différentes énergies en une même unité.

Les **coefficients d'équivalence** permettent de comparer dans une unité commune (tep), des quantités d'énergie de natures diverses. Les coefficients d'équivalence utilisés en France sont les suivants :

- **Charbon** : 1 tonne = 0,619 tep
- **Bois** : 1 tonne = 0,3 tep environ
- **Fuel lourd** : 1 000 litres = 0,950 tep
- **Fuel domestique** : 1 170 litres = 1 tep
- **Gaz naturel** : 1000  $m^3$  = 0,93 tep

L'**énergie primaire** est l'énergie nécessaire pour fournir l'**énergie finale** que nous consommons. L'énergie primaire correspond à des produits énergétiques dans l'état (ou proches de l'état) dans lequel ils sont fournis par la nature : charbon, pétrole, gaz naturel ou bois.

L'équivalence pour l'électricité conduit à distinguer 2 cas selon le rendement de l'installation :

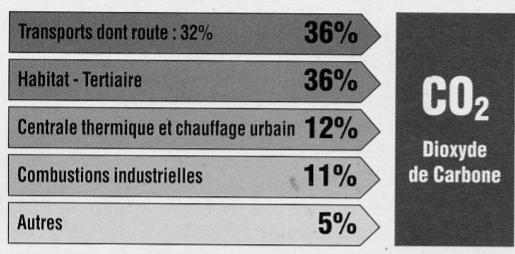
- la production d'électricité par **l'hydraulique** (ainsi que **l'éolien** et **le photovoltaïque**), est comptabilisée en kWh, et exprimée en tep en utilisant la conversion des unités physiques (comme pour la consommation finale) : **1000 kWh = 0,086 tep**.
- pour la production d'électricité par des **centrales nucléaires**, on comptabilise la chaleur produite par le réacteur nucléaire en énergie primaire. Cependant, lorsqu'une centrale nucléaire produit 1 kWh d'électricité en énergie finale, le réacteur nucléaire qui l'équipe produit 3 kWh de chaleur dont 2 représentent les pertes calorifiques liées à la transformation de chaleur en électricité. Ainsi, pour une centrale nucléaire : **1000 kWh = 0,2606 tep**

<sup>29</sup> [www.outilssolaires.com](http://www.outilssolaires.com)

## Annexe 2 : LES REJETS ATMOSPHERIQUES

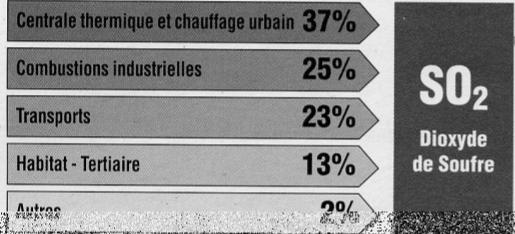
### Les principales familles de pollutions atmosphériques et leurs origines en Bourgogne

Jusque dans les années 1970, l'industrie était la principale source de pollution atmosphérique. De nos jours, il s'agit de la circulation routière.



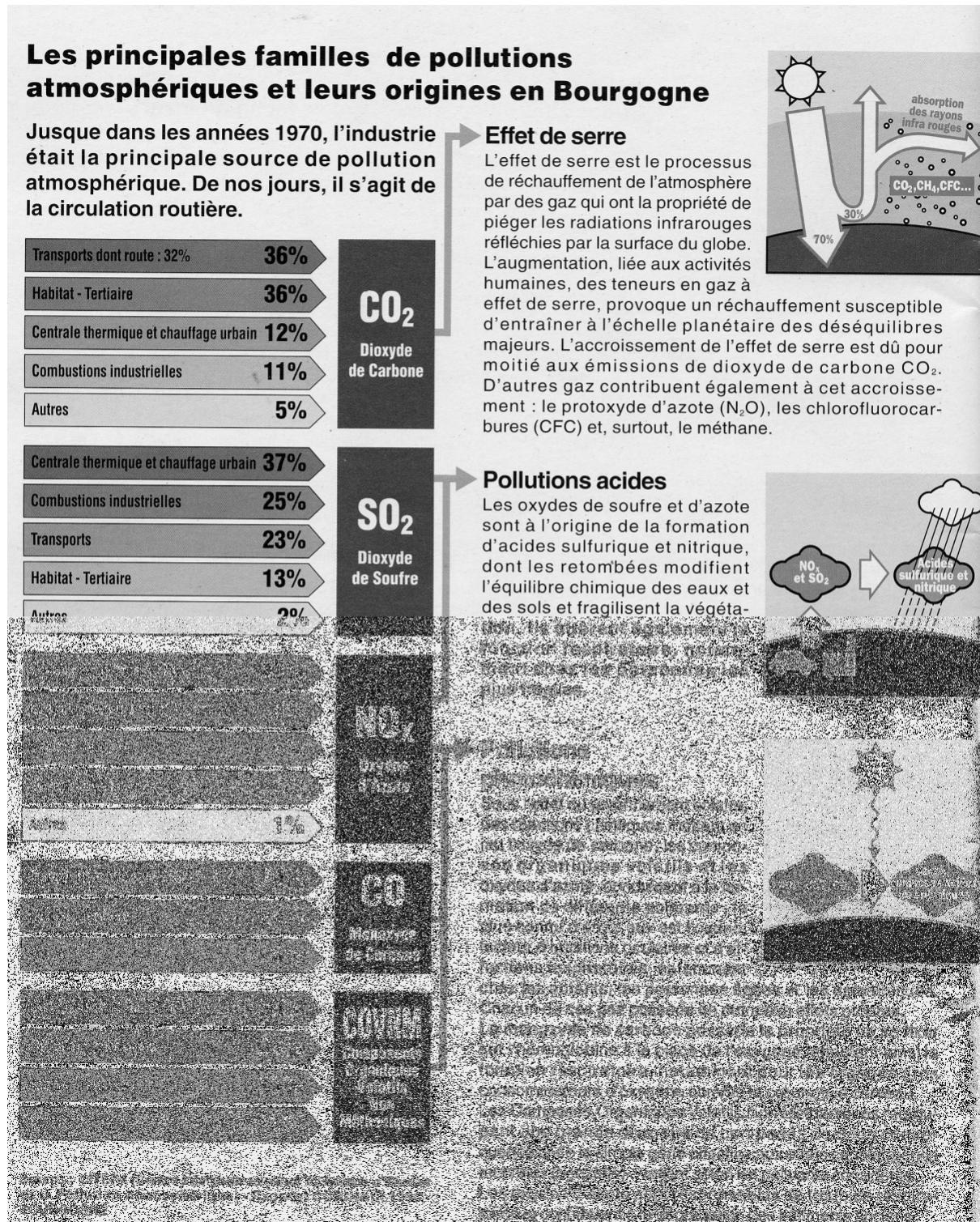
#### Effet de serre

L'effet de serre est le processus de réchauffement de l'atmosphère par des gaz qui ont la propriété de piéger les radiations infrarouges réfléchies par la surface du globe. L'augmentation, liée aux activités humaines, des teneurs en gaz à effet de serre, provoque un réchauffement susceptible d'entraîner à l'échelle planétaire des déséquilibres majeurs. L'accroissement de l'effet de serre est dû pour moitié aux émissions de dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>. D'autres gaz contribuent également à cet accroissement : le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), les chlorofluorocarbures (CFC) et, surtout, le méthane.



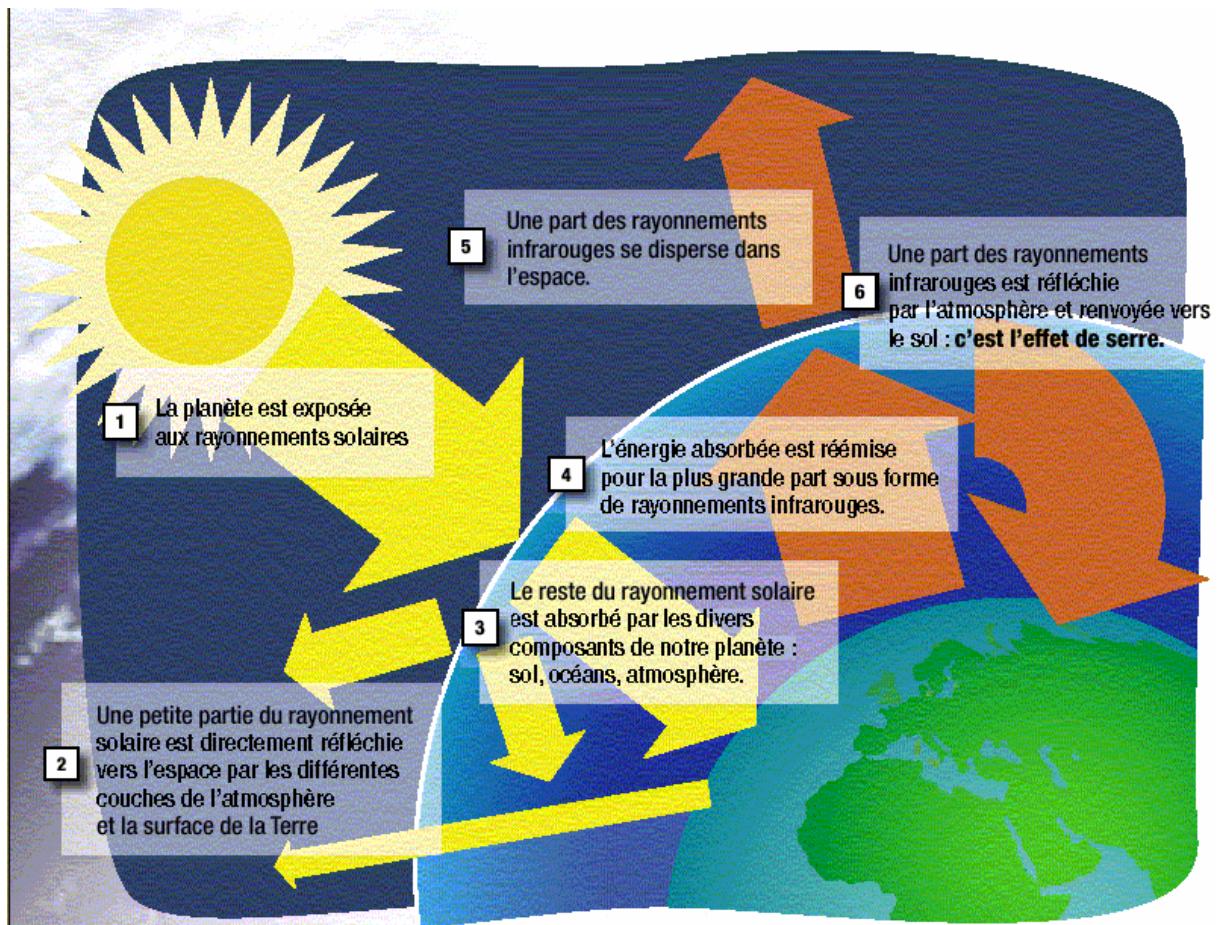
#### Pollutions acides

Les oxydes de soufre et d'azote sont à l'origine de la formation d'acides sulfurique et nitrique, dont les retombées modifient l'équilibre chimique des eaux et des sols et fragilisent la végéta-

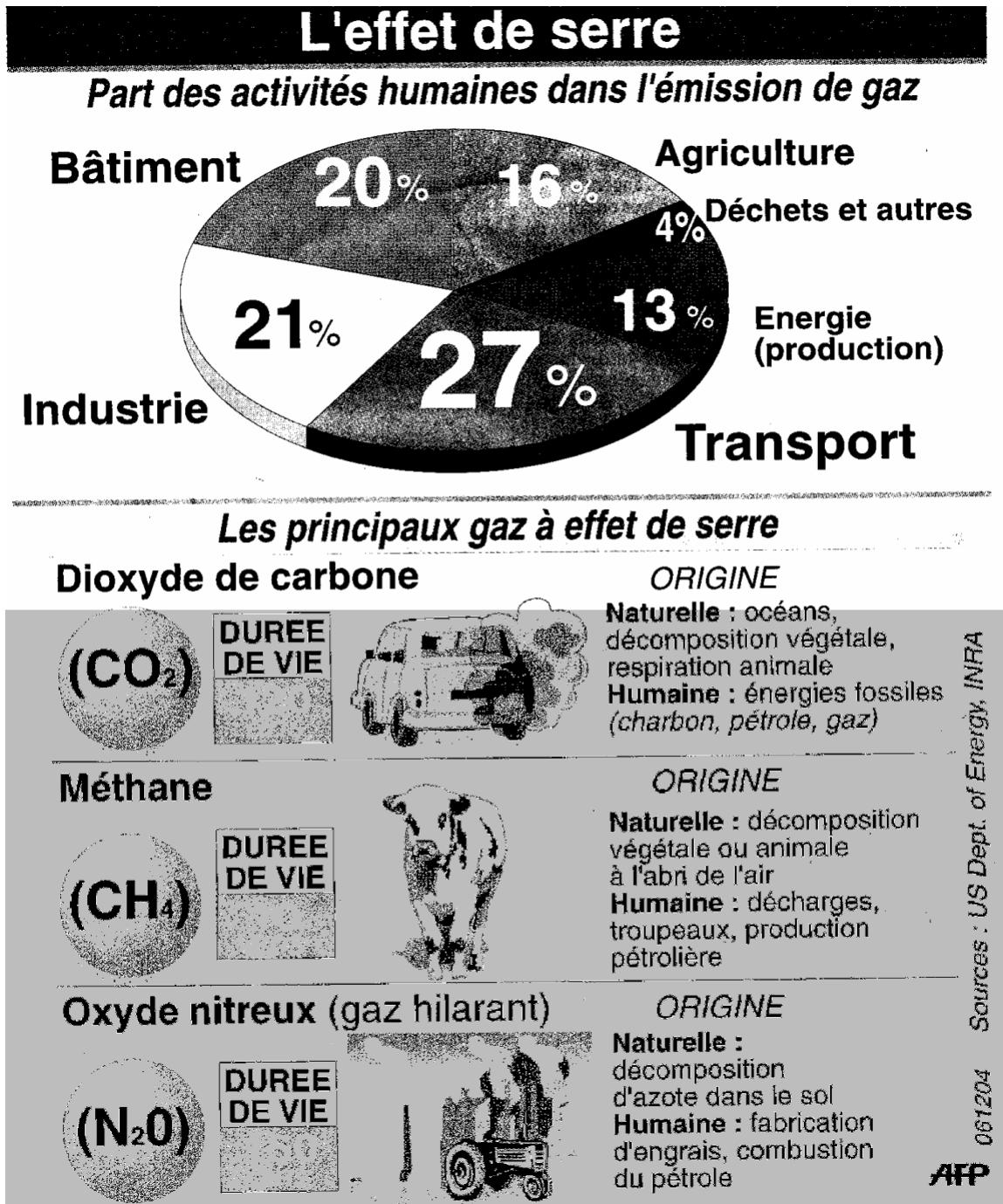


### Annexe 3 : L'EFFET DE SERRE 1/2

L'effet de serre est un phénomène naturel : l'atmosphère piège sous forme de chaleur une partie des rayonnements réfléchis par la planète.



- L'effet de serre maintient à la surface de la Terre des températures favorables à la vie : sans lui, la température moyenne sur Terre serait de –18°C.
- La température moyenne terrestre n'est pas constante dans le temps, il existe des variations naturelles mesurées sur des milliers d'années. Mais les variations actuelles des températures sont trop importantes pour les imputer à un phénomène naturel.
- Il est à noter que les milieux naturels possèdent une capacité de régulation de la concentration en CO<sub>2</sub> atmosphérique, par les océans qui piègent le CO<sub>2</sub> pour le transformer en carbonates mais également par la végétation utilisant le CO<sub>2</sub> lors de la photosynthèse. Mais les émissions actuelles sont nettement supérieures à cette capacité naturelle d'absorption, créant une accumulation dans l'atmosphère.
- Les principales conséquences d'une augmentation de la température terrestre seraient une multiplication des manifestations climatiques extrêmes (sécheresse, inondations, tempêtes,...) dont la fréquence pourrait modifier les grands équilibres écologiques de la planète avec des effets sur les écosystèmes. Le réchauffement atmosphérique accentue l'évaporation des océans et provoque une augmentation des précipitations et des périodes de sécheresse. Dans quelques années, il pourrait se produire une élévation du niveau des mers, due à la fonte des glaces et à une eau plus chaude, entraînant la submersion de certaines îles et l'inondations de deltas très peuplés (Chine, Inde).

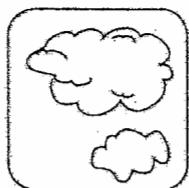


## Annexe 4 : LE CYCLE DE L'EAU

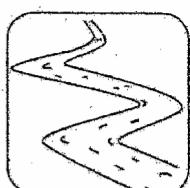
- Colorie les petits dessins avec la couleur indiquée.
- Retrouve-les sur la grande image et colorie-les de la même couleur.



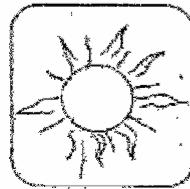
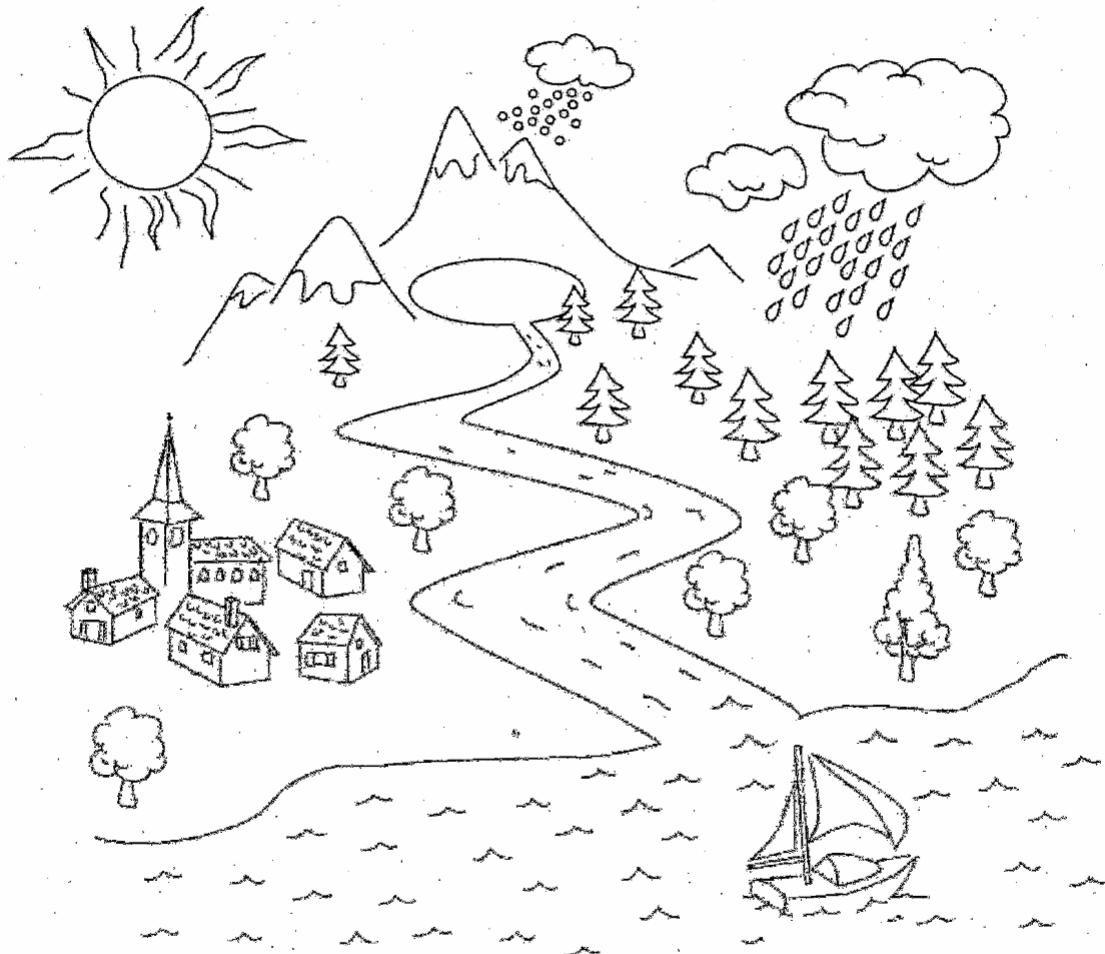
le village (marron)



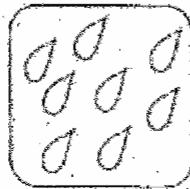
le nuage (gris)



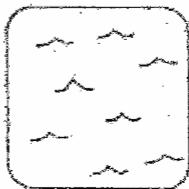
le fleuve (bleu)



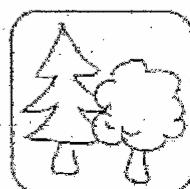
le soleil (jaune)



la pluie (bleu)



l'océan (bleu)

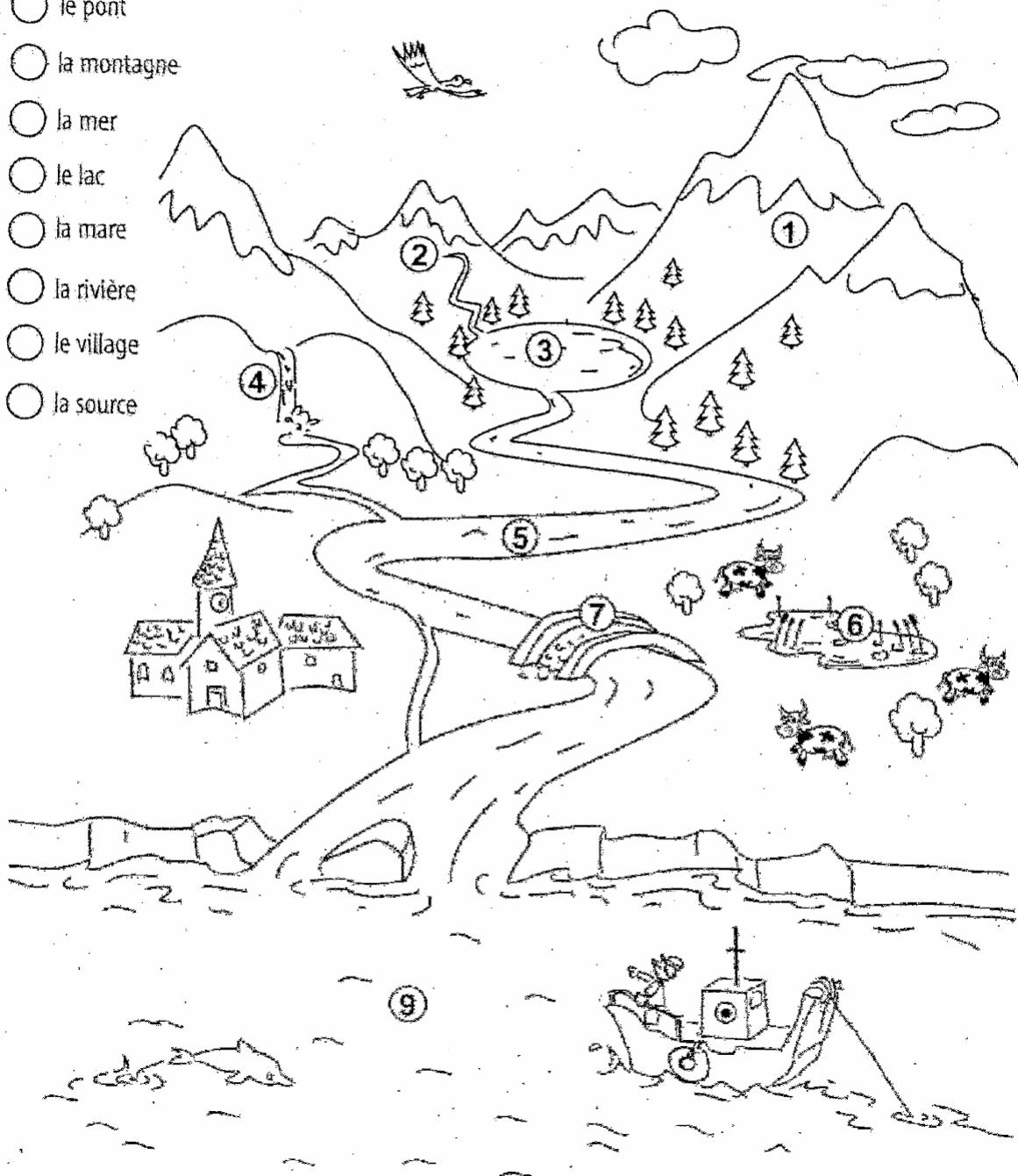


les arbres (vert)

## Annexe 5 : DE LA SOURCE A LA MER

► Numérote les bulles de la légende puis colorie

- la cascade
- le pont
- la montagne
- la mer
- le lac
- la mare
- la rivière
- le village
- la source



## Annexe 6 : LES MOTS CACHES

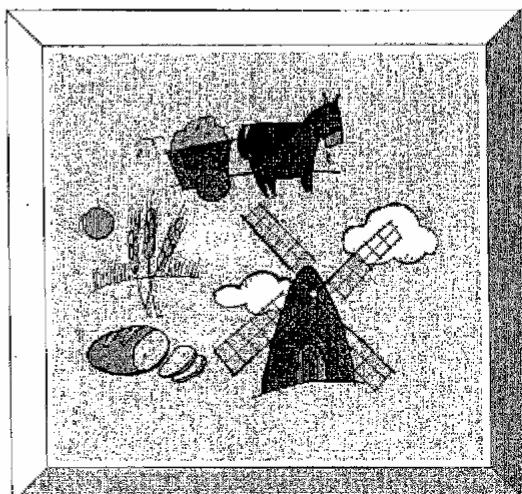
Mots cachés :

Règles du jeu :

- Lis les définitions et trouve le mot correspondant
- Ensuite, entoure ces mots dans la grille ci-dessous.

R	E	L	E	C	T	R	I	C	I	T	E
D	G	E	A	L	E	Y	J	I	M	N	B
A	S	J	O	H	E	M	O	T	E	U	R
E	U	Y	C	G	P	O	U	I	T	E	B
K	O	R	Z	J	U	J	V	P	V	S	C
N	A	V	I	G	U	E	R	E	F	H	E
M	Y	H	F	S	J	O	L	V	N	C	I
D	H	E	X	S	E	U	F	F	N	T	S
G	V	C	E	L	O	S	G	E	O	P	J
D	H	R	C	S	S	L	S	X	I	R	H
N	U	S	D	J	T	S	E	X	S	F	R
J	U	O	P	G	E	S	F	I	K	N	H
M	C	H	A	U	F	F	E	R	L	L	E

1. Organe du corps humain qui lui donne sa force et qui utilise les aliments comme combustible : M \_ \_ \_ \_ \_
2. Se déplacer en mettant un pied devant l'autre grâce à la force humaine : \_ \_ \_ \_ H \_ \_
3. Forme d'énergie produite notamment par un centrale nucléaire, thermique ou hydraulique et servant par exemple à éclairer : \_ \_ \_ \_ \_ E
4. Action de transporter des marchandises sur l'eau en utilisant des machines qui fonctionnent avec un combustible comme le mazout : N \_ \_ \_ \_ \_
5. Action de faire fondre le beurre sur une cuisinière : \_ \_ A \_ \_ \_ \_
6. Envoie son énergie sur la terre sous forme de rayonnements, dont la lumière et la chaleur : \_ \_ \_ \_ \_
7. Utilise un combustible comme l'essence pour produire un mouvement (énergie mécanique), afin de réaliser une action ou un travail : \_ \_ T \_ \_ \_
8. Mouvement de l'air qui actionne les hélices d'une éolienne : \_ \_ \_ \_ \_
9. Combustible qui permet de faire rouler les voitures : \_ \_ \_ \_ \_
10. Action qui permet de monter une charge grâce à la force humaine ou l'électricité : S \_ \_ \_ \_ \_



## Annexe 7 : NON au renouvellement du parc nucléaire 1/2

# NON... AU RENOUVELLEMENT DU PARC NUCLÉAIRE FRANÇAIS

## Pourquoi agir aujourd'hui ?

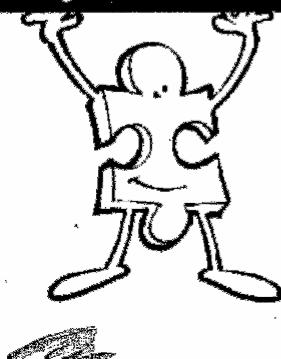
L'enjeu est de taille et nous concerne tous. Avec la construction d'un premier réacteur EPR, c'est le renouvellement de la totalité du parc nucléaire français que prépare EDF. Cela nous engagerait jusqu'en 2130, fin de vie théorique de la dernière centrale EPR qui serait construite. Il s'agit donc d'un enjeu crucial comme on n'en a pas connu depuis le démarrage du programme électronucléaire français au début des années soixante-dix.

Dans ce contexte, trouvez-vous normal qu'EDF, exploitant des centrales nucléaires françaises, n'ait pas consulté ses clients ?

Vous a-t-on demandé votre avis ?

Plutôt que d'investir, une nouvelle fois, des milliards d'euros dans le nucléaire, ne préférez-vous pas qu'EDF, au titre d'un vrai service public, mette tout en œuvre pour développer une véritable politique d'efficacité énergétique et de développement des énergies renouvelables (éolien, solaire, bois-énergie, biogaz, géothermie...) ?

**Pour empêcher la construction de l'EPR,  
créons un important rapport de force. Pour vous faire entendre, passez à l'action en participant au premier blocage administratif d'EDF !**



## Dix bonnes raisons de refuser l'EPR

### 1) L'EPR est obsolète :

Qualifié de "réacteur nucléaire de l'avenir" par ses promoteurs, l'EPR (European Pressurized Reactor) n'a rien de nouveau. Il s'agit d'un vieux projet né au milieu des années quatre-vingt et dont les objectifs de sûreté n'ont pas évolué depuis 1993. Il n'amène aucune avancée technique significative par rapport aux réacteurs actuels et ne propose en particulier aucune solution au problème majeur des déchets nucléaires.

L'avant-projet détaillé est couvert par le secret industriel et n'est donc pas ouvert à une expertise indépendante.

### 2) L'EPR est dangereux :

Il est comparable aux derniers réacteurs nucléaires construits en France, qui ont connu de sérieux problèmes peu après leur mise en fonctionnement (Civaux, 1998). L'EPR présente des risques d'accidents majeurs : fusion du cœur (par exemple, par perte du liquide de refroidissement du circuit primaire), destruction de l'enceinte de confinement (par explosion de l'hydrogène produit lors de l'accident). Comme les autres centrales, l'EPR n'est pas à l'abri du risque terroriste. Le Réseau "Sortie du nucléaire" a rendu public en 2003 un document confidentiel-défense qui reconnaît que l'EPR n'est pas adapté à un crash suicide. Inacceptable pour un réacteur "post 11 septembre" ! Comme tous les autres réacteurs, il suppose, pour rester sous contrôle, des procédures compliquées, une attention sans faille, un contexte social et politique stable ininterrompable sur des durées historiques longues.

### 3) L'EPR agrave le problème des déchets radioactifs :

Les générations futures nous reprocheront à jamais d'avoir laissé s'accumuler des déchets nucléaires dangereux et hautement toxiques pour des dizaines de milliers d'années. L'EPR ne fera qu'augmenter encore plus la quantité de ces poisons pour lesquels il n'existe aucune solution. Pour tenter de dissimuler le problème, une décision capital et irresponsable pourrait être prise au Parlement en 2006, autorisant l'entassement profond et irréversible des déchets radioactifs à vie longue à Bure, dans la Meuse, ce qui exposerait la Terre à une contamination incontrôlable. Promouvoir en France ou ailleurs une technologie EPR qui ne sait que faire de ses déchets est inacceptable !

### 4) L'EPR n'est pas une solution à l'effet de serre :

Même si le nucléaire produit peu de gaz à effet de serre, on est loin du "zéro émission" proclamé par EDF dans ses publicités. Imaginer freiner le réchauffement climatique en construisant des milliers de nouvelles centrales nucléaires dans le monde est complètement insensé à cause des risques sanitaires et environnementaux connus et des tensions géopolitiques existant dans le monde. Ce serait aussi hasardeux du fait des coûts farameux engendrés et des délais importants de construction. Enfin, c'est de toute façon impossible car les réserves mondiales d'uranium seraient épuisées en quelques années. En réalité, sur les 440 réacteurs nucléaires en service actuellement sur la planète, la majorité arrivera en fin de vie dans les 20 à 30 ans à venir.

La part du nucléaire dans la consommation mondiale d'énergie finale, déjà marginale (3%), va donc décroître inexorablement. Le nucléaire ne permettra donc jamais de lutter contre l'effet de serre, ni de suppléer le pétrole. Les véritables solutions pour lutter efficacement contre l'effet de serre sont : la sobriété et l'efficacité énergétique, le développement massif des énergies renouvelables mais aussi une politique volontariste limitant la pollution des transports (plus de transports en commun, moins de camions et voitures...) N'oublions pas que les transports exponentiels à travers le monde sont les premiers responsables du changement climatique !

### 5) L'EPR est inutile :

Même les gens favorables au nucléaire reconnaissent que la France n'a pas besoin de construire de nouvelles centrales nucléaires avant 20 à 30 ans. Dotée d'un parc électronucléaire totalement surdimensionné, la France exporte massivement son électricité, à prix. En construisant un réacteur nucléaire EPR, notre pays ajouterait de la surproduction à la surproduction actuelle et ne ferait qu'accroître le gaspillage énergétique en poussant à toujours plus de consommation, notamment avec la climatisation ou le chauffage électrique. Alors qu'il est présenté comme un atout pour l'avenir, l'EPR représenterait en réalité un lourd handicap en hypothéquant gravement notre avenir énergétique. En fait, la vraie raison de construire l'EPR est de permettre à l'industrie nucléaire de survivre. Il s'agit de sauvegarder un outil industriel menacé par l'absence de commande de centrales.

A LIRE ABSOLUMENT : le DOSSIER NOIR sur l'EPR comprend trois brochures indispensables pour comprendre tous les enjeux de ce dossier. Complétez maintenant le bon de commande de la carte postale "Pour en savoir plus", ci-joint.

## Annexe 7 : NON au renouvellement du parc nucléaire 2/2

### 6) L'EPR est coûteux :

Un seul réacteur EPR coûtera entre 3 et 4 milliards d'euros. Pour faire croire à sa compétitivité, les calculs de l'industrie nucléaire portent sur la construction d'une série de dix EPR, alors qu'étrangement la construction d'un seul prototype est officiellement décidée... D'autre part, pour amortir chaque réacteur EPR, leur durée de vie prévue serait de 60 ans. Quand on constate les incidents à répétition sur des centrales nucléaires actuelles après 25 ans d'âge, on peut sérieusement s'interroger sur ce qu'il en sera pour l'EPR avant les 60 ans de vie annoncée. A titre d'exemple, EDF a déclaré à l'Autorité de Sécurité Nucléaire, 671 incidents significatifs classés sur l'échelle Internationale des événements nucléaires (INES) au cours de l'année 2003.

N'oublions pas enfin que les conséquences économiques relatives aux risques d'un accident majeur, les coûts de gestion des déchets nucléaires ou encore ceux du démantèlement des centrales sont largement sous-estimés et de toute façon non budgétés (Cour des Comptes, rapport public 1998).

### 7) L'EPR est une grave erreur de stratégie industrielle :

En développant l'EPR, la France se replie sur elle-même et s'engage dans une voie sans marché véritable. Au-delà de la verté, à un prix bradé, d'un exemplaire à la Finlande, les clients ne se bousculent pas. Outre qu'il est déjà techniquement dépassé, ce réacteur ne surmonte pas les réticences à l'encontre du nucléaire. Ainsi, l'Allemagne, pourtant impliquée dans sa conception, n'en commandera pas. Il en sera de même pour les autres pays européens. Le marché américain reste inexistant, tandis que les éventuelles ventes en Asie se compteront à l'unité : les délais de construction sont très longs (10 ans au moins en comptant toutes les procédures) et il s'agit d'un lourd investissement qui le rend non attractif pour la plupart des investisseurs privés. D'autre part, l'EPR aura un impact très négatif sur le développement de solutions technologiques du futur : économies d'énergie, efficacité énergétique et énergies renouvelables. Ces différentes filières sont innovantes, à forte valeur ajoutée, créatrices d'emplois et constituent des marchés d'avenir, dans les pays industrialisés comme dans ceux qui sont en voie de développement. En fin de compte, on connaît le coût de cet autisme nationaliste : c'est le contribuable qui payera cette mauvaise stratégie industrielle.

### 8) L'EPR accroît le danger terroriste et de guerre nucléaire :

La commercialisation de l'EPR entraînera un risque accru sur le plan militaire et terroriste. L'EPR a la particularité d'utiliser, pour son combustible, davantage de plutonium que les autres réacteurs. Le plutonium, dont la période de vie est

de 24 000 ans, pose des problèmes, tant de radioactivité que d'utilisation militaire (fabrication de la bombe atomique) ou de terrorisme. Quelques dizaines de microgrammes de plutonium inhalé et c'est le cancer du poumon assuré. Par chance, les derniers conflits n'ont pas entraîné de destructions sur des réacteurs en fonctionnement ou des centres de stockage de déchets. La multiplication des installations nucléaires et de la filière du plutonium augmentera la probabilité de drames de ce genre comme celle de la dissémination des armes nucléaires. Est-il acceptable que la France, pays des droits de l'homme, serve de vitrine à l'exportation de cette technologie à hauts risques, souvent vers des pays dont la démocratie n'est pas le point fort et où les risques d'utilisation de l'atome à des fins militaires sont importants ?

### 9) L'EPR est une menace pour la démocratie :

En 2003, des pseudo-débats ont été organisés sans que les citoyens puissent y participer, alors que le gouvernement avait déjà pris en secret la décision de construire l'EPR. Les "sages" chargés de coordonner les débats ont eux-mêmes fait part de leurs doutes sur la nécessité d'une décision rapide concernant l'EPR, sans que leurs arguments soient le moins du monde pris en compte. Le gouvernement n'a pas jugé utile de commander une étude comparative entre l'EPR et d'autres solutions énergétiques. À technologie centralisée et non transparente, décision verrouillée et obscurée ! C'est grave pour la démocratie, qui vacille devant des durées (des milliers d'années pour les déchets nucléaires) dépassant de très loin le mandat des élus.

### 10) L'EPR tue l'avenir :

EDF a comme perspective de construire 35 réacteurs EPR à l'horizon 2070. Outre le côté absurde de cette orientation (les réserves mondiales d'uranium sont estimées à une soixantaine d'années), ce choix nous enfermerait dans la voie sans issue du nucléaire. Ce projet, par son coût et sa philosophie, stérilisera durablement l'innovation et le développement des énergies les plus respectueuses de l'environnement.

La France prendrait ainsi un retard considérable dans les domaines de l'efficacité énergétique et du développement des énergies renouvelables. A production équivalente, les énergies renouvelables créent quatre à cinq fois plus d'emplois que le nucléaire, et des emplois bien mieux répartis sur le territoire.

L'EPR empêche toute possibilité de sortie du nucléaire. Pourtant, il existe des solutions alternatives concrètes. La majeure partie de l'Europe se passe déjà du nucléaire ou s'est engagée sur cette voie (comme l'Allemagne, la Belgique ou l'Espagne).

## Comment sortir du nucléaire ?

Si le nucléaire représente 80 % de l'électricité produite en France, il contribue seulement à 17 % de la consommation française d'énergie finale et à environ 3 % dans le monde. Sortir du nucléaire, c'est donc remplacer moins d'1/5 de l'énergie consommée en France.

Il est possible de consommer beaucoup moins d'énergie pour un même confort. Les études européennes concordent : on peut diviser par deux sa consommation d'électricité - à confort égal - en utilisant des appareils économies, en supprimant les consommations cachées (appareils en veille), en concevant des bâtiments économies (meilleure isolation et meilleure conception, qui limitent les besoins en chauffage et suppriment les besoins en climatisation), etc.

En Grande-Bretagne, le village Bedzed, construit uniquement avec des matériaux modernes et équipés d'appareils performants, consomme 70% d'énergie de moins qu'un village ordinaire comparable.

Le nucléaire n'est pas le seul moyen pour produire de l'électricité.

Il faut développer massivement les énergies renouvelables, peu polluantes et fortement créatrices d'emplois. Le soleil, l'eau, le vent et la biomasse sont des sources d'énergie respectueuses de l'environnement qui permettent une vraie indépendance (contrairement au nucléaire dont 100% de l'uranium est importé).

Actuellement, le nucléaire monopolise plus de 90% des crédits de recherche. Pourquoi favoriser ainsi une énergie si problématique ? Il faut rééquilibrer ces budgets au profit des énergies alternatives, ce qui permettra d'en accroître les performances et la compétitivité. Elles pourront ainsi prendre toute leur place dans un proche avenir. Dans une période de transition, il faut utiliser des centrales au gaz à cycle combiné, des installations de cogénération (production de chaleur et d'électricité), etc., en favorisant les moins polluantes et les plus performantes.

L'énergie est un bien précieux. Si nous souhaitons un monde durable, juste et en paix, il est temps de prendre conscience que l'énergie est précieuse. Notre avenir passe par l'adoption d'un mode de vie beaucoup plus économique en énergie et qui ne gaspille pas les ressources dont auront besoin les prochaines générations.

Découvrez les solutions pour sortir du nucléaire. Merci d'envoyer aujourd'hui la carte postale "Pour en savoir plus", ci-jointe.

Faites-vous entendre !

Nucléaire : le futur réacteur EPR sera construit à Flamanville

Cela fait des années que les ingénieurs d'EDF ne travaillent que sur une hypothèse, celle que l'installation du futur réacteur nucléaire à Flamanville (Seine-Maritime), et cela fait dès mois que Greenpeace lutte contre. Ce réacteur de type EPR (réacteur euro- Atome à bas pression), d'un coût approximatif de 3 milliards d'euros, est une amélioration de la technologie existante. Tandis que les associations antinucléaires se mobilisent toujours sur le site de

Penney, les ingénieurs d'EDF travaillent depuis plusieurs mois sur l'hypothèse du choc, finalement, de Flamanville (Manche). « Cela fait un peu plus d'une quinzaine de jours que, pour la plupart des raisons politiques, Manche et Berry ont été mis en favori pour le site flamanvillois », concède un porte-parole du dossier. La phase des négociations avec au vert pour l'assurance pour tout plan Claude Pétignot, qui dirige UMP de la Manche, qui partage le dossier depuis deux ans. « Néanmoins, cela

Il sera officiel que lorsque le ministre d'Edmonton et de l'Instruction d'EDF ne pourra plus nous aider, nous pourrons nous tourner vers d'autres personnes, mais nous devons faire tout ce qui est possible pour empêcher la réélection de l'actuel député.

son de la tutéldature de Tricastin, réalisée, par ailleurs par une certaine élision des élus locaux. Marignville et Peny, pour leur part, répondent au premier des quatre critères fondamentaux : la disponibilité, c'est-à-dire le foncier, puisque disposant chacune de deux

For more information about the study, contact Dr. Michael J. Klag at the Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health.

d'euros. Mais c'est sans doute sur le quatrième critère, l'environnement politique que Flamanville a fait la différence. Située en Basse-Normandie, la centrale bénéficie d'un consensus des élus, tous bords confondus. Ce qui n'est pas le cas de Penly (Haute-Normandie), où Laurent Fabius et les Verts font campagne contre l'EPR.

Dans l'entourage de Nicolas Sarkozy, on estimait il y a quelques jours que « donner » l'EPR à Laurent Fabius reviendrait à lui faire deux cadeaux. Prenant également, cela conduirait à alimenter une opposi-

**120 km de lignes à construire** A contrario, quelque 120 km de lignes sont à construire pour Flamanville, le réseau étant insuffisant. Pour gommer ce handicap, les élus de la Manche ont proposé à EDF d'instaurer un « différentiel » de taxe professionnelle pour compenser le surcoût de cette construction (et la création d'un poste de transformation) estimé à 80 millions

tion menée par un leader de la gauche. Ensuite, alors que Laurent Fabius n'a jamais été autant antinucléaire que depuis qu'il n'est plus à Bercy, lui « donnez ! » l'EPR reviendrait aussi à lui faire cadeau d'une taxe professionnelle considérable.

*« Donnez le bilan pour se faire battre et faire un check en même temps qu'est pas dans les habitudes du locataire de Bercy », jugeait hier un député.*

RENAUD CZARNIEZ

**Pour enterrer la fusion entre EDF et GDF**

style différent, le premier, réalisé par un cabinet juridique pour le compte de l'Agence des participations de l'Etat, et le second, rédigé par les directions des deux entreprises publiques, conduent à l'infaillibilité de ce rapprochement.

Par ailleurs, une réorganisation est envisagée au sein d'EDF. Une ré-

pistes étudiées conduisait à la création de trois directions : l'une pour le secteur régulé (transport et distribution), l'autre pour le secteur concurrentiel (production et commerce) et la dernière pour l'international. Le comité exécutif devrait aussi connaître un « changement de périmètre ».

Deux rapports pour enterrer la fusion entre EDF et GDF

**Réorganisation.** La commission Boulet, chargée par Nicolas Ségard d'établir la stratégie industrielle des moyens de financement de l'Etat, étudie ce matin les différents risques d'exploitation de l'entreprise. Ses membres ont reçu deux courriers portant l'hypothèse de la vente EDF et Gaz de France. Dr

style différent, le premier, réalisé par un cabinet juridique pour le compte de l'agence des participations de l'Etat, et le second, rédigé par les directions des deux entreprises publiques, concluant à l'infaillibilité de ce rapprochement.

Par ailleurs, une réorganisation est à l'étude au sein d'EDF. Une des pistes étudiées conduirait à la création de trois directions : l'une pour le secteur régulé (transport et distribution), l'autre pour le secteur concurrentiel (production) et commerce) et la dernière pour l'international. Le comité exécutif devrait aussi connaître un « changement de périmètre ».

## Annexe 8 : L'ENERGIE NUCLEAIRE 2/2

### Inventaire imprécis

On distingue, en France, quatre types de déchets radioactifs :

- Très faiblement actifs (TFA) : béton, gravats et ferrailles issus du démantèlement des réacteurs ; 1 à 2 millions de m<sup>3</sup> d'ici à 2070. Un centre de stockage spécifique doit ouvrir en 2003, à Soulaines (Aube).
- De faible ou moyenne activité à vie courte (A) : filtres, gants et petit matériel provenant de l'exploitation des centrales, des laboratoires de recherche ou des hôpitaux ; 15 à 20 000 m<sup>3</sup> par an. Ils sont stockés en surface dans deux centres, à La Hague (530 000 m<sup>3</sup>, site saturé depuis 1994) et à Soulaines (capacité de 1 million de m<sup>3</sup>).
- De moyenne activité à vie longue (B) : déchets technologiques provenant principalement des usines de retraitement (boues, gaines de combustible) ; 56 000 m<sup>3</sup> au terme de l'exploitation du parc actuel.
- De haute activité (C) : « cendres » (produits de fission et actinides) de la combustion nucléaire ; 3 500 à 5 000 m<sup>3</sup> au terme de l'exploitation du parc actuel, selon que le combustible usé sera ou non entièrement retiré. Les déchets concernés par la loi du 30 décembre 1991 sont ceux de catégories B et C. Le plutonium, recyclé en combustible neutre, n'est pas comptabilisé dans les déchets. L'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra), critiquée pour le manque de précision de son inventaire, doit remettre dans les prochaines semaines, un rapport plus fidèle.

### La plupart des pays privilégient le stockage géologique

« CHAMPIONNE » du retraitement, la France est l'une des rares nations, avec le Japon et le Royaume-Uni, à mener des recherches sur la séparation et la transmutation des déchets nucléaires. Dans la plupart des autres pays, les programmes de gestion des produits radioactifs à vie longue prévoient, *in fine*, leur dépôt dans des couches géologiques profondes. C'est notamment le cas des Etats-Unis et de la Suède, qui ont choisi tous deux de ne pas retraiter leur combustible usé, mais qui mettent en œuvre des stratégies différentes.

Les Etats-Unis sont les premiers à avoir mis en service, en mars 1999, dans le désert du Nouveau-Mexique, un dépôt géologique pour des déchets à vie longue : le Waste Isolation Pilot Plant (WIPP). Cette installation, creusée dans une couche de sel vieille de 250 millions d'années, accueille des vêtements, chiffons, instruments et autres débris issus des sites militaires américains et relevant surtout du plutonium. Les matières très irradiantes en sont toutefois exclues. Le site comprend 55 chambres souterraines, à 650 m de profondeur, qui pourront recevoir 180 000 m<sup>3</sup> de matériaux, soit la moitié des déchets d'origine militaire des Etats-Unis pour les trente-cinq années à venir.

Pour leurs résidus à haute activité, les Etats-Unis n'en sont encore qu'au stade des études, qu'ils mènent dans des galeries percées dans des tufs

volcaniques, à Yucca Mountain (Nevada). Le site devait être transformé en centre de stockage, mais le président américain, Bill Clinton, vient d'opposer son veto, à la suite de l'observation de migrations rapides de radionucléides dans la roche (*Le Monde* du 4 mai).

#### REFROIDIS EN PISCINE

La Suède, de son côté, a opté pour une solution transitoire. Depuis 1985, elle exploite une installation d'entreposage temporaire de son combustible irradié, le CLAB, construite près de la centrale nucléaire d'Oskarshamn. Les assemblages de combustible y sont mis à refroidir dans des piscines creusées dans le roc, à environ 25 mètres au-dessous du niveau de sol. Ils doivent y rester pendant trente ou quarante ans, le temps qu'ils aient perdu 90 % de leur radioactivité et de leur cha-

leur. Il est ensuite prévu de les enfermer dans des caissons en cuivre, qui seront enterrés dans le socle cristallin du site, à 500 mètres de profondeur. En attendant, la compagnie suédoise pour la gestion des déchets a entrepris d'agrandir le CLAB, qui sera saturé d'ici à 2004, et dont la capacité doit être portée de 5 000 à 8 000 tonnes.

Parallèlement, la Suède mène des études sur le stockage géologique dans deux laboratoires souterrains, à Aspo et à Stripa. L'Allemagne, la Belgique, la Finlande, la Grande-Bretagne, la Suisse, le Canada et le Japon possèdent également des centres de recherche, aménagés dans des milieux géologiques divers : argile, granit, sel, minerai de fer... Mais aucun pays n'envisage un stockage définitif avant 2020.

P. L. H.

### Aux Etats-Unis, le stockage en profondeur au centre de la polémique

En 1982, les Etats-Unis avaient décidé de créer un site de stockage souterrain pour leurs déchets radioactifs. Mais l'administration n'a pas réussi à tenir ses délais, malgré des milliards de dollars dépensés en études.

Choisis des sites pour enterrer les déchets nucléaires, ou au moins tester ce type de stockage ? La France n'est pas sans à montrer l'exemple des difficultés suscitées par une pareille tâche. Partout où les autorités s'y attellent, elles rencontrent de sérieux obstacles. En particulier en Amérique du Nord.

Au Canada, le gouvernement a ainsi décidé la semaine dernière de stopper la recherche d'un site de stockage, et de renvoyer complètement à plus tard la politique menée en la matière, en lien direct avec les expéri-

ences de centrales nucléaires. Il suit de près les recommandations formulées en mars par l'Agence nationale d'évaluation environnementale. A l'issue de huit années d'études, cette commission avait jugé que « le concept, avec sa forme actuelle de stockage en formations géologiques profondes, semblait techniquement valide, mais ne justifiait pas d'un avenir suffisant au public ».

Aux Etats-Unis, le dossier est également très sensible. À l'époque de présidence Jimmy Carter, le gouvernement américain avait décidé que les combustibles irradiés ne devaient pas être retraités comme on France ou au Japon, mais stockés.

Depuis, les déchets ont donc été entreposés dans des piscines remplies d'eau à côté des centrales nucléaires, en attendant la création d'un site de stockage définitif. Selon une loi de

1982, l'administration américaine avait jusqu'au 31 janvier 1998 pour mettre en place ce site, et commencer à récupérer les déchets des compagnies électriques.

Procès en série  
Mais le Department of Energy, le ministère américain de l'Énergie, n'a pas réussi à tenir ce délai. Un site a finalement été choisi en 1987, après cinq ans de débats. C'est à Yucca Mountain, au milieu du désert du Nevada, à 120 kilomètres de Las Vegas, que devraient être enterrés les 70 000 tonnes de déchets radioactifs accumulés par les Américaines depuis qu'elles ont commencé à construire des armes atomiques, puis des centrales nucléaires. Les travaux ont même commencé. A titre expérimental, quelques tonnages ont été périodiquement renvoyés d'un dépôt de

scientifiques : microcristal, thermographes, etc.

Yucca Mountain, cependant, est encore loin de pouvoir accueillir les combustibles irradiés. Les doctes, de même que les Indiens Shoshone, qui revendiquent ces terres, contestent toujours ce site. Il faudra donc faire pour vérifier sa capacité à accueillir pour plusieurs siècles, et décider de construire ou non les installations.

Les compagnies électriques, elles, plaignent. Leurs stocks de déchets ne cessent de grimper. Les piscines, qui se combinent maintenant environs 46 000 tonnes, assèchent proches de la saturation. Les déchets sont d'autant plus coûteux que depuis 1982, les études fédérales sur le stockage des combustibles usés sont financées par une redevance d'un dixième de

cent par kWh d'énergie nucléaire. Au total, l'industrie estime avoir versé 12 milliards de dollars au gouvernement, sans que le sujet progresse réellement.

Les compagnies ont donc battu l'administration en justice pour réparer une partie de cette somme, et obtenir des milliards de dollars de dommages et intérêts. Au minimum, elles vendraient au plus bas soumis à cette clame évaluée à 1 milliard de dollars par an. Cela que 36 Etats américains leur ont emboîté le pas, et intenté eux aussi des actions contre le gouvernement fédéral, accusé d'avoir fait à ses obligations légales. Mais le dossier n'avance guère. Surtout, la Cour suprême a ainsi déclaré la semaine dernière de ne rien décider quant à l'avenir des déchets en cause.

D.C.

## Annexe 9 : GRILLES D'ANALYSE DES PUBLICITES 1/2

### Activité A : Marchand de bonheur

#### Grille «Décodage de la publicité»

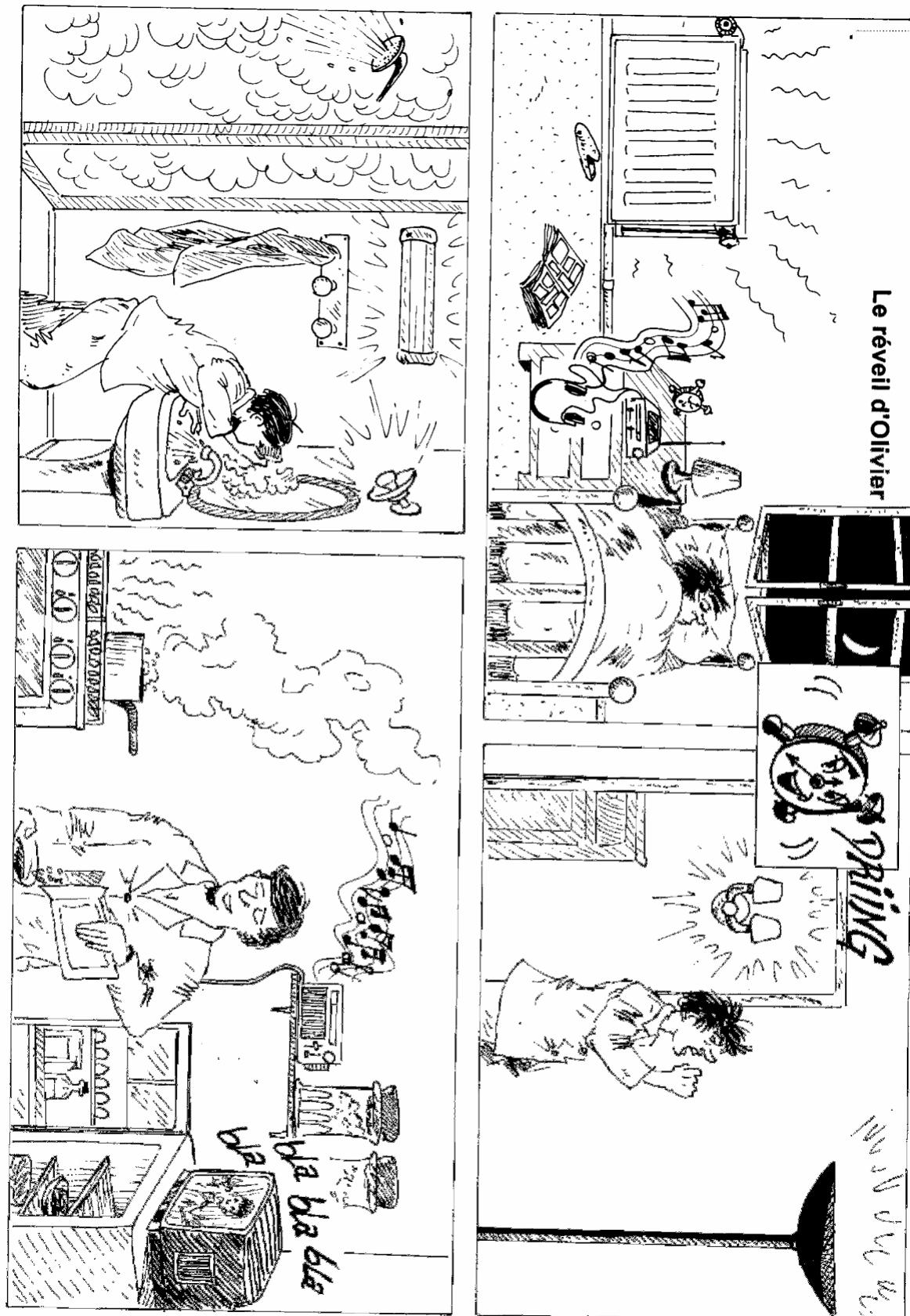
- Catégorie de l'objet (ex : hygiène)
- Nom du produit (ex : rasoir jetable)
- Description sommaire de l'image (ex : jeune homme bien rasé qui séduit ses compagnes)
- Valeur(s) véhiculée(s) par la publicité (ex : séduction, efficacité, confiance en soi)
- Comportements induits, comment veut-on nous faire réagir ?
- Seriez-vous tenté de vous procurer ce produit ? Pourquoi ?

## Annexe 9 : GRILLES D'ANALYSE DES PUBLICITES 2/2

### Grille «Impact énergétique et environnemental»

- Catégorie
- Nom du produit
- Besoins en ressources naturelles pour la fabrication (ex.: acier, pétrole)
- Impact de la production sur l'environnement (ex.: rejet de produits résiduels)
- Consommation énergétique à la production, au transport, à l'utilisation, quelle(s) source(s) d'énergie sont utilisées ?
- Possibilité de réutilisation, recyclage de l'objet ?
- Son utilisation provoque-t-elle des rejets dans l'environnement
- Le besoin énoncé dans la publicité est-il réel ou créé ?
- Existe-t'il des alternatives plus écologiques à l'utilisation de cet objet ?

## Annexe 10 : LE REVEIL D'OLIVIER



## Annexe 11 : LE DILEMME ENERGETIQUE

### LE DILEMME ENERGETIQUE

#### 1) Transport et loisirs

- « Ta grande sœur suit chaque semaine un cours qui se donne à quelques kilomètres de chez vous. Il y a un bus qui lui permet de s'y rendre rapidement ou on lui offre la possibilité de la conduire en voiture toutes les semaines. » Que doit-elle faire ? Pourquoi ?
- « Ton grand frère veut s'acheter une voiture. On lui laisse le choix, pour la même voiture et pour le même prix entre un modèle fonctionnant à l'essence et un modèle fonctionnant au gaz liquide. » Que doit-il choisir ? Pourquoi ?
- « Tu aimes beaucoup la musique et les piles de ton walkman sont à plat. Tu n'as pas énormément d'argent. Préfères-tu acheter des piles rechargeables un peu plus chères ou acheter des piles jetables moins chères ? Pourquoi ?

#### 2) Gestion des ressources et des déchets

- « Tu attends beaucoup d'amis pour ta fête. Il y aura plusieurs sortes de bonbons et boissons à servir avec le gâteau d'anniversaire. Achèterez-vous de la vaisselle jetable ? Pourquoi ?
- « Tu fais le marché avec un de tes parents. Vous devez acheter du jus de pomme pour le goûter. Pour le même prix, choisissez-vous plusieurs petites briques individuelles ou bien une grosse brique de 2 litres ? Pourquoi ?
- « Un de tes parents doit acheter du papier pour son travail. Le marchand lui offre des feuilles de papier recyclé à 3,50 euros le paquet ou bien du papier non recyclé à 3 euros. Que doit-il choisir ? Pourquoi ?

#### 3) Consommation d'eau et d'électricité

- « Nous sommes en période de sécheresse et la municipalité demande aux citoyens de réduire au maximum leur consommation d'eau. Il fait très chaud, la piscine est encore vide. Que doivent faire tes parents ? Pourquoi ?
- « Nous sommes en période de sécheresse et la municipalité demande aux citoyens de réduire au maximum leur consommation d'eau. Les fleurs du jardin qui sont très belles auraient vraiment besoin d'être arrosées. Que fais-tu ? Pourquoi ?
- « Tes parents attendent des amis et ils ont beaucoup de choses urgentes à faire. Ils doivent aussi faire la vaisselle. Devraient-ils utiliser le lave-vaisselle même s'il est presque vide ?
- « C'est l'hiver, tu parts en vacances avec tes parents dans un chalet à la montagne. Il fait très froid dans le chalet, il y a une cheminée et un radiateur électrique. Que devez-vous utiliser pour vous chauffer ? Pourquoi ?

## Annexe 12 : L'ERIKA 1/2

### ENVIRONNEMENT

Avec la tempête, le fioul complètement dispersé se répand sur toute la côte, du Finistère sud à la Vendée. La situation pourrait encore être aggravée si l'hypothèse d'une fuite de l'épave, qui renferme encore 20.000 tonnes d'hydrocarbures, se confirmait.

# Naufrage de l'« Erika » : la tempête décuple les effets de la marée noire

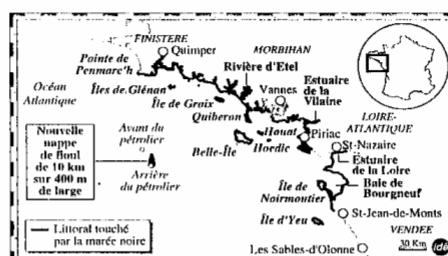
**L**a catastrophe écologique tant redoutée après le naufrage du pétrolier « Erika » a pris une nouvelle ampleur hier. Avec la tempête persistante, la pollution de l'« Erika » s'est étendue sur l'intégralité des côtes situées entre la pointe de Pennarach dans le Finistère et Notre-Dame-de-Monts en Vendée. De plus, à l'occasion d'un survol de l'épave de l'« Erika », confinée à 74 kilomètres au sud de Penmarc'h, la formation d'une importante nappe de fioul lourd de 10 kilomètres de long et de 400 mètres de large aurait été aperçue. L'épave du pétrolier se serait-elle mise à fuir, contrairement aux prévisions initiales ? La situation restait confuse hier soir : alors qu'un porte-parole de la préfecture avait affirmé dans la journée qu'il s'agissait bien du fioul lourd de la cargaison confinée dans l'épave, le préfet maritime de l'Atlantique, l'amiral Yves Naquet-Radiguet, apportait un sérieux bémol dans la soirée, en déclarant ne pouvoir donner aucune information sur l'origine de cette nappe.

Rappelons que 20.000 tonnes de fioul, sur les 30.000 transportées, ont coulé à 120 mètres de profondeur en même temps que l'« Erika » le 12 décembre. L'efficacité du pétrolier, Total-Fina, n'est déclarée « sûre » par l'hypothèse d'une fuite massive, les experts du groupe ayant prévu qu'il cette profondément le fioul aurait dû se gélifier. La mer est en tout cas encore très forte pour envoyer le rebord sous-marin. Ainsi, 5000 mètres de câbles articulés et capables de descendre en eux-mêmes,

fondent, afin d'explorer l'épave. Le président de Total-Fina, Thierry Desmarest, qui s'est finalement rendu hier près de Noyal-Mouster et au Croisic, a promis que le Fonds international d'indemnisation des pollutions par hydrocarbures (Fipol) ainsi que sa société financeront le pompage des cuves de l'épave. Il a aussi répété qu'en-dehors des indemnités des professionnels, la société prendra en plus en charge la restauration des équilibres écologiques du littoral.

#### Le fioul remonte la Loire

Hier, la marée noire s'est montrée de plus en plus menaçante, avec l'entrée de nappes dans plusieurs rias du littoral sud de la Bretagne et de lieux écologiquement sensibles de la Loire-Atlantique et de la Vendée, parfois protégés tant bien que mal par des barrages flottants. En Loire-Atlantique, la totalité des 17 communes du littoral était touchée, tandis que les nappes de l'épave, à une échelle plus ou moins importante, a indiqué le préfet du département, Michel Blangy. Les plus



graves pollutions sont enregistrées entre Le Croisic et Batz-sur-Mer. Les tâches de pétrole commencent à remonter la Loire : on en signale trois kilomètres au-delà du pont de Saint-Nazaire. A Noyal-Mouster et dans la baie de Bourgneuf, les huîtres destinées aux îles de l'an dernier sont à l'abri depuis deux mois, mais les dégâts pour l'avvenir risquent d'être importants pour cette baie qui a fait une décadie à obtenir

son classement en catégorie A, synonyme de pureté des eaux... Toute la filière - plus de 2.500 emplois directs - est aujourd'hui inquiète. Les centres de thalassothérapie sont privés d'eau de mer. En revanche, les producteurs de sel de Guérande indiquent hier que « toutes les sorties d'eau ayant été fermées, le danger est évité pour les nausées salantes ». Ainsi, avec la tempête, les prévisions de

viennent de plus en plus difficiles. A tel point qu'il paraît inutile de trop bien nettoyer plages et rochers, au risque de devoir recommencer chaque jour. 550 militaires sont arrivés en Loire-Atlantique et le Conseil régional des Pays de la Loire a décidé la création d'un fonds d'urgence de 1 million de francs pour aider les communes touchées. Son président, François Fillon (RPR), devrait préciser mercredi la probable mise en place d'un dispositif de soutien économique aux professionnels de la pêche, de l'ostéiculture et de la conchyliculture. Une cellule chargée d'assister les professionnels dans leurs demandes d'indemnisation sera monitrice. Enfin, François Fillon souhaite associer la région à toutes les démarches judiciaires « afin de mettre au jour les responsabilités, déterminer les préjudices et obtenir les réparations qui s'imposent ».

Le Premier ministre Lionel Jospin doit se rendre aujourd'hui sur l'île de Groix, puis à Belle-Ile, à Noyal-Mouster en Vendée, et à La Baule, pour une réunion de travail avec les préfets des départements concernés, les élus et les responsables des secours. Dans l'immédiat, le secrétaire d'Etat en charge de la consommation, Marylise Lebranchu, a assuré que « toutes les mesures ont été prises par les professionnels et les services de contrôle de l'Etat pour garantir la parfaite qualité des produits (du lait) proposés au marché ».

ANNE RAUFRAY  
AVEC BRUNO MÉNARD À NANTES  
Live également « Crédit » à page 9

## Des milliers d'oiseaux à soigner pour un coût important

#### DE NOTRE CORRESPONDANT À RENNAIS

**D**es semaines après le naufrage de l'« Erika », nous avons déjà récupéré 11.800 oiseaux », explique Jean-François Lounineau, directeur général adjoint de la Ligue de protection des oiseaux (LPO), alors que dans les deux mois qui avaient suivi le naufrage de l'Amenor Cadiz en 1978, la LPO n'avait recueilli que 4.000 volatiles, dont seulement 800 ont survécu. L'incident de l'Amenor Cadiz ayant eu lieu en mer, le nombre des oiseaux de mer était beaucoup moins important et au large de la Bretagne qu'au cours de ces mois de décembre. Les vétos atlant-

iques sont en effet le lieu d'hivernage de colonies de fous de Bassan, de mouettes et autres migrateurs venus du nord de l'Europe. Tous les oiseaux marins plongeurs sont actuellement marqués. « Lors du naufrage de l'Amenor Cadiz, les marquages avaient fait disparaître », rappelle François Lounineau, directeur du Conservatoire du littoral, « Aujourd'hui, des années d'effort mené par des associations écologiques et des ornithologues pour repopler et protéger les vireux sont vaincues ».

Chargeé par les pouvoirs publics de coordonner le sauvetage des oiseaux

mouettes, la LPO « a déjà envoyé dans les cliniques de dépollution 4.500 oiseaux », poursuit Jean-François Lounineau.

**1.000 francs par oiseau**  
Elles sont réparties sur le littoral, à l'école vétérinaire de Nantes, mais aussi à la station ornithologique de la LPO basée à l'Île-Grande (Côtes-d'Armor). D'après les estimations, « entre les coûts d'hébergement et les soins strophiques, le prix d'hospitalisation est estimé à plus de 1.000 francs par oiseau ». Évidemment, la Ligue de protection des oiseaux, dont le budget

annuel atteint 40 millions de francs, issus de dons, du soutien de l'Etat... estime que 5 millions de francs ont déjà été engagés dans cette opération. « Ces sommes, note encore Jean-François Lounineau, sont prises sur nos fonds propres, avec l'aide d'entreprises comme le groupe de transport France Express, qui se charge de conduire les oiseaux malades dans les cliniques. » Les collectivités locales appartiennent aussi leur aide, comme la ville de La Rochele, qui mettra en place dans les prochaines 48 heures une clinique de fortune sur 3.500 mètres carrés. Par ailleurs, des associations anglaises,

françaises et allemandes ont accepté de prendre en charge des animaux blessés. « Un peu après va aussi être mis en place entre Lorient et la Belgique, qui s'occupera de 2.500 oiseaux malades », r

Il reste à déterminer comment ces associations ornithologiques seront indemnizées. A l'issue du procès de l'Amenor Cadiz, la Ligue de protection des oiseaux avait obtenu 1 million de francs, une somme à l'évidence bien en deçà des frais financiers engagés et de l'ampleur du préjudice environnemental subi.

STANISLAS DU GURNEY

**Annexe 12 : L'ERIKA 2/2**

Les côtes atlantiques s'apprient à recevoir l'essentiel de la marée noire

plusieurs centaines de kilomètres de côtes, du Finistère à la Loire-Atlantique, étaient déjà polluées lundi matin.

**Habitants et élus se plaignent de l'insuffisance des dépôts de secours.** Le premier ministre était attendu sur le littoral mardi pour en faire avec les pavillons de la Loire plusieurs départs au plan Polmar. Les nappes, l'étau déplaçable à Rennes, La Ligue pour la protection des oiseaux (LPO) a demandé aux autorités les opérations de ramassage à 10 000 tonnes de bouse d'osseaux dans les marais de la Mayenne et du Morbihan, au sud des Vannes, et au sud-est de l'île de Noirmoutier. Des vétérinaires ont été mobilisés pour évaluer les dégâts et déterminer si les dépôts sont suffisants. Les élus locaux ont également exprimé leur préoccupation quant à l'efficacité des mesures prises pour empêcher la propagation de l'étau. Ils ont également souligné la nécessité d'une meilleure coordination entre les différentes autorités et les acteurs locaux pour assurer une réponse rapide et efficace aux événements.

A DISCUSSION OF  
THE CANTHE ET DEVELE

Dans le meilleur temps, des moyens de bus étaient pris en charge. Le transport d'un passager représentait à l'origine un investissement très coûteux.

Facts de pouvoirs les subordonnés à l'ordre et à l'exécution sont le commandement et l'obéissance.

raport qui a échangé à l'abri des regards les deux amies, lorsque la jeune femme fut descendue, où le temps passeraient sans désemenir, ou la morte patiente de la mort de bâton; la matinée

Les deux dernières années ont été marquées par une croissance forte et soutenue de l'industrie automobile en France, mais les résultats sont moins bons que dans les autres pays de l'Union européenne.

Plauen und Leisnig sind im Ausland sehr beliebt, während die Städte selbst, obwohl sie ebenfalls sehr schön sind, weniger bekannt sind.

*Le rôle des échanges monétaires dans l'unité de production et la régulation de l'économie* (1970) de J. B. Say, traduit par G. L. C. et A. L. G. (Paris, 1971).

Néanmoins, lorsque nous arrivons dans le bureau d'un des nombreux à Pékin, le plus gros pâté d'inger

---

24/01/2005  
110/113

Observatoire régional de l'environnement de Bourgogne  
Guide pédagogique - L'énergie

## Annexe 13 : L'HYDROGÈNE

**ENQUÊTE** Une nouvelle source d'énergie au potentiel considérable mais lointain.

# Les multiples recettes pour produire de l'hydrogène

L'hydrogène, présent partout autour de nous dans la nature (sous forme d'eau notamment), n'existe pas sur Terre à l'état isolé. Pour assurer la naissance d'une économie de l'hydrogène, il est donc nécessaire d'en produire en quantité et à bas prix. Aujourd'hui, si des solutions industrielles existent, d'autres axes de production sont en cours d'expérimentation.

**1 Les méthodes actuelles de production de l'hydrogène**  
Le gaz naturel et le charbon, brûlés à haute température, permettent d'obtenir de l'hydrogène. Cette opération, appelée réforme à la vapeur, est toutefois polluante puisqu'elle dégage du dioxyde de carbone, qui entre en compte dans l'effet de serre. Une solution consiste à le piéger, soit au fond des océans, soit dans les cavités souterraines ayant servi à l'extraction du gaz ou de pétrole (« Les Etats Innovation » du 5 octobre 2004).

Avec le gaz naturel, le coût de production revient en moyenné à plus de 1 euro par kilogramme d'hydrogène, mais il augmente drastiquement lorsque l'on prend en compte les coûts de stockage du dioxyde de carbone.

• La biomasse (bois, cellulose, déchets, etc.) est quasiment illimitée et renouvelable. C'est tout l'intérêt de la production d'hydrogène à partir de ces matières végétales, grâce à une transformation thermochimique qui produit un gaz de synthèse. Une fois purifié à haute température, ce gaz devient de l'hydrogène sous forme gazeuse. La société anglaise Hydrogen Solar a annoncé en août qu'elle avait réussi à convertir 8 % de l'énergie solaire en hydrogène grâce à des couches minces nano-crystallines intégrées dans l'électrolyse. Avec un rendement de 10 %, cette voie pourrait devenir intéressante pour l'industrie.

• L'électrolyse permet de casser les molécules d'eau afin de séparer l'hydrogène de l'oxygène. Cependant, pour faire fonctionner un électrolyseur, il est nécessaire d'utiliser de l'électricité, dont la production peut être polluante. En revanche, si l'électricité provient d'éoliennes, de barrages hydroélectriques ou de capteurs solaires, la production est alors

totalelement propre. Le coût de production de l'électrolyse est élevé, de l'ordre de 3 euros par kilogramme (avec un prix du kilowatt-heure de 6 centimes d'euro en France).

### 2 A moyen terme : énergie solaire ou nucléaire

• L'hydrogène solaire pourrait être produit par des centrales fonctionnant grâce aux rayons solaires et à l'eau. Cette combinaison de cellules photovoltaïques et d'électrolyse libère de l'hydrogène sous forme gazeuse. La société anglaise Hydrogen Solar a annoncé en août qu'elle avait réussi à convertir 8 % de l'énergie solaire en hydrogène grâce à des couches minces nano-crystallines intégrées dans l'électrolyse. Avec un rendement de 10 %, cette voie pourrait devenir intéressante pour l'industrie.

• Les centrales nucléaires de quatrième génération à haute température pourraient permettre d'atteindre des rendements très importants à l'avenir

pour la production d'hydrogène et d'électricité. Le « craquage » de l'eau (séparer les molécules d'hydrogène et d'oxygène) par procédé thermochimique nécessite une température de l'ordre de 900° Celsius (contre seulement 300° Celsius pour les centrales nucléaires actuelles). Les premiers prototypes ne sont pas attendus avant 2017.

### 3 A long terme : les organismes vivants

• La biophotolysie permet à des bactéries vivantes (algues et bactéries) de casser les molécules d'eau, en produisant de l'hydrogène. Actuellement, les rendements ne sont pas suffisamment élevés. Toutefois, en modifiant le matériel génétique de certaines bactéries, il pourrait être possible d'optimiser leur rendement. Une autre voie rime à intégrer ces « capteurs vivants » sur des puces électroniques, symbole d'une convergence entre les technologies et biotechnologies.

EMMANUEL PÂQUETTE

## Tchernobyl, une bombe à retardement

*Malgré sa fermeture promise, le vieux réacteur ukrainien a redémarré.*

**A**près cinq mois de travaux, l'Ukraine a remis en marche vendredi à l'aube la centrale nucléaire de Tchernobyl. Et plus personne ne compte sérieusement sur l'ar-

rêt avant un an de cette bombe à retardement, que Kiev s'était pourtant engagé à fermer en 2000. Le réacteur numéro 3, le dernier opérationnel après la catastrophique explosion du 26 avril 1986, atteindra ce dimanche sa puissance de 1000 mégawatts, selon les ingénieurs ukrainiens. C'est un réacteur à bout de souffle, vieux modèle soviétique de type RBMK à graphite, dont l'Institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN) avait demandé l'arrêt d'urgence, pour cause de centaines de fissures dans la tuyauterie. Ces deux dernières années, il n'a ainsi pu tourner qu'une dizaine de mois, bien loin de fournir les 10% d'énergie nucléaire qu'il est censé produire. Retapé, ce réacteur redémarre aujourd'hui, car le gouvernement ukrainien affirme n'avoir d'autre choix: par moins 20 degrés, il faut chauffer les gens, et les Occidentaux n'ont toujours pas fourni l'aide promise.

Si l'Ukraine s'était bien enga-

gée en 1995 auprès du groupe des sept pays les plus industrialisés (G7) à fermer Tchernobyl en 2000, c'était en échange d'une aide de 3,1 milliards de dollars, dont 1,4 milliard pourachever la construction de deux réacteurs de substitution dans les centrales déjà existantes de Rivne et Khmelnitsky. En juin dernier, à Cologne, c'est à la demande de l'Allemagne que le G7 a gardé sous le coude l'argent promis. Sous la pression des députés de sa

En 1995,  
l'Ukraine s'était  
engagée  
à fermer  
Tchernobyl  
en échange  
d'une aide  
de 3,1 milliards  
de dollars, qui  
n'a pas été  
versée.

majorité rose-verte, hostiles au financement du nucléaire dans un pays offrant de piètres garanties de sûreté, le chancelier Gerhard Schröder devait tenir de convaincre Kiev d'opter pour des centrales au gaz ou au charbon. Ce qu'a refusé l'Ukraine, en faisant valoir que son charbon n'est pas rentable et qu'elle serait obligée d'accroître sa dépendance de la Russie. Le dossier Tchernobyl reste donc bloqué. Au plus grand embarras de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA). «Soit les Occidentaux prennent leurs responsabilités et versent une aide raisonnable à l'Ukraine, soit celle-ci perdra patience et se tournera vers les Russes, dont la technologie n'offre pas le même niveau de sécurité», résume un porte-parole de l'AIEA à Vienne. L'Union européenne est prête à débloquer un prêt de 600 millions d'euros, et les autres pays du G7 à faire leur devoir. Mais tous attendent que la Banque européenne pour la reconstruction et le développement (Berd) commence elle-même par lâcher sa part, estimée à 175 millions d'euros. Ce que la Berd, bloquée par la résistance allemande, n'a toujours pas fait. Face à cette inertie, l'Ukraine a donc beau jeu de faire monter la pression en redémarrant sa centrale. Kiev attend toujours le demi-milliard de dollars qui lui manque pour la construction d'un nouveau sarcophage autour du réacteur numéro 4, détruit par l'explosion de 1986. Mais la Berd n'a offert pour l'instant qu'une certaine de millions pour renforcer le toit de béton qui s'écroule... ■

NATHALIE DUBOIS

1 2 LIBÉRATION

**Annexe 14 : TCHERNOBYL 2/2**

LE MONDE / VENDREDI 19 MAI 2000 / 29

SCIENTIFIC INDEPENDENCE

Tchernobyl : la radioactivité contaminera longtemps la chaîne alimentaire

**Quatorze ans après la catastrophe, une étude publiée dans la revue « Nature » fait ressortir que le césum 137, disséminé**

**Le Cestui 137**, distingué sur tout le rangue sur l'Europe.

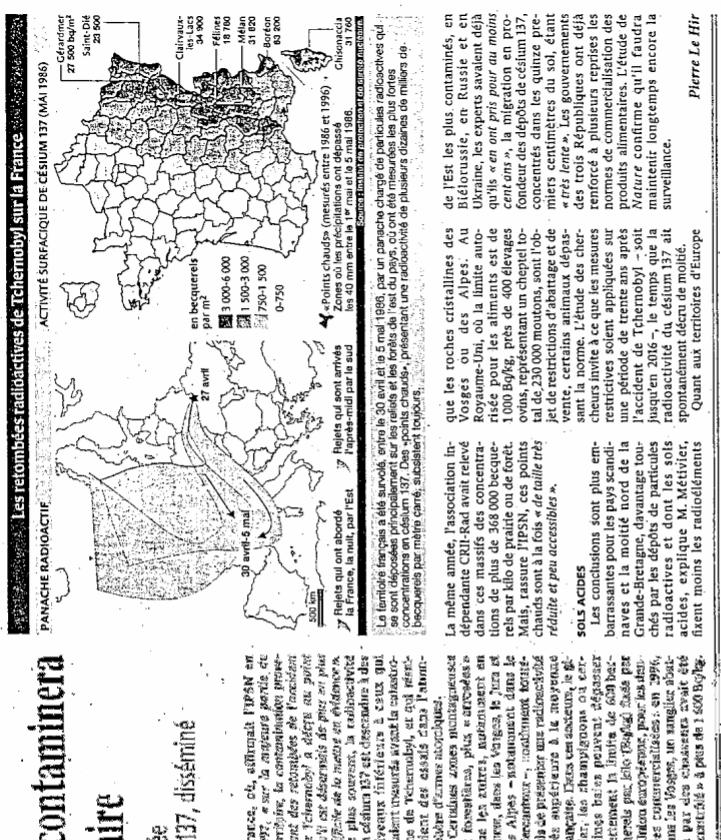
Le Cestui 137, distingué sur tout le rangue sur l'Europe, n'est pas moins que ce qui se passe dans les deux derniers. D'abord, il est évidemment le plus brillant. D'autre part, il est très difficile de faire une analyse de ce qu'il contient. C'est que le Cestui 137, comme tous les autres, résulte d'une recherche d'équipes suffisantes et toutes parfaites, mais dans la forme brûlante, qui n'a rien à voir avec la forme finale. Par contre, il est assez difficile de faire une analyse de ce qu'il contient. C'est que le Cestui 137, comme tous les autres, résulte d'une recherche d'équipes suffisantes et toutes parfaites, mais dans la forme brûlante, qui n'a rien à voir avec la forme finale.

**Un steccato estremo**

Un abbraccio freddo. Quel invito a  
lasciare il sentiero per finire dritti  
nella strada del caos. E' questo il  
messaggio di *Il sentiero dei castelli*, di  
Francesco e Gianni, i due fratelli che  
vivono in un castello in Sicilia. Il film  
è un documentario che racconta la  
vita quotidiana di questi due fratelli  
e della loro sorella, una donna anziana  
che ha vissuto una vita di povertà.  
I fratelli hanno deciso di vivere  
una vita più semplice, di tornare  
alle radici e di vivere in un castello  
che è stato loro lasciato da un parente.  
Il film mostra come i fratelli si  
adattino alla vita in castello, come  
vivono e come si occupano dei  
castelli che sono stati loro lasciati.  
Il film è un documentario che  
racconta la vita quotidiana di questi  
due fratelli e della loro sorella, una  
donna anziana che ha vissuto una  
vita di povertà.

ESTATE PLANNING FOR THE RETIREMENT YEARS

**Qu'il n'en est rien.** La base de tous ces déclarations se trouve dans l'admission générale que l'ordre des chevaliers de Malte a été dépossédé par les Turcs de la direction de son état, et que, au contraire de ce qu'il a été affirmé, il n'a pas été dépossédé de ce qu'il possédait.



卷之三

[...] est désignée comme la dernière partie d'un cycle sans fin de répétition.