ÉNERGIES, POUR UN MONDE DURABLE

CAHIER DE L'ANIMATEUR

Exposition interactive réalisée par Centre•Sciences
avec le soutien de l'Institut Français.

ENERGY FOR A SUSTAINABLE WORLD GUIDE BOOK

Interactive exhibition created by the Centre•Sciences
supported by the Institut Français.

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES ET EUROPÉENNES

Centre Sciences
CCSTI de la région Centre

INSTITUT FRANÇAIS

RENSEIGNEMENTS
INFORMATION

centre.sciences@wanadoo.fr
expositions.scientifiques@institutfrancais.com

Exposition réalisée par Centre•Sciences,
CCSTI de la région Centre, Orléans-France
Avec le soutien du Ministère des Affaires étrangères
et européennes et de l'Institut Français

Avec le concours scientifique des organismes
de recherche français : CEA, CNRS, INRA, IRD,
Universités d'Orléans et Tours

Diffusion en région Centre avec le soutien du
Ministère de l'Enseignement supérieur et de
la Recherche et du Conseil régional du Centre

Exposition réalisée par Centre•Sciences,
CCSTI de la région Centre, Orléans-France
Avec le soutien du Ministère des Affaires étrangères
et européennes et de l'Institut Français

Avec le concours scientifique des organismes
de recherche français : CEA, CNRS, INRA, IRD,
Universités d'Orléans et Tours

Diffusion en région Centre avec le soutien du
Ministère de l'Enseignement supérieur et de
la Recherche et du Conseil régional du Centre

CONDITIONNEMENT
3 caisses chacune de 105 x 55 x 55 cm
poids total : 160 kg

À PRÉVOIR :
- surface : 100 m^2
- prévoir 6 tables 80 x 120 cm
- électricité (pour 5 manipulations)
- les 13 panneaux sont autoportants

PACKAGING:
3 boxes, each 105 x 55x 55 cm,
total weight: 160kg.

REQUIREMENTS:
- area: 100m^2
- 6 tables, 80 x 120 cm
- electricity (for 5 experiments)
- the 13 panels are free standing

ÉNERGIES, POUR UN MONDE DURABLE

Cette Année internationale de l'énergie durable pour tous est l'occasion de sensibiliser à l'importance de l'accès à l'énergie des pays en voie de développement, de l'amélioration de l'efficience énergétique dans les pays riches et du recours aux énergies renouvelables au niveau local, régional et international.

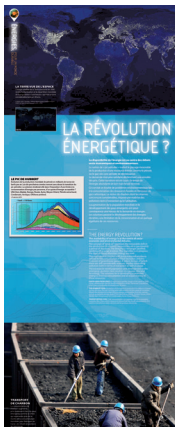
Comprendre le rapport entre énergie et développement, les difficultés à venir pour l'approvisionnement à partir de certaines sources, les conséquences sur le changement climatique d'une augmentation toujours croissante de nos besoins, seront les thèmes abordés dans cette exposition interactive.

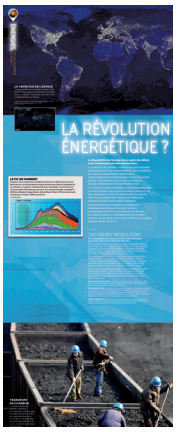
This International year of sustainable energy for all is an opportunity to create awareness about the importance for developing countries to have access to energy, the need for improved energy efficiency in rich countries and the benefits of a shift towards renewable energy at a local, regional and international level.

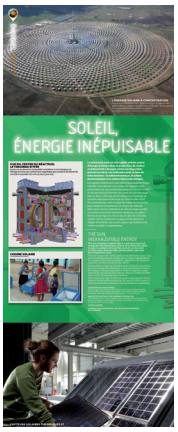
The themes approached in this interactive exhibition are: understanding the relationship between energy and development, the future difficulties of accessing stocks from certain sources and the effects our constantly increasing needs have on climate change.

L'exposition est composée de 13 panneaux autoportants et 12 expériences interactives. (Version légère composée uniquement des panneaux imprimables, disponible auprès de Centre•Sciences).

The exhibition consists of 13 free-standing panels and 12 interactive experiments. (Light version includes 13 panels for print. Requests from Centre•Sciences)







THÉMATIQUES DES PANNEAUX

P0 : Titre
P1 : L'énergie ?
P2 : L'énergie à notre service
P3 : Géopolitique et stabilité
P4 : Une priorité, lutter contre les inégalités
P5 : La révolution énergétique ?
P6 : La recherche, pour une transition durable
P7 : Énergies renouvelables !
P8 : Accès à l'énergie, les réseaux intelligents
P9 : Des transports innovants
P10 : Un habitat économe
P11 : Agriculture et énergie
P12 : Soleil, énergie inépuisable

CONTENTS OF THE PANELS

P0 : Title
P1 : Energy ?
P2 : Energy at our service
P3 : Geopolitics and stability
P4 : A priority : the fight against inequality
P5 : The energy revolution?
P6 : Research for a sustainable transition
P7 : Renewable energies !
P8 : Access to energy, intelligent networks
P9 : Innovative transport
P10 : Economical housing
P11 : Agriculture and energy
P12 : The Sun, an inexhaustible source of energy

P1 - L'ÉNERGIE ?

Une définition simple de l'énergie désigne « quelque chose » qui permet de réaliser un travail, une action, comme l'électricité d'une batterie pour faire tourner un moteur, l'énergie de nos muscles qui nous permet d'avancer ou l'énergie du vent pour actionner un moulin ou faire tourner une éolienne.
Par son « écoulement », elle permet d'agir sur notre environnement, de transformer la matière et modifier le monde. L'énergie est présente autour de nous sous diverses formes, il suffit de trouver le bon moyen de la transformer avec le meilleur rendement, c'est le principe de conservation de l'énergie. Ainsi, un moteur à explosion transforme l'énergie chimique du carburant en énergie thermique puis en énergie mécanique par le jeu des pistons dans le moteur. L'énergie électrique d'une ampoule qui nous éclaire peut provenir de la transformation de l'uranium dans une centrale nucléaire, mais aussi de l'eau d'un barrage par l'intermédiaire de turbines ou de panneaux photovoltaïques.

1. ÉCLAIRS
La foudre symbolise l'énergie brute à l'état naturel. Paradoxalement elle en contient assez peu. Sa violence vient de la rapidité et de l'extrême localisation du phénomène. Capturer l'énergie des éclairs reste une utopie qui ne permettrait pas de couvrir nos besoins énergétiques.
Cliché Nabil Biyahmadine-Fotolia

2. POMPES À PÉTROLE
L'énergie se mesure avec diverses unités : le joule (J) est l'unité légale, le Wattheure (Wh) est l'unité utilisée pour la consommation électrique, l'électronvolt (eV) celle des physiciens, la tonne équivalent pétrole (tep), ou le baril, celle utilisée par les économistes.
Cliché Sergiy Serdyuk-Fotolia

3. BARRAGE
Le barrage de Katse au Lesotho est le plus haut barrage d'Afrique avec une voûte de 185 mètres de haut. Il produit de l'électricité, mais permet également l'irrigation et l'alimentation en eau.
Cliché Adèle de Witte-Fotolia

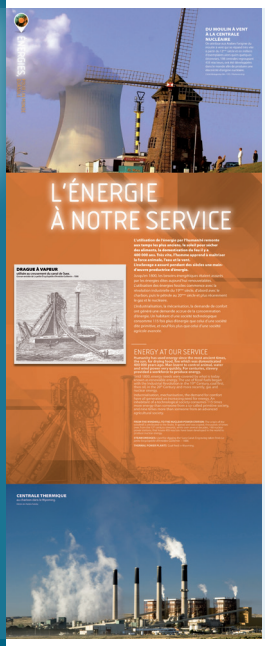
P1 - ENERGY?

A simple definition of energy designates « something » that makes it possible to perform work, an action, like the electricity in a battery to run a motor, the energy from our muscles that allows us to move, or the energy of the wind to run a mill or turn a wind turbine.
The « flow » of energy allows us to act upon our environment, to transform matter and change the world. We are surrounded by energy in different forms, we only need to find the most effective means of transforming it to obtain the highest output, this is the principle of energy conservation. Thus an explosion engine transforms the chemical energy of the fuel into thermal energy, then into mechanical energy, by means of the movement of the pistons in the motor.
The electrical energy of a bulb that lights our environment can come from the transformation of uranium in a nuclear power station, or from water in a dam, using turbines or photovoltaic panels.

1. LIGHTNING
Lightning symbolises raw energy in its natural state. Paradoxically, it contains very little energy. Its violence is due to the speed and the extreme localisation of the phenomenon. The idea of capturing the energy in lightning is a utopian one and would not allow us to cover our energy needs. Photo Nabil Biyahmadine-Fotolia

2. OIL PUMPS
Energy is measured in different units: a joule (J) is the legal unit, the Watt hour (Wh) is the unit used for measuring electrical consumption, the electronvolt (eV) is used by physicists, the tonne of oil equivalent (toe), or the barrel is what economists use.
Photo Oxystel-Fotolia

3. DAMS
The Katse dam in Lesotho is the highest dam in Africa with a 185 metre high arch. It produces electricity, but also serves for irrigation and water supply. Photo Adèle de Witte-Fotolia



P2 - L'ÉNERGIE À NOTRE SERVICE

L'utilisation de l'énergie par l'humanité remonte aux temps les plus anciens, le soleil pour sécher des aliments, la domestication du feu il y a 400 000 ans. Très vite, l'homme apprend à maîtriser la force animale, l'eau et le vent. L'esclavage a assuré pendant des siècles une main-d'œuvre productrice d'énergie.
Jusqu'en 1800, les besoins énergétiques étaient assurés par les énergies dites aujourd'hui renouvelables. L'utilisation des énergies fossiles commence avec la révolution industrielle du 19ème siècle, d'abord avec le charbon, puis le pétrole au 20ème siècle et plus récemment le gaz et le nucléaire.
L'industrialisation, la mécanisation, la demande de confort ont généré une demande accrue de la consommation d'énergie. Un habitant d'une société technologique consomme 115 fois plus d'énergie que celui d'une société dite primitive, et neuf fois plus que celui d'une société agricole avancée.

1. DU MOULIN À VENT À LA CENTRALE NUCLÉAIRE
On attribue aux Arabes l'origine du moulin à vent qui se répand très vite à partir du 12ème siècle et en milliers d'exemplaires alors qu'en quelques décennies, 198 centrales regroupant 435 réacteurs, ont été développées dans le monde afin de produire une électricité d'origine nucléaire.
Cliché Bildagentur RM / TIPS / Photononstop

2. DRAGUE A VAPEUR
utilisée au creusement du canal de Suez.
Gravure extraite de La petite Encyclopédie d'Amédée Guillemin – 1888

3. CENTRALE THERMIQUE
au charbon dans le Wyoming.
Cliché Jim Parkin-Fotolia

P2 - ENERGY AT OUR SERVICE

Humanity has used energy since the most ancient times, the sun, for drying food, fire which was domesticated 400 000 years ago. Man learnt to control animal, water and wind power very quickly. For centuries, slavery provided a workforce to produce energy. Until 1800, energy needs were covered by what is today known as renewable energy. The use of fossil fuels began with the Industrial Revolution in the 19th Century, coal first, then oil, in the 20th Century and more recently, gas and nuclear energy.
Industrialisation, mechanisation, the demand for comfort have all generated an increasing need for energy. An inhabitant of a technological society consumes 115 times more energy than someone from a so-called primitive society, and nine times more than someone from an advanced agricultural society.

1. FROM THE WINDMILL TO THE NUCLEAR POWER STATION
The origin of the windmill is attributed to the Arabs. It spread and was copied, thousands of times over, from the 12th century onwards, while over several decades, 198 nuclear power stations, that house 435 reactors have been developed in the world to produce nuclear energy. Photo Bildagentur RM / TIPS / Photononstop

2. STEAM DREDGES
Used for digging the Suez Canal. Engraving taken from La petite Encyclopédie d'Amédée Guillemin – 1888

3. THERMAL POWER PLANTS
Coal fired in Wyoming. Photo Jim Parkin-Fotolia

P3 - GÉOPOLITIQUE ET STABILITÉ

La relation qui lie les pays entre la production et la consommation d'énergie est vulnérable.
La sécurité énergétique fluctue avec les accords politiques, le développement technologique, les conflits, les aléas climatiques...

L'approvisionnement en pétrole repose sur quelques pays et constitue une source de tension car pétrole et gaz constituent une part importante de revenus pour la plupart des pays producteurs. Des parties d'échecs s'engagent entre les puissances anciennes et émergentes pour le contrôle des ressources et des territoires. Les pays encore gros consommateurs de charbon, comme la Chine, sont souvent bien pourvus.

Le transport de ces sources d'énergie par terre ou par mer s'impose ainsi que la mise en place de réseaux de distribution et de transformation. Pour limiter le déséquilibre entre producteurs et consommateurs, les états diversifient leurs ressources et développent des énergies de proximité. Les fournisseurs, eux, tentent de gérer au mieux l'évolution de leurs capacités de production.

1. PUITS EN FEU
Guerre du Golfe. Puits de pétrole incendiés par les forces irakiennes au moment de leur retrait du Koweït, 1991. us-2618
© Pascal Guyot / AFP

2. RÉSEAU DES OLÉODUCS ENTRE L'EUROPE ET LA RUSSIE
Pour certaines puissances, il s'agit de capter les ressources énergétiques en contournant des territoires instables ou menaçants ; pour d'autres, affermir leur position économique.
© Monde diplomatique

3. MÉTHANIERS
Les transports maritimes, méthaniers ou pétroliers, sont très vulnérables comme le superpétrolier saoudien Sirius Star victime d'un acte de piraterie au large de la Somalie en janvier 2009.
© Jeanette Dieti - Fotolia

P3 - GEOPOLITICS AND STABILITY

The relationship of energy production and consumption that connects countries is vulnerable. Energy security fluctuates with political agreements, technological development, conflict, climate hazards….

The supply of oil is dependent on a few countries and is a source of tension as oil and gas make up an important share of the revenue of most of the producer countries. Strategic games are played between old and emerging powers for the control of resources and territories. Countries, like China, that are still important consumers of coal are often well supplied.

It is necessary to transport these sources of energy, overland or by sea, and to set up distribution and transformation networks. In order to limit the imbalance between producers and consumers, states diversify their resources and develop local sources of energy. The suppliers, for their part, attempt to manage the evolution of their production capacities.

1. WELLS ON FIRE
Gulf war. Oil well set on fire by the Iraqi forces during their withdrawal from Kuwait. 1991. us-2618 © PASCAL GUYOT / AFP

2. OIL PIPELINE NETWORK
BETWEEN EUROPE AND RUSSIA
For some powers, it is a question of capturing energy resources, while avoiding unstable or threatening territories; for others, it is a question of asserting their economic position. © Monde diplomatique

3. GAS CARRIERS
Sea transport, gas or oil carriers are very vulnerable, like the Saudi Super tanker, Sirius Star that was a victim of piracy off the Somalian coast in January 2009. © Jeanette Dieti - Fotolia

P4 - UNE PRIORITÉ, LUTTER CONTRE LES INÉGALITÉS

L'énergie est un facteur essentiel du développement, en moyenne chaque habitant de la planète utilise l'équivalent de 1,6 tonnes de pétrole.
En fait, un quart de la population mondiale consomme les trois-quarts de l'énergie disponible. Il y a un facteur 20 entre la consommation d'énergie d'un Africain et celle d'un Américain. Ainsi une personne sur cinq n'a pas accès à l'électricité.
Cette inégalité limite les possibilités de développement humain, social et économique ainsi que l'espérance de vie de chaque individu. L'accès si facile à l'énergie dans les pays développés en fait oublier sa valeur. Pour satisfaire les besoins énergétiques d'un occidental, sans les sources actuelles (énergies fossiles, nucléaire...) il lui faudrait l'équivalent d'une centaine d'esclaves à son service.
Un meilleur partage passe par la maîtrise de la consommation dans les pays riches, l'amélioration des réseaux des pays émergents et le soutien au développement d'innovations technologiques.

1. YOURTE MONGOLE
Cette famille utilise un panneau solaire pour produire de l'électricité pour leur yourte, tente d'habitation traditionnelle.
Cliché Eskinder Debebe/UN

2. CARTE DE LA CONSOMMATION
mondiale d'énergie par habitant en 2010 (en kilogramme équivalent pétrole).
Agence Internationale de l'Énergie

3. BOUSES DE VACHE
en cours de préparation pour être utilisées dans les installations de biogaz dans le village de Ugala en Inde.
Cliché Ray Witlin/UN

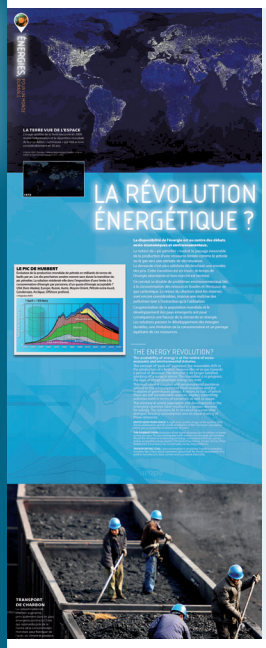
P4 - A PRIORITY, THE FIGHT AGAINST INEQUALITY

Energy is an essential factor of development, on average every inhabitant of the planet uses the equivalent of 1,6 tons of oil.
In reality, a quarter of the world's population consumes three quarters of the available energy. An American consumes twenty times more energy than an African. Thus, one person out of five does not have access to electricity.
This inequality limits the possibilities for human, social and economic development as well as each individual's life expectancy. The easy access to energy in developed countries has resulted in people there forgetting its value. In order to satisfy the energy needs of someone living in the West, if the current sources were no longer available (fossil fuel, nuclear energy…) they would require the equivalent of one hundred slaves to serve them.
To reach a better level of sharing, consumption in rich countries needs to be managed, networks in emerging countries need to be improved and the development of technological innovations need to be supported.

1. MONGOLIAN YURT
This family uses a solar panel to produce the electricity for their yurt, a traditional tent. Photo Eskinder Debebe/UN

2. MAP OF WORLD CONSUMPTION
of energy per inhabitant in 2010 (in oil equivalent kilograms) © Agence Internationale de l'Énergie

3. COW DUNG
being prepared for use in biogas installations in Ugala village in India. Photo Ray Witlin/UN



P5 - LA RÉVOLUTION ÉNERGÉTIQUE ?

La disponibilité de l'énergie est au centre des débats socio-économiques et environnementaux.

La notion de « pic pétrolier » traduit le passage inexorable de la production d'une ressource limitée comme le pétrole ou le gaz vers une période de décroissance. La demande n'est plus satisfaite déclenchant une envolée des prix. Cette transition est en cours ; le temps de l'énergie abondante et bon marché est terminé.

Ce constat se double de problèmes environnementaux liés à la consommation des ressources fossiles et l'émission de gaz carbonique. Le retour du charbon dont les réserves sont encore considérables, impose une maîtrise des pollutions tant à l'extraction qu'à l'utilisation.

L'augmentation de la population mondiale et le développement des pays émergents ont pour conséquence une hausse de la demande en énergie. Les solutions passent le développement des énergies durables, une limitation de la consommation et un partage égalitaire de ces ressources.

1. LA TERRE VUE DE L'ESPACE
L'image satellite de la Terre nocturne en 2000 révèle l'urbanisation et la répartition mondiale de la population « lumineuse » qui s'est accrue considérablement en 30 ans.
NASA/ GSFC. Données : Défense Meteorological Satellite Program (DMSP) et Operational Linescan System (ODS).

2. LE PIC DE HUBBERT
Évolution de la production mondiale de pétrole en milliards de tonne de barils par an. Les dix prochaines années verront sans doute la transition du pic pétrolier. La solution résiderait-elle dans l'imposition d'une limite à la consommation d'énergie par personne, d'un quota d'énergie acceptable ? USA (hors Alaska), Europe, Russie, Autre, Moyen-Orient, Pétrole extra-lourd, Condensats, Arctique, Offshore profond. © Projection ASPO

3. TRANSPORT DE CHARBON
La consommation de charbon augmente, principalement dans les pays émergents comme la Chine qui représente près de la moitié de la consommation mondiale pour fabriquer de l'acier, du ciment et produire de l'électricité. © Hu Guolin (Jiangxi)/ XINHUA/AFP

P5 - THE ENERGY REVOLUTION?

The availability of energy is at the centre of socio-economic and environmental debates.

The concept of "peak oil" expresses the inexorable shift in the production of a limited resource like oil or gas towards a period of decrease. The demand is no longer satisfied, sparking off a surge in prices. This transition is in progress; the days of cheap abundant energy are over.

This realisation is coupled with environmental problems related to the consumption of fossil resources and the emission of greenhouse gasses. A return to coal, of which there are still considerable reserves, implies controlling pollution both in terms of extraction as well as usage.

The increase in world population and development in the emerging countries have resulted in a greater demand for energy. The solutions lie in developing sustainable energies, limiting consumption and an equal sharing of these resources.

1. EARTH SEEN FROM SPACE
A night time satellite image of the earth in 2000, shows urbanisation and the world distribution of the "luminous" population, which has considerably increased over 30 years.
© NASA/ GSFC. Data : Defence Meteorological Satellite Program (DMSP) et Operational Linescan System (ODS).

2. THE HUBBERT PEAK
Evolution of the world oil production in millions of barrel tonnes per year. The ten coming years will certainly see the peak oil transition. Would the solution lie in imposing an energy consumption limit per person, and an acceptable energy quota? USA (excluding Alaska), Europe, Russia, Other, Middle East, Extra-heavy oil, Condensates, Arctic, Deep Offshore. © Projection ASPO

3. TRANSPORTING COAL
Coal consumption is increasing, mainly in emerging countries like China, which represents almost half the world consumption; it is used to manufacture steel, cement and to produce electricity. © Hu Guolin (Jiangxi)/ XINHUA/AFP

P6 - LA RECHERCHE, POUR UNE TRANSITION DURABLE

Quel scénario pour demain ? à quoi ressemblera le paysage énergétique du futur ? Il n'y a pas une solution miracle mais plusieurs pistes de travail. Le recours à un large choix de sources énergétiques semble prévaloir.

Les scientifiques cherchent à améliorer rendement et performance environnementale des techniques déjà utilisées, en inventer d'autres et rendre plus sûres les installations : piles à combustibles performantes, matériaux plus efficaces pour transporter l'électricité, production d'hydrogène, fusion nucléaire contrôlée…

La croissance des sources d'énergies renouvelables intermittentes, solaire, éolien, oblige à trouver de nouveaux moyens pour stocker l'électricité produite. Â côté du stockage d'eau par pompage en altitude, d'autres solutions sont à l'étude : stations de pompage en mer, air comprimé, production d'hydrogène, chaleur de sels fondus... Le stockage pourrait aussi être décentralisé chez les particuliers, dans les batteries de nos voitures électriques...

1. PILES À COMBUSTIBLE
Gamme de micros piles pour une application en téléphonie mobile.
© P. Stroppa/CEA Grenoble

2. BATTERIES POUR VÉHICULES ÉLECTRIQUES
La technologie lithium-ion permet de stocker trois à quatre fois plus d'énergie par unité de masse que les batteries classiques. Les matériaux d'électrodes de ces batteries ont des performances excellentes mais encore un coût trop élevé.
© P.Avavian/CEA

3. PLATEFORME DE MYRTE
Ce dispositif en Corse (France) produit, grâce au soleil, de l'hydrogène stocké sur place. En soirée ou la nuit des piles à combustible utilisent cet hydrogène pour produire de l'électricité.
cliché : s.aude@balloide-photo.com

P6 - RESEARCH, FOR A SUSTAINABLE TRANSITION

What will tomorrow's scenario be? What will the future energy landscape look like? There is no miraculous solution but several avenues are being explored. The use of a wide range of energy sources seems prevalent.

Scientists are seeking to improve the output and environmental performance of the techniques already in use, to invent others, and to enhance the security of the installations: efficient combustible batteries, more efficient materials for transporting electricity, production of hydrogen, controlled nuclear fusion…

The growth in the sources of intermittent sustainable energy such as solar or wind power, make it necessary to find new means for storing the energy produced. In addition to high altitude pumped water storage, other solutions are being studied: seawater pumped storage stations, compressed air, production of hydrogen, heat from melted salts… Storage could also be decentralised towards individuals, for example electric car batteries…

1. FUEL CELLS
Range of micro cells for use in mobile telephones. © P. Stroppa/CEA Grenoble

2. BATTERIES FOR ELECTRICAL VEHICLES
Lithium-ion technology makes it possible to store three to four times more energy per unit of mass, than in traditional batteries. The material used for the electrodes of these batteries are highly efficient but are still too expensive. © P.Avavian/CEA

3. MYRTE PLATFORM
This system in Corsica (France) uses the sun to produce hydrogen, which is stored there. In the evening or the night, fuel cells draw on this hydrogen to produce electricity. Photo : s.aude@balloide-photo.com

P7 – ÉNERGIES RENOUVELABLES !

Fournies par le soleil directement : photovoltaïque, thermique, ou indirectement : le vent, l'eau des fleuves et rivières, la croissance des végétaux, les courants marins ou les vagues ; les énergies renouvelables n'engendrent pas ou peu de déchets ou d'émissions polluantes. Elles participent à la lutte contre l'effet de serre en limitant les rejets de CO_2 dans l'atmosphère.

Ces énergies semblent inépuisables par rapport aux « énergies stock » tirées des gisements de combustibles fossiles ou ressources minières en voie de raréfaction : pétrole, gaz, charbon, lignite, uranium.

Certaines énergies renouvelables sont déjà performantes comme l'hydraulique bien développée depuis un siècle et la biomasse mais elles ne représentent que 12,5 % de la production mondiale.

1. CHAMP D'ÉOLIENNES EN MER
Aujourd'hui la force du vent peut être convertie en énergie électrique grâce à un générateur. Les éoliennes sont utilisables quand la vitesse du vent est comprise entre 10 et 90 kilomètres par heure. L'énergie éolienne sera toujours une énergie de complément, mais l'installation en mer permet de bénéficier de vents plus réguliers. © Sergiy Serdyuk-Fotolia

2. LA BIOMASSE, SOURCE D'ÉNERGIE
La biomasse peut être transformée en source d'énergie renouvelable, abondante, gaz, bio-carburants. Les végétaux, le bois, sont utilisés par l'homme pour le chauffage et la cuisson des aliments. Dans bien des pays, c'est la seule source d'énergie qu'ont les habitants pour cuire leurs aliments. © Ingo Bartussek – Fotolia

3. CENTRALE GÉOTHERMIQUE DE BOUILLANTE EN GUADELOUPE.
La géothermie ne doit rien au Soleil et représente à peine 2 % de la consommation mondiale d'énergie alors que 90 % des maisons d'Islande sont chauffées par de l'eau chaude d'origine géothermique. L'activité volcanique à la surface de la Terre nous montre que bien des régions pourraient prélever de l'énergie dans les profondeurs de la Terre.
© BRGM-im@gé en Guadeloupe

P7 - RENEWABLE ENERGY!

Directly provided by the sun: photovoltaic, thermal, or indirectly: wind, water in rivers or waterways, the growth of plants, sea currents or waves; renewable energies produce little or no waste or polluting emissions. They play a role in the struggle against the greenhouse effect by limiting the emission of carbon dioxide in the atmosphere.

These energies seem inexhaustible when compared to "stock energy" drawn from deposits of fossil fuels or mining resources that are becoming increasingly scarce: oil, gas, coal, lignite, uranium.

Certain renewable energies are already efficient, like hydraulic energy that has been well developed over a century and biomass, but these only represent 12.5% of the world production.

1. WIND TURBINE FARM AT SEA
Today wind power can be converted into electrical energy using a generator. Wind turbines function when the speed of the wind is between 10 and 90 kilometres per hour. Wind turbine power will always be a complementary source of energy, but installing turbines at sea, makes it possible to access the advantages of more regular winds. © Sergiy Serdyuk-Fotolia

2. BIOMASS, A SOURCE OF ENERGY
Biomass can be transformed into an abundant renewable energy source, gas, bio fuel. Man uses vegetation and wood for heating and cooking food. In many countries, it is the only source of energy available to people for cooking purposes. © Ingo Bartussek – Fotolia

3. BOUILLANTE GEOTHERMAL PLANT IN GUADELOUPE.
Geothermal power has no relation to the sun and represents barely 2% of the world energy consumption, while 90% of houses in Iceland are heated by hot water of geothermal origin. The volcanic activity at the earth's surface shows us how a number of regions could draw energy from the depths of the earth. © BRGM-im@gé en Guadeloupe

P8 – ACCÈS À L'ÉNERGIE, LES RÉSEAUX INTELLIGENTS

Du fait de leurs nuisances la majorité des unités de production sont situées à distance des centres de consommation. Face à ce modèle traditionnel un modèle alternatif émerge, modèle dans lequel la production d'énergie est plus proche du consommateur physiquement et virtuellement.

Ainsi est née la génération dite distribuée. La complémentarité entre les deux modèles (classique et distribué) sera la base pour le développement des systèmes d'énergie futurs. La production distribuée permet de produire, de stocker et de gérer l'énergie dans le même lieu que la consommation et suppose que les utilisateurs puissent faire de leurs maisons des petites centrales énergétiques.

1. RÉSEAU ET AUTO-PRODUCTION
La décentralisation devrait s'appuyer sur une participation des populations à la production. Les collectivités locales et les habitants pourraient ainsi maîtriser leur consommation avec l'aide des compteurs intelligents ?
Olena Mykhaylova - Stocklib

2. ENERGIE ELECTRIQUE, DES RESEAUX A INVENTER
Réseau historique : production centralisée, flux unidirectionnel descendant
Réseau intelligent : production décentralisée, flux bidirectionnel ascendant et descendant

3. LIENS INTERNATIONAUX
Ils sont aujourd'hui interconnectés, les pays s'échangent l'électricité sur les marchés. L'intermittence de l'énergie éolienne, photovoltaïque etc, les pointes de consommation, nécessitent un suivi permanent des flux dans le réseau. © Alexander Kuzovlev - Fotolia

P8 - ACCESS TO ENERGY, THE INTELLIGENT NETWORKS

Due to the pollution they create, the majority of production units are located far away from the consumption centres. An alternative model is emerging in opposition to the traditional model. In this case, energy production is both physically and virtually closer to the consumer.

Thus, the so-called distributed generation was born. Two complementary models (classical and distributed) will be the basis for the development of future energy systems. Distributed production makes it possible to produce, store and manage electricity in the same place as it is consumed and implies that users can transform their houses into small power stations.

1. NETWORKS AND AUTO-PRODUCTION
Decentralisation should be based on the population's participation in production. In this manner local communities and inhabitants could manage their consumption by using intelligent meters. Olena Mykhaylova - Stocklib

2. ELECTRICAL ENERGY, NETWORKS TO BE INVENTED
Traditional network: centralised production, unidirectional downward flow.
Intelligent network: decentralised production, bidirectional flow, upward and downward.

3. INTERNATIONAL RELATIONS
Countries are interconnected today. They exchange electricity on the markets.
The intermittence of wind turbine and photovoltaic energy etc, consumption peaks, require a constant monitoring of the network flux.
© Alexander Kuzovlev - Fotolia

P9 – DES TRANSPORTS INNOVANTS

Un enjeu majeur du 21ème siècle sera de réduire la consommation de pétrole dans les transports (routiers, aériens, maritimes), tout en limitant l'impact sur l'environnement et en diversifiant les sources d'énergies.
L'industrie automobile produit des véhicules de plus en plus propres et économes. Le véhicule hybride, utilisant moteur électrique et moteur thermique, représente une solution intéressante à court terme pour économiser le pétrole et diminuer la pollution.
L'utilisation de véhicules 100% électriques est réservée aux transports urbains car la quantité d'énergie stockée dans les batteries, par rapport à leur poids, est encore trop faible. Avec leur développement la question de l'origine de l'électricité se posera.

1. LE DÉVELOPPEMENT DES TRANSPORTS EN COMMUN,
tramways en zone urbaine, trains pour les banlieues et les marchandises, est un atout supplémentaire dans la protection de notre planète.
© barlest (fotolia)

2. RECHARGE DES BATTERIES D'UN VÉHICULE ÉLECTRIQUE
© bluesky (fotolia)

3.ALGUES, PRODUCTRICES D'ÉNERGIE
Culture de Chlamydomonas reinhardtii pour la production d'hydrogène.
© Look at Science

P9 - INNOVATIVE TRANSPORT

One of the major challenges of the 21st century will be decreasing the consumption of oil used for transportation (road, air, sea), while limiting the impact on the environment and diversifying energy sources.
The automobile industry produces vehicles that are progressively cleaner and more economical. The hybrid vehicle that uses an electrical and a thermal engine, represents an interesting short term solution to save petrol and decrease pollution.
The use of 100% electrical vehicles is limited to urban transport as the quantity of energy stored in the batteries, in relation to the weight of the vehicle, is still too low. As they develop, the question of where the electricity is to come from will be raised.

1. DEVELOPMENT OF PUBLIC TRANSPORT,
tramways in urban zones, trains for the suburbs and for goods, is an additional asset for protecting our planet.
© barlest (fotolia)

2. RECHARGING THE BATTERIES OF AN ELECTRICAL VEHICLE
© bluesky (fotolia)

3. SEAWEED, AN ENERGY PRODUCER
Cultivating Chlamydomonas reinhardtii for the production of hydrogen.
© Look at Science

P10 – UN HABITAT ÉCONOME

Pour répondre aux défis aussi divers que le changement de nos ressources énergétiques, l'augmentation de la population urbaine et les menaces climatiques, nos pratiques de construction doivent changer. L'habitat est responsable de près de la moitié de notre consommation totale d'énergie et du quart de nos émissions en gaz carbonique.
L'habitat de demain doit composer avec le climat et son environnement en maîtrisant par exemple l'ensoleillement, il faut diminuer la consommation énergétique par des isolations saines mises en œuvre avec efficacité, combiner et gérer différentes formes d'énergie.
Ces nouveaux bâtiments, individuels ou collectifs, doivent offrir un environnement sain, confortable et favoriser des comportements éco-responsables. Cette évolution passe par l'utilisation de matériaux écologiques produits localement, de matériaux innovants et privilégie l'utilisation des énergies renouvelables.

1. UN TIERS DE L'HUMANITÉ CONSTRUIT EN TERRE SÈCHE.
La terre et le bois, facilement disponibles, constituent les matériaux de construction les plus courants. Ces matériaux restent à privilégier pour la construction d'un habitat éco-responsable. Le village de Bassamba au Togo. © CRAterre

2. PONTS THERMIQUES
Localisation de ponts thermiques par thermographie infrarouge sur la façade d'une maison. La thermographie permet de contrôler la qualité d'exécution d'une construction
© FLIR Systems

3. ÉCO-QUARTIER EN ALLEMAGNE
L'isolation renforcée des bâtiments, l'orientation, les technologies solaire électrique et thermique, contribuent à la réduction de la consommation énergétique pour tendre vers des bâtiments à basse consommation, inférieur à 50 kWh par an et par mètre carré. © Daniel Schoenen-Fotolia

P10 - ECONOMICAL HOUSING

To respond to such varying challenges as the transformation of our energy resources, the increase in urban population and climatic threats, our construction practices have to change. Housing represents almost half our total energy consumption and a quarter of our greenhouse gas emissions.

Tomorrow's houses will have to deal with climate and environmental issues, for example, by controlling the amount of sunshine. Energy consumption must be decreased by using efficiently employed, healthy insulation materials, and by combining and managing different types of energy.

These new buildings, either individual or collective, must offer a healthy, comfortable environment and encourage eco friendly behaviour. This evolution implies the use of locally produced ecological materials and innovative materials while favouring the use of renewable energy.

1. A THIRD OF HUMANITY BUILDS WITH DRIED MUD.
Easily available, mud and wood constitute the most common building materials. These materials should be favoured in the construction of eco-friendly housing. Bassamba village in Togo. © CRAterre

2. THERMAL BRIDGING
Location of thermal bridges on the façade of a house using infrared thermography. Thermography makes it possible to monitor the building quality of a construction. © FLIR Systems

3. ECO AREA IN GERMANY
Reinforced insulation in the buildings, the direction they face, solar electrical and thermal technology all contribute to reducing energy consumption and a shift towards low consumption buildings, under 50 kWh per year, per square metre.
© Daniel Schoenen-Fotolia

P11 - AGRICULTURE ET ÉNERGIE

Développer une agriculture durable dans les grands pays producteurs, c'est réduire la consommation des engrais de synthèse et produits phytosanitaires, maîtriser la consommation énergétique des engins agricoles entres autres.
Comment aider les pays en voie de développement à développer leur production agricole ?
Que ce soit dans un souci de préservation de l'environnement, d'indépendance énergétique, de compétitivité de prix à moyen terme, il serait bien entendu favorable de développer l'usage des énergies renouvelables.
Mais on se trouve ici face à un problème de « concurrence déloyale » des combustibles fossiles, dont les coûts d'investissements techniques demeurent moindres, qui offrent l'avantage d'être disponibles immédiatement, et sont même parfois largement subventionnés.

1. SOLEIL, VENT, ÉNERGIES À RETROUVER ?
Des éoliennes aux environs de Bangkok produisent de l'énergie pour les pompes chargées de l'irrigation. © Marc Bournof - IRD

2. MARCHÉ À UDAIPUR, RAJASTHAN, INDE
Produire localement et de saison permet de réduire considérablement les coûts énergétiques.
© Rémi Le Bastard/INRA

3. CULTIVER DES CARBURANTS ?
Les Etats-Unis et le Brésil sont les principaux producteurs de bio-éthanol à partir de maïs et canne à sucre. La mobilisation des terres pour la production de ces biocarburants suscite polémique au regard des besoins en terre nourricière pour faire face à la demande.
© Nelson Almeida / AFP

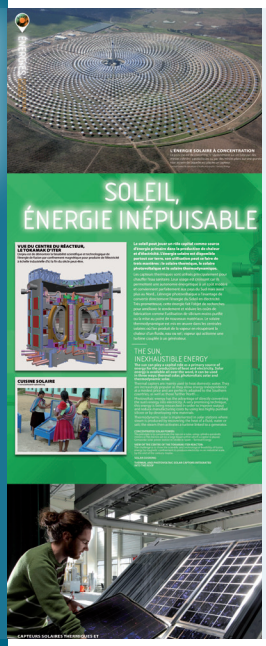
P11 - AGRICULTURE AND ENERGY

Developing sustainable agriculture in the large producer countries would, amongst other things, reduce the consumption of synthetic fertilizer and phytosanitary products and control the energy consumption of agricultural machinery. How can we help emerging countries develop their agricultural production?
Whether it be with an aim to protect the environment, create energy independence, or competitive pricing in the mid term, it would of course be better to encourage the use of renewable energy.
However, in this case we are faced with the problem of "unfair competition" from fossil fuels as their technical investment costs remain lower, they have the advantage of being immediately available and are sometimes even highly subsidised.

1. A NEW APPROACH TO SUN AND WIND ENERGY?
Wind turbines around Bangkok produce energy for irrigation pumps. © Marc Bournof - IRD

2. URBAN VEGETABLE GARDENS
Local seasonal production makes it possible to reduce energy costs.

3. CULTIVATING FUELS ?
The United-States and Brazil are the main producers of bio-ethanol from corn and sugar cane. Attributing land to the production of these biofuels leads to controversy regarding the need for fertile land to satisfy the demand. © Nelson Almeida / AFP



P12 – SOLEIL, ÉNERGIE INÉPUISABLE

Le soleil peut jouer un rôle capital comme source d'énergie primaire dans la production de chaleur et d'électricité. L'énergie solaire est disponible partout sur terre, son utilisation peut se faire de trois manières : le solaire thermique, le solaire photovoltaïque et le solaire thermodynamique.
Les capteurs thermiques sont utilisés principalement pour chauffer l'eau sanitaire. Leur usage est croissant car ils permettent une autonomie énergétique à un coût modéré et conviennent parfaitement aux pays du Sud mais aussi plus au Nord...
L'énergie photovoltaïque a l'avantage de convertir directement l'énergie du Soleil en électricité. Très prometteuse, cette énergie fait l'objet de recherches pour améliorer le rendement et réduire les coûts de fabrication comme l'utilisation de silicium moins purifié ou la mise au point de nouveaux matériaux.
Le solaire thermodynamique est mis en œuvre dans les centrales solaires où l'on produit de la vapeur en récupérant la chaleur d'un fluide, eau ou sel ; vapeur qui actionne une turbine couplée à un générateur.

1. L'ÉNERGIE SOLAIRE À CONCENTRATION.
Le principe est de concentrer le rayonnement sur un tube par des miroirs cylindro-paraboliques ou par des miroirs plans sur une grande tour au sein de laquelle est placée un capteur.
Centrale solaire de Gemasolar à Séville en Espagne – Torresol Energy

2. VUE DU CENTRE DU RÉACTEUR, LE TOKAMAK D'ITER
L'enjeu est de démontrer la faisabilité scientifique et technologique de l'énergie de fusion par confinement magnétique pour produire de l'électricité à échelle industrielle d'ici la fin du siècle peut-être.

3. CAPTEURS SOLAIRES THERMIQUES ET PHOTOVOLTAÏQUES INTÉGRÉS EN TOITURE
P.Avavian/CEA - INES Chambéry

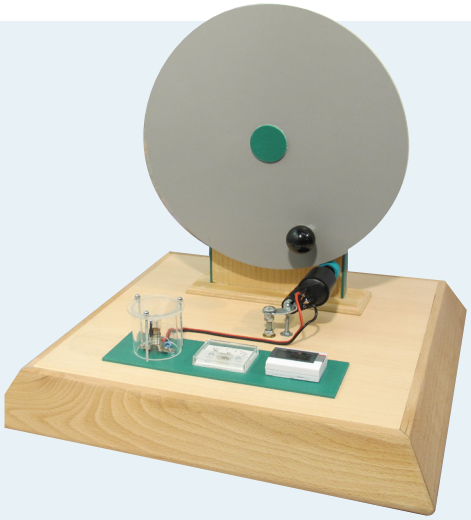
P12 - THE SUN, INEXHAUSTIBLE ENERGY

The sun can play a capital role as a primary source of energy for the production of heat and electricity. Solar energy is available all over the word, it can be used in three ways: thermal solar, photovoltaic solar and thermodynamic solar.
Thermal captors are mainly used to heat domestic water. They are increasingly popular as they allow energy independence at a modest price and are perfectly adapted to the Southern countries, as well as those further North…
Photovoltaic energy has the advantage of directly converting the sun's energy into electricity. A very promising technique, this energy is being researched in order to improve output and reduce manufacturing costs by using less highly purified silicon or by developing new materials.
Thermodynamic solar is implemented in solar stations where steam is produced by recovering the heat of a fluid, water or salt; the steam then activates a turbine linked to a generator.

1. CONCENTRATED SOLAR POWER.
The principle is to concentrate the rays on a tube, using cylindro-parabolic mirrors or flat mirrors set on a large tower within which a captor is placed. Gemasolar solar power station in Seville in Spain – Torresol Energy

2. VIEW OF THE CENTRE OF THE TOKAMAK ITER REACTOR
The challenge is to show the scientific and technological feasibility of fusion energy by magnetic confinement to produce electricity on an industrial scale, by the end of the century maybe.

3. THERMAL AND PHOTOVOLTAIC SOLAR CAPTORS INTEGRATED INTO THE ROOF
P.Avavian/CEA - INES Chambery



PRODUIRE DES ÉNERGIES

Principe :
À partir de l'énergie musculaire on produit de l'énergie mécanique, électrique, calorifique...
Sous forme d'un disque que l'on fait tourner et qui entraîne une « dynamo » reliée à une ampoule et un voltmètre, une sonde de température mesure la température de l'ampoule.

PRODUCING ENERGY

Concept:
From muscular energy we produce mechanical, electrical, thermal… energy.
This is demonstrated by rotating a disc, which activates a « dynamo » connected to a bulb and a voltmeter, a temperature probe measures the temperature of the bulb.

Faîtes tourner le disque plus ou moins rapidement, que se passe-t'il ?

Lorsque vous mettez le disque en rotation il entraîne une dynamo, dans celle ci, à l'aide d'aimants et de bobinages, on crée un courant électrique. Ce courant alimente une ampoule qui produit un rayonnement lumineux mais aussi de la chaleur. L'ensemble de ce dispositif utilise et transforme l'énergie sous différentes formes. L'énergie musculaire, chimique, qui vous a servi à tourner le disque est devenue de l'énergie mécanique, elle a produit de l'électricité qui a créé un rayonnement électromagnétique, la lumière, mais aussi de la chaleur : énergie calorifique. Généralement lorsque l'on transforme de l'énergie la production de chaleur est inévitable mais alors considérée comme la forme la plus dégradée de l'énergie. Dans le calcul du rendement elle est retranchée de la production utile, pour une voiture par exemple l'énergie utile, qui sert à déplacer les passagers du véhicule, représente à peine 15% de l'énergie produite par la combustion du carburant.

À partir de l'énergie musculaire on produit de l'énergie mécanique, électrique, calorifique...
Sous forme d'un disque que l'on fait tourner et qui entraîne une « dynamo » reliée à une ampoule et un voltmètre, une sonde de température mesure la température de l'ampoule.

Make the disc turn faster or slower, what happens?

When you make the disc rotate it drives a dynamo; an electric current is created with the help of magnets and windings inside the dynamo. This current lights a bulb, which produces light rays as well as heat. The whole system uses and transforms energy in different forms.
Muscular, chemical energy that you used to turn the disc was transformed into mechanical energy, it produced electricity that created electromagnetic radiation, light as well as heat: calorific energy. Generally when we transform energy, the production of heat is inevitable but it is then considered the most degraded form of energy. When calculating output, it is deducted from the efficient production, in the case of a car for example, the efficient energy that serves to transport the passengers in the vehicle, represents barely 15% of the energy produced by the fuel combustion.

LA DIVERSITÉ DE L'ÉNERGIE

Principe :
Présentation de la conversion d'une forme d'énergie en une autre. Des cartes représentent des moyens inventés pour passer d'une énergie à une autre dans ses actions sur la matière. Exemples : pile électrique, moteurs, cuisson des aliments...

ENERGY DIVERSITY

Concept:
Showing the conversion of one form of energy to another.
Cards show the different means invented to shift from one type of energy to another, depending on the way it affects matter. Examples: electric battery, motors, cooking food…

Ces cartes représentent des moyens que nous avons pour passer d'une forme d'énergie à une autre. Placez les sur le tableau de façon à faire correspondre l'énergie mise en œuvre et le résultat obtenu.

Nous utilisons l'énergie sous différentes formes que l'on caractérise par leur action sur la matière : - mécanique quand il y a mise en mouvement ou modification d'un déplacement - calorifique quand on chauffe - chimique quand on modifie les liaisons entre les molécules ou les atomes - électrique si on crée un déplacement d'électrons...
L'utilisation d'énergie et sa transformation est indispensable à la vie et dans toutes nos activités. Nous avons inventé beaucoup d'appareils qui nous permettent de passer d'une forme à une autre. L'amélioration du rendement de ces transformations a toujours été le moteur de l'innovation.

	Énergie chimique	Énergie calorifique	Énergie mécanique	Énergie électrique
Transformation chimique	X	A - Cuisson, réaction de Maillard	A - Percussion de l'amorce d'une cartouche	A - Électrolyse de l'eau
Chaleur	A - Flamme de cuisinière à gaz	X	B - Frottement des mains	B - Convecteur électrique
Mouvement	B - Moteur à explosion	B - Machine à vapeur	X	C - Moteur électrique
Électricité	C - Pile électrique	C - Effet thermo-électrique, effet Seebeck	C – Dynamo	X

These cards represent the different means at our disposal to switch from one type of energy to another. Place them on the picture so that the energy employed corresponds to the result obtained.

We use energy in different forms, we characterise it according to the action it has on matter. When something is set in motion or the movement is altered, we call it mechanical energy, calorific/thermal when we heat something, chemical when we modify the connections between molecules or atoms, electrical if we create a movement of electrons…
In our lives and in all our activities we are constantly using and transforming energy. The use of energy and its transformation is indispensible for life and in all our activities. We have invented a large number of mechanisms that allow us to switch from one form to another. Improved output has always been the motivation for innovation.

	Chemical energy	Calorific/thermal energy	Mechanical energy	Electrical energy
Chemical transformation	X	A - Cooking, Maillard reaction	A - Piercing the cap of a cartridge	A - Water electrolysis
Heat	A - Flame of a gas cooking range	X	B -Rubbing hands together	B - Electrical convector
Movement	B - Internal combustion engine	B - Steam engine	X	C - Electric motor
Electricity	C - Electric battery	C - Thermo electrical effect, Seebeck effect	C – Dynamo	X

À LA SOURCE DES ÉNERGIES

Principe :
Maquette d'un paysage avec différentes sources d'énergie en situation (hydraulique, éolienne, solaire, biomasse, géothermie, pétrole, nucléaire...). Il faut les identifier, les reconnaître, sont-elles renouvelables ?

ENERGY SOURCES

Concept:
A model representing a landscape with different sources of energy in situ (hydraulic, wind turbine, solar, biomass, geothermal, oil, nuclear…). They have to be identified and recognised; are they renewable ?

Identifiez les sources d'énergies dans ce paysage. Lesquelles sont renouvelables, que fournissent-elles ? de l'électricité, de la chaleur...

Il paraît difficile de se passer des énergies fossiles pétrole, gaz, charbon ou minerais fissibles avant des décennies. Mais les besoins de l'humanité impliquent des risques, des coûts et des pollutions insupportables.
Les énergies renouvelables, non polluantes, sont des ressources inépuisables et bien réparties dans le monde. Moins puissantes et irrégulières, il faut les associer en réseau, mais un gros effort de recherche reste nécessaire.

1- Barrage hydro-électrique, fournit de l'électricité à l'aide de turbines et d'alternateurs, la première des énergies renouvelables.
2- Biomasse, fournit de la chaleur à partir de sous produits agricoles, énergie renouvelable.
3- Biogaz, le méthane peut servir de carburant ou produire de la chaleur. on l'obtient par fermentation de fumier ou de déchets agricoles, énergie renouvelable.
4- Panneaux photovoltaïque, fournit de l'électricité grâce au Soleil, énergie renouvelable.
5- Centrale thermodynamique solaire, en concentrant le rayonnement Solaire fournit de la chaleur qui produit de l'électricité à l'aide de turbines et d'alternateurs, énergie renouvelable.
6- Éolienne, fournit de l'électricité grâce au vent, énergie renouvelable.
7- Géothermie profonde, fournit de la chaleur qui peut produire de l'électricité en utilisant la chaleur interne de la Terre, chaleur due aux éléments radioactifs présents dans la croute terrestre, considérée comme énergie renouvelable
8- Centrale Nucléaire, à l'aide d'éléments radioactifs d'origine minière, fournit de la chaleur qui produit de l'électricité à l'aide de turbines et alternateurs, énergie non renouvelable, les ressources en uranium sont assez limitées.
9- Pompe à pétrole, fournit différents produits pétroliers, carburants, gaz, qui ont de multiples utilisations, production de chaleur et d'électricité, utilisation dans l'industrie chimique, énergie non renouvelable surexploitée.

Identify the sources of energy in this landscape.
Which are renewable, what do they provide? electricity, heat…

It would seem difficult to do without fossil energy: oil, gas, coal or fissile minerals, at least for several decades yet. Humanity's needs, however, involve risks, costs and unbearable pollution. Renewable, non-polluting energies are inexhaustible resources, well distributed over the world. Less powerful and irregular, they need to be associated through networks, but a lot of research still needs to be carried out.

1- Hydro-electric dam: produces electricity using turbines and alternators, the main source of renewable energy.
2- Biomass: provides heat using agricultural by-products, renewable energy.
3- Biogas: provides gas that can also serve as fuel or produce heat by fermenting manure or agricultural products, renewable energy.
4- Photovoltaic panels: provide energy using the sun, renewable energy.
5- Thermodynamic solar station: concentrates solar rays to provide heat that produces electricity using turbines and alternators, renewable energy.
6- Wind turbine: produces electricity from the wind, renewable energy.
7- Deep geothermal energy: provides heat that can produce electricity by using the heat contained within the earth, this heat comes from radioactive elements present in the earth's crust, considered a renewable energy.
8- Nuclear Power station: uses radioactive elements of mineral origin, provides heat, which produces electricity with the help of turbines and alternators, non renewable energy, uranium resources are fairly limited.
9- Oil pump: provides different oil-based products, fuels, gas, which have multiple uses, production of heat and electricity, used in the chemical industry, over exploited non-renewable energy.

QUI PRODUIT LES RESSOURCES ÉNERGÉTIQUES ? QUELS SONT LES PAYS QUI CONSOMMENT LE PLUS ?

Principe : Carte simplifiée des grandes régions économiques de la Terre, représentation des ressources par différentes couleurs superposées, représentation de la consommation par d'autres tiges de différentes longueurs. L'ensemble de ces tiges sont à enficher sur la carte à la bonne place, les bonnes réponses sont cachées sous un volet.

WHO PRODUCE THE RESSOURCES? WHO CONSUMES THE MOST ENERGY?

Concept: A simplified map of the Earth's main economic regions; resources are represented by different superposed colours; consumption is shown by rods of different lengths. All these rods are to be placed on the map, in the right place; the correct answers are hidden under a flap.

Qui a les ressources pour produire de l'énergie ? Qui en consomme le plus ?
Ces tiges représentent le niveau de consommation des grandes régions du monde (en vert) et les réserves, connues et disponibles, selon ce code de couleur :

gaz : bleu **pétrole : rouge** **charbon : noir** **uranium : Jaune**

Essayez de les mettre à leur place, merci de les retirer quand vous avez terminé.

Quelques indices :
le Moyen-Orient n'a pas d'uranium, l'Europe, l'Amérique du Nord possèdent essentiellement du charbon. la Russie et les pays de la Communauté d'états Indépendants (CEI) possèdent certainement les plus importantes réserves comparés à l'Amérique du Sud et à l'Afrique.

Les réserves en pétrole, gaz, charbon et uranium sont inégalement réparties sur Terre et cette inégalité est parfois à l'origine de conflits entre les pays. Ces réserves sont difficiles à estimer, mais ne sont pas infinies et ne sont pas renouvelables à l'échelle de la vie de l'homme.

Depuis l'ère industrielle, nous avons déjà fortement prélevé sur ces ressources, limitant ainsi nos capacités énergétiques pour les années à venir. Aujourd'hui encore la consommation par habitant reflète la différence entre pays riches et industrialisés et pays en voie de développement.

Who has the resources to produce? Who consumes the most energy?
These rods show the consumption levels in the main regions of the world (green) and the available reserves according to the colour code

gas :blue **oil : red** **coal : black** **uranium : yellow.**

Try to position them in the right places, please remove them when you have finished.

Which region has high levels of reserves, who consumes the most? A few clues:
the Middle East has no uranium, Europe and North America mainly have coal, Russia and the Commonwealth of Independent States (CIS) certainly have the most plentiful resources as compared to South America and Africa.

The oil, gas, coal and uranium reserves are unequally spread over the Earth, and this inequality is sometimes a source of conflict between countries. It is difficult to evaluate the levels of these reserves, but they are not infinite and are non renewable on the scale of a human life. Since the beginning of the industrial era, we have already drawn largely on these reserves, thus limiting our energy capacity for the coming years. Even today the consumption per capita reflects the difference between rich, industrialised countries and developing countries.

L'EFFET DE SERRE

Principe : Expérience sous la forme d'un petit globe terrestre maintenu à une température supérieure à la température ambiante par une ampoule, on mesure sa température à l'aide d'un thermomètre infrarouge mais une demi sphère transparente peut s'interposer. Que signifie la différence de température si on imagine que le plastique agit comme l'atmosphère ?

GREENHOUSE EFFECT

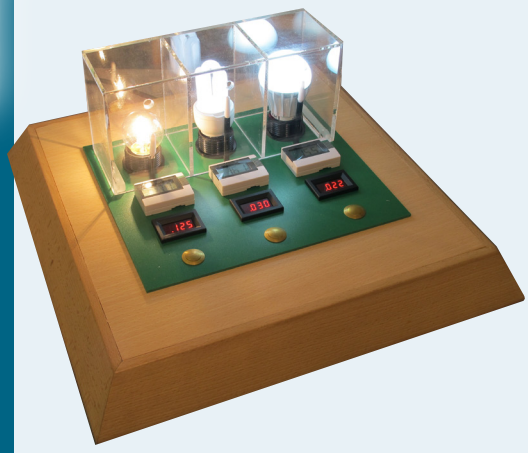
Concept : Experiment that takes the form of a small terrestrial globe, maintained at a higher temperature than the surroundings, by means of a bulb. We measure the temperature using an infrared thermometer, but a transparent half sphere can be interposed. What does the difference in temperature signify if we imagine that the plastic acts as the atmosphere.

Mesurez depuis l'espace la température de la surface de ce globe terrestre -(maintenu plus chaud que son environnement)- avec ou sans son « atmosphère ».
La demi sphère matérialisant l'atmosphère peut basculer sur son axe. Que constatez vous ?

Le jour la surface de la Terre et l'atmosphère sont chauffées par le rayonnement du soleil. La valeur moyenne sur l'année du flux de chaleur reçu dans les couches hautes de l'atmosphère est de l'ordre de 340 W/m^2, un tiers environ arrive sur le sol, à comparer aux 0,06 W/m^2 dus à la désintégration des éléments radioactifs cause de la chaleur interne de la Terre
Si la Terre ne se refroidissait pas la température augmenterait continuellement. La Terre évacue sa chaleur par rayonnement infrarouge vers l'espace, mais une partie de ce rayonnement est absorbé et renvoyé en partie vers le sol par les gaz présents dans l'atmosphère. Principalement par la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone (CO_2), c'est l'effet de serre. Sans cet effet la température moyenne au sol serait de -18 °C, alors qu'elle est de 15 °C.
Ici le plexiglass opaque au rayonnement infrarouge bloque la chaleur du globe, si le globe était complètement couvert il serait beaucoup plus chaud.

From space, measure the temperature of the surface of this terrestrial globe – it is maintained at a higher temperature than its surroundings – with or without its « atmosphere ». The half sphere that represents the atmosphere can turn on its axis. What do you notice?

In the daytime the Sun's rays heat the atmosphere and the surface of the Earth.
The average value of the heat flux received over the year, in the higher layers of the atmosphere, is in the region of 340 W/m^2, about a third of this reaches the ground. In comparison, the disintegration of radioactive elements that create the Earth's internal heat represents only 0,06 W/m^2.
If the Earth did not have a means of cooling itself, the temperature would be continually rising. Earth evacuates its heat through infra-red rays sent out towards space, but a part of these rays are absorbed by the gasses present in the atmosphere mainly by water vapour and Carbon dioxide (CO_2), this is the greenhouse effect. Without this effect, the average temperature at ground level would be -18 °C while it is actually 15 °C.
Here the Plexiglas, which is opaque to infrared rays, blocks the globes heat, if the globe were completely covered it would be much hotter.



L'INNOVATION POUR AMÉLIORER LES RENDEMENTS

Principe : Manipulation sur l'éclairage avec des ampoules à incandescence, fluorescente et à LED.Les ampoules sont reliées à des temporisations, le courant est mesuré ainsi que la température de l'ampoule.

INNOVATION TO IMPROVE OUTPUT

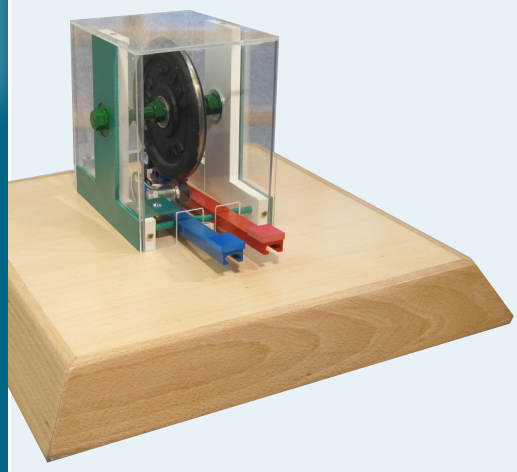
Concept : Experiment on lighting using incandescent, fluorescent and LED bulbs. The bulbs are connected to delay mechanisms; we measure the quantity of current and the temperature of the bulb.

Appuyez sur les boutons pour allumer ces lampes dont la luminosité est équivalente, une ampoule incandescente halogène, une fluorescente et une à diode LED.
Laquelle consomme le moins de courant électrique ? qu'indiquent les thermomètres ?

Les ampoules halogènes sont une amélioration des lampes à incandescence, elles possèdent un filament mais également un gaz (halogène) qui limite l'évaporation du filament et son dépôt sur le verre. Elles conservent ainsi leur luminosité durant leur durée de vie. Leur consommation électrique est forte elles produisent beaucoup de chaleur.
Les lampes fluorescentes émettent de la lumière grâce à une poudre qui recouvre les parois du tube et émet de la lumière visible sous l'action du rayonnement ultraviolet quelles produisent. Les longs tubes fluorescents connus depuis longtemps sont identiques, on les a repliés et miniaturisés. Ces lampes consomment beaucoup moins de courant, émettent peu de chaleur mais la qualité de la lumière n'est pas très bonne, il leur manque des couleurs !
Les lampes à LED sont récentes et elles sont encore très coûteuses. Elles consomment peu d'électricité, ont une très grande durée de vie, mais la puissance lumineuse est encore assez faible et la qualité de la lumière n'est pas très bonne. De grandes améliorations sont attendues, ce sera peut-être l'éclairage de demain.

Press the buttons to light these lamps that all have the same luminosity, an incandescent halogen, a fluorescent and a LED (Light Emitting Diode).
Which of them consumes the least electrical current? What are the thermometers for?

Halogen bulbs are an improvement on incandescent lamps, they have a filament as well as a gas (halogen) which limits the evaporation of the filament and its deposits on the glass. They thus retain their luminosity throughout the duration of their lives. They consume high amounts of electricity and produce a large amount of heat.
Fluorescent lamps emit light using a powder, which covers the surface of the glass through the action of the ultra violet rays they produce. These lamps consume far less current, emit little heat but provide light of a poor quality, they lack colour!
LED lamps are recent and are still very expensive. They consume little electricity, have a very long life but the power of the luminosity they produce is still quite low and the light quality is not very good. Vast improvements are expected, this may be the lighting of the future.
In order to deal with the energy transition, the rarefaction of fossil energies and increase in costs, the first step is to consume less, choosing the right lighting can help!



COMMENT STOCKER L'ÉNERGIE

Principe : Dispositif de stockage par volant d'inertie. Un disque métallique est mis en rotation par l'intermédiaire d'un petit moteur, un dispositif permet de reprendre une partie de l'énergie stockée sous forme d'énergie cinétique dans la rotation du disque, reconvertie en électricité à l'aide d'un petit générateur.

HOW DO WE STORE ENERGY?

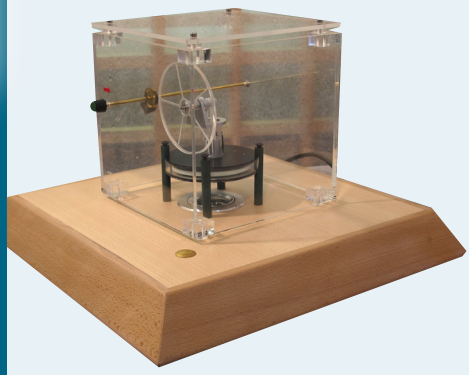
Concept : Storage device using a flywheel. A metallic disc is set in rotation by means of a small motor. Using the device it is possible to capture a part of the energy stored in the form of kinetic energy in the rotation of the disc; this energy is then converted into electricity with the help of a small generator.

Mettez en rotation le volant d'inertie en appuyant sur le levier rouge, attendre quelques secondes qu'il soit en rotation rapide, relâcher le levier. Le volant va rester en rotation assez longtemps.
Si vous voulez récupérer une partie de l'énergie stockée appuyez sur le levier vert, cela va ralentir le volant mais la génératrice va alors alimenter la led jaune. Connaissez vous d'autres moyens pour stocker l'énergie ?

Grâce au charbon et au pétrole nous disposons de sources d'énergie sous forme solide, liquide, ou gazeuse, toutes faciles à stocker. Mais nous utilisons aussi beaucoup l'électricité, dans les industries, le transport, ou à la maison.
L'électricité est assez facile à produire mais ne se stocke pas sans un changement de nature. Il faut la convertir, en remontant l'eau des barrages, la mettre sous forme chimique dans les piles et les batteries, ou avec des moyens moins commun, ici en énergie cinétique dans le volant en rotation, mais aussi sous forme d'air comprimé ou de chaleur dans un sel fondu.

Make the flywheel rotate by pressing the red lever, wait a few seconds until it is rotating rapidly, release the lever. The flywheel will continue to rotate for a while. If you want to recover part of the energy, press the blue lever momentarily, this will slow down the flywheel, but the generator will now run the yellow LED.

With coal and oil we have access to energy sources in a solid, liquid or gaseous form, all of them are easy to store. However we also use large amounts of electricity in industry, transport or at home. Electricity is quite easy to produce but cannot be stored without transforming its nature. It needs to be converted, by raising water in dams, putting it into cells and batteries in a chemical form, or using less common means, here, it is converted into kinetic energy in the rotating flywheel, but it can also be converted into compressed air or heat.



AUGMENTER LE RENDEMENT, LA COGÉNÉRATION

Principe : Exemple d'un moteur Stirling utilisant une source de chaleur « perdue ». La base de ce moteur, capable de fonctionner avec une différence de température assez faible, est éclairée par une ampoule halogène de 50 watts, après 4 ou 5 minutes, la première fois, il pourra être mis en fonctionnement à l'aide d'un dispositif de lancement. L'éclairage s'éteint, le moteur Stirling continue à tourner.

INCREASING OUTPUT, COGENERATION

Concept : Example of a Stirling motor that uses a source of « wasted heat ». This motor can run on a fairly low temperature difference, its base is lit by a 50 Watt halogen lamp. After 4 or 5 minutes the motor can be turned on, with the help of a starting device the first time. The lamp goes off, the Stirling motor continues to run.

Appuyer sur le bouton pour allumer la lampe, elle produit une chaleur qui sera suffisante, après 5 ou 6 minutes, pour mettre en fonctionnement le moteur Strirling placé au dessus. L'énergie étant assez faible il est nécessaire de l'aider au démarrage à l'aide du bouton, donnez une impulsion en tournant dans le sens de la flèche.

L'intérêt du moteur stirling est de fonctionner à partir d'une source d'énergie externe, contrairement aux moteurs dit à « explosion » ou la combustion se fait dans le moteur à partir d'essence ou de gazole. Le principe du moteur Strirling n'est pas très différent de celui de la machine à vapeur, l'augmentation de volume d'un gaz, ici l'air, fait bouger un piston dans le tube en verre, ensuite il faut refroidir le gaz (la face noire du dispositif) pour faire redescendre le piston. Ce moteur n'est pas destiné à produire de fortes puissances mais il peut fonctionner avec des différences de températures assez faibles. Beaucoup de processus de production d'énergie ont un rendement à améliorer, l'utilisation de la chaleur « perdue » permet d'y arriver. C'est la cogénération qui consiste à produire, à partir d'une énergie primaire combustible, deux énergies secondaires comme une énergie mécanique ou électrique et une énergie thermique. Le rendement peut être important et atteindre 95 %.

Press the button to light the lamp, it also produces heat, which after 5 to 6 minutes will be sufficient to make the Stirling motor above function. As the energy is quite low, to help start it, turn the button in the direction indicated by the arrow.

The Stirling motor is useful as it functions using an external energy source, unlike so-called « explosion » motors where the combustion takes place inside the motor using petrol or diesel. The Stirling motor functions on a principle similar to the steam engine: increasing the volume of a gas, air in this case, makes the piston in the glass tube move, then the gas has to be cooled (the black side of the mechanism) to make the piston move down again.
This motor is not designed to produce high levels of power, but it can function with relatively low temperature differences.
A number of energy production processes need to improve their output, this can be done by using the « wasted » heat. This is cogeneration, which is the production of two secondary energies like mechanical or electrical energy and thermal energy, from a primary fuel energy. The output can be high and reach 95%.

DE L'HYDROGÈNE DANS NOS VOITURES

Principe : La voiture à hydrogène, (production de l'hydrogène - transport - stockage – utilisation)
Basée sur une maquette du commerce, une pile électrique permet en quelques secondes de fournir suffisamment d'hydrogène pour que la voiture, dont le déplacement est limité et protégé, puisse rouler.

HYDROGEN IN OUR CARS

Concept : The hydrogen car (hydrogen production – transportation – storage –usage).
Based on a commercial model, an electrical battery takes just a few seconds to provide sufficient hydrogen for the car to run; it has a limited and protected capacity for movement.

Appuyer sur le bouton pendant quelques secondes pour produire de l'hydrogène par décomposition (électrolyse) de l'eau sous l'effet du courant électrique.
Le gaz produit alimente une pile à combustible installée dans la voiture, utilisez la télécommande pour la faire avancer ou reculer.

Les premiers véhicules utilisaient des animaux comme « moteur », le fardier de Cugnot n'a pas eu un grand succès mais la locomotive à vapeur a permis le transport massif des marchandises et des hommes. L'électricité a aussi été utilisé mais l'essence et le gas oil sont bien plus faciles à stocker, on en a oublié que les ressources n'étaient pas illimitées.
La pile à combustible pourrait fournir l'électricité de demain à nos véhicules, nos maisons, nos portables... Elle produit de l'électricité à partir de l'hydrogène, qu'il faut produire et stocker, et de l'oxygène présent dans l'air.
Reste à résoudre les derniers problèmes scientifiques et techniques pour faire de l'hydrogène un vecteur d'énergie fiable et à un coût raisonnable.

Press the button for a few seconds to produce hydrogen by decomposition (electrolysis) of the water using an electric current. The gas produced runs a fuel cell installed in the car, use the remote control to make it move backwards or forwards.

The first vehicles used animals as their « motors », Cugnot's steam dray was not very successful but the steam engine made it possible to transport goods and people on a large scale. Electricity was used too, but petrol and diesel are much easier to store, we have forgotten that these resources are not unlimited.
The fuel cell could provide tomorrow's electricity for our vehicles, our houses, our mobile phones… it produces electricity from hydrogen, which needs to be produced and stored and from oxygen present in the air. The final scientific and technical problems need to be resolved in order to make hydrogen a vector of reliable energy at a reasonable price.

ÉNERGIE, RÉDUIRE LES FUITES !

Principe : Expérience sur les isolants, différents matériaux sont proposés : verre, bois, laine de bois, métal, terre... Il est proposé de les toucher et de s'interroger sur les raisons de leur apparente différence de température.

ENERGY, STOP WASTAGE!

Concept : Experiment on insulating materials, different materials are proposed: glass, wood, wood wool, metal, earth… The idea is to touch them and ask questions abut the apparent differences in temperature.

Touchez ces éléments. Bien qu'ils soient à la même température certains vous paraissent chaud d'autres plus froids, pourquoi ?

La pierre, le verre ou le métal sont bons conducteurs de la chaleur, elle se diffuse rapidement d'où la sensation de froid ; le bois, les matériaux qui immobilisent beaucoup d'air sont isolants, la chaleur reste en surface.
Notre corps a besoin d'être maintenu à 37 degrés Celsius pour rester en vie, l'énergie que nous prélevons dans nos aliments nous permet de nous activer, de penser, de réguler cette température. De la même façon nous cherchons à maintenir nos lieux de vie, habitations, bureaux et ateliers à la « bonne température ».
Plus de 50 % de la dépense énergétique des bâtiments est faite par le chauffage ou (et) la climatisation. Le choix des matériaux, les normes, les techniques de construction évoluent pour faire baisser cette consommation. Cette recherche doit être étendue à l'ensemble de l'impact des bâtiments sur leur environnement comme dans les écoquartiers, et pour mettre en œuvre le concept de ville durable.

Touch these elements. Although they are at the same temperature, some feel hot, others colder, why?

Stone, glass or metal are good conductors of heat, it is rapidly diffused producing a sensation of coldness; wood or materials that trap a large amount of air, are insulating, the heat remains at the surface.

Our body needs be maintained at a temperature of 37°Celsius for us to stay alive, the energy from our food, which we use, allows us to be active, to think and regulate this temperature.
In the same manner, we try to maintain the spaces we live in: homes, offices and workshops, at the « right temperature ».

Over 50% of the energy consumption in buildings goes into heating or (and) air conditioning.
The choice of materials, norms as well as building techniques are evolving in order to bring down this consumption. Broader research is required to study the overall impact of buildings on their environment as well as to implement the concept of a sustainable town. Research is actively being carried out in eco areas.

ÉNERGIE, QUEL TRAVAIL !

Principe : Comparaison énergie utilisée / travail effectué (traction animale, tracteurs).
Une balance sur le plateau de laquelle on pose une maquette de tracteur récent, ancien, ou d'un cheval avec charrue. Le cadran de la balance est remplacé par un graphisme où l'aiguille de la balance indiquera la surface moyenne travaillée par jour selon la nature du terrain.

ENERGY, WHAT A LOT OF WORK!

Concept: A comparison between energy used/work accomplished (animal traction, tractors).
We place a model of a horse and plough or a tractor, new or old in the pan of a weighing scale. The face of the weighing scale has been replaced by a graphic so the needle of the scale shows the average surface worked per day, depending on the type of terrain.

Comparez la surface travaillée par un agriculteur selon les outils utilisés, la valeur s'affiche sur la balance.

L'homme seul à une puissance assez faible, à peine le dixième de celle d'un cheval, l'outil, bien adapté, permet de compenser en partie cette faiblesse. Les hommes ont ainsi inventé beaucoup d'outils. L'énergie des animaux a été très longtemps utilisée que ce soit pour les transports ou l'industrie, et reste encore très employée dans l'agriculture.
Les tracteurs, de plus en plus puissants, qui utilisent les carburants issus du pétrole ont totalement transformés l'agriculture. Pour cette agriculture l'après pétrole sera peut-être la production locale de bio-carburants ou un retour de l'animal ?
On n'a pas encore vu de tracteur avec un moteur électrique.

Surface labourée en are par jour.
Sol léger / Sol moyen / Sol lourd

Compare the surface worked by a farmer depending on the tools employed, the value is indicated on the weighing scale.

Man alone is not very powerful, he has barely a tenth of a horse's power, well-adapted tools help compensate for this weakness to some extent. For this reason men invented a large number of tools. Animal energy has been in use for a long time, it was used for transport or industry and still remains widely used in agriculture. Increasingly powerful tractors that use fuel produced from oil, have totally transformed agriculture. For this type of agriculture, the post oil period may be marked by local production of bio-fuels or a return to working animals. We have not seen an electric tractor yet.

PRODUIRE AVEC LE SOLEIL

Principe : Maquette de maison avec capteur photovoltaïque, équipé d'un régulateur et d'une batterie fonctionnant réellement. Un voltmètre placé en sortie du capteur permet de constater l'influence de la variation d'éclairement.

PRODUCING WITH THE SUN

Concept: Model of a house with a photovoltaic panel, equipped with a regulator and a functioning battery. A voltmeter positioned at the panel output makes it possible to note the effect of variations in the intensity of the lighting.

Voici les éléments de base d'une installation solaire photovoltaïque, mais il y a d'autres façons de profiter de cette énergie gratuite.
Faites la nuit en éteignant le Soleil avec le bouton noir... et le jour avec l'autre bouton.

Le Soleil est notre première source d'énergie renouvelable, le bois que nous brûlons, l'eau qui actionne les turbines, le vent qui souffle sur les éoliennes nous restituent une part de cette énergie qu'ils ont capturée. Seuls l'énergie géothermique et le nucléaire ne dépendent pas du rayonnement solaire.
La surface du Soleil émet dans l'espace 6 450 watts par cm2, pas plus de 0,09 à 0,12 watt arrivent sur chaque cm2 du sol terrestre. Cela représente quand même 180 000 milliards de kW sur l'ensemble de la Terre.
Nos besoins toujours croissants en énergie doivent nous inciter à mieux profiter de cette ressource. Capteurs à eau, cellules photovoltaïques, architecture passive, four solaire... aujourd'hui les outils pour récupérer cette énergie deviennent performants et sont peu polluants.

1 capteur photovoltaïque
2 régulateur de charge
3 batterie de stockage
4 utilisation régulée
5 tension en sortie du capteur

Attention la lampe est très chaude !

Here are the basic elements required for a photovoltaic solar installation, but there are also other means of using this freely available energy.

The sun is our main source of renewable energy, the wood we burn, the water that runs the turbines, the wind that blows over the wind turbines, provide us with a part of this energy they have captured. Only geothermal and nuclear energy are not dependent on the suns rays.
The surface of the sun emits 6 450 watts per cm2 into space, no more than 0.09 à 0.12 watt reach each cm2 of the earths surface. This still represents 180 000 billion kW over the whole of the earth's surface. The constantly increasing energy needs should incite us to use this resource more efficiently. Water captors, photovoltaic cells, passive architecture, solar ovens… today the tools that enable us to capture this energy are increasingly efficient and create little pollution.

Photovoltaic panel
Regulator
Battery

Be careful, the lamp is very hot !

ÉNERGIES, POUR UN MONDE DURABLE

Fiche-Etat détaillée de l'exposition

Energies, pour un monde durable
Institut Français – Centre•Sciences

Montage le : Démontage le :	
Dates d'exposition :	Adresse :
Lieu :	

Établi par : Signature :	Pour Centre•Sciences : Signature :

Centre•Sciences. 72, faubourg Bourgogne. 45ooo Orléans. Tel : 02 38 77 11 06, Fax : 02 38 77 11 07
centre.sciences@wanadoo.fr

Panneaux textes	Manipulations
P0 : Titre	
P1 : L'énergie ?	**1 – Produire des énergies**, 2 lutrins
P2 : L'énergie à notre service	**2 – La diversité de l'énergie**, 12 cartes, 2 lutrins
P3 : Géopolitique et stabilité	**3 – A la source des énergies**, 2 lutrins
P4 : Une priorité, lutter contre les inégalités	**4 – Qui a les ressources pour produire ? Qui consomme le plus d'énergie ?**, 14 tiges, 2 lutrins
P5 : La révolution énergétique ?	**5 – L'effet de serre**, 2 lutrins
P6 : La recherche, pour une transition durable	**6 – L'innovation pour améliorer les rendements**, 2 lutrins
P7 : Énergies renouvelables !	**7 – Comment stocker l'énergie**, 2 lutrins
P8 : Accès à l'énergie, les réseaux intelligents	**8 – Augmenter le rendement, la cogénération**, 2 lutrins
P9 : Des transports innovants	**9 – De l'hydrogène dans nos voitures**, eau déminéralisée 2 lutrins
P10 : Un habitat économe	**10 – Énergie, réduire les fuites !**, 2 lutrins
P11 : Agriculture et énergie	**11 – Énergie, quel travail ! ,** une balance et trois boites avec maquette, 2 lutrins
P12 : Soleil, énergie inépuisable	**12 – Produire avec le soleil**, 2 lutrins

Exposition interactive réalisée par Centre•Sciences
avec le concours des organismes de recherche :
BRGM, CEA, CNRS, INRA, Université d'Orléans et Tours,
avec le soutien de l'Institut Français.
Avec le soutien du Ministère des Affaires étrangères et européennes et de l'Institut Français

Graphisme : Benoit Matrion, Orléans-France
Traductions : Institut Français en Inde et Hilda Becerril, Ambassade de France au Mexique
Crédits photos : AFP, Photothèque CEA, CNRS, IRD, INRA, CraTERRE, Fotolia, Stocklib, Dontpanic - Wikimedia…
Pour la version interactive :
Impression : API, Saint Denis-en-Val, France
Maquettes : Centre•Sciences

Interactive exhibition created by the Centre•Sciences with the collaboration of the following research organisations : BRGM, CEA, CNRS, INRA, University of Orleans and Tours, supported by the Institut Français.

Design: Benoit Matrion, Orleans-France
Translations: Institut Français in India and Hilda Becerril, Embassy of France in Mexico.
Photo Credits: AFP, Photo libraries CNRS, CEA, Fotolia, IRD, INRA Photo library, Stocklib, United Nations, NASA, BRGM, Look at science, …
For the interactive version:
Printing: API, Saint Denis-en-Val, France
Models: Centre•Sciences