



Énergie & Climat

Remerciements

Nous remercions tous ceux qui ont permis la réalisation de ce document, pour leurs conseils, leurs apports documentaires et les relectures, et plus particulièrement :

- **Sylvain CHIRAT**, Chargé de missions Sensibilisation / Événementiel à l'ALE
- **Sylvain GODINOT**, Responsable du pôle Energies / Climat / Information et Sensibilisation à l'ALE
- **Thierry MANCEAU**, Responsable des projets d'éducation et de formation à HESPUL
- **Naomi LEBEGUE**, Chargé de mission à HESPUL - Éducation / programmes européens
- **Pierre CREPEAUX**, Chargé de mission « Plan Climat » au Grand Lyon
- **Olivier MARTEL**, Chargé du plan d'éducation au développement durable, Service stratégie d'agglomération du Grand Lyon
- **Claire WANTZ**, Chargée de mission énergie, Service stratégie d'agglomération du Grand Lyon



PRÉAMBULE

L'ÉDUCATION AU DÉVELOPPEMENT DURABLE DANS L'AGGLOMÉRATION LYONNAISE

Après deux chartes d'écologie urbaine, la communauté urbaine de Lyon avec son plan de mandat, a inscrit la mise en œuvre d'un agenda 21 exemplaire, désormais réalisé, avec un chapitre « concerter, communiquer, éduquer au développement durable ».

Aujourd'hui, l'agenda 21 local du Grand Lyon est voté, ainsi qu'un **plan local d'éducation au développement durable**, coordonnant les partenaires internes et externes du Grand Lyon, et téléchargeable sur le site www.grandlyon.com.

Les axes de l'éducation au développement durable sur le Grand Lyon proposés sont l'éducation au territoire, l'éducation à la citoyenneté et l'éducation tout au long de la vie.

Les services impliqués du Grand Lyon poursuivent des actions dans ce domaine, seuls ou avec différents partenaires :

- Soit en impulsant des projets (exemple des plans de déplacements domicile-école avec une formation sur les jardins pédagogiques, une autres sur la mise en œuvre de plans de déplacements domicile-école, une formation « éducation à l'environnement » avec le Centre National de la Fonction Publique Territoriale Rhône-Alpes, ou sur les achats écoresponsables dans les écoles ; des formations régulières d'enseignants ou d'animateurs se déroulent régulièrement (formation sur l'efficacité énergétique avec l'Inspection Académique du Rhône, formation énergie pour les conseillères en économie sociale et familiale avec les centres sociaux d'oullins et ouverts à d'autres centres sociaux...).
- Soit par la création d'outils pédagogiques en lien avec les bénéficiaires, par exemple :
 - **Le Passeport écocitoyen** et le logiciel Terragônes, calculateur de l'empreinte écologique, à destination des classes de cycle 2 (CE2, CM1, CM2) élaboré par l'Inspection d'académique du Rhône et le Grand Lyon.
 - **Un CDRom éducatif** sur les risques majeurs conçu avec la Région Rhône-Alpes, le SPIRAL, la DRIRE, le Grand Lyon.
 - **Un kit pédagogique** sur le tri des déchets : outil réalisé par la Direction de la Propreté.
 - **Des classes arbres et paysages**, avec la Direction de la Voirie et son service arbres et paysages...
- Soit par les créations de sentiers pédagogiques « Nature », ou de circuits pédagogiques à thème par l'intermédiaire de partenaires (un circuit pédagogique à la station d'épuration de Pierre-Bénite par la Direction de l'Eau, un autre sur le tri des déchets avec Véolia à Rillieux-la-Pape,...).
- Soit en finançant par des fonds de concours, des mairies ou des syndicats mixtes, par une approche d'éducation au territoire.

La Communauté urbaine de Lyon a également impulsé et finance des équipements, seule ou avec des partenaires institutionnels, œuvrant en éducation à l'environnement (Maison Rhodanienne de l'Environnement, Grand Moulin de l'Yzeron, centre d'initiation à la nature de Francheville, propriété du Grand Lyon et géré par la M.R.E., un Centre d'initiation à la nature à Grigny géré par le SMIRIL, sentiers pédagogiques « Nature » et des projets en cours de création (centre de pédagogie « Eau et Nature » des Allivoz au Parc de Miribel-Jonage...).

En complément, le Grand Lyon vote un soutien à une trentaine d'associations, pour l'accompagnement des politiques communautaires, qui s'appuie d'une part, sur la mise en œuvre du plan d'éducation au développement durable du Grand Lyon, et d'autre part, sur la charte de la participation du Grand Lyon.

La relation entre la Communauté urbaine de Lyon et des acteurs locaux d'éducation au développement durable est formalisée par une convention, en particulier pour les associations (Acocité/éducation à l'environnement sonore, Agence locale de l'Énergie, Arthropologia (biodiversité), APIEU Mille Feuilles(éducation aux déplacements et à l'environnement sonore), CORA Rhône (oiseaux), Artisans du Monde et Equisol Rhône-Alpes (commerce équitable), FRAPNA Rhône, HESPUL(énergies), Naturama, OIKOS (écoconstruction), Passe-jardins, Côté jardins, Péniche Val du Rhône, Pignon sur Rue/la ville à Vélo, Robins des Villes (éducation à la ville), Association Départementale d'éducation pour la santé (Santé environnementale), Science et Art (ethnopédagogie), la Maison du fleuve Rhône, le Mouvement National de Lutte pour l'environnement (en particulier sur les risques), des centres sociaux engagés vers un développement durable (Champvert-Lyon 9 et Oullins)...

Les publics bénéficiaires sont :

- Des acteurs du social (structures de quartiers, accueils collectifs de mineurs, maisons de retraites, conseils de quartiers...)
- Des scolaires (écoles primaires essentiellement) La pédagogie de projet est encouragée, conformément à la charte d'éducation à l'environnement de l'Académie de Lyon et aux circulaires du Ministère de l'Éducation Nationale (2004 puis 2007) généralisant l'éducation au développement durable.
- Du grand public pour les événements écoresponsables valorisant les projets pédagogiques de l'année.

Plus globalement, l'UNESCO a lancé la décennie de l'éducation en vue du développement durable (2005-2014).

Le vice-président du Grand Lyon,
Chargé du plan d'éducation au développement durable
Bruno CHARLES

Contact technique :

Chargé du plan d'éducation au développement durable du Grand Lyon, **Olivier MARTEL**
omartel@grandlyon.org

SOMMAIRE

A. L'HOMME ET LES ENERGIES

A1. L'histoire de l'énergie de la Préhistoire à nos jours	06
A2. Le lien entre énergie et développement	10
A3. Les politiques publiques énergétiques	10
A4. L'énergie et ses enjeux environnementaux : climat, pluies acides, marées noires, déchets radioactifs...	12
A5. Un indice du poids des activités humaines sur la terre : l'empreinte écologique	13
A6. Une démarche pleine d'espoir : la démarche « negawatt »	14

B. CONNAISSANCES

B7. Définition : L'énergie c'est quoi ?	15
B8. Les 2 grands principes thermodynamiques : la conservation et la dégradation de l'énergie	15
B9. Les différentes formes d'énergie	15
B10. De l'énergie brute à l'énergie utile : les rendements et les stades de conversion de l'énergie	15
B11. Les principaux usages de l'énergie	

B12. Les différentes sources d'énergie	17
---	----

12.1. Les énergies fossiles (ou énergies de stock)	19
12.1.1. <i>Le charbon</i>	19
12.1.2. <i>Le pétrole et le gaz naturel</i>	20
12.1.3. <i>L'uranium</i>	21

12.2. Les énergies renouvelables	21
12.2.1. <i>Qu'est-ce qu'une énergie renouvelable ?</i>	21
12.2.2. <i>L'énergie solaire</i>	21
12.2.3. <i>L'énergie solaire photovoltaïque</i>	22
12.2.4. <i>L'énergie solaire thermique</i>	23
12.2.5. <i>La biomasse</i>	24
12.2.6. <i>Le bois énergie</i>	24
12.2.7. <i>Le biogaz : production de méthane</i>	25
12.2.8. <i>Les agrocarburants</i>	26
12.2.9. <i>L'énergie hydraulique</i>	26
12.2.10. <i>L'énergie éolienne</i>	27
12.2.11. <i>La géothermie</i>	28

B13. La Qualité Environnementale des Bâtiments	29
---	----

B14. Maîtrise de l'énergie et efficacité énergétique	30
---	----

C. RÈGLEMENTATION

C15. Évolution de la réglementation	31
--	----

C16. La réglementation au quotidien	31
--	----

16.1. <i>Origine des étiquettes énergie</i>	31
16.2. <i>La réglementation thermique des bâtiments</i>	32
16.3. <i>Les aides pour les installations d'énergies renouvelables ou d'économies d'énergie</i>	32
16.4. <i>Tarifs d'achat d'électricité renouvelable</i>	32
16.5. <i>Changer de fournisseur d'énergie ou devenir producteur</i>	33

D. ACTIONS DU GRAND LYON ET DE SES PARTENAIRES

D17. Le contexte	33
-------------------------	----

17.1. <i>L'Agenda 21 du Grand Lyon</i>	33
--	----

17.2. <i>Le Plan Climat du Grand Lyon</i>	33
---	----

17.3. <i>Le Plan d'Éducation au Développement Durable</i>	34
---	----

D18. Les animateurs de projets pédagogiques 35**18.1. ALE Lyon** 3518.1.1. *Présentation générale* 3518.1.2. *Objectifs* 3518.1.3. *Activités/thématiques développées* 35**18.2. HESPUL** 3518.2.1. *Présentation générale* 3518.2.2. *Objectifs* 3518.2.3. *Activités/thématiques développées* 35**18.3. Oikos** 3618.3.1. *Présentation générale* 3618.3.2. *Objectifs* 36**D19. Projets et actions pédagogiques** 36**19.1. Avec des établissements scolaires** 3619.1.1. *Démarche de projet sur un territoire* 3619.1.2. *Animations ou Classes « énergie-climat-habitat »* 3719.1.3. *L'étiquette énergie et l'afficheur* 38**19.2. Avec des structures de loisirs et de quartiers** 3819.2.1. *Centres d'accueil collectif de mineurs* 3819.2.2. *Centres sociaux – Enquêtes des consommations d'électricité avec les familles* 3819.2.3. *Les travailleurs sociaux et la précarité énergétique* 39**D20. Circuits et outils pédagogiques locaux** 39**20.1. Sites remarquables sur le Grand Lyon** 3920.1.1. *Le barrage de Cusset : aux origines de l'hydroélectricité lyonnaise* 3920.1.2. *Le Musée Ampère* 3920.1.3. *Un site d'exploration sur l'énergie solaire : l'installation « Soleil Marguerite »* 3920.1.4. *Au cœur de Lyon, un lycée équipé en solaire : la Martinière Terreaux* 40**20.2. Outils dédiés à l'éducation à l'énergie** 4120.2.1. *Expositions* 4120.2.2. *Jeux et maquettes* 4220.2.3. *Brochures à distribuer* 43**20.3. Outils conçus par l'Inspection Académique et le Grand Lyon** 4320.3.1. *« Passeport Éco-citoyen »* 4320.3.2. *Logiciel « Terragones » d'éducation à l'empreinte écologique* 43**E. RESSOURCES PÉDAGOGIQUES****E21. Les Structures pédagogiques de référence** 4421.1. *Locales ou régionales* 4421.2. *Nationales* 44**E22. Des pistes et des idées** 4422.1. *Des établissements en démarche de développement durable* 4422.2. *Calcul de son empreinte énergétique* 4522.2.1. *Estimer ses consommations d'énergie à la maison* 4522.2.2. *Établir son bilan carbone* 4522.2.3. *Les métiers du développement durable* 4522.3. *Des animateurs et des animations* 4522.3.1. *Fiches Kyoto in the home* 4722.3.2. *Livret sur l'énergie électrique et solaire* 4722.3.3. *Le jeu « Écoville »* 4722.4. *Pédibus : en marche vers l'école* 4722.4.1. *Les lignes existantes* 4722.4.2. *Les fiches Pédibus du Grand Lyon* 4722.4.3. *Accompagnement pédagogique personnalisé* 4822.5. *Sélection d'outils en français* 4822.6. *Sites internet* 49**E23. Les structures techniques de référence** 5023.1. *Régionales* 5023.2. *Nationales* 50

A. L'HOMME ET LES ÉNERGIES

A1. L'histoire de l'énergie de la Préhistoire à nos jours

Depuis son apparition et jusqu'à aujourd'hui, l'homme a utilisé différentes sources d'énergie pour satisfaire ses besoins.

PRÉHISTOIRE : 2 millions d'années à 4000 avant JC

L'homme préhistorique utilise sa propre énergie pour travailler et chasser. Il utilisera ensuite l'énergie musculaire des animaux pour l'aider dans ses tâches quotidiennes.

Avec la maîtrise du feu, il y a 500 000 ans, l'Homo Erectus peut se chauffer, cuire ses aliments, vaincre les ténèbres et même se défendre.

4000 av. J.C. :
Le combustible bois sert à chauffer des minerais pour en extraire des métaux, à façonner des outils, des armes et à faire cuire des poteries.

LE MOYEN AGE de 476 à 1453 ans après J.C.

L'usage du moulin à vent se répand au Nord-Ouest de l'Europe **au XI^e siècle**.

En Europe, **au XII^e siècle** : le charbon fait son apparition et est utilisé pour le chauffage et dans les forges, pour travailler le métal.

Au début du siècle, le charbon représente 94% de la consommation mondiale d'énergie hors bois.

LA RENAISSANCE de 1454 à 1600 ans après J.C.

C'est l'époque des premières pénuries d'énergie. Le bois utilisé jusqu'alors comme combustible et « matériau à tout faire », commence à manquer en Angleterre. L'utilisation des cours d'eau est disputée entre ceux qui les exploitent pour faire fonctionner les moulins et ceux qui s'en servent pour le transport.

ANTIQUITÉ : 4000 av. JC à 476 après JC.

3000 ans avant J.C. :
Les bateaux à voiles font leur apparition.

1700 ans avant J.C. :
Apparition des premiers moulins à vent.

450 ans avant J.C. :
Premières utilisations du gaz naturel pour la cuisine par les rois de Perse.

Environ 300 ans avant J.C. :
Les romains inventent le plancher chauffant, en faisant circuler de l'eau chaude sous leurs maisons.

Au premier siècle avant J.C. :
Les romains utilisent la force du courant d'une rivière pour faire tourner une roue à aubes entraînant une meule qui écrase le grain pour faire de la farine.

Vers l'an zéro :
Les Chinois utilisent le charbon et le gaz pour la cuisson, pour s'éclairer et se chauffer.

Au XVII^e et XVIII^e siècle

Au XVII^e siècle : les moulins à marées se développent sur les façades occidentales de l'Europe.

1765 : l'ingénieur écossais James Watt construit les premiers moteurs à vapeur capables d'actionner toutes sortes de machines.

1770 : le savant français Joseph Cugnot construit un engin roulant à la vapeur et fonctionnant au bois : le « fardier »

À la fin de ce siècle : le pharmacien Antoine Lavoisier perfectionne la lampe inventée par le Suisse Aimé Argand. Cette lampe à pétrole va être le tremplin de lancement des usages du pétrole.

En 1800 : l'Italien Alexandro VOLTA invente la première pile électrique en mettant en contact des rondelles de cuivre et de zinc séparées par des cartons imbibés d'eau salée.

1821 : le savant anglais Michael FARADAY complète les expériences d'Ampère en construisant le premier « générateur de courant électrique », c'est le début de la dynamo.

1843 : le physicien anglais James Prescott JOULE étudie les relations entre chaleur, électricité et travail mécanique. Il établit ainsi le concept moderne d'énergie.

1803 : l'ingénieur anglais Richard TREVITHICK réalise la première locomotive à vapeur haute pression. C'est la première fois que le charbon est utilisé comme énergie motrice dans un moyen de transport.

1827 : le Français Marc SEGUIN, invente la chaudière à vapeur.

1945 à 1973 : période dite des « 30 glorieuses » la consommation d'énergie par habitant double, c'est le début de « l'ère de l'électroménager ». Les usages du pétrole et du gaz sont de plus en plus répandus.

1963 : mise en service à Chinon dans l'Indre-et-Loire de la première centrale nucléaire française à l'uranium naturel.

Le 6 octobre 1973 éclate la 4^e guerre israélo-arabe. En 3 mois, les prix du pétrole augmentent de 70%, la croissance mondiale des consommations de pétrole stoppe : c'est le premier choc pétrolier !

1896 : découverte de la radioactivité par le Français Henri Becquerel suite à des expériences avec de l'uranium.

1956 : en France, à Marcoule dans le Gard, le CEA : Commissariat à l'Énergie Atomique, produit pour la première fois de l'électricité à partir de l'énergie nucléaire.

1966 (4 janvier) : explosion et incendie de la raffinerie de Feyzin (Rhône) qui fait 18 morts.

1974 : la station orbitale SKYLAB 1 produit son électricité en déployant pour la première fois dans l'espace des panneaux solaires photovoltaïques.

1946 : le gouvernement français prend le contrôle des moyens de production d'énergie avec la nationalisation des compagnies privées d'électricité (création d'EDF/GDF).

1960 : création de l'Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole (OPEP).

1974 : en France, le coup d'envoi est donné pour la construction de 13 centrales nucléaires.

Au XIX^e siècle

1859 : débute en Amérique l'exploitation industrielle du pétrole : c'est la ruée vers l'or noir. Cette source d'énergie est utilisée pour faire fonctionner les premiers moteurs à explosion.

1875 : les chercheurs américains Thomas EDISON et anglais Joseph SWAN mettent au point la lampe à incandescence.

1879 : l'ingénieur allemand Von SIEMENS fait circuler la première locomotive électrique.

1882 : la première centrale thermique à charbon est construite aux États-Unis et éclaire quelques foyers américains.

1888 : le croate Nikola TESLA construit le premier moteur à induction et contribue à l'adoption du courant alternatif pour les usages domestiques.

1980 : la France lance un second programme nucléaire en vue d'accroître son indépendance vis-à-vis du pétrole.

1979 (septembre) : la guerre Iran-Irak entraîne le second choc pétrolier mondial.

1988 : la fin de la guerre Iran-Irak ramène sur le marché ces deux gros producteurs de pétrole. À cela s'ajoute l'évolution de la population mondiale. La consommation d'énergie augmente de 30%.

2004 (août) : le prix du baril de pétrole atteint près de 50 \$.

Avril 2009 : le baril est redescendu à 50 \$, à cause entre autre de la récession économique mondiale.

Au XX^e siècle

1978 : le pétrolier « Amoco Cadiz » s'échoue au large des côtes bretonnes et 228 000 tonnes de pétrole sont déversées dans l'Océan Atlantique. C'est une des premières « marées noires » de grande ampleur sur nos côtes.

1986 : accident de la centrale nucléaire de Tchernobyl en Ukraine qui fera des milliers de victimes directes et indirectes.

1986 : la baisse des prix du pétrole le remet sur le marché et les campagnes de maîtrise de l'énergie sont arrêtées en France.

1992 : création de l'ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

1999 (décembre) : le naufrage du pétrolier « Erika » au large des côtes bretonnes provoque une marée noire avec le déversement de plus de 20 000 t de produits pétroliers.

Début 2008 : le baril de pétrole franchit la barre symbolique des 100 \$.

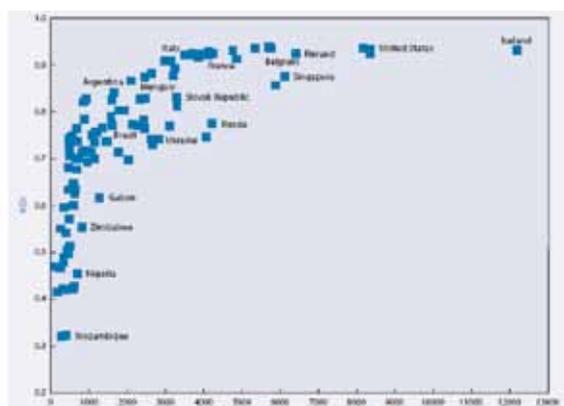
Juillet 2008 : le baril atteint des records en atteignant 145 \$.

A2. Le lien entre énergie et développement

Le développement d'une société se traduit par la satisfaction croissante d'un certain nombre de besoins (alimentation, logement, santé, éducation, mobilité, environnement sain, etc.), qui, pour la plupart, nécessitent une consommation d'énergie, soit par utilisation directe pour certains usages, soit pour permettre la production des biens et des services nécessaires à cette satisfaction : agriculture, élevage, pêche, préparation, conservation et cuisson des aliments ; construction des bâtiments, éclairage, chauffage ou climatisation, construction des infrastructures et des systèmes de transport ; production et transformation des matières premières ; fabrications d'équipements et d'appareils... L'utilisation de l'énergie est ainsi un facteur indispensable du développement économique et social, qui contribue à l'amélioration des conditions de vie par l'accroissement du confort, des facilités de déplacement, la réduction de la pénibilité du travail...

La civilisation industrielle s'est bâtie sur l'utilisation croissante et massive de l'énergie, et jusqu'à un passé récent, les contraintes économiques ou les difficultés d'accès aux ressources énergétiques (contraintes géographiques ou politiques), ont été les seules à limiter la croissance de la production et de la consommation d'énergie. Le développement du secteur énergétique avait pour but de fournir toujours plus d'énergie, pour répondre à une demande dont la croissance ne pouvait être qu'illimitée, comme celle des besoins présumés des populations et de leurs activités économiques, au point qu'aujourd'hui, dans certains pays, les dégâts et les risques liés à l'augmentation de la production et de la consommation d'énergie dépassent les avantages que l'on peut en retirer.

Les consommations d'énergie primaire par habitant sont toujours extrêmement inégales, variant dans un rapport de un à treize selon les régions et les pays, de 0,66 tep par habitant et par an en Afrique, à 7,84 aux Etats-Unis, rapport qui, en vingt-cinq ans n'a quasiment pas évolué (ces valeurs étaient respectivement de 0,6 tep et 8,2 tep en 1973). Cette inégalité est encore plus criante en ce qui concerne les consommations d'électricité qui varient dans un rapport de un à plus de trente.



Indice de développement humain en fonction de l'accès à l'énergie
Source PNUD 2002, rapport mondial sur l'énergie

La courbe est logarithmique

L'indice de développement humain augmente d'abord linéairement avec l'accès à l'énergie (satisfaction des besoins vitaux). Pour les pays déjà industrialisés, on peut avoir une grosse dispersion : un Russe consomme autant d'énergie qu'un Français mais avec une moins bonne qualité de vie alors qu'un Américain consomme le double d'énergie pour la même qualité de vie !

Les marges de choix sont encore importantes

Le bilan énergétique, et donc environnemental de la planète en 2050 n'est pas encore écrit. Il dépendra très largement des modes de développement que vont privilégier les pays en développement, et de la capacité des pays riches à relever les défis du développement durable, à réduire leur besoin en énergie et se tourner vers des sources renouvelables.

A3. Les politiques publiques énergétiques

La satisfaction de nombreux besoins matériels implique une consommation d'énergie et celle-ci doit pouvoir être assurée au moindre coût global pour la société.

En effet, l'énergie revêt, dans la plupart des pays, une grande importance stratégique. Pour les pays exportateurs de combustibles, c'est souvent la principale source de devises. Pour les pays importateurs, ce peut être une cause majeure de déficit de la balance commerciale. Le prix de l'énergie influe donc directement sur les compétitivités des systèmes industriels nationaux et tend à orienter les politiques industrielles vers la promotion de secteurs plus ou moins utilisateurs de l'énergie. Enfin, le risque de ruptures d'approvisionnement pour les pays importateurs d'énergie peut affecter le fonctionnement de leurs économies. Leurs gouvernements ont donc la responsabilité de mettre en place une politique énergétique, l'énergie concourant à la croissance de l'économie et à la qualité de la vie des populations.

L'élaboration de la politique énergétique d'un pays doit s'appuyer sur une connaissance approfondie de la situation passée et existante et de prévisions : ce que l'on appelle un diagnostic énergétique territorial, dont les principaux aspects sont :

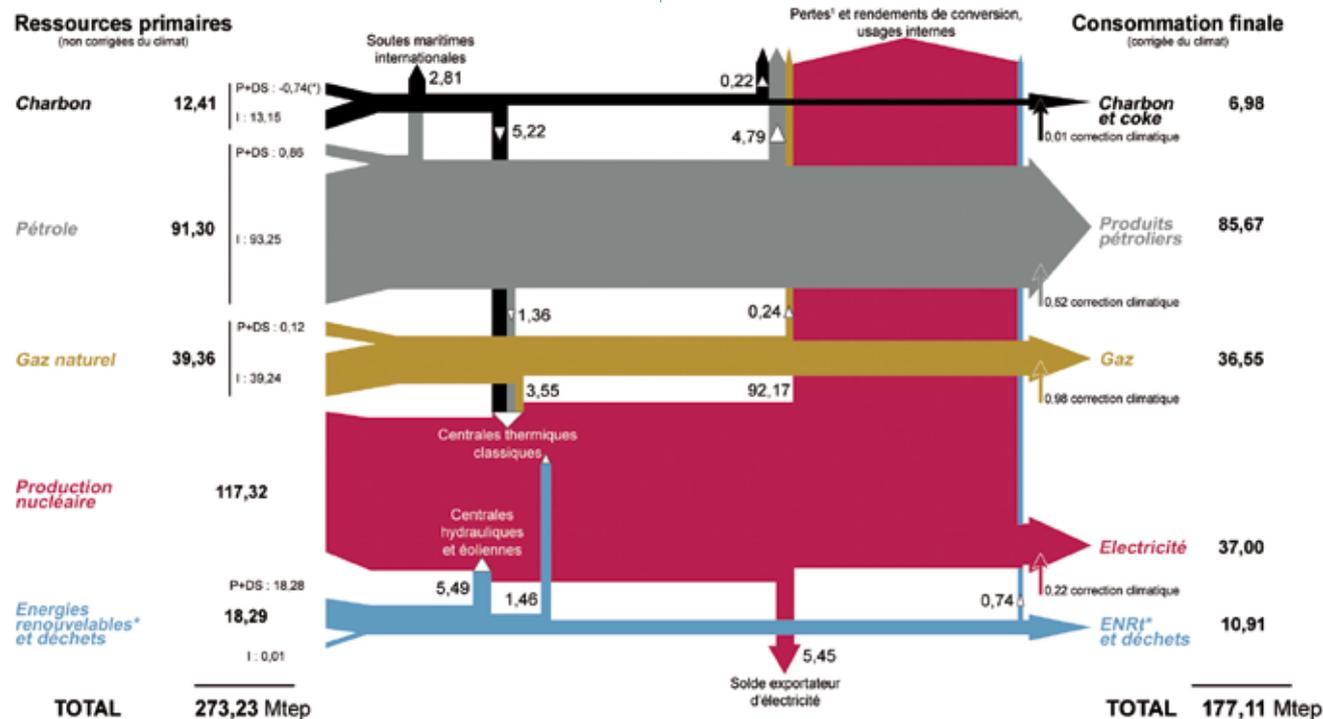
- la place de l'énergie dans l'économie du pays, et notamment sa contribution au développement économique,
- l'importance de la facture énergétique dans la balance des paiements,
- la dépendance énergétique du pays,
- les ressources d'énergie primaire dont dispose le pays,
- le fonctionnement actuel du système d'approvisionnement et de distribution de l'électricité, des produits pétroliers et des autres formes d'énergie,
- la formation des prix et la rationalité du système de tarification,
- les problèmes institutionnels et d'organisation du secteur.

Le cas de la France

La France est un pays très dépendant énergétiquement. Elle importe la quasi totalité de son charbon, gaz, et pétrole, ainsi que son uranium. Si l'on entend souvent dire qu'elle produit 80 % de son électricité par le nucléaire, il faut avoir en tête que ce même nucléaire représente 41% de notre énergie primaire produite, et seulement 17% de l'énergie finale consommée.

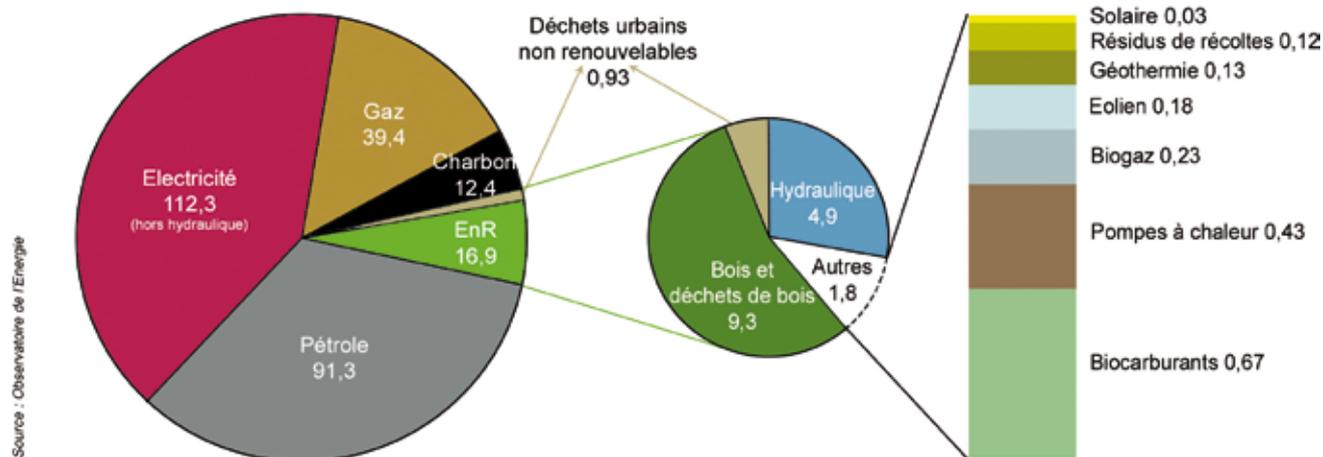
Le schéma ci-dessous illustre ces données :

- Les sources d'énergie primaire sont par ordre d'importance l'uranium (nucléaire) le pétrole, le gaz, les énergies renouvelables et enfin le charbon.
- Leur transformation entraîne énormément de pertes (39% de l'énergie totale consommée) essentiellement en chaleur dans les centrales électriques nucléaires ou fossiles.
- En énergie finale, les produits pétroliers dominent (transports) devant le gaz (chauffage) et l'électricité, puis les énergies renouvelables thermiques (chauffage) et le charbon (chauffage, industrie).



La situation française en 2005
Les transformations de l'énergie en France : de l'énergie primaire à l'énergie finale - Source DGEMP

Part des énergies renouvelables (EnR) dans la consommation totale d'énergie primaire en 2006 en France (Métropole)
Unité : Mtep



Consommation totale d'énergie primaire : 273,2 Mtep
Part des énergies renouvelables dans la consommation totale d'énergie primaire (non corrigée du climat) en 2006 en métropole (en Mtep) - Source DGEMP

Volet climat

Les Français représentent 1 % de la population mondiale mais 2% des émissions de gaz à effet de serre. Dans le cadre du Protocole de Kyoto, la France s'est engagée à ramener en 2008-2012 ses émissions à leur niveau de 1990.

Le gouvernement a rendu public en 2000 le **Programme National de Lutte contre le Changement Climatique**, couvrant les secteurs suivants : industrie, transports, habitat, agriculture et forêts, traitement des déchets, production d'énergie, gaz frigorigènes.

En 2004, la France a adopté son **Plan Climat** pour stabiliser nos émissions à l'horizon 2012 conformément à notre engagement dans le cadre du Protocole de Kyoto, puis à inscrire le pays dans une trajectoire dite de « facteur 4 » c'est à dire diviser par 4 à 5 les émissions de GES d'ici 2050. C'est en effet l'objectif recommandé par les scientifiques du **GIEC : le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat**, créé en 1988 et qui a pour but d'évaluer les informations scientifiques, techniques et socio-économiques disponibles en rapport avec la question du changement climatique.



Juillet 2007 : présentation du **Grenelle de l'environnement** par Jean-Louis Borloo, ministre de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire. Le Grenelle de l'Environnement rassemble pour la première fois l'Etat, les collectivités locales, des Organisations Non Gouvernementales et des représentants des employeurs et des salariés. Il doit servir à mobiliser la société française pour inscrire son développement dans une perspective durable. Il a abouti sur les lois dites « Grenelle » :

- Loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle Environnement, dite « loi Grenelle 1 », adoptée définitivement le 23 juillet 2009 et promulguée le 3 août 2009.
- Le projet de loi « engagement national pour l'environnement », dite « loi Grenelle 2 », adopté en Conseil des ministres le 7 janvier 2009 puis en commission des Affaires économiques du Sénat débattu à l'automne 2009.
- Le paquet de mesures fiscales de verdissement de la loi de finances 2009, dit « Grenelle 3 », adopté le 9 décembre 2008.

Elles sont présentées sur le site officiel du Ministère en charge du développement durable (cf sites Internet en annexe).

A4. L'énergie et ses enjeux environnementaux : climat, pluies acides, marées noires, déchets radioactifs...

Nos modes de production et de consommation d'énergie s'accompagnent de lourds impacts environnementaux. Ces atteintes à l'environnement, à la vie et à la santé humaine, peuvent être classées en plusieurs catégories : pollution des eaux douces et

des mers, pollution atmosphérique, pollution des sols, accidents nucléaires et déchets radioactifs, aggravation de l'effet de serre, destruction de la couche d'ozone, accidents industriels et risques technologiques majeurs, dégradation des forêts et désertification...

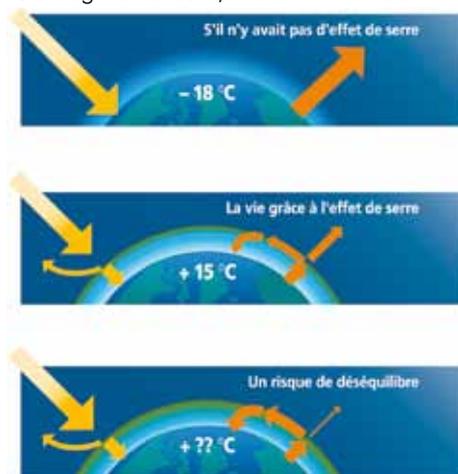
Les sources d'énergie fossiles : pétrole, gaz naturel et charbon polluent les différents milieux

- Lors de l'extraction : il peut y avoir des pollutions atmosphériques, pollutions des eaux et des sols, par suite des stériles non utilisés ou de fuites de puits « off shore ».
- Lors de leur transformation, par exemple au cours des processus de raffinage du pétrole et/ou de cokéfaction, l'atmosphère, les eaux continentales ou marines et les sols peuvent subir des pollutions.
- Lors de leur transport : marées noires, ruptures de pipeline...
- Lors de leur utilisation : les combustions incomplètes polluent essentiellement l'atmosphère et indirectement les eaux et les sols, par dépôts et dissolution; les apports atmosphériques de polluants dans les mers ne sont pas négligeables. Le réchauffement climatique, les pluies acides... font partie des graves conséquences de l'usage de ces sources d'énergie.

Le cas du réchauffement climatique

Si les climats ont fluctué tout au long de l'histoire de notre planète, nous assistons depuis la révolution industrielle à une augmentation des émissions anthropiques de gaz à effet de serre liée aux différentes activités humaines : industrie, agriculture, logement, transports, déforestation... dont la plupart sont très gourmandes en énergies fossiles.

Ces émissions modifient la composition de l'atmosphère et entraînent un réchauffement climatique de plus en plus perceptible. Ainsi, la température moyenne de la Terre a augmenté de 0,6 °C au 20^e siècle.



Source : guide ADEME : « le changement climatique »

Les conséquences de ce réchauffement climatique sont très nombreuses et viennent renforcer les autres atteintes à l'environnement. Les plus prévisibles sont : la montée des eaux, l'augmentation des événements climatiques extrêmes (tempêtes, ouragans, inondation, sécheresse, feux de forêts...), l'appauvrissement de la biodiversité, l'augmentation du nombre de réfugiés

climatiques et des migrations de population...). Au vu de l'inertie des systèmes climatiques, on sait que ce réchauffement et les conséquences associées risquent de durer longtemps, c'est pour cela que s'il l'on doit mettre en place des mesures d'atténuation, au niveau mondial comme au niveau local, il faut aussi travailler sur l'adaptation au changement climatique, qui sera certainement le plus gros défi auquel sera confrontée l'humanité dans les prochaines décennies.

La production d'électricité nucléaire a aussi des impacts environnementaux importants

L'extraction du minerai d'uranium produit en grande quantité des stériles et des résidus, ainsi qu'une quantité importante d'effluents liquides dans lesquels on trouve de la chaux et de l'acide nitrique ou sulfurique. Viennent se rajouter des métaux lourds et des polluants chimiques comme l'arsenic, mais aussi d'autres réactifs chimiques.

Un réacteur nucléaire produit naturellement au cours de son fonctionnement des radionucléides dont une petite fraction est rejetée, après traitement, dans l'environnement sous forme d'effluents liquides ou gazeux. Aux effluents liquides qui contiennent des substances radioactives (tritium, cobalt 60, iode 129, césium 137), il faut ajouter des substances chimiques qui servent à la chloration et à la déminéralisation de l'eau des circuits de refroidissement du réacteur d'une centrale. Parmi les effluents gazeux, on trouve de la vapeur d'eau contaminée par du krypton 85, du xénon 133 et de l'iode 131.

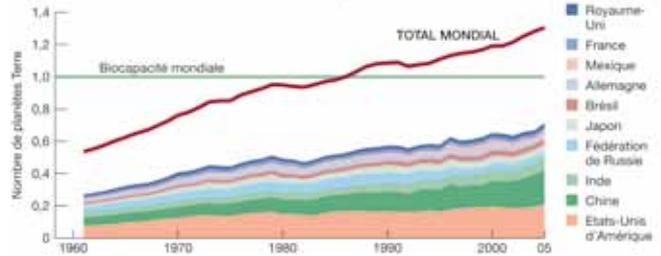
Les centrales nucléaires produisent des dizaines de milliers de tonnes de déchets radioactifs, dont certains sont dangereux pour l'environnement et la santé humaine pour des milliers, voire des millions d'années. Aujourd'hui, il n'existe aucune solution pour éliminer les déchets nucléaires. Seul le temps permet de voir diminuer la radioactivité et il faut donc attendre, jusqu'à plusieurs dizaines de milliers d'années pour le plutonium.

La loi française a privilégié la solution de les enfouir à stockage de grande profondeur dans un futur site en construction. Actuellement, ils sont stockés notamment dans le centre de La Hague. Même si les centrales nucléaires françaises, le transport et le stockage des déchets sont très contrôlés en France, il y a eu des accidents très graves comme à Tchernobyl en Ukraine en 1986 avec plusieurs dizaines de milliers de victimes.

A5. Un indice du poids des activités humaines sur la terre : l'empreinte écologique

L'empreinte écologique est un indicateur qui permet de mesurer l'impact de l'activité humaine sur la planète. Elle est calculée en surface terrestre nécessaire à une population humaine ou à une personne pour assurer son mode de vie et de consommation : habitudes alimentaires, logement, déplacements, fabrication et fourniture de biens et de services, élimination des déchets...

Fig. 24 : EMPREINTE ECOLOGIQUE PAR PAYS, 1961-2005

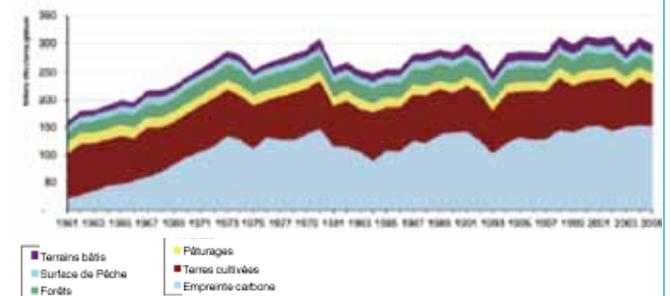


Empreinte écologique mondiale par pays de 1961 à 2005
Source WWF

La planète nous offre une surface biologique productive – ou bio-capacité – qui est constituée des sols et espaces marins. Elle représente environ 2,1 ha par habitant en 2005. La pression que nous exerçons au travers de nos actes quotidiens, en consommant des ressources et en produisant des déchets était en 2005 de 2,7 ha en moyenne au niveau mondial. Cette pression a dépassé la capacité de la terre dans les années 80. En 2005, l'empreinte écologique dépassait de 30% la biocapacité mondiale. Nous vivons donc sur les réserves de la planète et dégradons année après année les ressources disponibles pour les générations futures.

L'empreinte écologique de la France a augmenté de 85% entre 1961 et 2005. Elle représentait 4,9 ha par habitant en 2005.

En France, la part de l'énergie dans l'empreinte écologique n'a cessé de progresser depuis 1961 pour en représenter aujourd'hui plus de la moitié (51% en 2005 pour l'empreinte « carbone »)



Empreinte écologique par composante de la France de 1961 à 2005
Source WWF

En 2003, l'empreinte écologique moyenne d'un habitant du Grand Lyon a été calculée. Elle se situe dans la moyenne française : de l'ordre de 5 hectares de surface terrestre par habitant et par an. Si ce mode de vie était suivi par tous les humains, il nécessiterait la surface de deux planètes Terre et demie ! Plus d'informations : http://www.millenaire3.com/uploads/tx_ressm3/empreinte_eco_01.pdf et pour calculer son empreinte écologique : logiciel « Terragones » disponible sur demande au Grand Lyon.

A6. Une démarche pleine d'espoir : la démarche « negawatt »

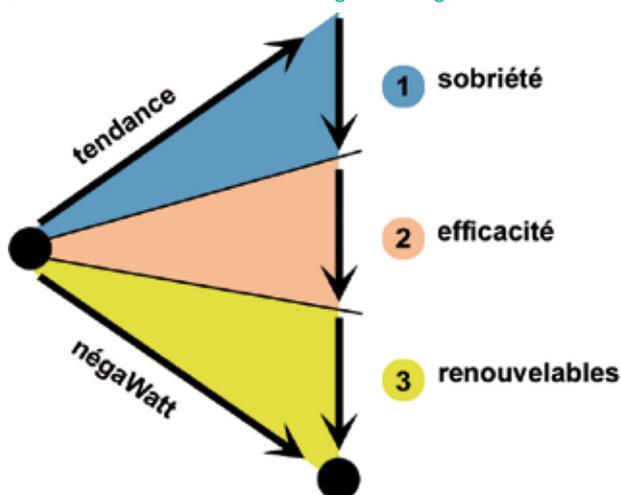
Elle a été développée par l'association Négawatt et se traduit par un slogan: **mieux consommer au lieu de produire plus.**

Fondée en 2002, l'association Négawatt a pour objectif de promouvoir et développer le concept et la pratique « négaWatts » à tous les niveaux de notre société, c'est-à-dire donner la priorité à la réduction à la source de nos besoins en énergie tout en conservant notre qualité de vie. 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 et des êtres humains.

C'est une démarche en trois temps. Elle prône :

- la **sobriété énergétique** dans nos usages individuels et collectifs de l'énergie,
- l'**efficacité énergétique** dans nos équipements et moyens de production,
- un recours affirmé aux **énergies renouvelables**.

(Plus d'informations : www.negawatt.org)



1. La sobriété consiste à supprimer les gaspillages à tous les niveaux : à la maison, au travail, à l'école, dans les transports... Elle passe par la responsabilisation de tous les acteurs de notre société.

2. Il faut réduire le plus possible les pertes lorsqu'on utilise ou transforme l'énergie. Il est possible de réduire d'un facteur 2 à 5 nos consommations avec des technologies performantes.

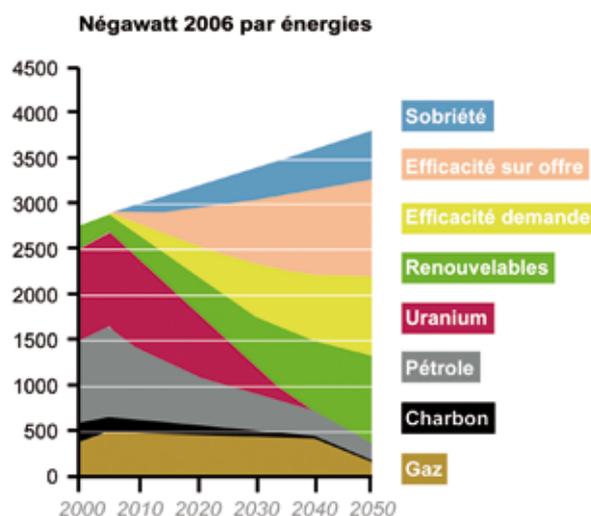
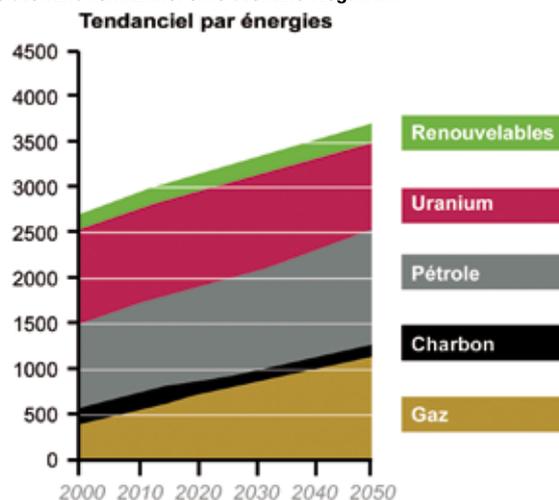
3. Le solde énergétique doit être couvert par les énergies renouvelables. Elles sont inépuisables et leur impact sur l'environnement est faible.

Source : Association Négawatt

De la démarche au scénario prospectif

Que donnerait pour la France, jusqu'à 2050, la généralisation d'une telle démarche ? Deux scénarii, un « tendanciel », prolongeant les grandes tendances observées ces trente dernières années, et un scénario « Négawatt » ont été élaborés pour la France. Tous deux se fondent sur la même hypothèse de croissance démographique (base prospective 2050 INSEE). Ils s'appuient sur des équipements actuellement prouvés ou très probables, sans pari sur une rupture technologique incertaine. Ils ont été construits tous deux par analyse des trois grands usages que sont l'électricité spécifique, la chaleur et la mobilité. Le scénario Négawatt conclut que la France peut diviser par deux sa consommation d'énergie totale et diviser par cinq sa dépendance aux énergies fossiles et nucléaire, prenant ainsi la voie d'une société réellement durable.

Évolution des ressources en énergie primaire entre le scénario tendanciel et le scénario Négawatt :



Source : association Négawatt

Nous verrons dans le chapitre « connaissances » différents exemples de la démarche « Négawatt ».

B. CONNAISSANCES

B7. Définition : L'énergie c'est quoi ?

Étymologiquement, énergie vient du grec « Energeia », qui veut dire : force en action.

Cette définition est large et regroupe plusieurs notions.

Définitions de l'énergie d'après le dictionnaire Larousse

1 - a - Grandeur caractérisant un système et exprimant sa capacité à modifier l'état d'autres systèmes avec lesquels il entre en interaction (unité : le Joule).

1 - b - Chacun des modes que peut représenter un tel système (énergie mécanique, magnétique, nucléaire).

2 - Sources d'énergie : ensemble des matières premières ou des phénomènes naturels utilisés pour la production d'énergie : charbon, hydrocarbures dont pétrole et gaz, uranium, soleil, cours d'eau, marées, vent, etc...

L'énergie mécanique est l'énergie potentielle d'un poids soulevé, d'un ressort comprimé etc... ou l'énergie cinétique d'une masse en mouvement. On distingue aussi les énergies chimique, électrique, nucléaire, calorifique, rayonnante.

3 - L'énergie est un concept de base de la physique car un système isolé a une énergie totale constante. Il ne peut donc y avoir création ou disparition d'énergie, mais seulement transformation d'une forme d'énergie en une autre ou transfert d'énergie d'un système à un autre. Toute conversion d'énergie s'accompagne d'un certain degré de pertes non valorisables. Celles-ci sont particulièrement importantes dans la conversion d'énergie thermique en énergie mécanique. Ainsi, le rendement maximum d'un moteur à explosion d'une voiture est relativement médiocre : de 35% environ pour les moteurs à allumage et de 45% pour les moteurs Diesel à cause des nombreuses pertes : thermiques, mécaniques (frottement), d'écoulement (dans l'admission et l'échappement) ainsi que des pertes dues aux accessoires (pompes d'injection, ventilateur et pompe de refroidissement)...

B8. Les 2 grands principes thermodynamiques : la conservation et la dégradation de l'énergie

Le chimiste français **Lavoisier** (1743-1794) a affirmé un principe très important s'appliquant à l'énergie : **« rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme »**.

Ceci signifie que l'énergie peut changer de forme (mécanique, chimique, thermique...) mais que, lorsqu'elle disparaît d'un réservoir, ce n'est que pour en remplir un autre. Exemple : lors du freinage d'un véhicule, il y a production de chaleur.

B9. Les différentes formes d'énergie

Énergie mécanique

Énergie mécanique : elle est à l'origine ou résulte d'une variation d'énergie potentielle (chute d'eau par exemple) ou cinétique (corps en mouvement).

Énergie chimique

Elle est libérée par une réaction chimique, lente ou rapide, par exemple l'énergie musculaire, suite à la digestion ou la photosynthèse chez les végétaux...

Énergie rayonnante

C'est l'énergie des ondes électromagnétiques, comme le rayonnement lumineux, celui du soleil ou celui d'une ampoule électrique.

Énergie nucléaire

C'est l'énergie fournie par le noyau d'un atome lors de la réaction de fission (dans une centrale nucléaire) ou de la fusion (au sein des étoiles).

Énergie électrique

Elle est créée par une différence de charge électrique entre 2 points.

Énergie thermique

Il s'agit de l'énergie fournie sous forme de chaleur, par exemple lors de la combustion d'un corps.

B10. De l'énergie brute à l'énergie utile : les rendements et les stades de conversion de l'énergie

La plupart des ressources naturelles brutes appelées aussi **énergies primaires** n'étant pas utilisables en l'état, l'homme a créé différents types de convertisseurs permettant de s'en servir. Ce sont les **énergies secondaires**. Il faut ensuite les transporter jusqu'au lieu de consommation : c'est l'**énergie finale** et tenir compte du rendement des appareils de l'utilisateur : **énergie utile**.

L'énergie primaire

Elle correspond aux différentes sources d'énergie disponibles à l'état brut dans la nature, telles les énergies de **stock** : charbon, gaz, pétrole, uranium... ou les énergies de **flux** (=renouvelables) : soleil, eau, vent, biomasse, géothermie.

L'énergie secondaire

L'utilisation des énergies primaires est rare, car dans la plupart des cas, les sources d'énergie brute doivent être transformées pour être mises en œuvre.

Quelques exemples d'énergies secondaires :

- les produits pétroliers issus du raffinage du pétrole brut : supercarburants, gasoil, GPL, fioul domestique, kérosène...
- l'électricité produite dans les centrales nucléaires, thermiques, hydrauliques ou dans les installations d'énergies renouvelables (éoliennes, panneaux photovoltaïques...)
- la vapeur
- l'hydrogène : dans le futur, ce vecteur énergétique, produit à partir d'énergies de stock (gaz naturel, uranium...) ou renouvelables (solaire, biomasse...) pourrait notamment être utilisé dans les transports.

L'énergie finale

L'énergie secondaire, une fois produite, doit être acheminée jusqu'au consommateur.

Il faut donc transporter massivement cette énergie des zones de production à celles de consommation, puis de la redistribuer localement... avec les pertes plus ou moins importantes selon l'énergie et la distance parcourue. L'énergie finale est donc celle qui est facturée aux consommateurs.

L'énergie utile

L'énergie utile est celle qui est réellement fournie par les différents appareils et qui dépend donc de leur rendement (il s'agit donc de l'énergie finale – les pertes des appareils)

La différence entre la consommation d'énergie «**primaire**» et la consommation d'énergie «**utile**» correspond donc aux pertes successives d'énergie : (cf. schéma partie A3) :

- Dans la transformation de l'énergie primaire.
- Dans son transport jusqu'au lieu de consommation (d'où l'intérêt de produire et consommer local).
- Dans l'appareil utilisé par le consommateur (radiateur, ampoule, réfrigérateur...).

Il en découle la notion de rendement énergétique. En effet, pour arriver à une énergie utile, on aura des pertes parfois très importantes, ce qui est le cas par exemple pour un moteur qui, pour créer de l'énergie mécanique, va engendrer de grosses pertes en énergie thermique.

Il en est de même pour une centrale nucléaire qui a un rendement moyen de 33 % ou pour une centrale thermique au gaz ou le rendement atteindra rarement plus 40 %, ce qui signifie que pour une production d'énergie secondaire donnée, l'énergie utile n'est que de 33 ou 40 %.

B11. Les principaux usages de l'énergie

À qui et à quoi sert l'énergie ?

(Source de ce chapitre : site du CLER : Comité de Liaison des Énergies Renouvelables)

1. Des millions d'habitants, d'entreprises et d'organismes publics ou privés se servent d'énergie pour leur vie quotidienne, leur production courante ou leurs services, soit :

- de la chaleur à basse température pour le chauffage et l'eau chaude ;
- de l'électricité pour les appareils les plus variés : électroménager, éclairage, audiovisuel, ordinateurs, ascenseurs, pompes (eau, chauffage, ...), machines courantes pour les productions et les services... ;
- de la force motrice pour les véhicules.

L'énergie consommée pour ces usages augmente sans cesse, surtout pour les déplacements et l'électricité spécifique.

2. Quelques milliers d'entreprises ont des besoins d'énergie pour des process industriels spécifiques :

- hautes températures
- électrolyse
- réactions chimiques...

L'énergie consommée pour ces usages baisse chaque année car les entreprises grosses consommatrices d'énergie accordent une grande attention à ce poste de dépenses et investissent constamment pour le réduire. En définitive, quatre catégories d'usages peuvent être distinguées :

Usages	Total France 2001 : 158,5 MTep
Chaleur à basse température : chauffage, eau chaude	50 MTep
Électricité pour appareils courants : électroménager, informatique, machines	17 MTep
Force motrice pour les transports	50,5 MTep
Process industriels spécifiques : haute température, électrolyse, réactions chimiques	41MTep

Ce tableau montre que ce que l'on appelle le marché de l'énergie doit être fractionné en quatre marchés aux caractéristiques fondamentalement différentes. En effet, en France, l'énergie est abordée uniquement sous l'angle de la production, toujours croissante, sans aucune réflexion entre l'usage du consommateur et la forme d'énergie la mieux adaptée à celui-ci. Cela explique en grande partie des pertes considérables et certaines aberrations comme le chauffage électrique.

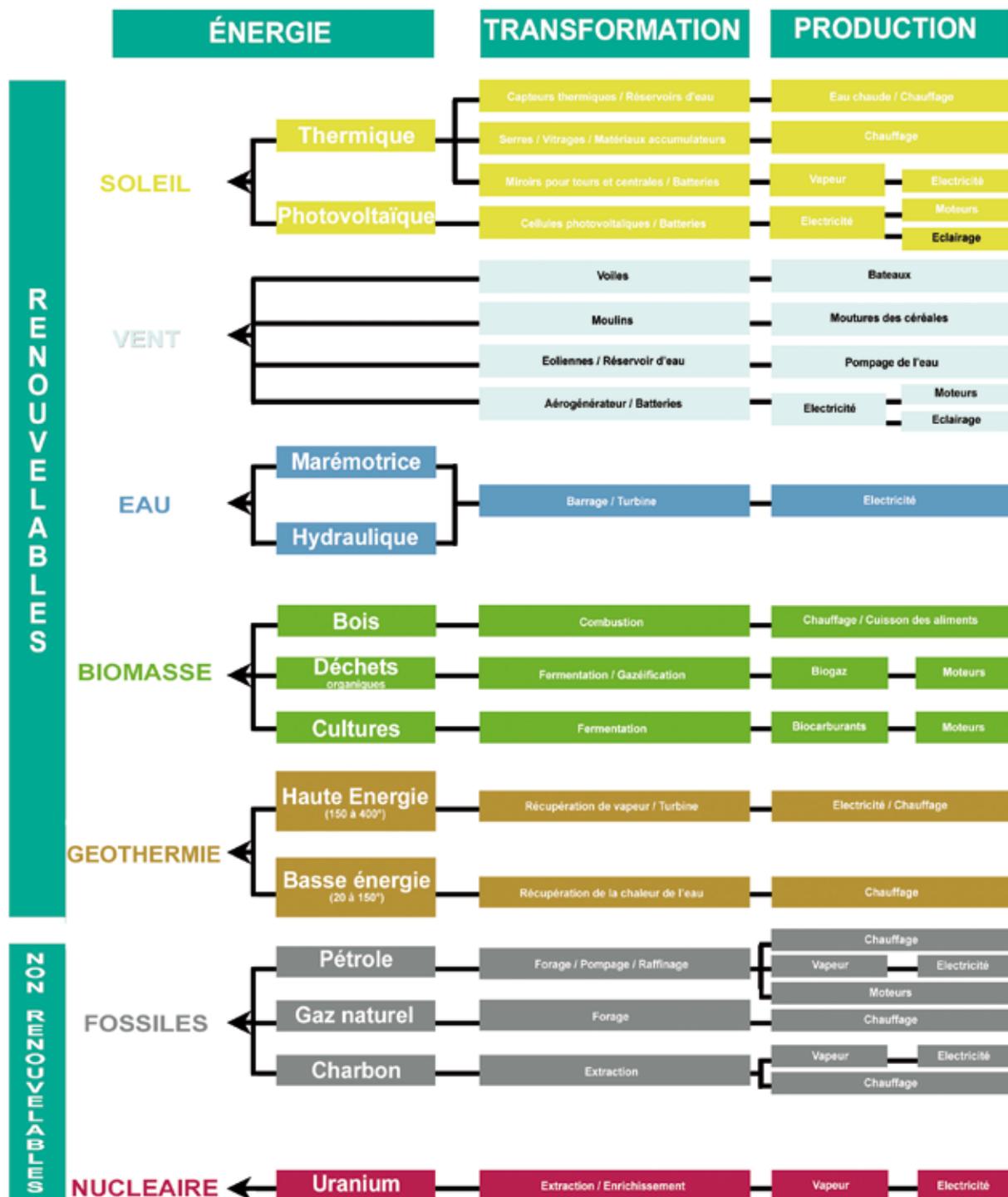
B12. Les différentes sources d'énergie

Les sources d'énergie se classent en 2 principaux groupes :

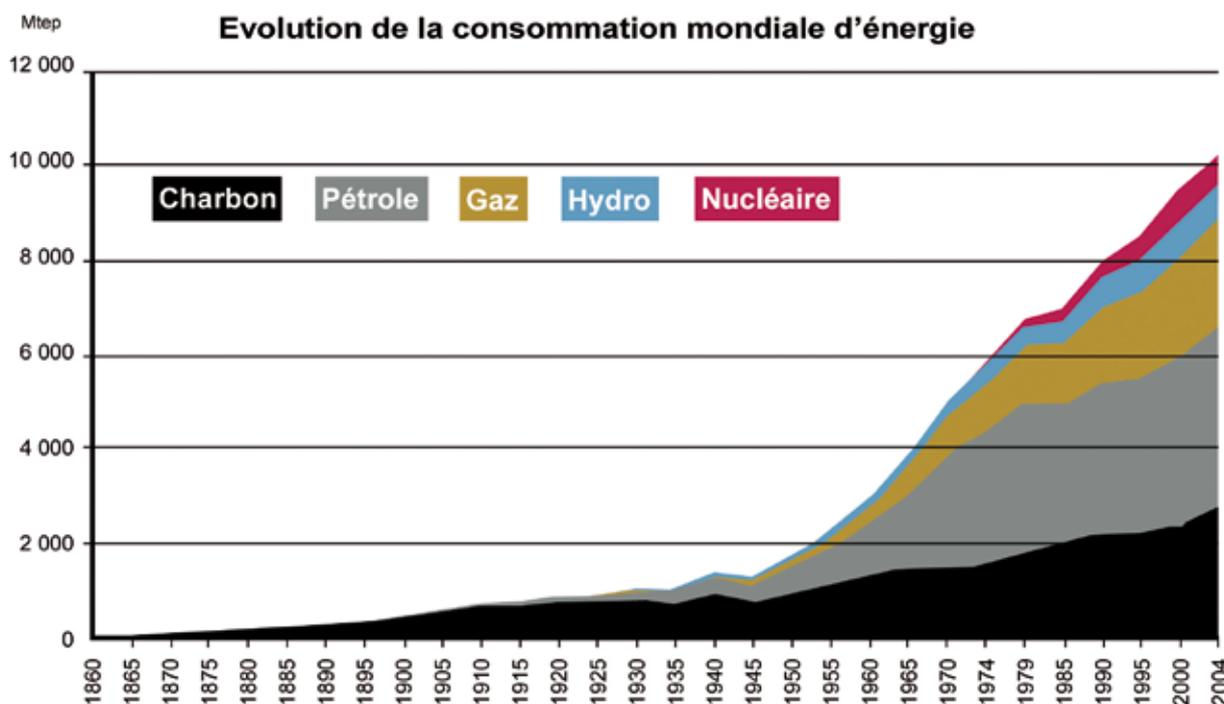
- Les sources fossiles : charbon, pétrole et gaz naturel et fissile : uranium.
- Les sources d'énergies renouvelables : le soleil, la biomasse, l'eau, le vent et la géothermie.

Les différentes sources d'énergie et leurs utilisations

Source ALE Lyon

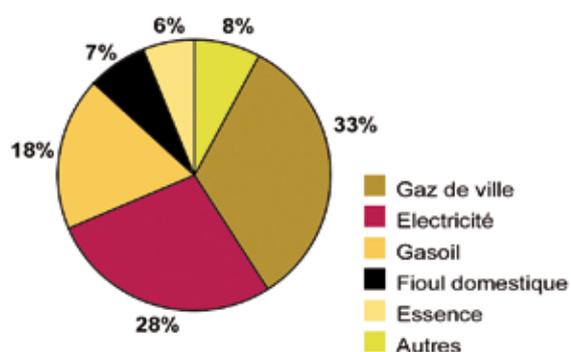


Au niveau mondial, la domination des combustibles fossiles est écrasante ; chaque nouvelle source d'énergie s'est ajoutée aux précédentes. On notera que le bois énergie n'est pas représenté car il est principalement d'usage non commercial. L'Agence Internationale de l'Énergie prévoit peu de changement en proportions d'ici 2030, la hausse de la demande notamment dans les grands pays du Sud incitant à développer toutes les sources à la fois.



Source : Observatoire de l'Énergie

Sur le Grand Lyon, le gaz est la première énergie utilisée, suivi par les produits pétroliers puis par l'électricité. Les énergies renouvelables sont encore très marginales.



Répartition des consommations d'énergies sur le Grand Lyon en 2006
 Source : Grand Lyon, diagnostic climat de l'agglomération lyonnaise 2009

12.1. Les énergies fossiles (ou énergies de stock)

12.1.1. Le charbon

L'origine de la formation du charbon date en grande partie des périodes géologiques dites du Carbonifère, (300-350 millions d'années), et du Permien (300-250 MA). À cette époque, l'apparition d'arbres contenant de la lignine a entraîné la constitution de vastes forêts. L'accumulation de cette biomasse étant supérieure à la décomposition de la végétation, d'importantes couches se sont constituées. Au fil des temps géologiques, ces accumulations de végétaux se sont vues enfouies sous des sédiments lors de phases de subsidence liées à la tectonique des plaques et se sont fossilisées. Cela a contribué à la fixation d'une importante quantité de dioxyde de carbone dans la croûte terrestre et à un accroissement de l'oxygène dans l'atmosphère.

Deux grands modes d'exploitation sont généralement utilisés pour l'extraction charbonnière :

- Si la veine de charbon est proche de la surface, on exploite le gisement à ciel ouvert.
- Si la couche est en profondeur, on creuse un réseau de galeries souterraines.



L'excavation du charbon : abattage par rabot à Courrières (Pas de Calais) - Source : Charbonnages de France

Quand le charbon arrive à jour, il n'est pas immédiatement utilisable : mêlé à de la terre, à des schistes et à des scories de toutes sortes, un sérieux nettoyage s'impose. Il sera donc lavé, trié et calibré avant d'être mis sur le marché. Après un traitement, on obtient trois produits : le charbon épuré (moins de 15 % de cendres), les mixtes (jusqu'à 40 % de cendres) et les schlamms (très fins, humides et cendreux).

Au XIX^e siècle, le charbon est devenu « le pain de l'industrie ». La machine à vapeur a amélioré l'extraction par le pompage des puits. Les usines se sont concentrées dans les bassins miniers, au plus près de la source. Notons que le développement industriel du XIX^e siècle de l'agglomération lyonnaise a pris son essor notamment par la proximité de grands centres miniers comme Saint-Étienne (42) ou La Mure (38).

Le musée de la Mine de St-Étienne fondé en 1991, rend hommage à cette époque et peut être visité par des scolaires.

Pour la sidérurgie, le charbon est un élément essentiel car, transformé en coke, il est à la base de la production de l'acier.



Défouement à la cokerie de Carling (Lorraine)

Source : Charbonnages de France

Le charbon est aussi utilisé comme combustible dans les centrales thermiques où il est brûlé pour chauffer de l'eau dont la vapeur entraîne une turbine qui, couplée à un alternateur, produit du courant électrique.

Les utilisations du charbon sont nombreuses et pas seulement énergétiques (industries, cimenteries, sucreries, papeteries, chimie, briqueteries, chauffage urbain...), mais il ne faut pas oublier que les rejets produits par sa combustion sont polluants et surtout qu'il n'est pas inépuisable. Son usage régresse heureusement fortement sur le Grand Lyon.

L'utilisation massive du charbon comme combustible à partir du milieu du XIX^e siècle s'est soldée par une pollution visible due aux poussières libérées lors de l'extraction comme de la combustion de la houille. Les industries alimentées au charbon sont une source importante de **particules**, de **dioxyde de soufre (SO₂)**, d'**oxydes d'azote (NOx)**, de **mercure** et de **gaz à effet de serre** comme le **dioxyde de carbone (CO₂)**.

La production nationale de charbon a subi une baisse constante depuis 1947, passant de 47 millions de tonnes à cette date à moins de 2 millions de tonnes en 2003.

La fin de l'exploitation du charbon en France est officiellement intervenue le 23 avril 2004, lors de la fermeture du puits de la Houve en Lorraine. Aujourd'hui, la France s'approvisionne en charbon venu d'Australie, des USA et d'Afrique du Sud mais n'exclut pas de rouvrir des mines dans quelques années si l'augmentation du prix du pétrole leur permettait d'être économiquement rentables. Au niveau mondial, l'utilisation du charbon n'est malheureusement pas prête de se réduire puisque les réserves exploitables sont quatre à cinq fois plus importantes que celles de gaz naturel ou de pétrole. Le charbon fournit 25 % de l'énergie consommée dans le monde, mais 56 % de celle qui est consommée en Inde et 66 % de l'énergie consommée en Chine. La consommation de charbon augmente beaucoup plus vite en Chine que dans le reste du monde.

12.1.2. Le pétrole et le gaz naturel

Ils trouvent leur origine au début de l'ère Primaire, à l'époque du Cambrien, il y a environ 600 millions d'années. Ils sont issus de la lente dégradation, à l'abri de l'air, de la flore et de la faune marine vivant en zone côtière de mers fermées, plutôt qu'en pleine mer où l'eau est plus riche en oxygène.

La faible densité du pétrole le fait remonter vers le haut. Il traverse les couches poreuses situées au-dessus et s'arrête lorsqu'il rencontre une couche imperméable qui le piège définitivement dans ce que l'on appelle une roche magasin ou roche réservoir.

Il arrive parfois qu'il ne soit pas seul dans ce piège, il peut y avoir au-dessus de lui du gaz naturel, qui s'est formé dans des couches plus profondes de la terre où la température élevée (120° à 140°) a modifié le pétrole en gaz naturel (méthane).

Avant d'arriver chez nous, le pétrole brut subit plusieurs étapes de transformations. À l'état « naturel », il est pratiquement inutilisable tout au moins pour les usages domestiques. Il est nécessaire de le raffiner pour obtenir divers produits : gaz propane, gaz butane, essence, gasoil, fioul, huiles, bitume, plastique, textiles, médicaments, engrais, parfums...

Le Grand Lyon accueille différentes installations et grands acteurs de l'énergie pétrolière, notamment :

- **La raffinerie de Feyzin** : production à partir de pétrole brut des différents hydrocarbures comme les bitumes routiers et industriels, le kérosène, le benzène et le toluène, les essences, le gazole, les fiouls à usage industriel et domestique, les GPL (Gaz de Pétrole Liquéfiés : butane, propane) ainsi que les grands intermédiaires de la chimie (Gaz Liquéfiés : éthylène, propylène, butadiène) destinés aux usines chimiques produisant les matières plastiques, les peintures, les vernis...
La raffinerie produit aussi du soufre liquide issu du traitement des composés soufrés contenus dans les dérivés pétroliers.



Raffinerie de Feyzin - Source : Ville de Feyzin

- **L'Institut Français du pétrole (IFP)** : basé à Solaize, il s'occupe de recherche sur le captage et le stockage du CO₂, développement des « biocarburants »,

développement des véhicules « propres », amélioration des techniques d'exploitation des gisements de pétrole et de gaz naturel...

L'IFP est impliqué dans 2 pôles de compétitivité régionaux :

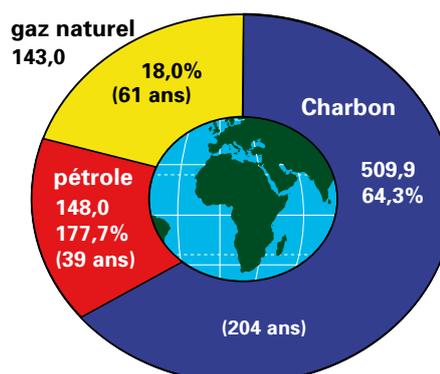
- **Le pôle Axelera** : classé dans les projets à vocation mondiale, il vise à développer une chimie d'avant-garde basée sur l'éco-conception. Ses domaines d'application sont la catalyse, les procédés et les matériaux.
- **Le pôle Lyon Urban Truck & Bus 2015** : ce pôle a été retenu parmi les projets à vocation nationale. Son objectif est de concevoir, expérimenter, développer et exporter les solutions de transport qui permettront aux métropoles d'optimiser la gestion de leurs flux de marchandises et de personnes. Il rassemble 65 entreprises et près de 40 laboratoires.

L'acheminement du pétrole et du gaz naturel vers les pays consommateurs comporte des risques pour l'environnement. Le plus connu est la marée noire, mais il en existe d'autres tout aussi importants (éruption incontrôlée d'un puits, sabotage des oléoducs, déballastage des pétroliers en mer...).

Depuis toujours connu pour ses vertus médicinales, puis utilisé dans les lampes, le pétrole ne connut un très large débouché qu'avec la mise au point du moteur à explosion et de ses applications : automobile, aviation, manufactures... La découverte des fabuleux champs pétrolifères du Moyen-Orient dans les années 50 a fait chuter les prix et élimina tout souci d'approvisionnement. Cette situation permit jusqu'aux années 70 la multiplication des usages et des applications du pétrole et de ses dérivés et façonna les sociétés industrialisées : économiquement, culturellement et politiquement.

Les chocs pétroliers ont fait réaliser aux pays gros consommateurs leur forte dépendance vis-à-vis des pays producteurs, peu nombreux car les gisements sont très mal répartis sur la planète. De nombreux conflits géopolitiques voient le jour dans les zones de production ou le long des axes de distribution. D'autre part, les réserves s'épuisent et le fameux « peak oil » est attendu pour 2010 à 2030 selon les différents experts. Le pic gazier devrait le suivre à deux décennies près. Ce délai est extrêmement court comparé à l'inertie des systèmes énergétiques.

Réserves estimées d'énergies fossiles (à consommation équivalente à celle de l'an 2000.



12.1.3. L'uranium

Bien que présent sur terre sous forme de minerai, l'uranium est une source d'énergie parfois appelée « fissile » car utilisé comme combustible lors de la « fission nucléaire » (qui signifie séparation du noyau de l'atome).



Tours de refroidissement de la centrale nucléaire du Bugey (01)

Source : ALE Lyon

L'uranium est utilisé en France et dans d'autres pays pour la production d'électricité à partir des centrales nucléaires. Chaque année, les 58 réacteurs nucléaires français, répartis sur 19 sites, consomment 1 300 tonnes de combustibles pour produire près de 78 % de l'électricité que nous consommons.

Pour obtenir ces 1 300 tonnes de combustible, il faut extraire du sous-sol 7 000 à 9 000 tonnes de roche par an car la teneur en minerai uranium de la roche est assez faible (importations d'Australie, du Canada, de Chine et d'Afrique pour la France).

La roche contenant le minerai d'uranium n'est pas un combustible et il faut deux années de transformation pour que l'uranium devienne un combustible nucléaire, prêt à fournir de l'énergie ; c'est l'uranium enrichi fabriqué par l'usine EURODIF dans la Drôme.

Le combustible nucléaire a une durée de vie de 3 ou 4 ans dans le cœur du réacteur : c'est une source d'énergie extrêmement concentrée puisqu'on produit autant d'électricité avec 1 kg d'uranium dans une centrale nucléaire qu'en brûlant 1 600 tonnes de pétrole ou 2 400 tonnes de charbon dans une centrale thermique.

En fournissant de l'énergie, le combustible « se fatigue », il produit de moins en moins d'énergie et change de nature. Chaque année, on arrête la centrale (le réacteur) pour renouveler une partie du combustible.

Après une année en piscine où ces déchets perdent une partie de leur radioactivité, ils sont transportés dans des caisses blindées pour être ensuite triés afin de récupérer l'uranium et le plutonium. Pour les déchets « ultimes », la dernière opération consiste à les « vitrifier » pour qu'ils soient stockables. Conditionnés dans du béton, ils seront à terme placés très profondément sous terre, où ils seront gardés sous haute surveillance durant des milliers d'années... En effet leur désactivation est extrêmement lente et une erreur dans leur stockage serait la cause d'une catastrophe pour l'environnement.

Dans le monde, on comptait 431 réacteurs nucléaires connectés au réseau au 1^{er} juin 2006, dont 204 en Europe, 103 aux États-Unis et 55 au Japon. En 2005, l'énergie nucléaire a assuré la production dans le monde de 2587 TWh électriques, ce qui représentait 16 % de la production mondiale d'électricité.

12.2. Les énergies renouvelables

Premières sources d'énergies utilisées par l'homme, les renouvelables ont été éclipsées depuis la révolution industrielle du fait du faible coût des énergies fossiles et de leur praticité. Néanmoins, elles font un retour en force depuis quelques années, suite à l'explosion du prix du baril de pétrole et à une prise de conscience croissante des conséquences de l'usage des énergies fossiles sur l'environnement.

Aujourd'hui, il existe des filières de plus en plus fiables à des prix accessibles, qui se sont imposées grâce à des avancées technologiques et une meilleure connaissance des phénomènes naturels.

12.2.1. Qu'est-ce qu'une énergie renouvelable ?

Les énergies renouvelables utilisent comme toutes les énergies des sources naturelles : soleil, eau, vent, végétaux... Elles se différencient cependant des énergies fossiles par le fait qu'il ne faille pas les prélever sur des stocks ayant mis des millions d'années à se constituer et ne sont donc pas épuisables. Ce sont des énergies de flux.

Elles sont par ailleurs plus décentralisées, pour la production électrique, que les centrales nucléaires ou fossiles.

Les énergies renouvelables sont toutes des énergies issues de l'activité du soleil, soit sous forme de rayonnement direct (énergie solaire), soit par les cycles renouvelés de l'eau (énergie hydroélectrique), du vent (énergie éolienne), et de la biomasse (bois énergie, biogaz, agro-carburants). Le soleil est donc « la source des sources » ! Les exceptions qui confirment la règle sont la force marémotrice, due à l'attraction de la lune, et la géothermie qui provient de la radioactivité du centre de la Terre.

12.2.2. L'énergie solaire

Le soleil est une gigantesque boule de gaz qui provoque l'émission d'un rayonnement d'une forte puissance. Le rayonnement solaire qui nous provient du soleil résulte des réactions de fusion nucléaire qui ont lieu à sa surface (transformation d'hydrogène en hélium). Heureusement pour nous, une grande partie de cette énergie est atténuée pendant le parcours des 150 millions de kilomètres qui nous séparent du soleil. La puissance maximale directement récupérable à la surface de la terre est d'environ 1 kW par m². Différentes technologies solaires existent, que ce soit pour faire de l'électricité ou de la chaleur.

12.2.3. L'énergie solaire photovoltaïque

La conversion de la lumière du soleil en énergie électrique ou conversion photovoltaïque a été découverte par le physicien français Antoine Becquerel (fils d'Alexandre Becquerel, co-découvreur de la radioactivité) en 1839. Le composant de base nécessaire à cette transformation est la cellule photovoltaïque ou photopile composée à partir d'un semi-conducteur, généralement du silicium (élément le plus important dans la croûte terrestre après l'oxygène) que l'on trouve dans le sable ou dans le quartz, sur lequel on insère des fils conducteurs d'électricité. Sous l'effet des photons, les particules de silicium sont excitées et produisent de l'électricité. Les photopiles sont connectées électriquement entre elles et assemblées en modules étanches qui les préservent de l'humidité et des chocs. Cette installation peut être utilisée en système autonome (avec batteries de stockage), ou bien avec un raccordement au réseau (99,5 % des parts de marché en 2007 !).

Les systèmes photovoltaïques sont extrêmement fiables : aucune pièce mécanique n'est en mouvement, les matériaux employés (verre, aluminium) résistent aux pires conditions climatiques (notamment à la grêle). La durée de vie d'un capteur photovoltaïque est ainsi de plusieurs dizaines d'années.

La recherche dans le domaine est très active, permettant d'améliorer les rendements des cellules, et des panneaux à base d'autres semi-conducteurs commencent à apparaître sur le marché.

De nombreuses collectivités, entreprises, bailleurs sociaux, syndicats de transport en commun ont installé des centrales photovoltaïques sur leurs bâtiments qui viennent s'ajouter à celles des particuliers.

Voir les chapitres suivant sur « l'étude du phénomène photovoltaïque » et « Des centrales électriques solaires ».



Centrale photovoltaïque de l'Hôtel de la Communauté urbaine de Lyon – Lyon 3^{ème} - Source ALE Lyon



Centrale photovoltaïque du gymnase de l'hippodrome à la Tour de Salvagny - Source ALE Lyon



Centrale photovoltaïque sur des tours de la Darnaise à Vénissieux
Source ALE Lyon



Vitrages photovoltaïques sur l'école Nové Jossierand – Lyon 3^{ème}
Source ALE Lyon



Membrane photovoltaïque sur l'entreprise Touly à Rillieux-la-Pape
Source ALE Lyon

12.2.4. L'énergie solaire thermique

La chaleur peut être récupérée de façon « passive », par un agencement architectural raisonné, on parle alors de solaire « passif », fréquemment utilisé dans l'architecture bioclimatique.

L'énergie du soleil peut être aussi être captée pour produire directement de la chaleur et utilisée pour différentes applications dans les bâtiments : production d'eau chaude sanitaire ou chauffage, chauffage de l'eau d'une piscine, voire climatisation.

Des capteurs et des systèmes de conceptions différentes sont utilisés en fonction de la nature des besoins. Des capteurs simplifiés, comme le capteur moquette (non vitré), suffisent pour réchauffer l'eau d'une piscine. Des systèmes plus évolués sont utilisés pour la production d'eau chaude sanitaire ou le chauffage des bâtiments. On parle alors généralement de capteurs plans composés d'un absorbeur de couleur noire (pour l'effet de corps noir), d'une vitre (pour l'effet de serre), d'un fluide caloporteur (de l'eau mélangée à un antigel) et d'un isolant (pour empêcher la chaleur de se dissiper dans la toiture).

Il existe aussi des capteurs sous vide, de forme tubulaire, qui peuvent être utilisés pour la production d'eau chaude et de chauffage, mais aussi pour faire de la climatisation. Si ces réalisations sont encore relativement rares en France à ce jour, il est très intéressant de savoir que l'on peut, grâce à des capteurs thermiques sous vide, produire du froid grâce à la chaleur du soleil, sans pour autant utiliser des fluides frigorigènes dangereux pour le climat comme dans les climatisations classiques. Il n'y a pas encore de réalisations de ce type sur le Grand Lyon en 2010 mais on en trouve deux sur la Région Rhône Alpes à Maclas (26) et Chambéry (73)

Les applications

- **Le chauffe eau solaire** : exemple d'une installation sur une maison d'Irigny - Source ALE Lyon



- **Le système solaire combiné (chauffage + eau chaude)** : exemple sur des logements sociaux à Corbas - Source ALE Lyon



- **Le chauffage des piscines** : 1 100 m² de capteurs « moquettes » installés sur le centre nautique Etienne Gagnaire à Villeurbanne - Source ALE Lyon



- **La climatisation solaire** : exemple du Foyer Résidence du Lac à Maclas (26) - Source : SIEL



- **Le capteur à concentration** qui produit une chaleur à haute température (jusqu'à 3000°C), grâce à des miroirs ou des lentilles pour la production d'électricité.
- **La cuisson solaire** : exemple d'un four solaire parabolique - Source ALE Lyon



Depuis 1978, la Région Rhône-Alpes soutient le développement de la production de chaleur grâce au soleil :

- promotion de ces techniques (visite d'installations, publications, animations...),
- participation financière aux études préalables d'installations collectives,
- aide aux investissements.

De nombreuses réalisations voient ainsi le jour chaque année, dans l'habitat collectif et individuel, sur des bâtiments municipaux...



Eau chaude solaire au stade Marc Vivien Foe, Lyon 3^e
Source ALE Lyon

12.2.5. La biomasse

La biomasse est la matière d'origine végétale ou animale obtenue de manière naturelle ou provenant de transformations artificielles de la matière (déchets forestiers, déchets agricoles et résidus solides urbains). Elle comporte 3 filières : le bois énergie, le biogaz et les agrocarburants.

12.2.6. Le bois énergie

Il s'agit de la source d'énergie la plus anciennement utilisée par l'homme après sa propre énergie, et de l'énergie renouvelable la plus utilisée sur la planète.

Dans bien des pays de la planète, le bois est la seule énergie à laquelle les populations ont accès, notamment pour la cuisson. Cette ressource est malheureusement souvent gérée de façon anarchique dans les pays en développement : une énergie renouvelable n'est pas pour cela inépuisable et le déboisement progresse. Cependant, si certaines parties du monde accusent un déboisement rapide, le potentiel mondial valorisable de façon durable reste important et les surfaces de forêts ont doublé en France depuis Napoléon.

L'accès à d'autres sources d'énergie (gaz, fioul, charbon, électricité) n'empêche pas les populations d'Europe d'utiliser des grandes quantités de bois pour le chauffage. L'utilisation du bois prédomine logiquement dans les régions forestières, mais elle peut également se développer à proximité des industries productrices de déchets de bois (industrie papetière, scieries...).

En France, le chauffage au bois représente 8 à 9 millions de tonnes équivalent pétrole (tep), soit plus de 4% de la consommation totale d'énergie du pays. Le potentiel supplémentaire mobilisable est estimé à 1,5 million de tep issu des forêts, 150 000 à 200 000 tep provenant des déchets de l'industrie du bois et autant de rebut (emballages, palettes...).

Le principal handicap du bois énergie a longtemps été la charge de travail qu'il imposait :

- la corvée de bois dans la forêt et sa découpe,
- le travail de manutention et de stockage de bois,
- le chargement des chaudières ou des inserts.

Ces contraintes ont orienté de nombreux utilisateurs vers l'utilisation des énergies fossiles. Aujourd'hui, les matériels proposés visent à diminuer ces contraintes, en particulier chez l'utilisateur : chaudières bûches performantes, chaudières au bois déchiqueté ou aux granulés de bois à alimentation automatique...



Granulés de sciure de bois compressée utilisés dans une chaudière automatique chez un particulier de Corbas - Source ALE Lyon

Depuis plus d'une dizaine d'années, dans la Région Rhône-Alpes, le développement des chaudières collectives et des réseaux de chauffage a fait naître de nombreuses réalisations de puissances très variables. De grosses chaufferies bois ont ainsi vu le jour sur le Grand Lyon : Tour de Salvagny (2001) Vénissieux (fin 2004), la Duchère (2007, plus grosse réalisation de France à cette date), Fontaines-Saint-Martin...



Livraison de bois déchiqueté à la chaufferie de la Tour de Salvagny et chaudière bois à la Duchère - Source ALE Lyon

De la même façon, on peut brûler d'autres biocombustibles, comme des déchets agricoles ou alimentaires, pour valoriser leur énergie.

C'est le cas de l'usine d'incinération de Gerland qui produit de la chaleur et même de l'électricité (cogénération) en brûlant nos déchets.

12.2.7 Le biogaz : production de méthane

Grâce à la fermentation anaérobie (en l'absence d'oxygène) de déchets organiques, on peut obtenir du biogaz (méthanisation), composé environ pour moitié de méthane. Par exemple, le Centre d'Enfouissement Technique (décharge) de Rillieux-la-Pape récupère le biogaz issu des déchets grâce à de récentes installations afin de chauffer sur une dizaine d'années 170 logements sur la commune voisine de Sathonay-Camp.

On peut aussi produire du méthane dans des stations d'épuration comme sur le site en construction de la Feyssine à Villeurbanne et chez des agriculteurs (fosses à lisier). La teneur en méthane dans l'atmosphère a fortement augmenté ces dernières années, en particulier à cause de l'élevage intensif bovin et porcin. La culture du riz est elle aussi productrice de grandes quantités de ce gaz. Il est très important de récupérer le maximum de méthane car non seulement il permet d'économiser des énergies fossiles, mais son pouvoir de réchauffement est 25 fois supérieur au gaz carbonique (et en le brûlant, on le transforme en CO₂). Ce biogaz pourrait couvrir près de 10 % de la consommation nationale de gaz si l'on exploitait totalement les déchets municipaux, les effluents industriels et agricoles et les boues de stations d'épuration.



Méthanisation au CET de Rillieux-la-Pape.

12.2.8. Les agrocarburants

Il s'agit de produire des carburants à partir de végétaux.

NB : comme bien d'autres, nous choisissons volontairement de ne pas utiliser le terme de « biocarburants » car d'une part les carburants issus de végétaux n'ont aucun rapport avec l'agriculture biologique, et d'autre part, leur production est souvent gourmande en eau, engrais et pesticides, rendant leur écobilan très discutable.

On peut faire fonctionner des véhicules avec des carburants composés en grande partie ou en totalité de sous produits de végétaux.

Il existe 3 types de biocarburants :

- le « biodiesel », produits à partir d'oléagineux : colza, tournesol, palmier à huile... qu'on incorpore dans du gasoil à hauteur de 5 %.
- le « bioéthanol », produits à partir de végétaux riches en sucre : betterave, orge, maïs, blé, canne à sucre...
- l'huile végétale pure (filrière qui présente le meilleur écobilan mais marginale en France)



Champs de colza - Source ADEME

Les « agrocarburants » ont représenté 3,5% de la consommation totale de carburant en France en 2007 pour un objectif de 7% en 2010.

De nombreuses ONG dénoncent cette mesure qu'elles jugent contreproductive. En effet, développée au départ pour tenter d'économiser les produits pétroliers, la production des agrocarburants est de plus en plus remise en question pour plusieurs raisons :

- L'écobilan des différentes filières est discutable voire parfois catastrophique quand on tient compte du changement d'usage des sols.
- La production d'agrocarburants destinés aux pays riches entraîne la déforestation dans de nombreux pays pauvres pour des plantations de canne à sucre ou de palmiers à huile.
- Cette production nécessite généralement beaucoup d'eau, de pesticides et d'engrais,
- Le développement de ces agrocarburants contribue à faire monter les cours des céréales, entraînant des problèmes de nutrition dans de nombreux pays (émeutes de la faim)

Des recherches se font actuellement sur la seconde génération, issue de toute la plante et non seulement la partie comestible, qui auront un meilleur écobilan (micro-algues, filière ligno-cellulosique...).

12.2.9. L'énergie hydraulique

Il s'agit de produire de l'électricité en utilisant la force de l'eau, qu'elle soit douce (l'essentiel de la production) mais aussi éventuellement marine (filrière en développement)

L'eau douce

L'eau qui court descend en direction de la mer et selon la morphologie des terrains qu'elle traverse, elle peut acquérir une force intéressante à exploiter.

Depuis des millénaires, l'homme utilise la force de l'eau. Domesticquée tout d'abord pour moulin le grain, elle a ensuite actionné les forges, des métiers à tisser, des scies et toutes sortes de machines.

Les 54 000 moulins du siècle dernier sont ainsi devenus une base de l'industrie moderne. Les roues à aube se sont transformées en moteurs hydrauliques, puis en turbines pour fournir de plus en plus d'énergie avec une efficacité sans cesse accrue.

Aujourd'hui la technique des grands barrages est bien maîtrisée par EDF, mais le potentiel de nouvelles installations est limité en France car les sites intéressants sont déjà équipés, seule la petite hydraulique et les « énergies marines » ont encore un potentiel de développement.

L'énergie hydraulique est la première énergie renouvelable en France. EDF exploite près de 500 centrales avec une production, en 2006, de 61,1 TWh, soit 10,6 % de l'électricité produite à laquelle on peut ajouter les 0,51 TWh (0,9 % du total) d'hydroélectricité marine représentée par l'usine marémotrice de la Rance.

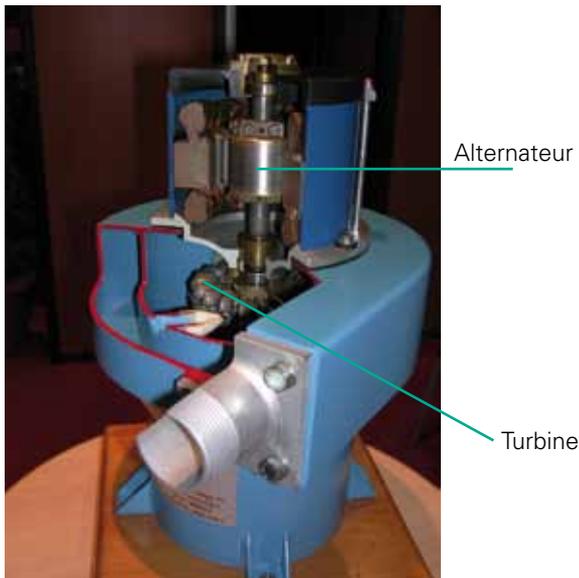
Sur le Grand Lyon, il existe 3 centrales hydroélectriques :

- Le barrage de Pierre-Bénite : mis en service en 1966, puissance 80 MW
- La centrale de Cusset (Villeurbanne) : mise en service en 1899, c'était à l'époque la centrale la plus puissante au monde, et sans doute l'une des plus ancienne encore en activité. Elle se compose de 15 turbines, pour une puissance de 74 MW
- La centrale de Couzon-au-Mont-d'Or : 3,5 MW



Source ALE Lyon

Centrale hydroélectrique de Cusset à Villeurbanne (69)



Petite turbine Pelton - Source ALE Lyon

Les énergies « marines »

Peu de sites se prêtent à l'installation d'usine marémotrice comme celle de la Rance en Bretagne (plus puissante usine de ce type au monde) car nécessitent un marnage important (amplitude entre marée haute et marée basse).

Par contre, de nombreuses recherches voient le jour pour valoriser l'énergie de la houle, des vagues, des courants marins... et il existe un réel potentiel de développement de ces énergies en France et en Europe dans les prochaines années.



Hydrolienne pilote « Sabella » installée en 2008 dans l'estuaire de l'Odet (Finistère) - Source : Sté HYDROHELIX ENERGIES



Système « Pélamis » exploitant l'énergie des vagues
Source : Pelamis Wave Power Ltd)

12.2.10. L'énergie éolienne

L'énergie éolienne est la transformation de l'énergie du vent en énergie électrique ou mécanique avec divers types d'application, dont la production d'électricité et le pompage de l'eau.



Centrale éolienne de Roussas et Donzère dans la Drôme
Source : Ceder

Comment ça marche ?

Le vent est une énergie diffuse générée par les effets thermiques (effets de réchauffement et de refroidissement de la terre) qui engendrent des différences de pression entre masses d'air, et donc leur mise en mouvement. C'est après l'homme et l'animal, la première source d'énergie mécanique qui a été utilisée, notamment pour la navigation à voile et les moulins.

Les éoliennes mécaniques, comme les moulins de pierre, de toile et de bois sont abandonnées dans les pays riches, à l'exception de quelques éoliennes de pompage pour abreuver le bétail.

Les éoliennes (ou aérogénérateur) sont principalement utilisées aujourd'hui pour la production d'électricité. Une éolienne transforme une énergie mécanique en énergie électrique. La rotation des pales exposées au vent fait tourner une génératrice qui produit de l'électricité.

Selon sa taille, l'installation peut alimenter un utilisateur isolé, on parle de production décentralisée, ou devenir une véritable centrale de production d'électricité, on parle dans ce dernier cas de « fermes éoliennes », raccordées au réseau, qui débitent de l'électricité directement dans le réseau de distribution.

Ce sont de grosses installations dont la puissance par machine est en constante augmentation et peut atteindre plusieurs MW (jusqu'à 6 MW pour les plus grandes, souvent utilisées en offshore) soit plus de cent mètres en haut du mat.

La France possède le 2^e potentiel de vent d'Europe. Elle en fait donc l'axe principal du développement de l'électricité renouvelable pour les 2 prochaines décennies. Outre la production d'électricité d'origine renouvelable, l'objectif est aussi de favoriser l'émergence d'une filière industrielle économiquement rentable.

Si la France a pris beaucoup de retard dans le développement de la filière éolienne, le nombre d'installations a fortement augmenté dans les dernières années pour atteindre 4610 MW de puissance installée en mai 2010, soit le 4^e parc éolien en Europe après l'Allemagne, l'Espagne et l'Italie.

12.2.11. La géothermie

Qu'est-ce que c'est ?

La croûte terrestre est chaude, sa température augmente progressivement avec la profondeur, en moyenne de 3,3 °C tous les 100 m.

Sous Paris, elle atteint 43 °C à – 1 000 m et dépasse 70 °C à – 2 000 m.

Dans certains sites privilégiés du globe comme les zones volcaniques (ex : Islande), la température s'élève de 100 °C tous les 100 m.

L'eau des précipitations qui s'infiltre en profondeur se réchauffe au contact de ces zones. Cette eau chaude s'échappe naturellement par endroits, sous forme de sources d'eau chaude ou de geysers.

Cette énergie est utilisée depuis l'Antiquité pour se chauffer, pour cuisiner ou pour alimenter des thermes.

Les utilisations de la géothermie sont fonction du niveau de température de l'eau :

- Une ressource de 20 °C ou 30 °C suffit au chauffage de serres ou de bassins de pisciculture.
- Pour le chauffage des bâtiments, une eau entre 45 °C et 75 °C est nécessaire.
- La production d'électricité est envisageable de 50 °C à 200 °C (Comme à la centrale de Bouillante en Guadeloupe).

La chaleur n'est pas économiquement transportable à très longue distance. L'exploitation de l'énergie géothermique exige donc l'existence simultanée d'une ressource en sous sol et d'un besoin en surface. Quand il n'y a pas de ressource géothermique suffisante, on a recours à des pompes à chaleur, qui utilisent un cycle thermodynamique inverse des réfrigérateurs pour puiser l'énergie d'une « source froide » (le sol est en moyenne à 12 °C) vers une « source chaude » (le circuit de chauffage, qui varie de 35 à 60 °C). Pour les pompes à chaleur, la source froide est généralement l'air ou le sol, et plus rarement l'eau des nappes souterraines.

Sur le Grand Lyon, la présence d'une grande nappe à l'Est du Rhône rend possible cette solution qui est la plus performante. De nombreux immeubles de bureaux sont équipés de pompes à chaleur sur eau de nappe (quartiers de la Part-Dieu, Confluent, Villeurbanne...) ainsi que des particuliers.



Forage chez un particulier de Corbas pour installer une pompe à chaleur sur eau de nappe.

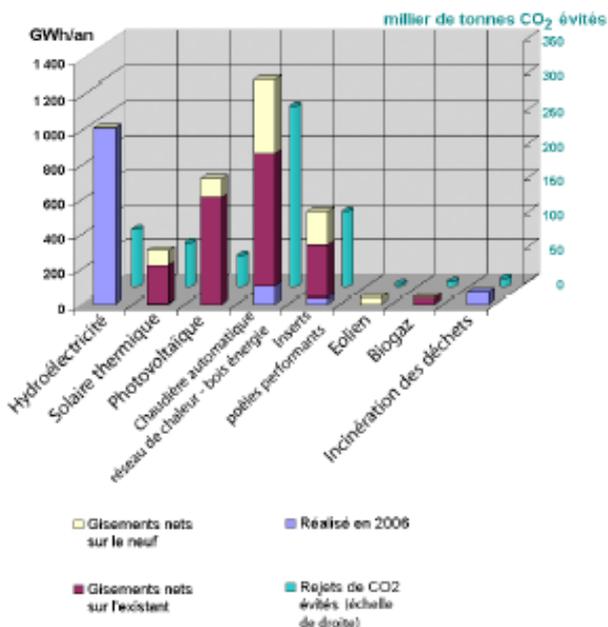
Le potentiel en énergies renouvelables sur le Grand Lyon

Dans le cadre de la démarche Plan Climat, la Mission Ecologie du Grand Lyon a organisé avec l'ALE la présentation d'une étude technique sur le potentiel des énergies renouvelables dans le Grand Lyon réalisée par la société Axenne.

Les 3 résultats essentiels de cette étude sont :

- **Le constat d'une faible part actuelle moyenne en énergies renouvelables (ENR) dans le Grand Lyon par rapport à la France :** sur les 25 000 GWh de consommation annuelle du Grand Lyon, 1 200 GWh/an soit 4,7 % proviennent actuellement des énergies renouvelables, ce qui est moins que la moyenne nationale (6 %), cas classique des milieux urbains. Cependant un certain nombre de communes du Grand Lyon sont parmi les toutes meilleures de France dans l'utilisation du photovoltaïque ou du bois énergie.
- **Un potentiel de multiplication des ENR par plus de 3 est possible :** en s'appuyant particulièrement sur les filières bois, solaire photovoltaïque et solaire thermique. Cela nécessitera de renforcer les politiques locales de soutien de ces filières, par des mesures économiques et réglementaires de sensibilisation. À l'horizon 2020, sur la part de 20 % fixé à la fois par le Conseil de l'Europe, par le Grenelle de l'environnement et sur lequel le Grand Lyon s'est engagé volontairement en conseil de communauté fin 2007.

Étude de potentiel des énergies renouvelables sur Grand Lyon à l'horizon 2020 (2008) :



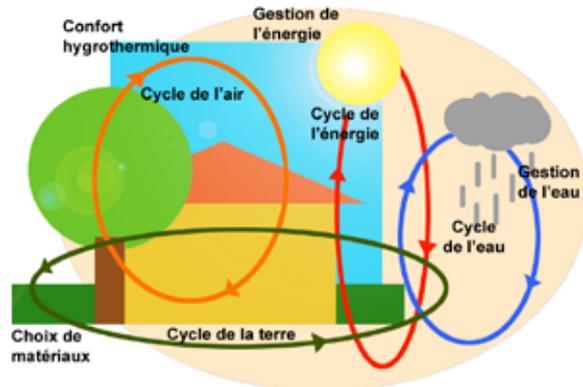
- **Un enjeu lié à la réduction des consommations d'énergie :** Le Grand Lyon s'est engagé dans une délibération votée le 18 décembre 2007 à réduire de 20 % les consommations énergétiques en 2020 (soit environ - 2 %/an). Ce n'est d'ailleurs qu'en menant une politique ambitieuse de maîtrise de l'énergie sur tout le territoire qu'on pourra atteindre l'objectif de 20 % d'énergies renouvelables d'ici 2020.

L'ALE tiens à jour une carte des réalisations ENR sur les différentes communes du Grand Lyon : www.ale-lyon.org/carte.html

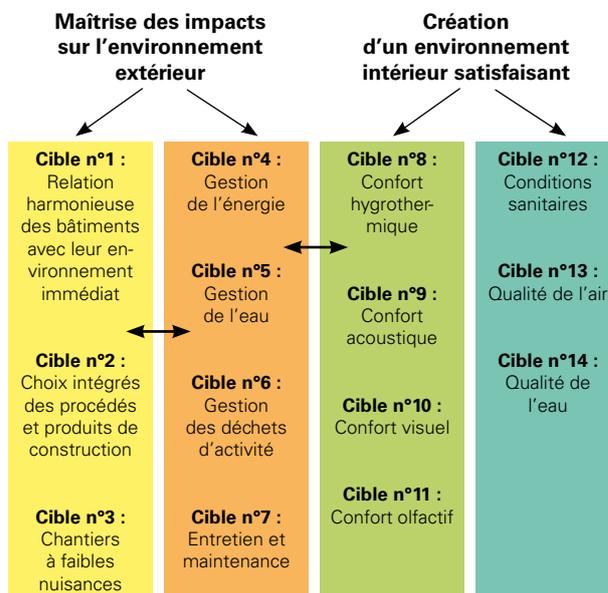
B13. La Qualité Environnementale des Bâtiments

En France, la démarche « Haute Qualité Environnementale » – ou HQE® – est apparue dans les années 90 à l'initiative de l'Association HQE®. Elle a pour finalité la réduction de l'impact d'un bâtiment sur son environnement lors de sa construction et tout au long de son cycle de vie, en offrant aux usagers un confort d'utilisation accru et à l'exploitant une gestion économe de son bâtiment. Cette démarche volontaire introduit dans les pratiques de construction et de rénovation de bâtiments des préoccupations liées au développement durable : recherche à la fois d'une meilleure qualité de vie et de la préservation de la planète. Elle répond aux deux grands défis de ce début du XXI^e siècle : une aspiration croissante de chacun à plus de confort et de sécurité d'une part et la maîtrise de nos prélèvements de ressources naturelles et d'énergie d'autre part.

La HQE : analyse multicritères (éco-gestion) et approche sensorielle (confort) - Source ALE Lyon



Les 14 cibles de la démarche HQE® :



De nombreux bâtiments conçus ou rénovés dans une démarche de Qualité Environnementale sont aujourd'hui visibles sur le Grand Lyon : école primaire de la Tour de Salvagny, école Champ Plantier à Feyzin, bureaux de l'ALLP à Lyon 8, complexe sportif des Brosses à Villeurbanne, restaurant du CETE à Bron... et de nombreux autres sont en projet. Pour plus d'informations, des fiches de sites sont téléchargeables sur le site internet de l'ALE : www.alelyon.org/rubrique/doc/sites/qeb/index.html



École primaire de la Tour-de-Salvagny / École Parsonge à Dardilly
Source ALE Lyon

B14. Maîtrise de l'énergie et efficacité énergétique

Appelée aussi sobriété énergétique, la maîtrise de l'énergie vise à réduire les gaspillages à tous les niveaux de la société par des comportements rationnels et des choix individuels et collectifs.

Actions pour maîtriser les consommations :

- Développer les structures de conseil et de proximité comme les Espaces Info-Énergie qui renseignent les particuliers gratuitement.
- Limiter, par la réglementation, la consommation d'énergie dans les bâtiments, les appareils électriques, les véhicules...
- Construire des bâtiments neufs basse énergie, voire à énergie positive. **Exemple : ZAC des Hauts de Feuilley et Cité de l'Environnement à St Priest, bureaux de la ZAC Thiers à Lyon 6^e...**
- Rénover les bâtiments de logements anciens, en particulier ceux construits avant la première réglementation thermique de 1975 dans le but de diviser par 4 leur consommation de chauffage, puis les bâtiments tertiaires... **exemple : opération «Vendôme» à Lyon 3, bureaux de l'ALLP à Lyon 8^e...**
- Généraliser l'usage d'équipements « performants » : chaudières et chaudières à condensation, poêles à bois à haut rendement, réducteurs de débit...
- Inverser la tendance à construire des logements de plus en plus grands, avec une réduction annuelle de la surface moyenne des logements neufs de 1 % par an, qui passerait ainsi de 117 m² à 75 m² en 2050
- Limiter le développement de la climatisation grâce à des bâtiments bien conçus.

L'efficacité énergétique est essentiellement fondée sur l'utilisation de technologies performantes. Elle vise à consommer moins pour un service rendu équivalent en réduisant les pertes lors du fonctionnement et à l'exploitation.



Maîtrise de l'énergie pour la réhabilitation des locaux de l'ALLP à Lyon 8^e. Source ALE Lyon.



Différents exemples de démarche d'efficacité :

- Recours à la cogénération qui consiste à produire simultanément chaleur et électricité, comme par exemple au centre nautique de Bron avec une installation de 300 kW servant au chauffage des bassins et de l'eau chaude sanitaire.
- Remplacement des appareils électroménagers anciens et énergivores (réfrigérateurs, congélateurs, machines à laver...) par des appareils performants de classe A (et même A+ et A++)
- Remplacement des lampes à incandescence par des ampoules fluocompactes, voire par des lampes à diodes électroluminescentes.
- Remplacement des vieilles chaudières gaz (ou fioul) par des chaudières à condensation
- Remplacement progressif du parc automobile par des voitures moins consommatrices et par des véhicules hybrides, électriques, GNV ou fonctionnant avec des huiles végétales pures.

C. RÉGLEMENTATION

C15. Évolution de la réglementation

Risques et pollutions locales

L'énergie est depuis toujours une source majeure de pollution de l'air. De la cuisson au bois dans l'âtre des fermes mal ventilées, au « smog », contraction de « smoke » (fumée) et « fog » (brouillard) qui couvrait les villes d'Europe lors de la révolution industrielle, jusqu'aux pics d'ozone des grandes agglomérations l'été, elle évolue, mais reste un sujet de préoccupation et de santé publique. La production d'électricité se situe aujourd'hui loin des villes dans sa majorité, le chauffage au charbon a quasi disparu, le fioul a été désulfuré, le plomb interdit dans l'essence. D'autre part, les usines et grosses chaufferies sont équipées de traitements de fumées et suivies réglementairement par la DRIRE (DREAL à partir de 2009). Ceci a permis la baisse de certains polluants : dioxyde de soufre, monoxyde de carbone, plomb.

Désormais, les transports constituent le principal émetteur de pollution de l'air, notamment d'oxydes d'azote, et de particules fines en suspension, qui proviennent de la combustion imparfaite des carburants fossiles. Les autres secteurs contribuent également à l'émission de composés organiques volatils (COV), tels que le benzène, qui se combinent avec les oxydes d'azote pour créer les tristement célèbres pics d'ozone.

Plusieurs Directives européennes définissent des exigences pour améliorer la qualité de l'air, comme les normes EURO4 en vigueur actuellement pour la pollution des voitures et des camions.

En France, la qualité de l'air est principalement encadrée par la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie (LAURE) de 1996.

Dans le Rhône, les épisodes de pollution sont suivis par l'association de qualité de l'air COPARLY (www.atmorhonealpes.fr).

D'autre part, la préfecture pilote un plan de protection de l'atmosphère, obligatoire pour l'aire urbaine lyonnaise et qui a été approuvé début 2008. Parmi les mesures qui y figurent, on note de nombreuses possibilités, comme limiter la vente des inserts et poêles à bois les moins performants (pour réduire les émissions de particules), imposer les chauffe-eau solaires dans le logement collectif, mieux contrôler les chaudières (pour réduire les oxydes d'azote), réduire la vitesse sur les boulevards périphériques, étudier un péage urbain, favoriser les plans de déplacements entreprises, etc.

C16. La réglementation au quotidien

16.1. Origine des étiquettes énergie

À la suite d'une série de directives européennes, dont la première date de 1992¹, la plupart des appareils électroménagers, les ampoules électriques et les voitures doivent être munis, à l'achat, d'une « Etiquette Energie ». Cette étiquette classe les appareils en fonction de leur efficacité énergétique selon une échelle qui va de A++ (les plus performants) à G (les moins performants). Elle est en cours de révision mi 2010 et une classe A+++ devrait voir le jour.

Suite à une directive européenne datant de 2002², cette étiquette énergie a été étendue aux bâtiments. Elle s'appelle alors le Diagnostic de Performance Énergétique. Elle donne deux informations :

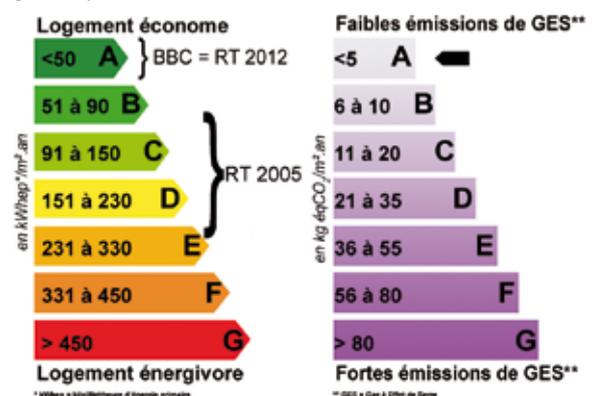
- La consommation d'énergie (comme pour l'électroménager et les voitures).
- L'impact de ces consommations sur l'effet de serre exprimé en émissions de CO₂.

Le diagnostic comprend également des recommandations techniques qui permettent au propriétaire de repérer les travaux les plus efficaces pour économiser l'énergie.

Ce diagnostic de performance énergétique est réalisé par des professionnels. Sa réalisation à l'occasion de la vente de chaque logement ou bâtiment situé en métropole est obligatoire depuis le 1^{er} novembre 2006. Il doit être tenu à disposition, par le vendeur, de tout candidat acquéreur qui en fait la demande, dès la mise en vente du bâtiment ou d'une partie de bâtiment.

La fourniture de cette étiquette énergie a été étendue aux livraisons de bâtiments neufs et aux bâtiments et logements loués depuis le 1^{er} juillet 2007.

Les consommations réelles des bâtiments dépendent très fortement des conditions d'usage et de la température effective de chauffage ; ces estimations ne constituent pas une garantie contractuelle, mais sont censées permettre une comparaison objective de la qualité des logements et bâtiments mis en vente. On peut toutefois s'interroger sur les méthodes de diagnostic (très sommaires) et sur le niveau de formation requis pour les diagnostiqueurs (insuffisants).



Étiquette énergie

1. – Directive 92/75/CEE du Conseil, du 22 septembre 1992, concernant l'indication de la consommation des appareils domestiques en énergie et en autres ressources par voie d'étiquetage et d'informations uniformes relatives aux produits.

2. – Directive 2002/91/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2002 sur la performance énergétique des bâtiments.

16.2. La réglementation thermique des bâtiments

La Réglementation Thermique actuellement en vigueur en France – la RT 2005 – découle de la Directive Européenne 16 décembre 2002 sur la performance énergétique des bâtiments, actuellement en cours de révision en vue de pallier ses insuffisances.

L'objectif de la RT 2005 est l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments neufs d'au moins 15 % par rapport à la RT 2000 (et d'au moins 40 % d'ici 2020). Les objectifs chiffrés de consommations maximales sont les suivants :

Consommation maximale exprimée en énergie primaire pour les consommations de chauffage, refroidissement et production d'eau chaude sanitaire.

Zone climatique*	Combustibles fossiles	Chauffage électrique (y compris pompes à chaleur)
H1	130 kWh primaire / m ² / an	250 kWh primaire / m ² / an
H2	110 kWh primaire / m ² / an	190 kWh primaire / m ² / an
H3	80 kWh primaire / m ² / an	130 kWh primaire / m ² / an

* les zones climatiques sont définies dans l'arrêté

H1 : nord, à H3 : zone méditerranéenne)

Nb : le Grand Lyon se situe en zone H1C

Les priorités de la RT2005 sont de :

- Limiter le recours à la climatisation.
- Mieux prendre en compte l'architecture bioclimatique.
- Intégrer des consommations de climatisation.
- Favoriser le recours aux EnR.

Les bâtiments suivants sont concernés :

- Tous les bâtiments neufs (logement, industriel, tertiaire).
- Parties nouvelles de bâtiments (élévations, extensions).
- Dans un avenir encore non précisé, les bâtiments existants, rénovés.

La prochaine réglementation thermique est prévue pour 2012. À cette date, tous les nouveaux bâtiments devront être construits dans une logique BBC (Bâtiment Basse consommation) ce qui revient à diviser par plus de 2 les exigences de la RT 2005 et ce qui en fait l'une des mesures phares du Grenelle de l'Environnement. En l'an 2020, les nouveaux bâtiments devront eux être à « énergie positive », c'est-à-dire produire plus d'énergie qu'ils n'en consomment.

16.3. Les aides pour installations d'énergies renouvelables ou d'économies d'énergie

Les pouvoirs publics accordent des aides économiques à l'amélioration de l'efficacité énergétique et au développement des énergies renouvelables ; elles varient selon l'année, le type d'acteurs, les choix techniques... et il n'entre pas dans le cadre de ce guide de les décrire toutes, mais citons les plus connues :

- L'État accorde aux particuliers « le crédit d'impôt dédié au développement durable (économies d'énergie, énergies renouvelables) ». Ce crédit d'impôt s'applique au titre de l'habitation principale du contribuable situé en France. Il concerne les équipements de production d'énergie utilisant une source d'énergie renouvelable ainsi que les pompes à chaleur (dont la finalité essentielle est la production de chaleur), les équipements d'isolation (dont les fenêtres performantes), de régulation, les chaudières à condensation etc. L'équipement doit être installé par un professionnel. La demande de crédit d'impôt s'effectue dans la déclaration de revenus de l'année de réalisation des travaux.
- Depuis 2009, l'État a également mis en place l'éco prêt à taux zéro, qui permet d'emprunter jusqu'à 30000 euros pour des travaux liés à l'énergie.
- Les collectivités, dont la Région Rhône Alpes, et certaines communes de l'agglomération lyonnaise, accordent des aides additionnelles sur les énergies renouvelables, voire sur l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments.

Les Espaces Info Énergie sont à la disposition de tous pour expliquer ces aides.

Sur le Grand Lyon, cette mission est confiée à l'ALE.



16.4. Tarifs d'achat d'électricité renouvelable

L'Union Européenne a adopté le 21 septembre 2001 une directive européenne relative à la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelable (dite « E-SER ») sur le marché intérieur de l'électricité. Ce texte a fixé un objectif commun : 22,1 % de l'électricité consommée dans l'UE devra être produite à partir des énergies renouvelables à l'horizon 2010 ; cet objectif est décliné de manière différente d'un pays à l'autre. Pour la France, l'objectif était de passer de 15 à 21 % en 2010. Avec cette directive, les États se sont engagés à respecter des objectifs nationaux de consommation d'électricité produite par des SER, à instaurer un système de garantie d'origine de l'électricité verte et à mettre en place des mesures d'accompagnement visant à faciliter la pénétration des SER.

Pour permettre aux nouvelles technologies utilisant des sources d'énergie renouvelable de se développer, différents tarifs d'achat ont été fixés par l'État. À ce jour, seul l'opérateur historique EDF et les entreprises locales de distribution là où elles existent, comme GEG à Grenoble, ont l'obligation d'acheter cette électricité d'origine renouvelable au tarif fixé par l'État. La différence de prix avec le coût moyen de production est compensée par une taxe intitulée « contribution au service public de l'énergie » (CSPE). Cette taxe, collectée par EDF sur les factures d'électricité, permet aussi de financer les tarifs dits « de première nécessité » pour les ménages en difficulté économique, ou encore de compenser les surcoûts de la production électrique dans les DOM et en Corse. Une (faible) partie de cette

contribution est à présent consacrée au développement des filières d'électricité renouvelable pas assez matures pour être compétitives face aux énergies polluantes. Les écocitoyens qui désirent installer sur leur propriété des systèmes de production d'électricité renouvelable peuvent donc bénéficier de ce tarif d'achat sous certaines conditions. La production d'électricité peut ainsi être décentralisée pour tenir compte des particularités locales.

16.5. Changer de fournisseur d'énergie ou devenir producteur

L'ouverture à la concurrence des marchés de l'énergie a été engagée dès 1996 au niveau européen, avec l'adoption d'une première directive concernant l'électricité, suivie en 1998 d'une directive sur le gaz et complétée par les directives du 26 juin 2003 sur les règles communes pour le marché intérieur de l'électricité et du gaz naturel. De plusieurs marchés nationaux fonctionnant indépendamment les uns des autres, on est ainsi passés à un seul marché européen intégré.

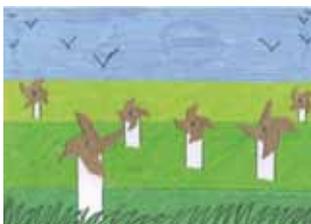
En France, l'ouverture des marchés s'est faite lentement et par étapes, avec d'abord une ouverture réservée aux grandes entreprises, puis à toutes les entreprises (1er juillet 2004), et enfin à tous les consommateurs, y compris les particuliers le 1^{er} juillet 2007.

Depuis cette date, les opérateurs « historiques » ont perdu leur monopole, et de nouveaux entrants peuvent proposer leurs offres sous réserve d'être enregistrés par les autorités (voir la liste des fournisseurs agréés sur <http://www.energie-info.fr/>). On a ainsi basculé d'un modèle réglementé dans lequel la fourniture de chaque énergie aux usagers est assurée par une seule entreprise publique en situation de monopole, vers un modèle ouvert où des entreprises privées concurrentes se partagent la fourniture d'électricité, de gaz naturel et, le cas échéant, de « services énergétiques » à des clients.

Cette nouvelle organisation repose sur les principes suivants :

- Pour les consommateurs : le libre choix du fournisseur.
- Pour les producteurs : la liberté d'établissement.
- Concernant les réseaux de transport et de distribution d'énergie (c'est-à-dire les lignes électriques et les réseaux de gaz) : le droit d'accès dans des conditions objectives, transparentes et non-discriminatoires pour tous les utilisateurs des réseaux.

Parmi les offres disponibles, on notera l'existence d'offres d'« électricité verte » chez tous les fournisseurs, certains d'entre eux s'étant même spécialisés dans cette catégorie à vocation écologique.



D. ACTIONS DU GRAND LYON ET DE SES PARTENAIRES

D17. Le contexte

17.1. L'Agenda 21 du Grand Lyon

Depuis 1992, le Grand Lyon développe une politique environnementale, notamment grâce à deux chartes d'écologie urbaine et d'éducation à l'environnement. En s'engageant pour un développement durable, à travers un Agenda 21 local, le Grand Lyon affiche de nouveaux enjeux depuis 2005 : la recherche de cohésion sociale et l'affirmation d'un développement économique responsable, solidaire et respectueux de l'environnement ; la diminution des gaz à effet de serre, l'amélioration du cadre de vie et le dialogue social.

Le plan d'actions Agenda 21 du Grand Lyon regroupe 100 actions programmées à court, moyen et long terme, structurées autour de cinq orientations stratégiques, fruits d'une vision alliant pragmatisme et recherche d'exemplarité :

- Orientation n°1 : favoriser tout à la fois la cohésion sociale et le développement économique.
- Orientation n°2 : réaffirmer localement la lutte contre l'effet de serre.
- Orientation n°3 : améliorer le cadre de vie des habitants.
- Orientation n°4 : positionner le Grand Lyon et les communes comme animateurs de la prise en compte du développement durable, de manière partenariale.
- Orientation n°5 : engager l'institution communautaire à se mobiliser pour le développement durable. »

Les actions de l'Agenda 21 concernant l'énergie et le climat sont décrites dans la partie plan climat ci après.

17.2. Le Plan Climat du Grand Lyon

Face au changement climatique en cours, le Grand Lyon prend sa part dans les engagements internationaux et nationaux. Après avoir inscrit en 2005 le Plan Climat comme une action de son Agenda 21, le Grand Lyon a précisé son plan d'actions en 2007-2009 en faisant du Plan Climat une des 5 orientations de l'Agenda 21, constitué de 25 actions réparties dans 6 domaines :

- Structuration/communication/évaluation.
- Adaptation au changement climatique.
- Démarche partenariale de lutte contre le changement climatique.
- Mobilité durable.
- Maîtrise des consommations énergétiques.
- Aménagement et habitat de qualité environnementale.

De plus, un engagement a été pris fin 2007 pour :

- Réduire les gaz à effet de serre émis (GES) sur le territoire et la consommation d'énergie de 20% d'ici 2020 (en référence à l'année 2000).
- Porter à 20% la part d'énergie renouvelable dans la consommation d'énergie totale.

Tout cela se fait dans la perspective de réduire par 4 les émissions de GES d'ici 2050.

Consciente qu'elle ne peut agir seule face à ce défi majeur, la Communauté Urbaine a défini 3 échelles d'intervention :

- **Les activités et le patrimoine propres de l'institution** (bâtiments et véhicules, marchés publics, équipements industriels d'assainissement et de traitement des déchets...) qui représentent entre 1 et 5 % des GES émis sur le territoire du Grand Lyon et un fort enjeu d'exemplarité.
- **Les politiques publiques mises en œuvre ou planifiées par la Communauté Urbaine** (urbanisme, déplacement des personnes, habitat social, développement économique...) qui ont un impact sur environ 20% des GES émis sur le territoire.
- **Toutes les autres activités du territoire** (une partie des déplacements des biens et personnes, notamment en transit, activités économiques, construction et gestion des bâtiments à usage résidentiel, économique, d'intérêt général...).

Depuis de nombreuses années, les services de proximité du Grand Lyon, tout autant que ses projets d'aménagement et la planification des politiques publiques prennent en compte de nouveaux critères pour faire du territoire de l'agglomération lyonnaise une métropole durable.

Cependant, l'engagement chiffré pris à l'unanimité du Conseil de Communauté en 2007 constitue un acte politique fort : d'une obligation de moyens, nous sommes passés à une obligation de résultat dont l'atteinte sera évaluée en 2020 (les « 3 x 20 »).

Cette nouvelle exigence entraîne la nécessité de produire des scénarios conduisant à un plan d'actions plus ambitieux pour la Communauté Urbaine, mais aussi et surtout le besoin d'impliquer la majorité des acteurs de l'agglomération, qui émettent environ les trois quarts des émissions du territoire. Dans cette optique, le Grand Lyon a publié un ouvrage, le « Diagnostic climat de l'agglomération lyonnaise, première étape vers une agglomération sobre en carbone », qui synthétise les connaissances disponibles sur le sujet.

Il devra déboucher sur des scénarios, objet des travaux en cours, qui réunissent le conseil de développement, les communes, et des partenaires privés, ainsi que les services du Grand Lyon.

Pour plus d'informations, voir les pages plan climat du Grand Lyon et de l'ALE :

<http://www.grandlyon.com/Le-Plan-Climat.3139.0.html>
<http://www.ale-lyon.org/rubrique/references/planclimat/index.html>

17.3. Le Plan d'Éducation au Développement Durable

L'engagement Agenda 21 du Grand Lyon doit être accompagné par une action pédagogique en profondeur, à destination de nombreux acteurs. C'est ainsi qu'un Plan d'éducation au développement durable afin de favoriser l'éco-citoyenneté dans la mise en œuvre de ses politiques publiques a été adopté par le Grand Lyon en juillet 2006. C'est l'une des 86 actions contenues dans l'Agenda 21.

Les thèmes prioritaires de cette politique d'éducation ont un fil conducteur qui est le développement durable en milieu urbain. Parmi eux, on peut citer l'éducation à l'énergie et au changement climatique. Quant aux publics ciblés, si tous les habitants sont concernés, les jeunes (scolaires) ont été jusqu'à présent majoritaires. Le Plan souhaite atteindre d'autres publics, y compris handicapés ou en difficulté sociale. Il doit aboutir à une prise de conscience que chacun peut agir.

Un partenariat étroit avec les acteurs du territoire s'avère indispensable pour conduire cette politique éducative, ne serait-ce qu'au niveau de la création d'outils pédagogiques en lien avec le développement durable. Le Grand Lyon recherche une forme de contractualisation avec les communes volontaires. Le partenariat concerne également les institutions et établissements publics de l'Éducation nationale, les associations et les entreprises.

Différents lieux permettent de déployer l'action d'éducation à l'environnement du Grand Lyon. Outre les établissements scolaires, ce sont les centres de loisirs, de formation continue... mais aussi les conseils de quartier, le Conseil de développement du Grand Lyon et les équipements dédiés à l'éducation, à l'environnement et au développement durable.

Ce Plan d'éducation va donner un nouvel essor aux actions de terrain déjà engagées pour aboutir à une participation des habitants, une composante clé du développement durable.



D18. Les animateurs de projets pédagogiques



L'ADEME, avec le soutien des Régions et de certaines collectivités locales, a développé des structures de conseil, d'information et de formation sous le nom d'Espaces Info Énergie. Les particuliers comme les porteurs de projets collectifs peuvent s'adresser à ces organismes de proximité. Sur la Région Rhône-alpes, les Espaces Info Énergies sont regroupés au sein du réseau Info Énergie Rhône Alpes (IERA). Des animateurs spécialisés utilisent et développent des outils pédagogiques pour aborder le thème des énergies et du changement climatique avec les jeunes. Des formations à l'attention des enseignants ou d'animateurs sont organisées chaque année. Sur le département du Rhône, deux Espaces Info Energie travaillent en étroite collaboration : l'Agence locale de l'énergie de l'agglomération lyonnaise et l'association HESPUL.

18.1. ALE Lyon

18.1.1. Présentation générale

Créée à l'initiative du Grand Lyon en 2000, avec le soutien de la Commission Européenne, de l'ADEME et de la Région, l'Agence Locale de l'Énergie de l'Agglomération Lyonnaise réunit en son conseil d'administration une quarantaine d'acteurs du territoire concernés par les questions d'énergie : collectivités, bailleurs et autres professionnels du logement, fournisseurs d'énergie, professionnels du bâtiment, associations de consommateurs et d'environnement, recherche et enseignement.

18.1.2. Objectifs

L'ALE exerce ses missions dans plusieurs domaines liés à l'énergie et au bâtiment:

- L'efficacité énergétique et utilisation rationnelle de l'énergie,
- La gestion de l'eau, la qualité de l'air, le développement des énergies renouvelables,
- La maîtrise des usages à travers les comportements (éclairage, chauffage, froid, eau, transports...),
- L'éco-consommation.

18.1.3. Activités/thématiques développées

L'ALE mène diverses activités de sensibilisation et de communication, de conseils-énergie aux particuliers, d'accompagnement technique de collectivités et acteurs privés... Elle intervient depuis sa création dans les écoles primaires, collèges et lycées, mais aussi de formations de formateurs et accompagne les établissements en démarche de développement durable.

18.2. HESPUL

18.2.1. Présentation générale



HESPUL est à l'origine du premier toit solaire raccordé au réseau électrique en France. Cette initiative, portée par plusieurs militants des énergies renouvelables en 1992, a permis à l'association d'être aujourd'hui un expert internationalement reconnu sur les applications du photovoltaïque raccordé au réseau électrique. HESPUL est une association dont l'objet social s'étend à présent au développement de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables. C'est un Espace Info Énergie missionné auprès des particuliers, des communes et des petites entreprises pour délivrer des informations neutres et personnalisées sur les gisements d'économies d'énergie et les possibilités d'investissement dans les énergies renouvelables.

Un pôle spécifiquement dédié aux actions éducatives a pour mission d'accompagner les enseignants, les éducateurs et les animateurs auprès des jeunes de tous âges. Des outils pédagogiques (maquettes, fiches d'exercices, méthodologie, expositions, jeux...) ont été conçus pour être mis à disposition des établissements scolaires et extra scolaires. Les animateurs de l'association interviennent auprès des personnels encadrant par le biais de la formation et de projets éducatifs en lien avec les acteurs locaux.

18.2.2. Objectifs

- Apprendre à maîtriser la consommation des énergies fossiles.
- Comprendre les conséquences de l'effet de serre et s'adapter au changement climatique.
- Développer l'usage des énergies renouvelables.

Une éducation populaire à l'efficacité énergétique s'adresse à différents publics : enfants, jeunes, enseignants, parents, personnels d'établissements scolaires, éducateurs, élus...

18.2.3. Activités/thématiques développées

- Calculer ses émissions de carbone dans sa vie quotidienne.
- Démontrer le principe de l'effet de serre et les conséquences du dérèglement climatique.
- Mobiliser des acteurs locaux autour des projets d'écoles et de loisirs.
- Mettre à disposition des outils pédagogiques pour agir
- Accompagner le volet énergie d'un agenda 21 scolaire ou d'une démarche d'éco-établissement.
- Former éducateurs et enseignants aux enjeux énergétiques et à la démarche « Négawatt ».
- Réaliser des maquettes ou systèmes d'énergies renouvelables.

18.3. Oikos

18.3.1. Présentation générale



L'histoire de l'association débute en 1989 avec « Oïkos, maison vivante ».

Cette structure réunissait des défenseurs de l'écologie qui avaient avant l'heure compris l'importance de l'autoconstruction pour obtenir un habitat écologique et économique : le « développement durable » et la « Haute Qualité Environnementale » avant l'heure.

En 1991, cette association est dissoute et donne naissance à l'association « Oïkos : la Maison, son Environnement » et qui a pour but la promotion de l'habitat écologique.

L'association emploie aujourd'hui 4 salariés qui assurent les missions d'Information, de Formation et d'Éducation à l'écoconstruction.

18.3.2. Objectifs

L'objectif de l'association est de développer l'écoconstruction en Rhône-Alpes par :

1. L'information : accompagnement de projets pour des particuliers, tenue de permanences d'informations au centre de documentation de l'association et sur des salons, présence sur des événements grand public, organisation de conférences, gestion d'un centre de documentation
2. La formation : organisation de formations à l'écoconstruction pour les professionnels du bâtiment et pour les particuliers
3. L'éducation : animations auprès des enfants, des adolescents et des adultes en milieu scolaire et extra-scolaire.

Activités/thématiques développées

- Conception bioclimatique des bâtiments
- Bâtiments économes et astuces constructives
- Bâtiments et pollutions électromagnétiques : quelles solutions dans la maison ?
- Les isolants écologiques
- Les matériaux de structure
- Les peintures écologiques et autres produits de finition



- Qualité de l'air intérieur : mieux respirer pour mieux vivre
- Les végétaux dans la maison
- Les toitures végétalisées
- L'eau dans la maison : une gestion raisonnée des flux et des pollutions

D19. Projets et actions pédagogiques

19.1. Avec des établissements scolaires

19.1.1. Démarche de projet sur un territoire

Un projet d'animation à l'efficacité énergétique doit s'intégrer dans la démarche du développement durable d'un territoire. Il s'agit d'associer plusieurs acteurs de la commune dans le déroulement du projet. Des démarches d'éco-établissements, des plans locaux d'éducation au développement durable à l'initiative des collectivités, des agendas 21 avec un volet éducation, la déclinaison du Plan Climat du Grand Lyon sont autant de pistes à exploiter pour former tous les habitants d'une commune aux futurs enjeux énergétiques. L'éducation au développement durable s'adresse par ricochet aux enseignants, aux jeunes, aux familles et aux décideurs locaux. Les Espaces Infos Énergie essayent donc d'intégrer ces dispositifs dans les projets d'éducation à l'énergie. Par exemple, la collecte des données par les jeunes, l'affichage des consommations de l'école permettent de former les utilisateurs des lieux à la maîtrise des consommations d'énergie. Il est préférable d'associer le plus tôt possible le conseil d'école et les associations de parents d'élèves à la réflexion sur le projet d'animation. La satisfaction est plus grande lorsque les collectivités s'associent à la démarche pédagogique. Ces dispositifs facilitent donc la répartition des rôles et des objectifs à atteindre.

La démarche « Négawatt » peut être le fil conducteur pour amener les publics vers une plus grande responsabilité dans l'usage des énergies. La partie sur la sobriété s'attachera aux comportements, aux valeurs et aux représentations historiques et contemporaines de l'usage des énergies. La partie sur l'efficacité donnera des bases de connaissances techniques pour mieux identifier les gisements d'économie en rapport avec les nouvelles technologies. Enfin la partie sur les énergies renouvelables abordera les perspectives et les contraintes environnementales de la production d'énergie. Le rôle des territoires et des acteurs locaux est donc déterminant pour encourager les jeunes à inventer une relation de proximité avec les sources d'énergie.



19.1.2. Animations ou Classes énergie-climat-habitat

Dans le cadre du plan d'éducation au développement durable du Grand Lyon, un programme de coopération entre HESPUL, l'ALE et Oïkos permet d'aborder plusieurs approches en rapport avec l'énergie, l'habitat et le climat. Ce projet s'adresse aussi bien aux écoles qu'aux centres de loisirs qui souhaitent bénéficier d'un accompagnement spécifique pour conduire un projet d'animation sur le développement durable.

L'accompagnement est réparti sur l'année ou sur un trimestre. L'agencement du projet d'animation est à construire avec les trois associations partenaires. Les séances d'animation, de visites et de formation sont modulables suivant les contraintes et les exigences du projet.

La méthode proposée se décline ainsi :

- Un temps de conception pour définir le projet et les attentes
- Un temps de formation et de préparation avec les personnes encadrantes.
- Des séances d'animation avec les enfants.
- Une exposition et une conférence pour exposer le projet aux habitants du quartier.
- Un temps d'évaluation avec les personnes qui ont suivi le projet.

Quelques sujets et pistes pédagogiques :

- Les bases de l'énergie,
- Parcours de sensibilisation aux matériaux,
- Les énergies fossiles,
- Comprendre l'effet de serre,
- Les énergies renouvelables,
- Jouer au photovoltaïque,
- La maîtrise des transformations d'énergie,
- Énergie et pollution,
- L'isolation de la maison,
- Construction d'une petite éolienne,
- La visite d'un site d'électricité solaire,
- L'empreinte écologique et climatique,
- Enquêtes énergie à l'école et la maison,
- Des jeux de plateau sur les énergies,
- Des expériences solaires à réaliser,
- La cuisine solaire,
- La construction de maquettes solaires,
- La fabrication d'une brique de terre.

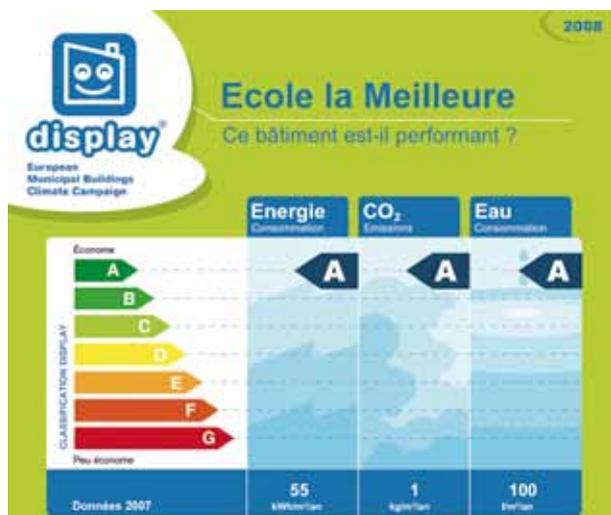


Exemple de planification à construire sur un trimestre ou sur l'année :

	date à fixer	date à fixer	date à fixer	date à fixer	date à fixer	date à fixer
Demi-journée	Réunion formation et préparation (avec les enseignants, et parents volontaires)	Thème à choisir dans la liste ci-dessus	Thème à choisir dans la liste ci-dessus	Thème à choisir dans la liste ci-dessus	Visite d'une installation ou d'une exposition	Exposition avec la bibliothèque (Éventuellement)
	date à fixer	date à fixer	date à fixer	date à fixer	date à fixer	date à fixer
Demi-journée	Thème à choisir dans la liste ci-dessus	Thème à choisir dans la liste ci-dessus	Thème à choisir dans la liste ci-dessus	Thème à choisir dans la liste ci-dessus	Conférence avec les habitants	Réunion d'évaluation (avec tous les acteurs du projet de classe)

Pour coordonner et élaborer le projet d'animation :
info@hespul.org ou 04 37 47 80 98

19.1.3. L'étiquette énergie et l'afficheur



Les élèves et les enseignants sont souvent confrontés à une éducation au développement durable en décalage avec les réalités de l'école (le tri du papier n'est pas mis en place, le matériel scolaire contient des produits nocifs, des désherbants sont utilisés aux alentours de l'école, les agents d'entretien n'ont pas été formés à une attitude éco-citoyenne). Il en est souvent de même pour l'efficacité énergétique de l'école lorsqu'aucun suivi des consommations n'est possible. Pour repérer les dysfonctionnement d'un établissement, en dresser une liste et imaginer des solutions, il est nécessaire de missionner un référent énergie. Celui-ci aura pour rôle de relever les compteurs, éventuellement avec un groupe d'enfants, et de transmettre les progressions saisonnières. Cette exploration pédagogique du milieu dans lequel évoluent les jeunes est indispensable à une prise de conscience sur l'efficacité énergétique. Elle n'engage pas systématiquement la commune dans des travaux coûteux mais permet au contraire de remédier à des absences de suivis des consommations et à plus long terme à la planification de travaux pour l'amélioration énergétique de l'école.

Afin d'aider les jeunes à quantifier les consommations énergétiques de l'école il faut les visualiser sous la forme de chiffres et de tableaux attrayants. L'étiquette énergie des consommations est un modèle qui peut évoluer et servir aussi d'afficheur collectif.

Afin d'aider les utilisateurs des lieux à prendre conscience des performances énergétiques d'un bâtiment et de ses émissions de carbone, nous proposons systématiquement de réaliser une étiquette énergie et d'imaginer des scénarios et d'aider les jeunes à se projeter dans un avenir plus sobre en énergie.

19.2. Avec des structures de loisirs et de quartiers

19.2.1. Centres d'accueil collectif de mineurs

Pour permettre aux animateurs de conduire une action d'animation sur l'efficacité énergétique, une formation à la démarche « Négawatt » leur est d'une grande aide. Les animateurs occasionnels, les animateurs permanents et les directeurs seront mieux à même de définir

les actions d'animation prioritaires qui s'intégreront dans le projet éducatif de la structure de loisirs. Ces professionnels assurent la continuité des actions pédagogiques et la pérennisation de l'expérience acquise. Ce partenariat avec les conseillers énergie permet de dépasser la simple animation scientifique ou l'illustration d'un phénomène physique éloigné des enjeux énergétiques.

Les associations spécialisées dans l'efficacité énergétique peuvent à la fois intervenir et mettre à disposition des animateurs des outils et des jeux qui aborderont cette question centrale de la place des énergies dans notre vie quotidienne. La fabrication de maquettes solaires, la préparation d'un repas solaire, la construction de cabanes et de peinture à base de matériaux naturels, la conception ou la transformation d'un jeu de plein air ou de plateau sont autant de pistes pratiques à explorer sur le terrain des structures de loisirs.

19.2.2. Centres sociaux – Enquêtes des consommations d'électricité avec les familles

Un énergimètre est un petit appareil qui se branche sur les prises murales pour connaître les consommations électriques des appareils de la maison. Le projet d'enquête consiste à réunir plusieurs familles volontaires pour qu'elles mesurent les consommations de leurs appareils électroménagers. Les familles s'engagent à participer à une séance de formation puis à relever les consommations d'énergie pour les reporter dans un tableau. Une réunion de restitution et de réflexion entre les participants est organisée à la fin de l'enquête. Des alternatives et des propositions sont faites aux familles pour améliorer leur consommation d'électricité.



Une réflexion collective avec les familles permet de définir le contenu et les moyens pour communiquer (article dans le bulletin du quartier ou municipal, exposition, livret à destination des familles, etc.) Le but de cette enquête est de familiariser les personnes à l'usage d'un compteur d'énergie, d'informer et de sensibiliser les habitants sur les économies d'énergie, de donner des exemples concrets et lisibles pour les familles, de proposer des alternatives en s'appuyant sur l'expérience des participants à cette enquête.

19.2.3. Les travailleurs sociaux et la précarité énergétique

HESPUL et l'ALE agissent aux côtés des travailleurs sociaux pour lutter contre la précarité énergétique. Le premier volet est la formation de base des assistantes et conseillères en économie sociale et familiale de secteur concernant la thermique et l'énergie dans le logement. Deux sessions d'une journée ont déjà permis de former une trentaine de professionnels du Conseil Général du Rhône et de nouvelles sessions sont programmées. Les conseillères en économie sociale et familiale ont ensuite les outils en main pour organiser si elles le souhaitent des ateliers collectifs d'économies d'énergie dans des quartiers.

Le second volet est une « opération expérimentale » qui consiste à intervenir auprès de ménages signalés par les travailleurs sociaux pour améliorer le confort thermique dans leur logement. Les travaux ainsi subventionnés peuvent être importants (isolation des combles ou de la sous-face plancher, changement de la chaudière, ...) ou bien plus minimes (réparation de fuite d'eau, amélioration de la régulation du chauffage, ...). Ce programme bénéficie du concours financier du Conseil Général, du Conseil Régional, de l'ADEME et de la Fondation de France.

D20. Circuits et outils pédagogiques locaux

20.1. Sites remarquables sur le Grand Lyon

20.1.1. Le barrage de Cusset : aux origines de l'hydroélectricité lyonnaise

L'aménagement du secteur fluvial du Rhône-Amont a débuté en 1840, par la création du Canal de Miribel pour rendre le fleuve navigable en amont de Lyon. La construction du Canal de Jonage en 1898 a pour objectif d'alimenter l'usine hydroélectrique de Cusset, qui est à l'origine du développement de l'industrie lyonnaise au début du 20^e siècle. Elle est alimentée par le canal de Jonage qui peut transiter un débit de 600 mètres cubes par seconde. Le barrage de garde de Jonage permet de régler le débit d'eau admis dans le canal.

Le barrage de Jons construit en 1937 pour augmenter la puissance de l'usine, restitue le débit du Rhône vers l'ancien canal de Miribel; une petite usine hydroélectrique située près du barrage alimente cet ancien canal en dehors des périodes de crue.

20.1.2. Le Musée Ampère

Le musée Ampère propose de revivre les grandes découvertes du fondateur de l'électromagnétisme, André-Marie Ampère (1775-1836), en revenant sur son enfance dans sa maison natale et sur sa vie, celle de son père Jean-Jacques et celle son fils Jean-Jacques-Antoine à travers l'exposition de leurs manuscrits, documents, correspondances et portraits dans la salle des « Trois Ampère ». Ses expériences sont largement évoquées dans les onze salles du bâtiment voisin et illustrées par

de très intéressants télégraphes, aimants et maquettes. Musée Ampère et de l'Électricité, 69250 Poleymieux-au-Mont-d'or (04 78 91 90 77), <http://musee-ampere.univ-lyon1.fr>

20.1.3. Un site d'exploration sur l'énergie solaire : l'installation Soleil Marguerite

Sur une terrasse sécurisée, 130 m² de panneaux photovoltaïques produisent une électricité d'origine solaire aux bureaux de l'immeuble. La production et les caractéristiques techniques sont consultables en temps réel par internet : www.soleilmarguerite.org

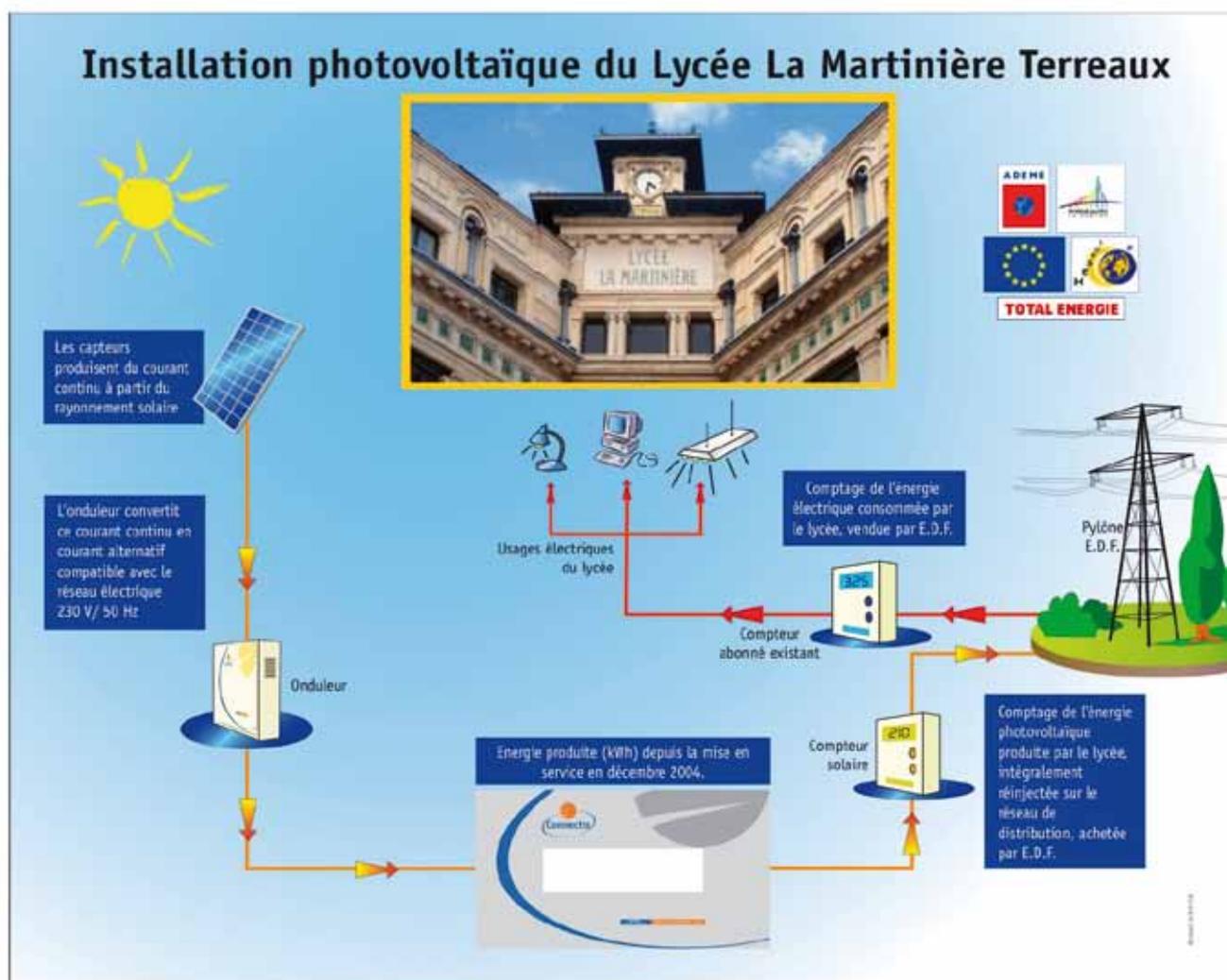
Une station météo raccordée à un système d'acquisition permet de suivre en temps réel le fonctionnement de l'installation photovoltaïque. Une animation sur l'écran de votre ordinateur est accessible par internet. Elle explique le fonctionnement du parc solaire de l'installation. Les caractéristiques techniques rassemblant plusieurs documents sont également disponibles, entre autres :

- la synthèse des données de fonctionnement,
- l'analyse des données de fonctionnement du site,
- l'impact qualité sur le réseau de distribution,
- le descriptif technique du système photovoltaïque.



À la demande des établissements scolaires, des séances d'explication sont conçues pour les différents niveaux de classe. Elles sont illustrées d'un diaporama et complétées par des exercices. L'équipe pédagogique de HESPUL prépare cette séance avec l'enseignant.

20.1.4. Au cœur de Lyon, un lycée équipé en solaire :
la Martinière Terreaux



Tout a commencé en 2003 sur l'initiative d'un professeur et du chef des travaux. Le lycée est divisé en plusieurs bâtiments et deux terrasses sécurisées joutent les toitures. M. Clément, professeur de physique au lycée la Martinière, a décidé d'étudier avec ses élèves le potentiel solaire des deux sites. Avec l'aide d'un animateur de HESPUL, les groupes d'élèves ont étudié les différentes énergies renouvelables et la faisabilité d'une installation photovoltaïque raccordée au réseau sur la terrasse du lycée. Cet équipement a bénéficié des aides de l'ADEME et du Conseil régional. Un panneau placé dans le hall d'entrée indique la production continue de cette petite installation de 1 kW.

Il est possible de prendre rendez vous avec M. Clément pour visiter l'installation.

Contact : a.clementl.pajares@wanadoo.fr



Installation photovoltaïque du lycée la Martinière Terreaux
Source ALE Lyon.

20.2. Outils dédiés à l'éducation à l'énergie

Quelques outils pédagogiques vous sont présentés dans ce chapitre. Ils sont pour certains mis en prêt par HESPUL ou l'ALE.

20.2.1. Expositions

Une Maison Économe – grandeur nature : visitez la maison qui adopte les techniques et les usages économes. Différents modules interactifs expliquent comment réduire ses consommations de chauffage, bien choisir ses équipements électroménagers, privilégier un éclairage performant, cuisiner moins cher, limiter les consommations d'eau, intégrer les énergies renouvelables à son logement, se déplacer autrement, et mille autres astuces pour réduire ses consommations d'énergie tout en faisant un (ou plusieurs gestes) pour l'environnement. À partir de 7 ans. Une nouvelle version verra le jour en 2011.



Démarche « Négawatt » : comment rompre avec une consommation croissante des ressources énergétiques ? De nombreuses réponses existent à court, moyen et plus long terme. On parle alors de « production de négawatts ». Les négawatts caractérisent l'énergie non-consommée grâce à un usage plus sobre et plus efficace de l'énergie. L'exposition présente deux scénarios élaborés pour la France à l'horizon 2050. Ils se fondent sur la même hypothèse de croissance démographique et s'appuient sur des équipements actuellement prouvés ou très probables, sans pari sur une rupture technologique incertaine. Pour un public de lycéens et d'étudiants. (7 panneaux)

Les Énergies et les Énergies Renouvelables :



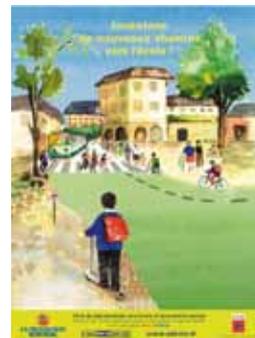
l'exposition présente la place des énergies dans le monde et notre histoire. Les énergies fossiles sont omniprésentes dans le développement des sociétés industrielles mais elles sont condamnées à disparaître. Les énergies renouvelables sont une des solutions pour l'avenir. Elles sont présentées en détail sur des panneaux dédiés à chaque source d'énergie. Les économies d'énergie et un partage plus équitable sur l'ensemble de la planète sont aussi évoqués. À partir de 8 ans (15 panneaux).

Changement Climatique : Alerte aux climats :



le climat de la terre est en train de changer, à une vitesse sans précédent. Ce changement climatique est dû à une augmentation de l'effet de serre sur la planète. En 1988, un Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a été créé, regroupant plus de 2 500 scientifiques. Les informations présentées dans cette exposition sont issues de leur travail : l'effet de serre et son accentuation, les conséquences sur la planète, les secteurs émetteurs, la fonte des glaciers, la montée des océans, les perturbations climatiques, les solutions politiques et économiques, les gestes quotidiens, le protocole de Kyoto. À partir de 10 ans. (15 panneaux).

Un plan déplacement domicile école :



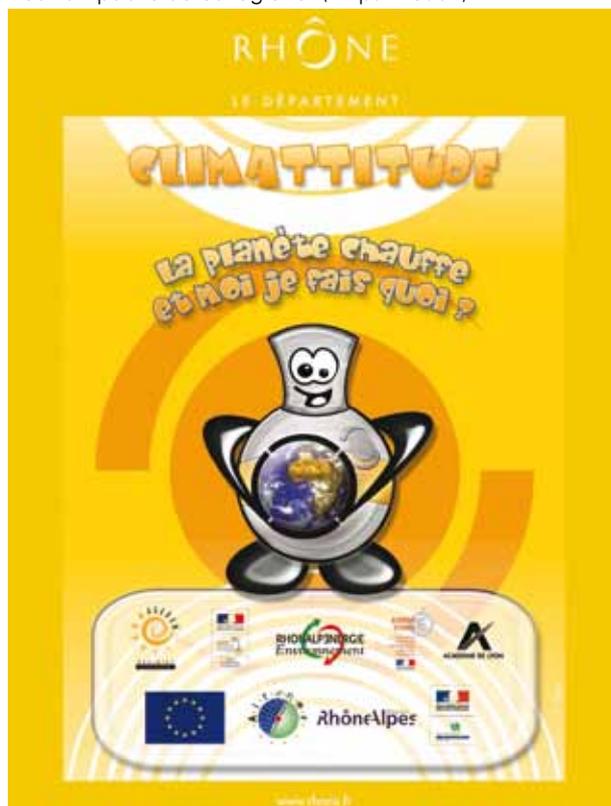
chaque jour les enfants vont à l'école. La voiture génère des pollutions et des risques d'accident aux alentours de l'école. Un plan de déplacement doux et non polluant peut être mis en place en partenariat avec les parents d'élèves, les conseillers municipaux et les enseignants. Dans le Grand Lyon, 76 écoles ont des lignes quotidiennes de Pédibus.

Se déplacer Autrement : On est tous gagnants !

Les transports représentent un gisement d'économies d'énergie considérable et une source de pollution importante. Cette exposition explore les différentes alternatives qui existent pour changer nos habitudes de transports. À partir de 8 ans (6 panneaux).

Énergies renouvelables et maîtrise de l'énergie en Rhône-Alpes : réalisée par les Espaces Info Énergie de Rhône-Alpes (réseau IERA) et Rhônalpénergie-Environnement, cette exposition présente des exemples de réalisations énergies renouvelables ou de maîtrise de l'énergie sur des communes de la Région Rhône-Alpes. Pour un public de lycéens et d'étudiants. (12 panneaux).

Climattitude : exposition sur la compréhension des usages de l'énergie, de leurs impacts sur l'environnement et le climat, et de l'importance de nos comportements quotidiens. Elle est accompagnée d'un livret pédagogique et d'un guide européen pour les enseignants présentant des expériences, des idées et des jeux de rôle sur le sujet. Pour un public de collégiens. (11 panneaux)



L'exposition est prêtée aux collèges du Rhône par le Conseil général. Un stage de formation de deux jours a lieu tous les ans à l'attention des enseignants des collèges. Il est co-organisé avec le rectorat, le service environnement du Conseil Général et HESPUL.

20.2.2. Jeux et maquettes

Quelques outils pédagogiques vous sont présentés dans ce chapitre. Ils sont mis en prêt par HESPUL ou l'ALE. Certaines maquettes peuvent être réalisées avec les enfants. Elles ont pour objectif de démontrer des principes technologiques qui permettent de capter des sources d'énergies renouvelables pour les transformer en énergie d'usage. Des interventions peuvent être programmées à la demande.



Jeu de l'oie sur les énergies renouvelables : découvrir les différentes énergies renouvelables au travers d'un parcours de questions réponses. Le jeu comporte différents niveaux. Une histoire en bande dessinée introduit le jeu.

La production photovoltaïque : sur un plateau de jeu, le but consiste à produire le maximum de puissance électrique solaire en gagnant des watts. Le vainqueur est celui qui a produit la puissance électrique solaire suffisante pour allumer l'ampoule. Habileté, calcul et chance sont nécessaires.

Enjeux énergie : jeu de carte rassemblant des questions de différents niveaux. Il faut rassembler des familles thématiques pour devenir un éco-citoyen modèle.

Kyoto : un jeu de plateau sur lequel chaque joueur est un industriel possédant plusieurs usines. Le vainqueur sera celui qui respectera les accords de Kyoto le plus rapidement.

Le four solaire :

cette maquette montre la transformation de la lumière solaire en chaleur. Elle permet de cuire au soleil un petit plat cuisiné. Par exemple une compote, un riz aux herbes et à la tomate, un œuf... Elle est composée d'une boîte à chaussures et d'un bocal en verre.





Le manège solaire : la maquette montre la transformation de la lumière solaire en électricité. Le manège tourne lorsque le toit de la cabane est exposé au soleil. Le manège sera décoré et habillé d'après l'imagination des enfants.



Le véhicule solaire : la maquette montre la difficulté d'être autonome en énergie pour se déplacer. La lumière solaire est transformée en mouvement mais l'autonomie

énergétique et la puissance du véhicule dépendent de l'intensité lumineuse disponible.

Le véhicule à air : cette maquette montre la propulsion par réaction. Elle illustre le principe d'un véhicule à air comprimé. Si le déplacement est non polluant, comment va-t-on comprimer l'air dans le réservoir ?



L'éolienne : la maquette montre l'usage de la force du vent pour actionner un système mécanique. La forme des hélices capte l'énergie du vent pour la transmettre à un axe rotatif.

Le cuiseur solaire : une parabole réfléchit le rayonnement solaire sur une marmite dans laquelle mijote le prochain repas. La concentration de la lumière solaire devient un brûleur non polluant.

Une mini centrale électrique solaire : l'ensemble du système va transformer la lumière du soleil en énergie électrique exploitable sur le réseau.

Malette « un degré de + » : des plateaux de jeux et de nombreuses fiches pédagogiques pour aborder les notions du changement climatique. Conçue par « Les petits Débrouillards ».

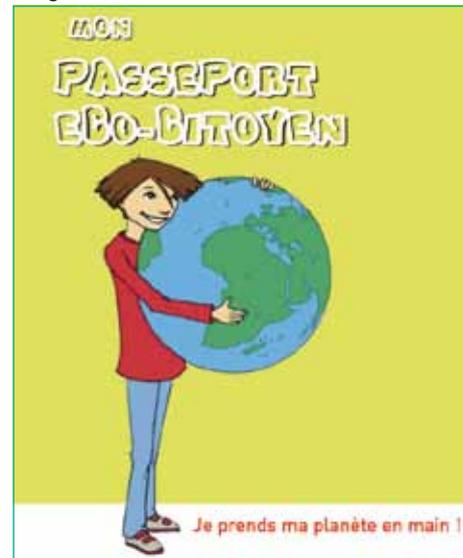
20.2.3. Brochures à distribuer

L'ADEME et d'autres organismes publient diverses brochures d'information sur le changement climatique, les énergies renouvelables et les économies d'énergie. Elles sont le plus souvent illustrées de schémas et d'exemples. Ces publications s'adressent pour certaines aux jeunes et pour d'autres aux adultes. Les Espaces info énergie sont disponibles pour vous conseiller sur les documents les plus adaptés à votre action pédagogique et vous en distribuer en grand nombre pour vos classes et vos activités. Des permanences sont aussi ouvertes pour discuter de votre projet pédagogique et des outils d'animation disponibles.

20.3. Outils conçus par l'Inspection Académique et le Grand Lyon

20.3.1. Passeport eco-citoyen

L'Inspection Académique du Rhône et le Grand Lyon ont élaboré le Passeport Eco-Citoyen, destiné aux élèves des classes de CE2, CM1 et CM2 pour répondre à la double exigence :



- La présentation en « livret thématique » et « livret d'activités » apporte des contenus didactiques en engageant la participation des élèves à une réflexion sur les comportements citoyens à l'aune du XXI^e siècle. L'objectif est que chaque élève garde son passeport durant tout le cycle 3 et qu'il se l'approprie en y étant à la fois attentif et attaché.
- Sur les 8 thématiques abordées, celle de la maîtrise des énergies résume l'essentiel de ce qu'il faudrait savoir à cet âge, notamment comment se comporter pour devenir un éco-citoyen averti. Par exemple il est possible d'interroger notre « savoir être » sur les énergies consommées, à partir des témoignages des personnages cités dans le document et d'animer des jeux de rôles ou des mimes sur les économies d'énergie.

20.3.2. Logiciel « Terragones » d'éducation à l'empreinte écologique

L'empreinte écologique est la surface nécessaire pour satisfaire nos besoins et absorber les déchets que nous produisons. Parmi les nombreuses ressources consommées sur la planète, il faut évaluer la surface de terre nécessaire pour fournir l'énergie pour se déplacer, se chauffer, s'éclairer... car il faudra bien un jour remplacer les énergies fossiles du sous sol. Ce logiciel permet aux enfants, aux jeunes et aux adultes de calculer leur empreinte écologique avec trois niveaux de difficultés dans les questions.

Un animateur des Espaces Info Énergie vous aide à interpréter les résultats et mettre en parallèle les émissions de carbone responsables du dérèglement climatique.

E. RESSOURCES PÉDAGOGIQUES

E21. Les Structures pédagogiques de référence

21.1. Locales ou régionales

Les trois premiers interlocuteurs sur le Grand Lyon pour vos activités pédagogiques sur l'énergie sont :

- Agence Locale de l'Énergie de l'agglomération Lyonnaise, www.ale-lyon.org
- HESPUL, efficacité énergétique et énergies renouvelables, www.infoenergie69.org
- OIKOS, la maison et son environnement, www.oikos.asso.fr

Sur l'écomobilité, ces structures agissent en partenariat :

- Pignon sur rue, www.pignonsurruerue.org
- Robins des villes, www.robinsdesvilles.org
- APIEU Millefeuilles, www.apieumillefeuilles.org

À l'échelle régionale :

- Réseau Info Énergie Rhône-Alpes, www.iera.fr
- Les Amis de Circée, www.amisdecircee.fr
- Réseau Rhône-Alpes pour l'éducation à l'environnement, www.graine-rhone-alpes.org
- Lycées éco-responsable en Rhône-Alpes, www.etablissement-ecoresponsable.rhonealpes.fr

21.2. Nationales

- Collectif Français pour l'éducation à l'environnement vers un développement durable, www.cfeedd.org
- Réseau Ecole et Nature, www.ecole-et-nature.org
- Réseau français des étudiants pour le développement durable, www.refedd.org
- Eco-école, www.eco-ecole.org
- Les Petits Débrouillards, www.lespetitsdebrouillards.org



E22. Des pistes et des idées

22.1. Des établissements en démarche de développement durable

L'éducation au développement durable ne doit pas rester de simples mots. Les constats, les apprentissages et les solutions imaginées par les élèves doivent être mis en pratique dans l'établissement qu'ils fréquentent. Parmi les nombreux thèmes qui peuvent être traités (l'alimentation, la biodiversité, les déchets, l'eau), nous nous attacherons plus particulièrement à celui de l'énergie et des conséquences du dérèglement climatique. Il est fortement conseillé de commencer par un diagnostic qui débouchera sur des réalisations concrètes d'amélioration des bâtiments scolaires et de leur gestion. En accord avec les enseignements scolaires, la démarche d'éco-établissement pourra être mise en place en partenariat avec les élus locaux, des associations locales et des parents d'élèves notamment.

Une méthodologie en sept étapes a été expérimentée par la labellisation d'Eco-école. HESPUL et l'ALE s'appuient sur ces préconisations pour une mise en œuvre concrète des questions énergétiques au sein des établissements.

Les sept conseils pour réussir un projet d'éducation aux énergies



1. Former un comité de suivi : ouvert à tous les acteurs et les partenaires de l'école, ce comité rassemble des enseignants, la direction de l'établissement, des élèves, des élus locaux, des parents d'élèves, des représentants du personnel d'entretien, d'associations locales. Ce comité pourra définir le projet d'éducation à l'énergie en y intégrant des activités dans l'école comme à l'extérieur.

2. Le diagnostic environnemental : avant d'agir sur l'école, il est important de connaître sa situation initiale et de comprendre ses impacts sur l'environnement, notamment en matière d'énergie. Un bilan des consommations d'énergie et des émissions de carbone pourra être établi en complément des enquêtes des élèves.

3. Le plan d'action : à partir des observations faites lors du diagnostic, le comité de suivi détermine les priorités et l'agenda des actions à réaliser.

4. Le contrôle et l'évaluation : cette phase intervient tout au long de la réalisation du plan d'action et vise à vérifier sa mise en œuvre. Elle permet de faire prendre conscience aux enfants qu'ils peuvent modifier individuellement et collectivement le cours des choses. C'est l'occasion donnée pour se familiariser avec les unités de mesure énergétiques.

5. Établir des liens avec le programme scolaire : avec l'aide des conseillers énergie et des animateurs spécialisés les enseignants accompagnent le projet de vie scolaire et de gestion environnementale des bâtiments. Chaque étape est ainsi mise en relation avec le programme scolaire.

6. Impliquer l'école et la communauté dans le

programme : le comité de suivi permet d'impliquer des acteurs extérieurs à l'établissement et d'apporter un soutien technique et moral, voire financier, au projet d'éco-établissement. Chaque initiative prise en charge par les élèves pourra être valorisée auprès des habitants de la commune.

7. L'éco-code : c'est l'aboutissement d'un enseignement dans lequel les enfants sont partie prenante. Ce code comportemental, conçu par les élèves, réunit les déclarations et les engagements des partenaires. Il accompagne le plan d'action en promouvant les attitudes individuelles et collectives qu'il convient d'adopter dans un projet d'éducation à la maîtrise et l'usage des énergies.

Pour prendre connaissance des projets énergie d'Eco-Ecole dans les départements français, et plus particulièrement celui du Rhône, il vous suffit de consulter : www.eco-ecole.org.

22.2. Calcul de son empreinte énergétique

Pour améliorer son bilan carbone et ses consommations d'énergie il faut d'abord utiliser des unités de mesure pour les quantifier. Le kilowattheure (kWh) servira le plus souvent à évaluer les consommations d'énergie et le gramme équivalent de gaz carbonique (greqCO₂) celui des émissions de gaz à effet de serre. Ces exercices pratiques permettent de se familiariser avec ces unités de mesure et de les comparer.

22.2.1. Estimer ses consommations d'énergie à la maison

À partir de vos factures d'électricité et de chauffage il est possible d'évaluer la performance énergétique du logement ou du bâtiment occupé. Au-delà de 100 kWh/m²/an il faudra envisager des solutions pour réduire cette consommation. Rassurez vous, nous avons tous des efforts à faire car la moyenne nationale dépasse les 200 kWh/m²/an.

22.2.2. Établir son bilan carbone

D'après les estimations du GIEC*, pour stabiliser les évolutions climatiques d'ici 2100, il faudrait le plus rapidement possible limiter nos émissions de gaz à effet de serre à 1,5 tonne d'équivalent de CO₂ par personne. La moyenne nationale est à 6 tonnes environ par personne. La division à faire dans nos activités quotidiennes se résume par cet objectif : atteindre le facteur 4.

* Groupe Intergouvernemental d'Experts sur le Climat

22.2.3. Les métiers du développement durable

La question des nouvelles professions en rapport avec l'environnement et le développement durable se pose aussi bien pour les collégiens que les lycéens. Les jeunes devant choisir une filière professionnelle s'interrogent inévitablement sur la pertinence de leur choix au regard d'un avenir le plus optimiste. Les activités professionnelles doivent évoluer pour intégrer de nouvelles exigences environnementales. L'usage de l'indicateur des émissions de carbone et sa compréhension est une façon d'apprécier si les modes opératoires d'une activité professionnelle contribuent de près ou de loin à un développement durable. Dans le cas contraire, d'importantes mutations devront être opérées. Par exemple, le secteur de l'aviation est aujourd'hui fortement émetteur de CO₂ à cause de la dépendance au kérosène. Les activités en rapport avec le transport aéroportuaire devraient donc se réduire ou se transformer pour limiter leurs émissions. À l'inverse, la culture de produits biologiques ou l'isolation des bâtiments anciens devraient se développer car ces activités améliorent notre confort de vie tout en réduisant les émissions globales de CO₂.

Les équipes enseignantes désireuses d'aborder ce sujet avec leur classe peuvent naturellement s'adresser aux Espaces Info Énergie pour disposer d'une aide et de ressources documentaires.

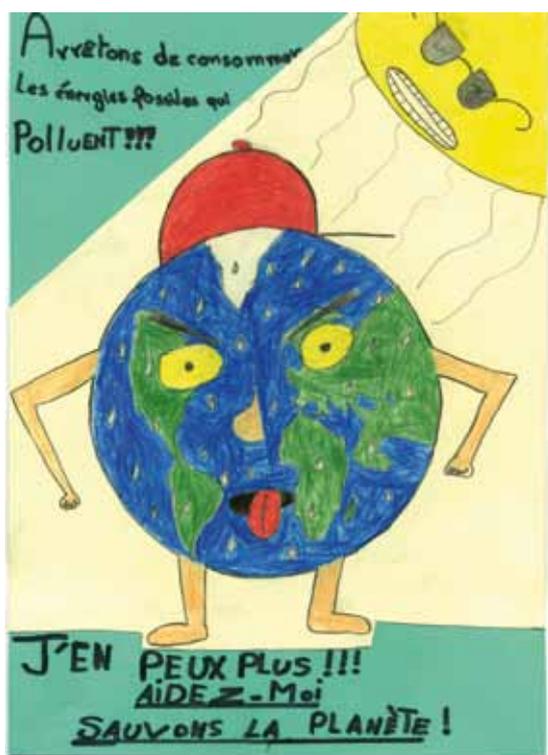
22.3. Des animateurs et des animations

Depuis plusieurs années, le Grand Lyon propose en partenariat avec trois associations locales (ALE, HESPUL, OIKOS) des activités pédagogiques sur l'efficacité énergétique et la question du climat. Les interventions s'adressent aussi bien aux écoles primaires qu'aux structures d'accueil de quartiers et de loisirs. Toutes les communes de l'agglomération lyonnaise peuvent demander à bénéficier d'un accompagnement de ces associations spécialisées. Les projets émanant des quartiers prioritaires inscrits dans les politiques de la ville du Grand Lyon sont étudiés avec attention.



Les outils présentés ci-dessous peuvent être introduits et animés par les animateurs des Espaces Info Énergie (ALE et HESPUL). Des formations spécifiques pour les enseignants et les animateurs peuvent être programmés à la demande.

ÉDUCATION À L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DANS LE GRAND LYON Contribution à la lutte contre le réchauffement climatique			
	1 ^{re} demi-journée	2 ^e demi-journée	3 ^e demi-journée
	ÉNERGIES FOSSILES Sources/Transformations/ Usages Impacts et pollutions engendrés Effet de serre/changement climatique	ÉNERGIES RENOUVELABLES Sources/Transformations/ Usages Les énergies renouvelables en France et dans le Grand Lyon	LES ÉCONOMIES D'ÉNERGIES À la maison, à l'école, dans les transports... Conseils sur les matériels performants et les gestes éco-citoyens
	ÉNERGIES FOSSILES Comment les économiser ? Leur histoire Fabrication de l'électricité Potentiel d'économie	ÉNERGIES RENOUVELABLES Comment les utiliser ? Leurs particularités Exemples pratiques	ÉNERGIES DE LA PLANÈTE Comment les gérer ? La position originale du soleil Transformations et pertes Énergie et réchauffement climatique
	LA CONSTRUCTION : LES MURS Les grands principes et étapes de la construction (murs) Les matériaux naturels	LA CONSTRUCTION : LA CHARPENTE, LES FINITIONS Les grands principes / étapes de la construction (charpente / toiture) L'isolation et autres finitions	LA MAISON ÉCOLOGIQUE Les notions de nocivité et de pollution La maison bioclimatique
<p>4^e demi-journée en option pour approfondir le sujet : des fabrications de maquettes, des visites de sites, des enquêtes, un soutien à des projets de classe. Possibilité de classes énergie d'une semaine ou de séance spécifique sur le changement climatique</p>			



22.3.1. Fiches Kyoto in the home



« Kyoto in the Home » est un projet d'éducation à l'énergie co-financé par le Programme Européen 'Intelligent Energy Europe' auquel s'est associé HESPUL avec un financement du Grand Lyon. L'objectif du projet était la mise en commun, entre pays participants, d'outils et de méthodologies permettant de mener des actions d'information, d'enseignement et d'animation sur le thème de

l'efficacité énergétique dans le milieu scolaire auprès des élèves, des parents d'élèves et des enseignants. Un kit de 9 fiches pédagogiques aborde d'une façon synthétique les principales énergies renouvelables en y associant systématiquement des activités ludiques pour traiter le sujet avec les enfants. Fiches téléchargeables sur :

www.kyotoinhome.info/Fr/Educational_Modules.htm
ou www.infoenergie69.org

22.3.2. Livret sur l'énergie électrique et solaire

En 2004, le Grand Lyon et HESPUL ont publié un livret pédagogique sur l'énergie photovoltaïque à l'attention des enseignants et des animateurs. Ce document privilégie l'approche pédagogique en mettant en parallèle l'énergie électrique et l'énergie solaire. Chaque exposé de connaissance est accompagné d'une fiche d'activité pour introduire le sujet avec les enfants. Les informations sont concises pour rendre l'ouvrage pratique et rapidement utilisable par les enseignants et les animateurs. Le document est téléchargeable sur :

www.infoenergie69.org



22.3.3. Le jeu écoville

Ce jeu a été conçu par l'ADEME pour des lycéens et des collégiens. Il est accessible librement sur internet pour tous les publics. Le but est de construire une ville de 15000 habitants qui se développera en gérant les consommations d'énergie le plus efficacement possible, en limitant les émissions de gaz à effet de serre et la production de déchets. Des carnets pédagogiques seront disponibles prochainement pour introduire et approfondir les notions abordées par ce jeu. Un animateur de HESPUL peut vous accompagner pour son usage en classe. Adresse du jeu : www.ecovillelejeu.com

22.4. Pédibus : en marche vers l'école

Une solution pour lutter contre la pollution et rendre la vie quotidienne plus agréable : le Pédibus, un véritable autobus de ramassage scolaire pédestre. Pas de moteur, mais des parents accompagnateurs à tour de rôle, une ligne, des arrêts, un horaire... Tout pour se rendre à l'école et en revenir sous surveillance, sans danger et sans polluer.

22.4.1. Les lignes existantes

Plus de 72 écoles ont des lignes quotidiennes de Pédibus : Caluire, Craponne, Lyon 5^e, Sainte Foy-lès-Lyon, Saint-Genis-Laval, Saint-Genis-les-Ollières, Tassin-la-demi-Lune, Villeurbanne... La méthode est employée à Amsterdam, Lausanne et dans de nombreuses villes anglaises et américaines. Dans l'agglomération lyonnaise, le Pédibus concerne plus de 2 000 enfants.

22.4.2. Les fiches Pédibus du Grand Lyon

L'objectif de ces fiches est de rendre autonomes les différents acteurs pour la mise en place d'un Plan de Déplacements Domicile-École. Cet outil s'adresse aux parents, aux équipes enseignantes, aux communes, à toutes personnes voulant rendre les trajets des écoliers et de leurs familles du domicile à l'école, moins polluants, plus conviviaux, plus pratiques...

Pour mener à bien ce projet, le Grand Lyon met à votre disposition différents outils:

- Une formation annuelle pour mettre en place son Plan de Déplacements Domicile-École.
- Un support de présentation pour sensibiliser les différents acteurs (Fiches au format PowerPoint ou imprimées sur transparents pour être projetées sur écran).
- Un fichier informatique (sous format Excel) pour exploiter les données collectées lors de l'enquête et pour établir le diagnostic.
- Éventuellement des photos aériennes du périmètre scolaire.
- Un accompagnement technique.
- Une exposition sur les déplacements domicile-école (Prêt dans la limite de l'agglomération lyonnaise).
- Des brochures d'informations pour sensibiliser votre entourage.
- Des pistes pédagogiques avec des interventions possibles de trois associations : Robins des Villes, APIEU Mille Feuilles et Hespul.

22.4.3. Accompagnement pédagogique personnalisé

Pour vous aider à monter votre projet pédagogique sur les énergies un conseiller animateur est à votre écoute dans les deux Espaces Info Énergie du Rhône. Des outils et des fiches pédagogiques, des jeux, des ouvrages, des dvd, des documents divers et des sites internet vous seront présentés suivant votre demande. Il est possible d'emprunter le matériel, le tester avec l'animateur et obtenir des documents pour la classe. La sélection d'outils présentés ci-dessous peut vous être présentée lors d'un rendez vous avec un animateur énergie. (Contact ALE et HESPUL)

22.5. Sélection d'outils en français

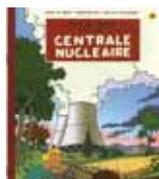
Les outils présentés dans cette rubrique sont consultables à HESPUL ou l'ALE. Certains peuvent être empruntés. En partenariat avec le Grand Lyon et pour faciliter la mise en place de sa politique d'éducation au développement durable, des permanences ont lieu chaque mois, avec des animateurs spécialisés, pour vous aider à construire votre projet d'éducation à l'énergie et vous décrire plus précisément l'usage de ces outils pédagogiques

Livres et revues



L'énergie de notre planète bleue est un ouvrage réalisé par des enseignants avec le CRDP de Poitiers. Chaque chapitre contient des exercices avec des fiches à photocopier. L'énergie est abordée en comparant nos modes de vie et ceux des pays peu industrialisés. Distribué par :

www.orcades-vpc.com/index.html



Flip et Nège et la centrale nucléaire : c'est l'aventure de deux enfants qui découvrent ce qui se trame réellement dans les couloirs d'une centrale nucléaire. Cette histoire fiction entraîne le lecteur dans les secrets inavoués de

l'énergie nucléaire. Distribué par : www.sortirdunucleaire.org

J'économise l'énergie de Denise Neveu, Larissa Mayo-rova (Auteur) est un livre qui explique aux jeunes enfants du cycle 2 qu'ils peuvent économiser l'énergie en s'amusant. 39 pages, Editeur : Gamma Jeunesse (2008) Collection Pour bien vivre sur terre



Le kit changement climatique du Réseau Action Climat est un document de référence pour les enseignants du secondaire. Plusieurs tableaux et schémas permettent d'expliquer aux élèves les défis à relever pour ce XXI^e siècle. Un CD-rom est joint au document.

Jeux

Les Enermens est un jeu de cartes qui forme un plateau modulable suivant les parties. Il faut construire le plus de chaînes énergétiques possibles en évitant les impacts sur l'environnement.

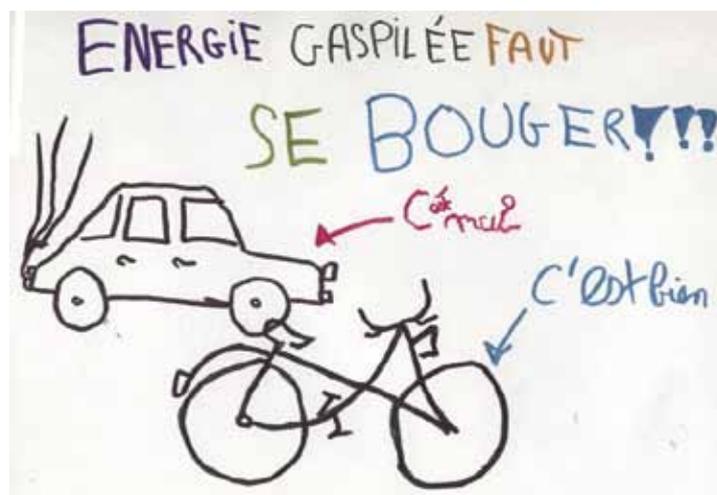
Distribué par : Terawatt. www.terawatt.ch

Citenergie est un jeu pédagogique de table disponible sur internet. Pour des enfants de 8 à 12 ans. Il aborde les différentes énergies en ville et comment les maîtriser. Distribué par : <http://www.arenidf.org/education/citenergie/citenergie.html>

1 degré de + est une malle pédagogique avec plusieurs jeux de plateaux et des fiches d'expériences à réaliser. Distribué par : www.lespetitsdebrouillards.org

Solix est un petit personnage imaginaire qui fait découvrir aux enfants les énergies renouvelables par des jeux, des histoires en bandes dessinées, des maquettes et fiches pédagogiques.

Distribué par : www.educapoles.org



22.6. Sites internet



Le climat, ma planète et moi : projet pluridisciplinaire (sciences, histoire, géographie, mathématiques, instruction civique, TICE...), qui met en avant l'activité des élèves par le questionnement, l'étude documentaire, l'expérimentation et le débat. www.lamap.fr/climat

Le climat entre nos mains : est un calculateur avec plein de trucs et de conseils pour situer ses émissions de gaz à effet de serre par rapport à la moyenne nationale suisse ou française et à l'objectif de Kyoto. www.leclimatentrenosmains.org

Les énergivores : 4 petites vidéos très courtes de 2 minutes pour comprendre l'énergie gaspillée par nos comportements. Ce sont les objets qui racontent leur histoire. www.energivores.tv

L'école agit : des infos de Nicolas Vanier sur le développement durable, entre autres un jeu pour les enfants sur les gestes écocitoyens économes en énergie et des vidéos sur l'explication du changement climatique. www.lecoleagit.fr

Je m'écotransporte : ce kit apporte un appui méthodologique et opérationnel aux porteurs de projets, pour concevoir, organiser et animer des actions pédagogiques sur l'éco-mobilité. www.arenaidf.org/transport/kit-ecomobilite-0808/kit-ecomobilite.html

Les projets Eco-école : dans sa rubrique téléchargement, le site Eco-ecole propose des dossiers méthodologiques dont l'un porte sur « l'énergie ». www.eco-ecole.org

Défi pour la terre : est le site de Nicolas Hulot qui aborde entre autres la question du changement climatique par des conseils, des jeux, des vidéos, etc... www.defipourlaterre.org

Carbone lycée : l'Opération Carbone Lycée est un site internet pédagogique d'accès libre et gratuit, permettant

aux lycéens de répondre aux questions du changement climatique.

www.avenirclimatique.org/lycees/

Le transport aérien : des élèves d'une école d'ingénieurs ont réalisé un film d'animation qui montre l'ensemble du trafic aérien dans le monde en 24 h projetée sur une mappemonde et ramenée à 1 minute. Chaque point jaune représente un avion.

<http://radar.zhaw.ch/resources/airtraffic.wmv>

Éducation nationale : Textes de référence sur l'éducation au développement durable. http://eduscol.education.fr/D0185/textes_reference.htm

Planète énergie : les énergies fossiles présentées par Total avec de nombreux supports pédagogiques www.planete-energies.com

L'école de l'énergie : tout ce qu'il faut savoir sur l'énergie électrique présenté par EDF www.edf.fr/html/ecole_energie/

Solar génération : en s'engageant sur les campus, des étudiants démontrent que d'autres choix énergétiques respectueux de l'environnement sont possibles. www.greenpeace.org/france/solargeneration

Les animations du CEA : plusieurs animations sont disponibles sur le site du Commissariat à l'énergie atomique expliquant le fonctionnement des énergies et du changement climatique. www.cea.fr/jeunes

Curiosphère.tv : la chaîne France 5 met à disposition des reportages vidéo de courte durée sur divers sujets entre autres les énergies et le changement climatique. Elles sont téléchargeables sur leur site internet intitulé « l'éducation en image avec France ». www.curiosphere.tv

Explorez une maison : les cantons de la Suisse proposent d'explorer une maison en cliquant ou en passant sur les objets pour découvrir mille gestes utiles pour économiser l'énergie et préserver notre cadre de vie. <http://energie-environnement.ch>

Jeux en ligne

Planète précieuse : 7 à 10 ans. Un enfant se lève le matin pour aller à l'école. Il doit faire attention à tous ses gestes pour économiser l'énergie. Un score s'affiche à la fin de la partie avec toutes les erreurs du parcours.

Site : www.ademe.fr/particuliers/jeux_2006/REFLEXE_PLANETAIRE/sommaire.html

Découverte des énergies renouvelables : 7 à 10 ans. Devinettes, jeux, exercices sur les économies d'énergie et les énergies renouvelables. Site : <http://managenergy.net/kidscorner/fr/u11/u11.html>

L'énergie-mètre : 8 ans et +. Jeu qui permet d'évaluer ces connaissances sur l'efficacité énergétique. Les questions et réponses sont tirées du jeu de cartes « ENJEU ÉNERGIES » qui peut vous être prêté par HESPUL ou l'ALE pour jouer en groupe. Site : <http://pie.dromenet.org/energie-metre/energie-metre.php>

Centre des sciences de Montréal : 8 ans et +. En 9 minutes, il vous faudra aider l'inspecteur 00Watt à lutter contre les gaspillages d'énergie dus à l'horrible Tetrawattus. Site : www.lachezprise.qc.ca

Terre en vue : 8 ans et +.
http://www.arpe-mip.com/jeu_energie/

Clim'city : 10 ans et +. Une exposition et un jeu interactif sur le changement climatique, les modes de vie éco-responsables. En se promenant dans des paysages, le visiteur accède à plus de 300 documents : textes, vidéos, interviews, graphiques, animations... Clim'city aborde une douzaine de thématiques: climatologie, transports, habitat, énergie, industrie, agriculture, déchets, santé, biodiversité, alimentation, tourisme/loisirs...
Site : <http://climcity.cap-sciences.net>

Comment rendre son habitat à énergie positive : à partir de 14 ans. Simuler des travaux dans une maison en visualisant les ratios énergétiques. Animation réalisée par le CSTB.

Site : http://www.ecoenergies-cluster.fr/Comment_rendre_son_habitat_batiment_performant.744.0.html

E23. Les Structures techniques de référence

Ces structures ont une expertise sur les questions énergétiques et le dérèglement climatique

23.1. Régionales

Rhonalpénergie Environnement : www.raee.org
Info Énergie Rhône Alpes : www.iera.org

23.2. Nationales

Ministère de l'écologie : MEEDDAT,
www.developpement-durable.gouv.fr

ADEME Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, www.ademe.fr

Association Négawatt, www.negawatt.org

Réseau Action Climat, www.rac-f.org

Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, www2.ademe.fr

Solar génération,
www.greenpeace.org/france/solargeneration/

Les Amis de la terre, www.amisdela terre.org

Greenpeace, <http://blog.greenpeace.fr/energie-climat>

Réseau Sortir du nucléaire, www.sortirdunucleaire.org

Centre ressource sur le photovoltaïque,
www.photovoltaique.info



**Livret réalisé par ALE Lyon, Hespul
et Grand Lyon**
Réalisation : esprit public

Agence locale de l'énergie de l'agglomération Lyonnaise
8 rue Béranger - 69006 Lyon
Tél. 04 37 48 22 42
www.ale-lyon.org

HESPUL
114 Bd du 11 Novembre - 69100 Villeurbanne
Tél. 04 37 47 80 90
www.infoenergie69.org

Grand Lyon
Olivier Martel
Chargé du plan d'éducation au développement durable
Service stratégie d'agglomération du Grand Lyon
www.grandlyon.org

