



D'avantage d'énergies renouvelables

"Vive le vent, vive le vent, vive le vent d'hiver, qui s'en va sifflant soufflant dans les grands sapins verts..."

L'énergie éolienne présente l'avantage d'être une énergie renouvelable et de ne pas émettre de gaz à effet de serre. Le parc éolien de Middelgrunden est situé en offshore, à 2 km au large de Copenhague, dans le détroit de l'Oresund entre le Danemark et la Suède.

Il comprend vingt éoliennes de 2 MW chacune, disposées en arc de cercle et espacées l'une de l'autre de 180 m, posées par 3 à 5 m de fond. Chaque éolienne a trois pales, un diamètre de rotor de 76 m et une hauteur de 68 m. La construction d'un parc offshore limite les nuisances environnementales (bruit, dégradation du paysage) et améliore le rendement des aérogénérateurs. Cependant, il est plus coûteux à construire et à exploiter qu'un parc terrestre.

La production annuelle du parc de Middelgrunden est estimée à 85 millions de kWh, ce qui couvre 3 % de la consommation d'énergie électrique de Copenhague, soit la consommation électrique de 20 000 foyers danois. Ce parc était en 2001 le plus grand parc d'éoliennes construit en offshore. Depuis, d'autres parcs ont été achevés. Ainsi le parc éolien, actuellement le plus puissant du Danemark, celui de Horns Reys, situé en mer du Nord, d'une puissance totale de 160 MW, couvre les besoins en électricité de 150 000 foyers danois.

Le développement des parcs d'éoliennes en offshore doit se poursuivre. Le plan d'énergie danois, Énergie 21, a fixé pour objectif l'installation de 4 000 MW offshore d'ici l'an 2030, ce qui permettrait de couvrir environ 40 % de la consommation électrique du pays.

Qu'est-ce qu'une "énergie renouvelable" ?

L'énergie est une grandeur caractérisant un système et exprimant sa capacité à modifier l'état d'autres systèmes. L'énergie se manifeste sous de nombreuses formes (énergie électrique, mécanique, cinétique...). La conservation de l'énergie de l'univers implique que celle-ci n'est ni perdue ni créée. En revanche, si on considère un système contenu dans l'univers, si ce système perd de l'énergie, cette énergie perdue se retrouve dans un ou plusieurs autres systèmes, sous la même forme ou sous d'autres formes. Cette propriété fondamentale de l'énergie, permet à l'Homme de la capter, parfois de la stocker, et de la convertir en une forme plus appropriée à son utilisation. Par exemple, l'énergie cinétique de l'eau est transformée en énergie électrique grâce aux centrales hydrauliques.

On peut déterminer trois origines de l'énergie sur Terre

L'**énergie solaire**, énergie chimique provenant de la fusion d'atomes, arrive au niveau de l'atmosphère sous forme de rayonnements électromagnétiques ; cette énergie, transformée ou non, est utilisée par les êtres vivants, réchauffe l'atmosphère et intervient dans la formation de la pluie et du vent qui sont de nouvelles manifestations d'énergie. Une autre source d'énergie provient de la **rotation de la Terre** qui engendre les marées (énergie marémotrice). Une troisième source, enfin, provient de la **formation de la Terre**. Il s'agit des atomes d'uranium dont la fission donne de l'énergie dite nucléaire.

Si l'on considère le système Terre et l'échelle de vie humaine, l'**énergie est dite renouvelable** si elle se renouvelle, c'est-à-dire revient sous la même forme, à l'échelle de temps de l'Homme ou si la source d'énergie utilisée n'est pas épuisable à l'échelle de vie de l'espèce humaine. Ainsi, la plupart des énergies sont renouvelables (bois, énergie solaire...), à l'exception de celles contenues dans le pétrole, les gaz, l'uranium... soit toutes les formes d'énergie dont la période de formation est largement supérieure au temps de vie d'une génération humaine.

L'utilisation actuelle de pétrole, gaz et uranium implique donc un épuisement de ces ressources naturelles d'énergie et ne permet pas un développement durable des populations, à l'échelle de plusieurs générations.

Quelles solutions peuvent être proposées à ce problème ? Deux solutions sont aujourd'hui mises en avant : dépenser moins et autrement, développer l'utilisation de formes d'énergie renouvelable. Quels moyens mettre en œuvre pour développer ces énergies renouvelables ? Quelle forme d'énergie favoriser selon la richesse des pays, selon les zones géographiques et géologiques ? En quoi ces solutions sont-elles intéressantes ? Quelles sont leurs limites ?

Les énergies renouvelables constituent-elles un investissement à long terme ? Quelles sont les contraintes physiques des formes de production d'énergies renouvelables ? Quelles sont les contraintes de localisation dans l'espace de ces formes de production (énergie hydroélectrique et montagne, énergie éolienne et littoral...) ? Quelles relations établir entre espace géologique/géographique et énergie ? Quelles sont les durées de vie des machines, leur coût, leur rendement ?



Davantage d'énergies renouvelables

ÉCOLE

1. Sur quelles parties des programmes s'appuyer ?

Au cycle 3

Géographie

- Regards sur le monde : des espaces organisés par les sociétés humaines.
- Espaces européens : une diversité de paysages.

Histoire

- De l'Antiquité à la fin du Moyen Âge : la navigation à voile.
- Les temps modernes : les moulins à vent et à eau.
- XIX^e siècle : les énergies fossiles (gaz et houille).
- XX^e siècle : des énergies secondaires (électricité, atome) et des énergies primaires (hydraulique, marémotrice).
- XX^e et XXI^e siècles : des énergies en émergence (solaire, éolienne, géothermique, biomasse, biocarburants).

Sciences expérimentales et technologie

- Éduquer à l'environnement.
- L'énergie.
- Le monde construit par l'homme.

Arts visuels

- Les différentes catégories d'images et leurs procédés de fabrication.

Éducation civique

- Être citoyen dans sa commune.
- S'intégrer à l'Europe..., s'ouvrir au monde.

Français

- La langue française orale et écrite est mise au service des autres disciplines. Une bibliographie peut être consultée dans la bibliothèque de la classe, de l'école ou de la commune. Certains de ces ouvrages pouvant faire le sujet d'une étude plus approfondie (cf. "En savoir plus").

2. Quelles problématiques aborder ?

- Après avoir répertorié les besoins énergétiques de la vie quotidienne, amener l'élève à recenser quelles sont les énergies utilisées pour les satisfaire.
- Pourquoi l'exploitation des énergies fossiles est-elle condamnée à plus ou moins long terme ?
- Quelles sont les énergies renouvelables qui sont envisageables ?
- Que faire, dans les gestes quotidiens, pour économiser les énergies ?
- Le vocabulaire est transdisciplinaire : une éolienne ; un parc éolien ; énergie ou combustible fossile ; énergie renouvelable ; énergies solaire, éolienne, nucléaire, géothermique, hydraulique, pétrolière ; la biomasse ; un biocarburant ; des ressources naturelles ; une consommation/demande énergétique ; la houille.

3. Quelles pistes de travail envisager ?

Géographie

L'enseignant demandera à l'élève d'effectuer une recherche dans un atlas imprimé ou numérique pour situer l'Europe et, en particulier, la France et le Danemark. Les Pays-Bas et la Belgique possédant également des parcs éoliens pourront être repérés. La Californie, qui en possède également, peut faire l'objet d'une extension au monde.

La réflexion sera conduite autour de l'aménagement de ces territoires côtiers en faisant apparaître l'avantage que représente l'utilisation de la force renouvelable du vent, mais aussi les inconvénients comme la modification des routes maritimes et des zones de pêche, l'impact sur la faune et la flore, les difficultés de stockage, la nuisance sonore, l'aménagement du paysage.

Il est intéressant de réfléchir sur les matériaux utilisés dans d'autres pays pour satisfaire les mêmes besoins énergétiques. Le bois, la paille et les végétaux secs sont les plus utilisés dans le monde (prendre des exemples dans les pays d'Afrique, d'Amérique du sud ou d'Asie). L'Islande, qui utilise la géothermie, est un autre exemple de réflexion. Il ne faut pas oublier les pays en émergence, comme la Chine, qui consomment de plus en plus d'énergies fossiles sans avoir les moyens de créer une énergie renouvelable.

Histoire

En s'appuyant sur la connaissance des productions techniques de grandes périodes historiques, l'élève comprendra et retiendra plus facilement des événements et des dates.

La réflexion sera conduite autour de l'utilisation des énergies au fil du temps : forces musculaire et éolienne lors des grands voyages de conquêtes (ex. : les Normands ; Guillaume le Conquérant représenté dans la Tapisserie de la reine Mathilde ; Christophe Colomb ; Magellan ; Vasco de Gama...) ; forces éolienne et hydraulique dans l'utilisation des moulins à eau ou à vent. Avec l'exploitation des énergies fossiles, l'expansion industrielle va introduire les "machines à vapeur" dans les usines et les transports, puis l'énergie pétrolière.

De nombreuses gravures sont à disposition des enseignants pour présenter ces changements. Il faudra bien mettre en évidence que les énergies renouvelables anciennes ou nouvelles seront de plus en plus nécessaires mais que certaines laissent des déchets toxiques (exemple : nucléaire). Quelles solutions adopter pour l'avenir ?

Sciences expérimentales et technologie

Dans ces activités, l'élève doit poser des questions précises et cohérentes.

L'enseignant peut, grâce à cette discipline, lui permettre d'imaginer et de réaliser un dispositif expérimental susceptible de répondre aux questions qu'il se pose. C'est dans son environnement proche que l'élève de cycle 3 conduit son approche écologique. Quels sont les exemples simples des sources d'énergies utilisées dans sa vie quotidienne pour se déplacer, se nourrir, se chauffer, s'éclairer ? Quelle est sa consommation ?

Si les énergies fossiles sont limitées, les énergies renouvelables ne sont pas une réponse sans effet secondaire. Les élèves pourront construire une station météorologique qui leur permettra de constater que le soleil et le vent sont inconstants et difficiles à stocker. Il s'agit par ces prises de conscience, de les engager à adopter une attitude raisonnée dans leur réflexe de consommateurs d'énergies. Ils peuvent déjà y contribuer par des gestes simples. Lesquels ?

Arts visuels

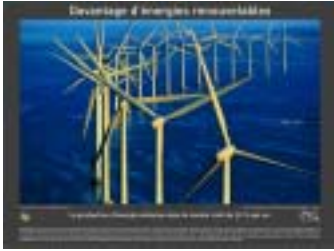
Le support présenté permet de développer chez l'élève sa capacité à identifier les différents types d'images en justifiant son point de vue. Quelles sont l'origine, la nature, le fonctionnement, le sens de cette photographie ? Son caractère artistique sera mis en parallèle avec des documents scientifiques ou commerciaux afin de définir pour chacun les thèmes identifiants.

L'élève peut utiliser un appareil photographique pour réaliser sur le même thème une "image", en jouant sur le cadrage, en insistant sur un point de vue personnalisé. Après tirage, il peut également, grâce à des montages, donner une autre perception de sa vision de la réalité. Des œuvres confirmées (exemple : La Fée Électricité) peuvent être mises au service de ces ré-interprétations.

Éducation civique

Au cours des débats réglés quotidiens ou hebdomadaires, les élèves examinent la problématique posée, partagent leurs informations, leurs points de vue et collaborent à la recherche de solutions en faisant des propositions.

L'enseignant les conduit à une prise de conscience précise des enjeux liés à la consommation énergétique. L'élève comprend d'autant mieux la nécessité de la solidarité, l'ouverture au monde et la responsabilité qu'il a à l'égard de l'environnement.



Davantage d'énergies renouvelables

COLLÈGE

Sciences de la vie et de la Terre

1. Sur quelles parties des programmes s'appuyer ?

Sixième

- Origine de la matière des êtres vivants.
- Des êtres vivants du sol assure la transformation de la matière organique : matières biodégradables.

Cinquième Quatrième

- L'environnement géologique procure à l'Homme des ressources : exploitation des ressources du sous-sol en fonction des caractéristiques des gisements, de la teneur en substances utiles.
- Les matériaux du sous-sol sont des ressources non-renouvelables à l'échelle des temps humains, exploitation, épuisement en fonction des ressources, gestion.
- L'évolution des paysages : prélèvement de matériaux.

Quatrième

- La machine Terre : les matériaux radioactifs de la Terre interne, source d'énergie.

Troisième

- Responsabilité humaine et environnement : gestion de ressources.
- Thèmes de convergence : l'énergie ; environnement et développement durable.

2. Quelles problématiques aborder ?

Dans les programmes de sciences de la vie et de la Terre du collège, les éoliennes n'ont pas de place directe. Mais le concept d'énergie renouvelable ne peut se construire qu'en relation avec le concept d'énergie non-renouvelable abordé, lui, à propos de l'exploitation du sous-sol (carbone fossile, sources d'énergie nucléaire). Il faut donc **faire comprendre la "finitude" des ressources énergétiques du sous-sol** (liaison avec l'origine, non renouvellement, mais aussi caractéristiques du gisement et possibilités d'exploitation en fonction des techniques).

Différentes échelles de temps sont donc abordées (le temps de la formation, la vitesse d'utilisation... et la limite d'exploitabilité sur le temps long à venir).

Différentes échelles d'espace aussi, puisqu'on peut aborder la localisation des ressources (au moins le constat, voire l'explication de cette localisation) indispensable pour traiter les problématiques abordées en géographie.

Parmi les énergies renouvelables, on peut aussi aborder l'utilisation de **l'énergie de la biomasse** (bases physiologiques et autotrophie, les contraintes des agrosystèmes permettant de la produire, complexité des bilans entre source gratuite d'énergie mais apports nécessaires en engrais, eau, etc. sources potentielles de déséquilibre).

Les données de sciences de la vie et de la Terre construites dans le cadre des programmes ne peuvent qu'apporter quelques explications précises sur ces points... L'analyse plus globale des réalités et des enjeux nécessite une construction co-disciplinaire des éléments permettant de débattre sur les différents choix possibles.

3. Quels contenus et notions mobiliser ?

- ⚡ Énergie fossile (issue d'un processus de fossilisation) : combustibles fossiles, charbon, gaz, pétrole, fusion.
- ⚡ Sous-sol, gisement, substance utile, exploitation, gestion.
- ⚡ Ressources, renouvelables et non-renouvelables, échelles de temps humain et géologique.
- ⚡ Énergie, puissance, source d'énergie, conversion énergétique, énergie électrique, cinétique, chimique, nucléaire...
- ⚡ Énergie nucléaire (de fission, de fusion) radioactivité, matériaux radioactifs, fission.
- ⚡ Biomasse moderne (biocarburants, biocombustibles), énergie marémotrice, énergie éolienne, énergie solaire, géothermie.
- ⚡ Déchets radioactifs, traitement des déchets, déchets nitrates.
- ⚡ Coût, rendement énergétique.

4. Quelles pistes de travail envisager ?

Les points de programme évoqués peuvent être amenés à éclairer certains points de l'énergie fossile (non-dégradation de matière organique, immobilisation de carbone et énergie fossile par exemple, exploitation d'un gisement, etc.).

À côté des aspects qualitatifs, les approches quantitatives sont plus rarement abordées. Quelques calculs, en ordre de grandeur, peuvent alimenter la réflexion. Les propositions ci-dessous ne relèvent pas forcément du domaine des sciences de la vie et de la Terre et sortent pour l'essentiel du cadre de leurs programmes. Elles ne constituent que des possibilités d'ouverture à partager entre disciplines pour faire comprendre la complexité des situations et des choix.

Quelques éléments quantitatifs sur l'énergie éolienne

Une estimation générale

En France, pour l'année 2000, la production électrique a été de 540 Twh. Un parc de 20 éoliennes offshore fournit 85 millions de kW/an. Combien d'éoliennes faut-il construire pour couvrir la consommation électrique française ?

On peut analyser la localisation des éoliennes offshore de la photographie (analyse de la carte de Copenhague ou une image satellitale : situation géographique du parc de Middelgrund, proximité de la ville), s'interroger sur les conséquences de cette implantation (stockage de l'énergie, acheminement vers la terre, conséquences éventuelles sur les courants et différences d'impact avec les éoliennes terrestres). Et s'il fallait couvrir la totalité des besoins mondiaux en énergie électrique ? La quantité d'éolienne serait-elle susceptible d'avoir un impact sur les circulations atmosphériques et océaniques ?

Les biocarburants : une alternative renouvelable fondée sur le fonctionnement du vivant

Les biocarburants viennent tous de **la transformation des plantes en énergie**

liquide. On peut ainsi transformer en alcool les betteraves, les pommes de terre, le maïs, la canne à sucre. Le produit obtenu, appelé éthanol, peut être utilisé à 100 % en remplacement de l'essence. Les plus grands utilisateurs d'éthanol sont le Brésil et les États-Unis. En revanche, à partir d'oléagineux (colza, tournesol, ricin, maïs aussi palme ou noix de coco), on peut fabriquer soit des huiles, soit un produit plus

Sources :

Rapport DIDEM/ADEME sur les biocarburants – 2003 (données en poids brut de carburant par hectare).

Rapport Agreste, ministère de l'agriculture (données en poids de colza et betterave par hectare)..

élaboré appelé ester. La transformation industrielle des plantes en biocarburant consomme beaucoup d'énergie et il faut l'équivalent énergétique de 900 litres d'éthanol pour en fabriquer 1 000 litres ! Pour obtenir 1 000 litres d'ester, il faut en consommer l'équivalent énergétique de 680 litres. Lors de la transformation de la plante en carburant il y a des pertes énergétiques. Ainsi avec 2,8 tonnes de colza, on produit 1,4 tonnes d'huile, avec 70 tonnes de betteraves, on produit 5,8 tonnes d'éthanol.

Il s'agit d'abord de prendre conscience qu'un biocarburant est bien une source d'énergie renouvelable, via le flux d'énergie solaire, la photosynthèse et l'intégration dans un cycle du carbone sans immobilisation de longue durée (pas de "fossilisation de l'énergie", juste un stockage transitoire de faible durée).

On se trouve ici face à la proposition de trois biocarburants venant de trois plantes différentes. On peut calculer le rendement R1 (quantité d'énergie réellement fournie par le biocarburant divisée par la quantité d'énergie utilisée) pour transformer la plante en biocarburant. Ce rendement est-il faible ? ($R1(\text{éthanol})=0,1$; $R1(\text{ester})=0,47$). L'avantage du biocarburant est que l'oxygène contenu dans les biocarburants contribue à réduire les pollutions urbaines. À l'énergie utilisée pour transformer les plantes en biocarburants s'ajoute l'énergie dépensée pour la culture des plantes. Quelles sont ces formes d'énergie ? Le rendement énergétique réel est-il plus faible ou plus fort que le rendement R1 ?

L'énergie dépensée par la culture est principalement représentée par l'utilisation de pétrole pour faire fonctionner les machines agricoles. L'énergie provenant de l'irrigation n'est pas non plus négligeable. On doit aussi compléter cette approche en réfléchissant aux autres effets indirects à prendre en compte :

- pollution engendrée par les engrais utilisés pour les cultures ;
- consommation d'eau pour ces mêmes cultures ;
- utilisation de l'espace en concurrence avec d'autres utilisations comme la production d'aliments ;
- "énergie grise", c'est-à-dire énergie dépensée à la réalisation du biocarburant (fabrication et utilisation de machines agricoles, par exemple).

Dans la perspective d'un développement durable, la complexité de la situation doit être analysée par-delà son apparente évidence.



Davantage d'énergies renouvelables

LYCÉE

Histoire-géographie et ECJS

1. Sur quelles parties des programmes s'appuyer ?

Seconde

"Littoraux, espaces attractifs"

L'urbanisation massive de nombreux espaces côtiers est le résultat de la littoralisation accrue des activités industrielles, de la croissance des trafics portuaires, du développement du tourisme et des loisirs. Les besoins en énergie de certains littoraux se sont accrus rapidement. Le potentiel éolien non négligeable des littoraux des latitudes moyennes, la volonté des signataires du protocole de Kyoto de réduire les émissions des gaz à effet de serre, la méfiance d'une partie des opinions publiques vis-à-vis du nucléaire ont conduit certains États à miser sur l'énergie éolienne. La construction de parcs d'éoliennes, côtiers ou offshore, provoque des controverses entre partisans et adversaires de cette nouvelle forme d'aménagement des littoraux.

Première

ECJS : "Exercice de la citoyenneté, formes de participation politique et d'actions collectives"

L'exercice de la citoyenneté implique la prise en compte de toutes les formes de la participation politique. La démocratie implique la participation active des citoyens. Ils ne doivent pas se tenir (ou être tenus) à l'écart du choix de la politique énergétique de la France, des sites des principaux équipements énergétiques de leur région.

2. Quelles problématiques aborder ?

La longue histoire de l'énergie éolienne

Le vent a longtemps été, avec l'eau, une énergie primaire majeure. La concurrence du charbon, puis du pétrole et du gaz, enfin du nucléaire a fait disparaître les moulins du passé. Mais depuis une vingtaine d'années, ils sont réapparus sous la forme d'aérogénérateur, appelés couramment éoliennes.

Actuellement l'énergie éolienne est encore une énergie marginale dans les bilans énergétiques nationaux, mais sa croissance est rapide. L'Europe détient la puissance installée la plus importante du monde (plus des 3/4 du parc mondial). Mais géographie du potentiel éolien et géographie de son utilisation n'y coïncident que partiellement. Le Royaume-Uni et la France disposent des potentiels les plus abondants, alors que l'Allemagne, l'Espagne, le Danemark, les Pays-Bas et l'Italie possèdent des puissances installées supérieures (voir cartes et documents sur *géococonfluences*, site de l'ENS-LSH).

Les réponses à la question énergétique ont varié selon les choix gouvernementaux. Par exemple, l'arrêt de la construction des centrales nucléaires en Allemagne s'est accompagné d'une accélération de la mise en place de parcs éoliens.

Pour ou contre les éoliennes ?

Les partisans des aérogénérateurs soulignent que l'énergie éolienne est une énergie primaire renouvelable (au même titre que l'énergie solaire, la géothermie ou la biomasse) permettant de produire une énergie secondaire propre (l'électricité) et de réduire les émissions de gaz à effet de serre et la production de déchets nucléaires. Elle répond aux préoccupations des signataires du protocole de Kyoto et certaines installations attirent même les touristes.

En revanche, ses détracteurs insistent sur plusieurs défauts. L'énergie électrique fournie par une éolienne varie fortement selon les conditions météorologiques.

Une éolienne ne fournit sa puissance maximale que dans une fourchette de vent restreinte : trop lent (en deçà de 30 à 50 km/h), le vent n'entraîne pas les pales assez vite ; trop rapide (au-delà de 90 km/h), il faut réduire la vitesse de rotation. Les éoliennes actuellement installées fonctionnent 2 000 heures sur 8 760 par an. Par ailleurs, on leur oppose des arguments environnementaux : enlaidissement du paysage, bruit qui serait insupportable pour le voisinage et même danger pour les oiseaux.

Ce débat intéresse les géographes car il pose des problèmes de gestion du territoire et des paysages.

3. Quels contenus et notions mobiliser ?

Énergies renouvelables / énergies fossiles. Gaz à effet de serre (GES). Protocole de Kyoto. Jeu d'acteurs et jeu d'échelles. "Nimby" ("not in my backyard" = pas dans mon arrière-cour).

4. Quelles pistes de travail envisager ?

Seconde Géographie

Rapide étude de cas sur Copenhague permettant de dégager l'impact des choix énergétiques à l'échelle nationale sur les aménagements littoraux, de reprendre les conclusions de l'étude de cas introductive au thème "Les littoraux, espaces attractifs".

Première ECJS

Organisation d'un débat argumenté "Pour ou contre la construction d'un parc d'éoliennes". S'appuyer sur un cas précis, si possible proche du lycée. Débat préparé grâce à des sources documentaires variées (journaux quotidiens ou périodiques, sites Internet, ouvrages fondamentaux), à l'élaboration d'argumentaires construits et pertinents tenant compte des paramètres techniques, économiques et sociaux.



Davantage d'énergies renouvelables

LYCÉE

Sciences de la vie et de la Terre

1. Sur quelles parties des programmes s'appuyer ?

Seconde

– L'énergie solaire, les carburants fossiles, le cycle du carbone.

Première S

– Dissipation de l'énergie interne (flux de chaleur en surface : désintégration d'éléments radioactifs) ; points chauds.

Première S ou L

– Fonctionnement d'un agrosystème.

Première ES

– Une ressource naturelle : le bois.

Terminale S (spécialité) – La phototrophie.

2. Quelles problématiques aborder ?

Dans les programmes de sciences de la vie et de la Terre du collège, les éoliennes n'ont pas de place directe. Mais le concept d'énergie renouvelable ne peut se construire qu'en relation avec le concept d'énergie non-renouvelable abordé, lui, à propos de l'exploitation du sous-sol (carbone fossile, sources d'énergie nucléaire). Il faut donc **faire comprendre la "finitude" des ressources énergétiques du sous-sol** (liaison avec l'origine, non renouvellement, mais aussi caractéristiques du gisement et possibilités d'exploitation en fonction des techniques).

Différentes échelles de temps sont donc abordées (le temps de la formation, la vitesse d'utilisation... et la limite d'exploitabilité sur le temps long à venir).

Différentes échelles d'espace aussi, puisqu'on peut aborder la localisation des ressources (au moins le constat, voire l'explication de cette localisation) indispensable pour traiter les problématiques abordées en géographie.

Parmi les énergies renouvelables, on peut aussi aborder l'utilisation de **l'énergie de la biomasse** (bases physiologiques et autotrophie, les contraintes des agrosystèmes permettant de la produire, complexité des bilans entre source gratuite d'énergie mais apports nécessaires en engrais, eau... sources potentielles de déséquilibre).

Les données de sciences de la vie et de la Terre construites dans le cadre des programmes ne peuvent qu'apporter quelques explications précises sur ces points... L'analyse plus globale des réalités et des enjeux nécessite une construction co-disciplinaire des éléments permettant de débattre sur les différents choix possibles.

3. Quels contenus et notions aborder ?

- ⚡ Voir fiche collège, en particulier ce qui concerne les biocarburants (application possible à un agrosystème en filière ES ou L).
- ⚡ Énergie solaire et mouvements des enveloppes fluides externes (lien avec l'énergie du vent ou des courants marins).
- ⚡ Flux de chaleur, désintégration radioactive, énergie nucléaire.

4. Quelles pistes de travail envisager ?

Voir fiche collège en adaptant à la spécificité des programmes du lycée. On peut proposer deux exemples :

- ⚡ Le vent : la circulation atmosphérique abordée en classe de seconde peut être rattachée à l'implantation des éoliennes (thème au choix).
- ⚡ Les biocarburants peuvent être rattachés à la production photosynthétique, à plusieurs niveaux ; l'étude du cycle du carbone peut, en particulier, permettre de comparer les sources d'énergie fossile (ouvertures du cycle du carbone, immobilisation - mobilisation) avec l'utilisation de la biomasse actuelle produite au fur et à mesure, intégrée dans le cycle du carbone et dans le flux actuel d'énergie solaire (effet nul sur le CO₂ atmosphérique, gaz à effet de serre).

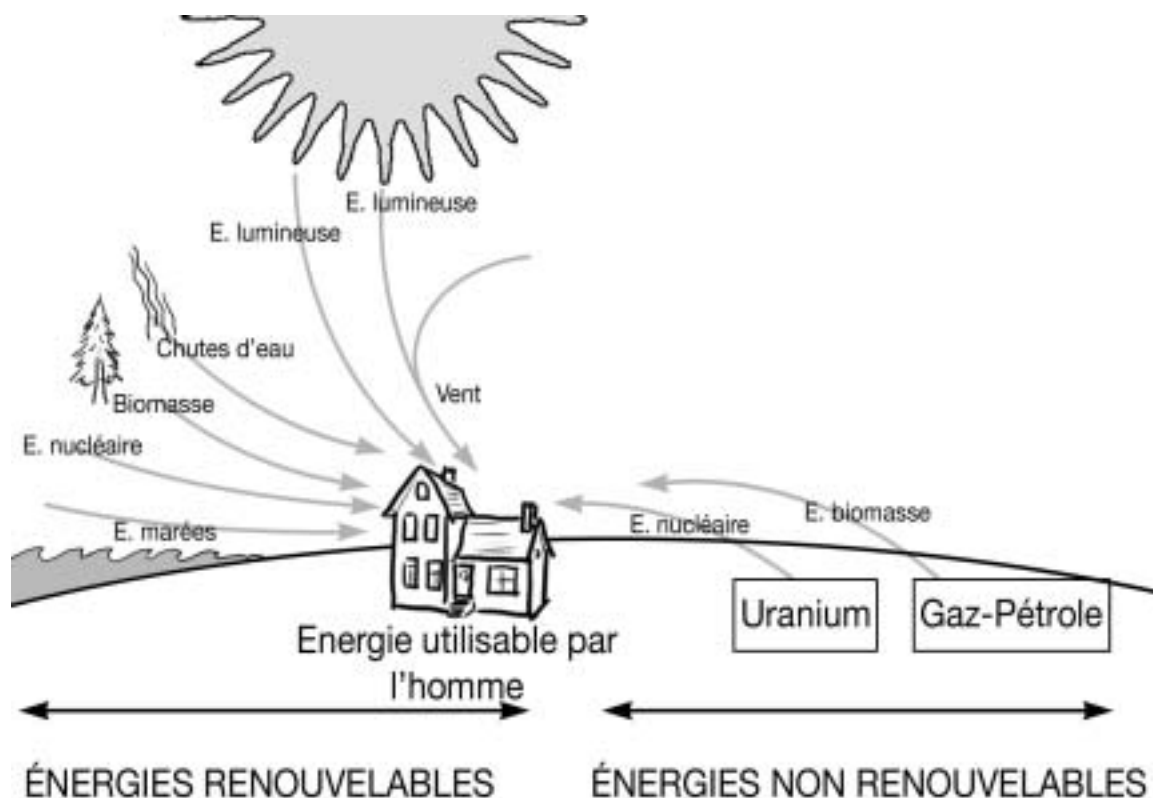
Les aspects énergétiques étant traités dans des contextes très différents, un point peut être fait sur les énergies renouvelables et les énergies non-renouvelables. Si l'on veut aller plus loin pour discuter d'une façon systémique des choix, on peut difficilement faire l'économie d'une approche plus complexe dépassant alors nettement le cadre des programmes et devant donc s'inscrire dans un autre cadre.

Le tableau suivant, une fois rempli, peut y aider. Le tableau est donné à titre indicatif et peut être modulé en fonction des besoins. On peut alors discuter avec des bases plus concrètes de la "durabilité" des différentes solutions proposées.

Caractéristiques des différentes formes d'énergie utilisées par l'Homme

Forme d'énergie	Source et durée de vie de la source	Localisation de la production	Rendement	Avantages	Inconvénients	Production en France	Production dans le monde	% France/ Monde	Production dans un autre pays, au choix
Énergie solaire, thermique									
Énergie solaire photovoltaïque									
Énergie éolienne									
Énergie hydraulique									
Énergie marémotrice									
Bioénergie - Bois - Alcool - Huiles									
Charbon									
Gaz									
Pétrole									
Uranium									

Les sources d'énergies sur Terre





Davantage d'énergies renouvelables

LYCÉE

Sciences et techniques industrielles

1. Sur quelles parties des programmes s'appuyer ?

Parmi les programmes des différentes spécialités de sciences et techniques industrielles, la mise en relation avec la problématique de production d'électricité à partir d'énergies renouvelables apparaît plus particulièrement pertinente au sein de la série du baccalauréat "Énergie et environnement".

La spécialité "Énergie et Environnement" s'appuie essentiellement sur l'étude de l'énergie et de sa gestion. Elle s'attache à étudier l'impact des choix techniques dans un contexte environnemental. Elle apporte les compétences nécessaires pour aborder l'architecture, le pilotage, la maintenance et la gestion énergétique des applications dans l'industrie, l'habitat et les transports.

Pôle 1

Éco-conception des systèmes artificiels et gestion optimisée de l'énergie

L'objet est de :

- caractériser le besoin et le service rendu par une application ;
- évaluer les effets produits sur l'environnement ;
- décrire et classer les éléments physiques constitutifs d'un système ou d'un équipement en fin de vie.

Pôle 2

Étude comparée d'applications dans leurs contextes

L'objet est de :

- décrire et représenter l'organisation fonctionnelle de systèmes ou d'équipements qui répondent à des usages et des performances à une date donnée ;
- comparer des applications liées à un même usage et mettre en évidence des améliorations ;
- argumenter le choix d'une solution d'alimentation en énergie pour le fonctionnement d'une application terminale.

Pôle 3

Analyse et validation de procédés

L'objet est de :

- mettre en œuvre un système ou un équipement où l'énergie occupe une place importante ;
- associer, dans un système, une solution constructive à un procédé technique ou à une fonction technique ;
- identifier par des essais les modifications apportées par les procédés sur les matières, énergies et informations ;
- exploiter une modélisation du réel pour prévoir un comportement ou valider un procédé technique selon un point de vue.

Pôle 4

Innovation et veille stratégique

L'objet est de :

- contribuer à un projet technique dans une démarche globale ;
- situer une application dans son environnement historique et proposer des critères discriminants pour construire une base de données techniques.

4. Quelles pistes de travail envisager ?

Implantation d'aérogénérateurs en zone cyclonique

Implanter des éoliennes en zone cyclonique impose de choisir des solutions techniques qui assurent l'intégrité de l'installation exposée à des vents dont la vitesse peut atteindre 300 km/h lors de phénomènes dont la fréquence tend en moyenne à augmenter. Deux stratégies sont a priori envisageables. Elles débouchent sur des conceptions complètement différentes. La première stratégie consiste à surdimensionner l'installation par rapport à des conditions normales de fonctionnement afin de lui permettre de résister aux conditions extrêmes rencontrées lors du passage d'un cyclone. La deuxième stratégie consiste à concevoir une éolienne qui soit rapidement démontable en cas d'alerte cyclonique. Cette deuxième stratégie s'impose actuellement dans les territoires insulaires exposés au risque cyclonique : Caraïbes, Océanie, Pacifique, Océan indien. Un des critères déterminant dans la conception est alors la masse de la structure puisque le temps de démontage est tributaire des moyens nécessaires à sa réalisation. L'utilisation de grues de levage est ainsi exclue car elles nécessitent des délais importants avant d'être opérationnelles. Sachant que les alertes sont diffusées vingt heures en moyenne avant l'arrivée d'un cyclone et qu'un parc compte dans les situations les plus courantes une vingtaine d'éoliennes, l'escamotage d'une éolienne doit pouvoir être réalisé en moins de 30 minutes par une équipe constituée de quatre personnes à l'aide d'un moteur hydraulique. La solution la plus courante consiste alors à implanter des éoliennes dont la liaison au sol se fait par haubans pour des puissances nominales de l'ordre de 300 KW.



Davantage d'énergies renouvelables

EN SAVOIR PLUS

Sites internet

Thém@doc

- Les énergies renouvelables, c'est quoi ? - CRDP de Basse-Normandie
<http://www.crdp.ac-caen.fr/energies/presentation.htm>
- Le bois, une énergie renouvelable, CRDP de Champagne-Ardenne
<http://www.crdp-reims.fr/cddp10/ressources/mediatheque/dossiers/themadoc>

Géoconfluence

- Énergie éolienne, carte des ressources éoliennes
<http://www.ens-lsh.fr/géoconfluence/doc/breves/2004/2.htm>

Science & décision

- <http://www.science-decision.net/cgi-bin/topic.php?topic=ENP>

Les différents types d'énergie

- Nombreux chiffres sur l'énergie en 2004
<http://www.industrie.gouv.fr/energie/statisti/pdf/reperes.pdf>
- Chiffres officiels de l'énergie
<http://www.industrie.gouv.fr/energie/sommaire.htm>

Le Commissariat à l'énergie atomique

- Le Soleil
<http://www.cea.fr/fr/pedagogie/soleil/index.html>
- L'hydrogène
<http://www.cea.fr/fr/pedagogie/Hydrogene/index.html>
- Découvrir la science (animations)
<http://www.cea.fr/fr/pedagogie/science.htm>
- L'énergie nucléaire : fusion et fission
<http://www.cea.fr/fr/jeunes/livret/FusionFission/index.html>
- Projet Iter, tokamak
<http://www.cea.fr/fr/sciences/Iter/>
- La fusion contrôlée
http://www.cea.fr/fr/magazine/dossier_fusion/index.htm
- L'hydrogène, les nouvelles technologies de l'énergie
<http://www.cea.fr/fr/Publications/clefs2.asp?id=50>

**Vidéo
DVD**

- 6 *Les problématiques de l'énergie et de l'environnement*, cédérom, ADEME, 2003.
- 6 *Les énergies renouvelables*, cédérom, Grenoble, CRDP, 2000.
- 6 *Énergies dans le vent*, CNDP, collection "Côté télé", série "Nimbus".

**Articles
Revue
Livres**

- 6 GRAHAM I., *Les énergies fossiles*, Gamma-École Active, 2000, coll. "Les énergies en questions".
- 6 GRAHAM I., *L'énergie éolienne*, Gamma-École Active, 2000, coll. "Les énergies en questions".
- 6 BIENVENU C., *La Saga de l'énergie*, éd. Pochet.
- 6 *L'environnement en France*, ifen, 2002.
- 6 NGÔ C. *L'Énergie*, éd. Dunod, 2002.
- 6 "Pétrole, vers la pénurie ?", *Textes et documents pour la classe*, CNDP, 2001, n° 826.