



Énergie : Réponses à des questions que l'on n'ose pas poser

Il peut sembler surprenant de voir un texte technique publié par Attac. En fait, les choix techniques ne sont pas neutres : ils impliquent des choix de société. C'est dans l'esprit de l'éducation populaire que ce texte a été rédigé : donner au citoyen, qui assiste souvent à des querelles d'experts dont il ne possède pas les mots, des outils pour comprendre.

Matériellement, l'homme ne crée rien, il utilise et il transforme matière et énergie. Il utilise l'énergie pour transformer la matière, au début uniquement avec l'énergie de ses muscles, puis avec celle de l'animal ; entre temps, grâce au feu, il brûle le bois puis le charbon pour se chauffer, pour fabriquer des outils et des objets d'art. Plus tard, il maîtrise d'autres formes d'énergie, issues indirectement du rayonnement solaire, à l'aide de voiliers, de moulins à vent, de moulins à eau. Pendant des siècles, il a utilisé l'« huile de pierre » (pétrole) pour s'éclairer et pour assurer l'étanchéité des voiliers.

Suite à la révolution thermo-industrielle, la consommation de biomasse végétale fossile, le charbon, a fait un saut important. Le pétrole et l'électricité d'origine nucléaire ont ensuite supplanté le charbon et ont permis le développement de l'économie ... et le gaspillage. En l'état actuel des choses, nous ne laisserons pratiquement ni pétrole ni gaz, et peut-être même ni charbon ni uranium, aux générations futures ; nous leur laisserons nos déchets, parfois pour des millions et des millions d'années.

Un peu de physique

L'introduction du concept d'énergie en physique a constitué une rupture épistémologique majeure. Les hommes savaient depuis fort longtemps que le mouvement pouvait créer de la chaleur (faire du feu en frottant des bouts de bois), que le feu pouvait provoquer le mouvement (les feux d'artifice ... ou les canons). La synthèse théorique de cette équivalence s'est faite au 19^{ème} siècle, avec l'avènement de la thermodynamique et la généralisation des machines à vapeur.

Conservation

L'énergie est une grandeur qui se conserve au cours du temps, qui peut se manifester sous forme mécanique, électrique, thermique, chimique et de bien d'autres façons. Comme elle ne produit du travail ou ne se manifeste que dans sa transformation, le terme de production d'énergie est donc un abus de langage. Ainsi, dans un moteur d'automobile, la transformation de l'énergie chimique du carburant en chaleur, puis en énergie mécanique, produit du mouvement.

Si tout allait pour le mieux, il suffirait d'emmagasiner de l'énergie quand on en a trop (celle que nous envoie le soleil à midi un jour d'été, par exemple), pour la restituer plus tard (une nuit de la saint Sylvestre pour rentrer chez soi). C'est un peu ce qui se passe avec les énergies dites « fossiles », celles que l'on extrait du charbon, du pétrole ou du gaz : la combustion dans un moteur restitue une partie de l'énergie venue du soleil quelques milliers de millénaires auparavant.

Mais le monde est mal fait : dans la transformation d'une forme à une autre, des phénomènes parasites vont, le plus souvent, se manifester. Citons-en deux, qui ont une importance majeure dans la discussion qui nous occupe :

- Il est impossible de transformer intégralement de la chaleur en énergie mécanique ou électrique : dans la transformation, une grande partie de la chaleur initiale demeure sous une forme « dégradée » d'énergie, et doit être évacuée par un dispositif de refroidissement, comme un fleuve. D'où l'absurdité du chauffage électrique direct : si vous allumez un radiateur dans votre salon, vous en allumez en général deux de plus pour réchauffer l'atmosphère au dessus des centrales, ainsi que les eaux de la Loire, du Rhin ou de la Seine.

- Pour transformer en chaleur de l'énergie stockée sous forme chimique, dans du gaz naturel, du charbon ou du pétrole, il faut faire appel à une réaction de combustion. Cette réaction produit au minimum deux nouveaux produits : de l'eau (sous forme de vapeur), ce qui n'est pas très gênant, et du dioxyde de carbone, l'un des grands responsables des désordres climatiques qui s'annoncent.

Les transferts d'énergie entre les mondes mécanique et électrique se passent, eux, relativement bien : les pertes sous forme de chaleur sont faibles. L'utilisateur d'un radiateur électrique est, à la limite, excusable s'il est alimenté par un barrage hydroélectrique : une turbine convertit directement de l'énergie mécanique en énergie électrique.

Puissance

L'utilisation de l'énergie suppose son transfert d'un endroit à un autre, d'une forme à une autre. L'énergie ne se transfère pas directement : elle est le résultat de l'accumulation d'une autre grandeur, la puissance, qui est transférable directement.

Passer du rez-de-chaussée au quatrième étage par l'escalier nécessite un certain transfert d'énergie du monde biologique au monde mécanique. Gravier les marches deux par deux ne change rien à l'affaire : on monte en deux fois moins de temps, mais en dépensant une puissance double.

L'énergie peut être vue comme le résultat d'une puissance développée pendant un certain temps. Si vous lisez attentivement votre contrat EDF ou la notice de votre voiture vous y découvrirez l'indication d'une puissance (typiquement 6 kilowatts pour un abonnement particulier, 50 kW pour une voiture moyenne).

Pas de stocks

Un moyen commode de transférer de la puissance d'un endroit à un autre, pas trop éloigné, est de le faire sous forme électrique. Si la fée électricité résout certains de nos problèmes de transport (en acceptant des pertes sous forme de chaleur), elle ne résout pas du tout nos problèmes de stockage. L'énergie électrique ne se stocke pas, sauf indirectement, sous forme chimique, dans des accumulateurs, ou sous forme mécanique, en pompant l'eau dans les lacs

Energie : réponses à des questions que l'on n'ose pas poser

de barrage, comme le font les Suisses. Il est donc indispensable d'assurer en permanence l'équilibre entre la puissance consommée par les utilisateurs d'un réseau de distribution et la puissance électrique produite. Cet équilibre instantané pose des problèmes de dimensionnement des installations : elles doivent pouvoir passer l'heure de pointe du journal de vingt heures, quand tous les téléviseurs s'allument, ne pas s'effondrer un jour de grand froid ou résister à la mise en marche de multiples climatiseurs un jour de canicule.

La foire d'empoigne des chiffres

La consultation des statistiques de consommation énergétique - données publiques consultables sur Internet - laisse le non spécialiste pantois : d'une page à l'autre, les unités de mesure passent de la tonne équivalent pétrole (TEP) au mégawatt-heure (MWh). Les conversions sont faites en posant la question : « Quelle quantité de pétrole fournirait le même service ? »

Certes, mais quel service ? Si mon immeuble est chauffé par des convecteurs électriques, comment faire la conversion par rapport au gaz ? En tenant compte du rendement d'environ un tiers des centrales électriques, alors qu'une bonne chaudière au gaz a un rendement supérieur à 80 % ?

La combustion d'une tonne de pétrole fournit 11,6 MWh d'énergie sous forme de chaleur. Mais comme, dans la transformation en électricité, par une centrale thermique au fuel, au charbon ou nucléaire, les deux tiers de l'énergie consommée sont perdus à chauffer l'atmosphère ou les fleuves, seul le tiers restant étant fourni sous forme électrique, la tonne de pétrole ne fournit que 3,5 à 3,8 MWh d'énergie électrique.

La transformation de l'énergie consomme beaucoup d'énergie, de l'ordre d'un tiers. Une raffinerie de pétrole a besoin d'être ravitaillée en énergie, le cycle de retraitement des déchets nucléaires consomme de l'énergie. Les statistiques distinguent donc « énergie primaire » et « énergie finale ». Seule la seconde est réellement disponible pour les applications extérieures à la filière énergie. Les arcanes techniques qui précèdent expliquent les divergences notables de certains chiffres suivant les sources, pourtant toutes honnêtes. Par exemple : la part du nucléaire en France est estimée au tiers de la consom-

mation énergétique totale, mais ne représente environ que 16 % de la consommation finale.

L'équilibre de la planète Terre

La terre reçoit en permanence une énorme quantité d'énergie solaire, de l'ordre de quinze mille fois la « consommation » de l'humanité tout entière. D'où la croyance, longtemps répandue, que les activités humaines ne perturbent guère la nature. Erreur : si la terre reçoit une telle quantité d'énergie, elle la rétrocede, après transformation, à l'espace environnant. Les mécanismes détaillés de cette transformation sont très complexes et passent par l'équilibre de la biosphère, les plantes, les océans, les nuages. L'énergie renvoyée dans l'espace dépend de la température moyenne de notre planète et de la transparence de l'atmosphère terrestre. Si les activités humaines réduisent cette transparence pour l'énergie renvoyée, sans modifier l'énergie reçue du soleil, l'équilibre thermique s'établira à une température moyenne plus élevée.

C'est ce qui se passe actuellement : les activités humaines sont génératrices de gaz à effet de serre, le dioxyde de carbone et quelques autres. Elles dérèglent un cycle central pour l'équilibre de la biosphère : le cycle du carbone. Le résultat est un réchauffement global, une certitude reconnue par toute la communauté scientifique. Les origines, liées aux activités humaines, de ce réchauffement sont également reconnues. Les messages d'alarme ont été lancés au niveau mondial depuis plus de douze ans (Conférence de Rio 1992), mais les décisions politiques tardent à venir. Si les scientifiques ne peuvent pas prédire avec précision le « où » et le « quand », ils savent que les conséquences de ce dérèglement seront dramatiques pour les écosystèmes et les sociétés humaines qui en dépendent. Les pays en développement, les plus vulnérables et les moins aptes à se prémunir, seront les principales victimes, mais le Nord ne sera pas épargné : événements météorologiques extrêmes, fusion des glaciers et des calottes polaires, montée des eaux qui poussera à l'exode des dizaines de millions de personnes, etc.

Le cycle du carbone

L'énergie solaire permet au monde vivant de synthétiser ses propres constituants. Dans cette photosynthèse, le carbone joue (avec

l'eau, l'oxygène, l'azote et d'autres éléments) un rôle central : il est à la fois constituant de la matière vivante et carburant nécessaire à la combustion permanente qui accompagne la vie. Une (faible) partie de ce carbone est présent dans l'atmosphère sous forme de dioxyde de carbone. Ce gaz est transparent pour le rayonnement solaire, mais partiellement opaque pour le rayonnement infrarouge réémis par la terre, d'où l'effet de serre. L'équilibre thermique de la planète s'établit à une température moyenne d'une quinzaine de degrés centigrades au lieu de -18 degrés sans gaz carbonique, ce qui rendrait la planète inhabitable.

L'augmentation (d'environ 30%, pour l'instant) de la quantité de carbone atmosphérique due aux activités humaines permet de prévoir un accroissement de température de l'ordre de 2 à 6 degrés pour ce siècle. Cette valeur est énorme : elle est supérieure aux écarts qui ont fait passer la planète des périodes glaciaires aux périodes interglaciaires.

Citons la Commission européenne, peu susceptible de plaider en faveur d'une quelconque décroissance : « *A défaut de mesures ambitieuses, l'Union européenne n'est pas en mesure de faire face au défi du changement climatique à long terme, ni de respecter les engagements pris en ce sens à Kyoto* »¹.

Effet de serre : des repères

L'utilisation de l'énergie, sous toutes ses formes, est responsable de plus de 80% des émissions de gaz à effet de serre, essentiellement à cause du gaz carbonique issu de l'utilisation des combustibles fossiles que sont le charbon, le pétrole et le gaz.

Pour la France, la répartition, par secteur, des émissions est donnée par le tableau page 5².

Ces chiffres, qui expriment le nombre de millions de tonnes de carbone émis chaque année dans l'atmosphère, sont peu expressifs en eux mêmes. Ils s'éclairent dans la comparaison aux conséquences des études menées par le groupe d'experts international sur l'évolution du climat (GIEC)³. Pour stabiliser la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à son niveau actuel, c'est-à-dire accepter un réchauffement de l'ordre de seulement deux degrés de la température moyenne, la production mondiale de ces gaz⁴ devrait être divisée par deux ou

1.- Livre vert : Vers une stratégie européenne de sécurité d'approvisionnement énergétique, 2001, (http://europa.eu.int/comm/energy_transport/fr/lpi_fr.html, page 80).

2.- Ministère de l'économie des finances et de l'industrie, L'énergie en France, 2003

3.- GIEC : <http://www.ipcc.ch/> ; voir également le site de Jean Marc Jancovici : <http://www.manicore.com/>

4.- 500 kg par habitant.

Energie : réponses à des questions que l'on n'ose pas poser

Les émissions de gaz carbonique par secteur en France

	1970	1980	1990	2000	2002
Transformation d'énergie ⁵	33,4	41	19,5	18,4	17,4
Industrie manufacturière	45,2	41,2	31,1	29,5	29,6
Résidentiel-Tertiaire	38,6	37,6	31,2	31,3	34,1
Agriculture et sylviculture	11,2	11,6	14,7	15,7	14,1
Transport routier	13,6	23,1	29,7	34,3	35,6
Autres transports ⁶	2,3	2,2	2,1	2,3	2,3
Autres	1,1	1,3	1,7	1,8	1,8
TOTAL	145,4	158	130	133,3	134,9

en millions de tonnes de carbone

trois par rapport aux émissions de l'année 1990, qui sont prises comme référence.

L'objectif à atteindre en France, en respectant une équipartition des émissions par habitant au niveau mondial, serait de ne pas dépasser 30 millions de tonnes d'émission de gaz carbonique par an. Nous devrions donc diviser nos émissions par 4,5. Un président de la République déclarait à Johannesburg en 2002 : « *La maison brûle et nous regardons ailleurs* ».

Les chiffres français diffèrent un peu des moyennes des autres pays développés : la forte proportion de centrales nucléaires (78% de la production d'électricité) et de centrales hydroélectriques (12% de la production d'électricité) conduit à une émission plus faible du secteur « transformation d'énergie » que nos voisins. Les autres pays de l'Union européenne doivent diviser leurs émissions de carbone par 5, les États Unis par 10.

Utilisations

Avec plus de 40% de la consommation énergétique finale, le secteur « résidentiel et tertiaire » occupe la première place. Ce secteur est largement dominé par le chauffage, la production d'eau chaude, l'éclairage, les appareils divers et... la climatisation. Après une baisse très temporaire, à l'époque de la chasse au « gaspi », ce secteur a retrouvé

une croissance régulière, signe de bonne santé des ménages pour les uns, d'absence de courage politique pour les autres.

Une remarque : la plupart des appareils modernes sont mis en veille quand ils ne sont pas utilisés. La consommation de toutes les veilles, actives 24 heures sur 24, dans les ménages et les bureaux français, correspond à la production de deux tranches de centrales nucléaires.

Le tiers de la consommation énergétique est consacré aux transports et, parmi ceux-ci, les transports routiers et aériens, grands émetteurs de gaz carboniques, ont le vent en poupe. Ces deux modes sont aussi catastrophiques l'un que l'autre pour l'environnement : pour la même distance parcourue, un avion émet autant de carbone dans l'atmosphère par passager qu'une voiture. Un partage équitable des « droits à polluer » signifierait qu'un voyageur ayant effectué un aller-retour Paris-New York n'aurait plus aucun autre droit à émettre du carbone pendant un an au minimum...

Une fois de plus, il est difficile d'être plus clair que la Commission européenne : « *Les économies d'énergie dans les transports (32% de la consommation) supposent que soit corrigé le déséquilibre croissant des modes de transport des marchandises en faveur de la route et au détriment du rail.* »

Ce déséquilibre doit-il être considéré comme une fatalité, ou implique-t-il des mesures de redressement, quelle que soit leur impopularité, notamment pour rationaliser la place de la voiture dans les villes? Comment concilier l'ouverture à la concurrence, les investissements en infrastructures permettant la suppression des goulets d'étranglement et l'intermodalité? »⁷.

Évidemment Attac aurait quelques amorces de réponses à apporter à la dernière question de ce texte bijou.

Les autres utilisations de l'énergie sont essentiellement industrielles et agricoles, liées à la production. Ce sont les seuls secteurs dans lesquels les pays développés ont diminué notablement leur consommation, en partie grâce à des mesures de modernisation des équipements, mais aussi à l'externalisation de certaines productions vers des pays en développement.

« Production »

Il n'y a pas, au sens propre du terme, de production d'énergie ; les fournisseurs transfèrent des ressources naturelles disponibles. Ces sources primaires sont des réservoirs dans lesquels on puise pour en extraire l'énergie sous une forme utilisable.

La majorité des processus de transformation connus passent par l'intermédiaire de la production de chaleur (centrales thermiques, moteurs à explosion). La chaleur est ensuite transformée, si besoin est, en énergie mécanique ou en énergie électrique. Quelques processus de conversion plus directe existent, mais sont minoritaires pour l'instant (centrales hydroélectriques, cellules photovoltaïques, éoliennes, piles à combustible).

Les ressources fossiles

Charbon, pétrole et gaz constituent 80% des dix milliards de tonnes équivalent pétrole que représente la consommation mondiale d'énergie primaire. Cette consommation est en augmentation constante, sans perspective notable de modification de la répartition entre les sources d'énergie, jusqu'au jour où...

5.- « Transformation d'énergie » englobe essentiellement la production d'électricité à partir de centrales thermiques au charbon, fuel ou gaz et la production de carburants à partir du pétrole.

6.- Le protocole de Kyoto ne s'appliquant qu'aux consommations nationales d'énergie, les statistiques n'incluent pas les transports internationaux aériens ou maritimes. L'émission de CO₂ du transport aérien peut être estimée à 13 % de l'émission de l'ensemble des transports, et représenterait 3 % des émissions globales ; cette émission croît de 6 à 7 % par an depuis 1995. (source : rapport au sénat de M. Marcel DENEUX, N°224, 2001-2002)

7.- Livre vert : Vers une stratégie européenne de sécurité d'approvisionnement énergétique, 2001. (http://europa.eu.int/comm/energy_transport/fr/lpi_fr.html, page 81)

Energie : réponses à des questions que l'on n'ose pas poser

L'état des réserves mondiales est évalué à une quarantaine d'années pour le pétrole, à une soixantaine d'années pour le gaz et à quelques centaines d'années pour le charbon, dont la part diminue.

Les centrales nucléaires

Les centrales électronucléaires fournissent 6% de la production mondiale d'énergie. Les principales filières actuelles de réacteurs nucléaires sont un héritage des développements militaires des années 1950. Ces réacteurs ont été conçus pour la production de plutonium et pour l'équipement des sous-marins ou des porte-avions. C'est la raison pour laquelle les réacteurs à eau pressurisée (REP, historiquement sous licence de l'américain Westinghouse ; EPR pour *European Pressurized Water Reactor* dans les versions améliorées, en projet) ont hérité d'un combustible (uranium), d'un procédé de retraitement, et même de déchets qui découlent des choix stratégiques de cette époque, et qui tournent autour du plutonium.

La Commission européenne considère que, faute d'une avancée technique importante, sur les questions des déchets et du combustible notamment, la filière n'a que peu d'avenir, surtout qu'elle n'assure pas l'autonomie de l'Union, le combustible primaire (l'uranium) étant importé dans sa totalité (Gabon, Niger, Russie, etc.) et les réserves étant estimées à un peu plus de cinquante ans avec la consommation actuelle. D'autres filières nucléaires sont imaginables, par exemple les réacteurs hybrides qui ne présenteraient pas de risque majeur en cas de panne et devraient permettre de sortir du cycle uranium-plutonium. Le développement de ces filières (envisageable à l'horizon 2020) supposerait un important effort (public) de recherche, effort qui ne semble pas être à l'ordre du jour. Et les centrales futures ? L'avenir serait, dit-on, à la fusion nucléaire contrôlée (le fameux projet international ITER, pour *International Thermonuclear Reactor*), un petit soleil à domicile, en quelque sorte. Il y a trente-cinq ans, cette filière était annoncée pour dans cinquante ans, elle est toujours annoncée pour dans cinquante ans. Espérons que, d'ici-là, la planète sera encore vivable...

Les énergies renouvelables

Au lieu d'utiliser des ressources que la nature a mis des millions d'années à élaborer,

les énergies renouvelables s'inscrivent dans les cycles courts des saisons, avec les plantes comme combustibles, le vent et les eaux courantes comme sources de force mécanique, le soleil comme source directe de chaleur et d'électricité.

Pendant longtemps, ces techniques n'ont pas bénéficié des investissements massifs des autres filières : 7% contre 57% pour le nucléaire, d'après un rapport du Programme des Nations unies pour le développement. Actuellement elles sont en croissance rapide dans certains pays. L'Allemagne, par exemple, a mis en place un programme d'économies d'énergie et de développement des énergies renouvelables, tant dans la production d'électricité que dans la production de chaleur et la fabrication de bio-carburants. D'ici 2020, l'émission de gaz à effet de serre devrait être réduite de 40% ; d'ici 2050 la part des énergies renouvelables serait de 50%, permettant à l'Allemagne de sortir à la fois du nucléaire et du pétrole. L'Allemagne n'est pas un exemple à suivre tel quel : le libéralisme ambiant n'épargne pas nos voisins, loin s'en faut ; il s'agit simplement de montrer que ces solutions sont en train d'être mises en œuvre dans l'un des pays les plus industrialisés de la planète.

Les piles à combustibles et l'hydrogène

Les piles à combustibles convertissent directement de l'énergie chimique (contenue dans un « combustible », l'hydrogène) en énergie électrique. Le produit de combustion étant de l'eau, elles ne sont pas directement génératrices de gaz à effet de serre. Comme le rendement de conversion est élevé, la solution est séduisante... sauf que l'hydrogène n'existe pas à l'état naturel ; il faut donc le produire, à partir de l'eau, par exemple. Et donc faire intervenir une autre source d'énergie : les lois de conservation de la physique sont intraitables. A l'heure actuelle, les solutions sont embryonnaires, le processus de conversion de l'ensemble de la chaîne, qui part de l'eau pour revenir à l'eau présente les mêmes difficultés que les autres modes de « production » d'énergie. L'un des enjeux les plus séduisants de la filière serait d'arriver à remplacer les hydrocarbures dans les transports, source majeure de pollutions en tous genres. Pour l'instant les solutions économiques n'existent pas à l'échelle industrielle.

Nouvelles technologies

La production d'électricité des années 1970-1990 (conçue dans les années 1960-1980) a été marquée par la philosophie des grands travaux. Seules des installations de très grande puissance semblaient permettre les économies d'échelle qui apporteraient le confort dans tous les foyers. L'évolution de la puissance des tranches des grandes centrales électronucléaires en est un exemple frappant : elle est passée de 800 MW à 1400 MW par tranche, et le projet finlandais d'une tranche de 1600 MW suit cette logique. Depuis les années 1980, les nouvelles technologies, alliant électronique et informatique, ont envahi notre espace quotidien, il en est de même dans tous les domaines liés à la production et à l'utilisation de l'électricité. En 1960, nous ne savions pas fabriquer les moteurs des dernières générations des TGV, non pour des raisons mécaniques, mais parce que les systèmes électroniques de commande n'existaient pas.

Prenons, à cet égard, l'exemple des éoliennes

L'une des difficultés majeures dans la construction d'une éolienne est de s'affranchir de la vitesse, éminemment variable, du vent. Classiquement cela impose des astuces électro-mécaniques complexes qui font tourner la grande hélice à vitesse constante quelle que soit la force du vent. Les techniques modernes permettent de supprimer cette contrainte mécanique, la vitesse de rotation pouvant varier sans influence sur le fonctionnement électrique de la machine. Les nouvelles technologies permettent d'envisager des unités de production de relativement petites tailles, réparties là où on en a besoin. Cette adaptation de la dimension au besoin se retrouve dans une autre idée qui fait son chemin : pourquoi fabriquer à grands frais de l'électricité avec de la chaleur, transporter cette électricité loin, toujours à grands frais, pour la retransformer en chaleur à destination ? Généralement l'utilisateur (une usine, un quartier) a besoin à la fois d'électricité et de chaleur. Si la centrale de production n'est pas d'une puissance démesurée, elle peut fournir sur place à la fois électricité et chaleur, ce qui augmentera d'autant son efficacité. Cette technique est ce que l'on appelle la co-génération.

8.- La France a une situation un peu particulière en raison de son équipement en centrales électronucléaires : les combustibles fossiles représentent 54% de l'énergie primaire et 72% de l'énergie finale consommées. Pour l'Europe le chiffre de 80% se retrouve à peu près.