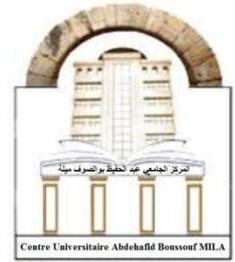


République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique
Centre Universitaire Abdel Hafid Boussouf
Mila



Support de Cours

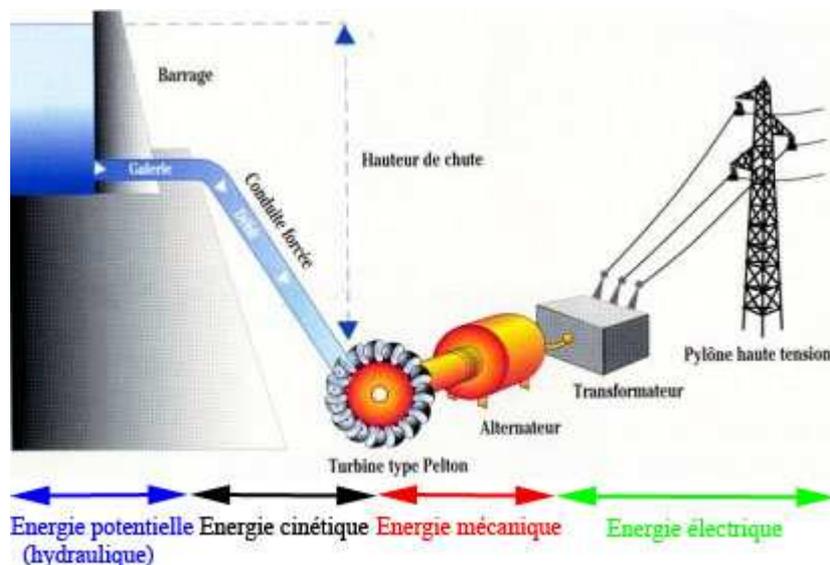
Matière : Transport et Stockage de l'Énergie

Chapitre I : Différentes formes d'énergies

Filière : Génie Mécanique
Spécialité : Energétique
Master2
Semestre 3

Enseignant :

Dr : ZEGHBID Ilhem



Année universitaire 2019-2020

Chapitre I

Les différentes formes d'Énergie

I. Introduction

L'énergie est difficile à définir simplement autrement qu'à travers ses effets et ses variations : pour le transport, pour le chauffage des habitations, pour l'industrie, pour l'éclairage et autres appareils électriques.... Un système possède donc de l'énergie s'il est capable de fournir du travail mécanique ou son équivalent... L'énergie dans le sens commun du terme est surtout assimilée à l'énergie utilisée par l'Homme pour s'éclairer ou se chauffer. En réalité il ne s'agit que d'une partie des nombreuses formes que peut prendre l'énergie dans la nature et que l'Homme a appris à utiliser et à transformer pour en tirer des bénéfices.

Dans ce cours nous allons définir la notion d'énergie et nous étudierons les différentes formes d'énergie que sont les énergies, thermique, électrique, chimique, nucléaire et lumineuse.

1.1 La notion d'énergie

« Tout est énergie » disait Einstein. L'énergie est partout : ses différentes formes ainsi que les différentes sources d'où elle provient nous confirment cette caractéristique. L'énergie est une grandeur physique exprimée en Joules (J), elle se définit toujours dans un système donné. C'est par elle qu'on peut expliquer la modification d'un état, les réactions chimiques, le mouvement d'un corps, la création de source lumineuse.

1.2 Source d'énergie

Une source d'énergie définit tous les phénomènes à partir desquels de l'énergie peut être exploitée : Soleil, gaz, magma, biomasse... L'énergie n'est jamais perdue et jamais créée, elle est échangée entre des systèmes.

II. Formes d'énergie :

L'énergie exprime la force des phénomènes physiques, c'est une quantité mesurable. On distingue différentes formes d'énergie :

- Energie de position, cinétique et mécanique
- Energie potentielle chimique
- Energie lumineuse
- Energie électromagnétique
- Energie thermique

II.1 Energie de position (ou énergie potentiel) :

Un corps possède une énergie de position, notée E_p , qui dépend de son poids (la masse notée m) et de sa hauteur (notée h). L'expression mathématique de l'énergie de position est :

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Avec m en kilogramme, g l'accélération de la pesanteur ($9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ sur Terre), h la différence d'altitude en mètre (altitude de départ - altitude d'arrivée) en mètre.

On appelle cette énergie « potentielle » car elle est emmagasinée dans le corps, ou le système, et pourra être transformée en énergie cinétique lorsque le corps sera mis en mouvement, lors d'une chute par exemple. Comme elle dépend de la masse de l'objet et de la pesanteur, c'est une énergie potentielle gravitationnelle.

La gravitation est l'une des interactions fondamentales qui régissent les lois de l'Univers. Lorsqu'on tient un objet au-dessus du sol, on sait par instinct qu'il tombera si on le lâche : ce phénomène est lié à l'énergie potentielle de pesanteur. L'énergie potentielle d'un objet se calcule en fonction de sa hauteur, et des interactions auxquelles il est soumis, c'est-à-dire la plupart du temps, la gravitation terrestre. L'énergie potentielle de pesanteur d'un objet situé en hauteur est l'énergie induite par sa masse et par le champ de pesanteur d'un corps.



La pesanteur est une conséquence de la gravitation sur Terre. Tout corps en mouvement a une énergie cinétique.

L'énergie générée par les marées (les écoulements ou les cours d'eau) (énergie hydraulique) ou celle générée par le vent (énergie éolienne) sont des énergies cinétiques. Elles sont utilisées par exemple pour produire de l'énergie électrique par conversion dans les barrages ou les éoliennes.

L'énergie potentielle, qui est en puissance dans un système et peut être libérée par un changement d'état (ex : énergie libérée au cours d'une réaction chimique ou d'une réaction nucléaire, énergie d'un objet soumis à un champ de force tel que la gravité, un champ électrique, un champ magnétique ...).

II.2 Energie cinétique :

C'est l'énergie liée au mouvement d'un corps ou d'une particule. On la note E_c . Cette énergie est proportionnelle au carré de la vitesse de déplacement : si le corps est immobile, son énergie cinétique est nulle. Elle dépend aussi du poids du corps, qui est responsable du mouvement de chute (c'est à cause de son poids qu'il est attiré vers le bas).

L'expression mathématique de l'énergie cinétique est :

$$E_c = \frac{1}{2} m \times v^2$$

Avec E_c en Joule (J), la masse m en kilogramme (kg), et la vitesse v en mètre par seconde (m/s).

On remarque dans cette formule que l'énergie cinétique est proportionnelle au carré de la vitesse de l'objet. Cela signifie que si on double la vitesse d'un objet, on multiplie son énergie cinétique par 4. On voit bien les conséquences que cela peut avoir dans un accident de voiture : la gravité des dégâts et blessures occasionnés dépend de l'énergie cinétique du véhicule. Ainsi, une collision à 60 km/h entraînera des dégâts ou blessures 4 fois plus graves qu'une collision à 30 km/h.

L'énergie cinétique est l'énergie d'un objet en mouvement, elle dépend de sa vitesse et de sa masse.

L'énergie cinétique d'une masse en mouvement la chaleur, aussi appelée énergie thermique, correspond à l'énergie cinétique d'agitation microscopique des molécules qui constituent un objet. Elle est d'autant plus élevée que la température desdits objets est élevée ; elle se transmet d'un corps à l'autre par conduction, convection et rayonnement ; ces transferts thermiques macroscopiques sont contraints par les lois de la thermodynamique.

II.3 Energie mécanique :

Lors de la chute d'un corps, l'énergie de position est peu à peu convertie en énergie cinétique. L'énergie mécanique (notée E_m) d'un corps qui chute est la somme de son énergie de position et de son énergie cinétique, d'où l'expression mathématique :

$$E_m = E_p + E_c$$

L'énergie mécanique, associée aux objets, est la somme de deux autres énergies : l'énergie cinétique et l'énergie potentielle :

- l'énergie cinétique est l'énergie des objets en mouvement ; plus la vitesse d'un objet est grande, plus son énergie cinétique est importante. L'énergie des cours d'eau (énergie hydraulique) et celle du vent (énergie éolienne) sont des énergies cinétiques. Elles peuvent être transformées en énergie mécanique (moulin à eau, moulin à vent, pompe reliée à une éolienne) ou en électricité, si elles entraînent un générateur.
- l'énergie potentielle est l'énergie stockée dans les objets immobiles. Elle dépend de la position de ces derniers. Comme son nom l'indique, elle existe potentiellement, c'est-à-dire qu'elle ne se manifeste que lorsqu'elle est convertie en énergie cinétique. Par

exemple, une balle acquiert, quand on la soulève, une énergie potentielle dite de pesanteur, qui ne devient apparente que lorsqu'on la laisse tomber.

L'énergie mécanique est la forme d'énergie liée au mouvement d'un corps ou à sa position dans l'espace.

Le vent peut faire tourner les pales d'une éolienne.	Le mouvement de l'eau fait tourner la roue d'un moulin à eau.
	

II.4 Energie potentielle chimique :

Lors d'une réaction chimique, de l'énergie est dégagée (ou absorbée suivant les réactions). Elle peut se présenter sous forme de chaleur, de lumière, d'agitation ou d'explosion.

Une réaction chimique est une transformation de la matière, au cours de laquelle les atomes se recombinent, provoquant un changement de nature chimique de la matière. En se recombinaut, les atomes libèrent de l'énergie.

La combustion est une manière de récupérer l'énergie potentielle chimique, emmagasinée dans un combustible (charbon, bois), en la transformant en une autre forme d'énergie, la chaleur (énergie thermique).

L'énergie chimique est l'énergie libérée lors d'une réaction chimique, elle est associée aux liaisons entre les atomes constituant les molécules. Lors d'une transformation chimique, les molécules des réactifs se répartissent pour former les molécules du produit. C'est cette répartition qui crée de l'énergie chimique.

Lors d'une combustion : les molécules du combustible s'associent aux molécules de l'air et libèrent de l'énergie « e » c'est l'énergie électrique.

L'énergie chimique est l'énergie associée aux liaisons entre les atomes constituant les molécules. Certaines réactions chimiques sont capables de briser ces liaisons, ce qui libère leur énergie (de telles réactions sont dites exothermiques).

Lors de la combustion, qui est l'une de ces réactions, le pétrole, le gaz, le charbon ou encore la biomasse convertit leur énergie chimique en chaleur – et souvent en lumière. Dans les piles, les réactions électrochimiques qui ont lieu produisent de l'électricité. L'énergie chimique est la forme d'énergie emmagasinée dans les liaisons chimiques qui unissent les atomes d'une molécule.

Les combustibles libèrent une grande quantité d'énergie lorsqu'ils brûlent.	La photosynthèse permet aux végétaux de transformer l'énergie solaire en énergie chimique.
	

II.5 Energie lumineuse :

La lumière est une onde qui se propage à la vitesse de la lumière, soit environ 300 000 km/s. Elle transporte de l'énergie depuis une source de lumière (étoile, lampe, flamme) jusqu'à un récepteur (oeil, plante, panneau solaire).

Un capteur solaire est un récepteur capable de capter l'énergie lumineuse de la transformer en une autre forme d'énergie, l'électricité.

A l'inverse, une source de lumière, comme une lampe, peut transformer l'énergie qui l'alimente (l'électricité) en énergie lumineuse (portée par des particules appelées photons).

L'énergie lumineuse est une lumière émise par une source primaire. L'énergie lumineuse se présente à la fois sous la forme d'une onde et sous la forme de grains appelés photons.

Une source primaire produit la lumière qu'elle émet alors qu'une source secondaire renvoie la lumière qu'elle reçoit.

Le Soleil et les étoiles en général, les lampes à incandescence (luminescence) ou les lasers sont des sources primaires de lumière.

L'énergie lumineuse est captée par un récepteur. Le récepteur le plus courant est l'œil, qui capte la lumière reflétée par l'environnement, mais il existe d'autres récepteurs.

Exemple

Lors de la photosynthèse les plantes captent l'énergie lumineuse pour respirer, de même, les panneaux solaires captent l'énergie lumineuse pour créer de l'électricité.

II.6 Energie électromagnétique :

L'énergie électromagnétique est l'énergie associée aux ondes électromagnétiques (ondes radio ou de rayonnement). L'onde se caractérise par une fréquence (nombre d'oscillations par seconde) et par une longueur d'onde (distance parcourue pendant une période d'oscillation). Elle se propage dans le vide à la vitesse de la lumière (300 000 km/s), et presque aussi vite dans l'air. En fonction de la longueur d'onde et de la fréquence, on obtient soit :

- ondes radio
- micro-ondes (grâce auxquelles on chauffe le café)
- infra-rouges (pour voir à travers les murs)
- lumière (la seule onde que notre œil sache détecter, donc la seule visible)
- ultra-violets (pour les coups de soleil)
- rayons X (pour les radios à l'hôpital)
- rayons gamma (processus nucléaires)

L'énergie électromagnétique est rayonnée par une source et peut être récupérée par un capteur. Ce rayonnement est largement utilisé pour transporter de l'information.

L'énergie électromagnétique, portée par les ondes électromagnétiques en quanta d'énergie appelées photons (ex : énergie de la lumière ou des ondes radio).

II.7 Energie thermique :

L'énergie thermique est causée par l'agitation, dans la matière, des molécules et des atomes. Elle se manifeste par des transferts de chaleur. L'énergie thermique nous parvient naturellement par le rayonnement solaire et par les réactions de fusion qui ont lieu dans le noyau terrestre. Cette forme d'énergie est liée à la température du système (agitation microscopique des particules). Le système est capable de fournir de la chaleur à un corps plus froid (eau géothermale).

Il s'agit tout simplement de la chaleur. Celle-ci est causée par l'agitation, au sein de la matière, des molécules et des atomes. L'énergie thermique représente donc l'énergie cinétique d'un ensemble au repos.

Dans une machine à vapeur, elle est transformée en énergie mécanique ; dans une centrale thermique, elle est convertie en électricité. Le sous-sol renferme de l'énergie thermique (géothermie), qui est utilisée soit pour produire du chauffage, soit pour générer de l'électricité.

II.8 Energie nucléaire :

L'énergie nucléaire est l'énergie stockée au cœur des atomes, plus précisément dans les liaisons entre les particules (protons et neutrons) qui constituent leur noyau. En transformant les noyaux atomiques, les réactions nucléaires s'accompagnent d'un dégagement de chaleur. Dans les centrales nucléaires, on réalise des réactions de fission des noyaux d'uranium, et une partie de la chaleur dégagée est transformée en électricité. On parle de fission nucléaire lorsque le noyau d'un atome se divise pour former deux noyaux plus légers.

Dans les étoiles comme le Soleil, l'énergie des atomes est libérée par des réactions de fusion des noyaux d'hydrogène. On parle de fusion nucléaire lorsque deux noyaux fusionnent pour n'en former qu'un seul plus lourd. Certains atomes, comme l'uranium, sont utilisés dans les centrales nucléaires car ils ont des noyaux plus faciles à casser que les autres.

L'énergie nucléaire ou atomique, est l'énergie libérée lorsque des atomes se cassent ou s'unissent. Les étoiles sont formées à partir de l'énergie de la fusion nucléaire des atomes d'hydrogène et d'hélium présents en grande quantité dans l'Univers.

Dans un atome, les composants du noyau sont liés par des interactions fortes. Ceci signifie qu'il faut une énergie très importante pour casser ces interactions. C'est le principe de l'énergie nucléaire.

II.9 Energie électrique :

L'énergie électrique représente de l'énergie transférée d'un système à un autre (ou stockée dans le cas de l'énergie électrostatique) grâce à l'électricité, c'est-à-dire par un mouvement de charges électriques. Les systèmes pouvant fournir ces transferts électriques sont par exemple les alternateurs ou les piles. Les systèmes receveurs de ces transferts. L'énergie électrique est l'énergie associée au déplacement des électrons à travers un matériau conducteur. La plupart des appareils que nous utilisons fonctionnent grâce à un apport d'énergie électrique.

III. Les sources d'énergie

Il existe **deux sources** bien distinctes de sources d'énergie.

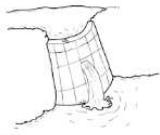
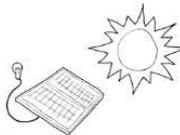
III.1 Les sources d'énergies non renouvelables (ou fossiles)

On appelle sources d'énergies non renouvelables toutes les ressources qui ne se recréent pas naturellement ou trop lentement considérant le rythme auquel on les utilise.

Le charbon	Le gaz	Le pétrole	L'uranium
			

III.2 Les sources d'énergies renouvelables

Les sources d'énergies renouvelables sont celles qui se recréent naturellement à un meilleur rythme que ce que l'on consomme. Ces ressources ne s'épuiseront pas.

Hydraulique	Éolienne	Solaire	Biomasse
			

IV. les grands principes de l'énergie : Conservation et conversion

Deux concepts essentiels qu'il est important de mémoriser :

IV.1 principe de conservation de l'énergie (ou premier principe de la thermodynamique) :

Principe selon lequel l'énergie totale d'un système isolé reste constante. Cette énergie peut changer de forme (transformation de chaleur à haute température en énergie cinétique puis électrique, avec rejet de chaleur à basse température) et être échangée entre sous-systèmes, mais sa quantité demeure constante pour un système isolé. C'est une variante du principe universel énoncé par Lavoisier selon lequel « rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme. »

IV.2 la transformation d'une forme d'énergie en une « seule » autre n'est jamais intégrale :

Les déperditions qui ont lieu au cours de cette conversion prennent souvent la forme de chaleur. On qualifie cette chaleur, dont l'existence est nécessaire pour que soit vérifié le premier principe de la thermodynamique, de « fatale,» car elle n'est que rarement valorisée (=utilisée). Les rendements de conversion varient suivant les formes d'énergie en jeu et les systèmes utilisés pour la conversion. Ainsi, le rendement des machines thermiques, qui ont pour vocation la transformation de l'énergie thermique en énergie cinétique (de chaleur en travail), est ainsi limité par le second principe de la thermodynamique énoncé par Nicolas Carnot au XIX^e siècle. Défini par le rapport de la différence de température entre source chaude et source froide avec la température de la source chaude, le rendement est d'autant plus élevé que la source de chaleur est à une température élevée (ex.: chaudière d'une centrale thermique à charbon, à gaz, nucléaire,..) et que la température de la chaleur rejetée est basse (ex.: la température de refroidissement offerte par l'atmosphère ou les cours d'eau).

IV.2.1. Transformations d'énergie :

L'énergie est une grandeur mesurable qui désigne ce que possède un système (capital) pour fournir un travail en vue de produire un effet. Comme on a vu précédemment, l'énergie a plusieurs formes et elle peut passer d'une forme à l'autre un phénomène dite transformation qui peut être : une mise en mouvement, une déformation, une modification de structure, une augmentation de la température, une réaction chimique...

✚ Transfert d'Energie :

Il existe 3 modes de transfert de l'énergie d'un système à l'autre :

- Chaleur :

Permet d'augmenter la température d'un système et de réaliser un changement d'état. Lorsque deux systèmes ont des températures différentes il y a un flux d'énergie appelé chaleur qui s'opère de la zone chaude vers la zone froide jusqu'à l'obtention de l'équilibre thermique.

Le transfert de chaleur peut se faire à travers les modes suivants :

- Conduction : métaux
- Convection : mouvement au sein d'un fluide produit par des écarts de température
- Emission de radiation.

Rayonnement :

Ce mode de transfert intervient en présence d'ondes électromagnétiques. Tous les rayonnements nécessitent de l'énergie pour être émis et transportent en eux cette énergie (énergie rayonnante) qui permet un transfert d'énergie entre le corps qui émet les rayonnements (source) et celui qui les absorbe (récepteur).

- **L'énergie rayonnante**

L'énergie rayonnante est la forme d'énergie contenue et transportée par les ondes électromagnétiques, en particulier par la lumière.

Les fours à micro-ondes dégagent de l'énergie rayonnante qui permet de chauffer les aliments.	L'énergie transportée par les rayons X nous permet de radiographier nos os.
	

C'est l'énergie transportée par les rayonnements. L'énergie lumineuse en est une, ainsi que le rayonnement infrarouge. Les deux sont émis, par exemple, par le Soleil ou les filaments des ampoules électriques. L'énergie des rayonnements solaires peut être récupérée et convertie en électricité (énergie photovoltaïque) ou en chaleur solaire récupérée (solaire thermique).

V. la production, le stockage et les transports de l'énergie

La maîtrise de l'énergie est l'enjeu principal du XXI^e siècle. Mieux connaître les différentes formes d'énergie permet de mieux les utiliser. L'énergie existe sous forme de mouvement (comme l'énergie du vent), de rayonnement (comme l'énergie solaire), ou encore à l'échelle des atomes (comme la fission nucléaire ou la combustion). Différentes techniques existent pour manier cette énergie, aujourd'hui l'Homme est capable de stocker, de transporter, de convertir l'énergie et de répondre à ses besoins.

L'énergie est nécessaire au fonctionnement de la société pour répondre à ses divers besoins. Pour disposer de cette énergie sous forme utilisable, notamment d'électricité ou de chaleur, il est nécessaire de capter l'énergie primaire disponible dans l'environnement sous diverses formes (pétrole, gaz, charbon, combustible nucléaire, biomasse, vent, eau, soleil...), de la transformer (production d'énergie secondaire), d'en assurer un certain stockage et le transport puis la distribution vers les lieux de consommation finale.

La meilleure énergie restant celle qui ne doit pas être produite ou importée, l'utilisation rationnelle de l'Energie (URE) est une préoccupation forte déjà préconisée en 1999 et qui se développe notamment au travers des accords de branche avec l'industrie ou l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments. La production énergétique sur base des combustibles fossiles pose la question de la dépendance de la Wallonie aux approvisionnements extérieurs. Elle est aussi fortement émettrice de gaz à effet de serre. Les énergies renouvelables (ER) sont plus avantageuses à cet égard, mais elles présentent néanmoins leurs propres inconvénients. Ainsi par exemple, la production éolienne dépend des conditions de vent; elle est intermittente. De même, la productivité des centrales hydroélectriques est liée au débit des cours d'eau et donc au volume des précipitations. Il est dès lors impossible, à moins de solutionner le stockage, d'assurer par ce type de sources la coïncidence entre l'offre en électricité et la demande. Autres exemples l'exploitation de l'énergie solaire demande de grandes surfaces de captage sa technologie est chère et a un rendement de conversion peu élevé (de l'ordre de 10 à 20% actuellement pour le solaire photovoltaïque) les cultures énergétiques sont en compétition avec les productions alimentaires pour la valorisation des terres agricoles... L'électricité est le vecteur énergétique le plus utilisé grâce à sa grande « polyvalence ». Cependant, l'électricité ne se stocke pas ; il faut en permanence faire coïncider la production et la demande électrique et donc disposer des infrastructures adéquates en termes de production de base mais aussi de pic de demande et, inversement, être capable de stocker les surplus de production aux heures creuses de consommation. L'interconnexion des réseaux électriques à l'échelle internationale permet une certaine mutualisation des ressources et une atténuation des conséquences de la perte d'une unité de production sur le territoire national. La production électrique s'accompagne, au niveau des centrales thermiques classiques, de pertes d'énergie très importantes sous

forme de chaleur résiduelle. Pour l'essentiel, ces pertes sont à l'heure actuelle irrécupérable à un coût économique viable. La cogénération centralisée, couplée à un réseau de chaleur, est parfois possible.

Le stockage de l'énergie peut être organisé de diverses manières : réserve de combustible, stockage d'énergie secondaire sous forme d'énergie potentielle (de chute), chimique (batteries, hydrogène), etc. Le stockage permet notamment de pallier d'éventuelles difficultés (technique, financière...) ou interruptions provisoires d'approvisionnement. Le transport et la distribution de l'énergie sont assurés via divers réseaux : gazoducs, oléoducs, réseaux électriques aux diverses tensions, ainsi que par voies fluviale, ferroviaire et routière. Autant que les unités de production, ces réseaux et leurs infrastructures associées telles que les postes de transformation électrique sont vitaux pour la vie sociale et économique. Longtemps, les conséquences stratégiques et écologiques des modes de production et de consommation de l'énergie ont été tenues pour négligeables. Il est maintenant clair, comme le montre l'analyse du Défi énergétique, que les tendances actuelles dans ce domaine ne sont pas durables. Au cours des prochaines décennies, la croissance attendue des services énergétiques sera influencée simultanément à la hausse par la croissance démographique qui s'annonce et à la baisse par la désindustrialisation et les nécessaires économies d'énergie, tandis que la part de l'électricité devrait grandir notamment dans le transport (véhicules électriques et hybrides) et le chauffage (pompe à chaleur).