

Chapitre 3 : Ressources Naturelles Partie 2

2.2.2. Les combustibles fossiles (énergie fossiles)

Sont d'excellents carburants. On appelle combustible fossile toute matière combustible originaire de la dégradation de la matière organique, dont on peut citer le charbon, le pétrole et le gaz naturel.

Les énergies conventionnelles restent la première source d'énergie dans le monde. La plupart de ces énergies sont produites à partir de sources fossiles. Les sources fossiles produisent de l'énergie par la combustion, ce qui les rend très polluantes. La conversion de cette énergie se fait dans des chaudières, des fours, des moteurs à combustion interne ou des turbines.

Le tableau 2 montre les réserves mondiales de sources d'énergie non conventionnelles et l'estimation du nombre d'années de production restantes.

Tableau 2 : Réserves mondiales d'énergie non renouvelable par source en 2011.

	Réserves mondiales (%)	Nombre d'années de production à ce rythme
Pétrole	23%	58
Gaz naturel	18%	57
Charbon	56%	145
Uranium	3%	48

2.2.2.1. Le charbon

Est une roche noire riche en carbone, il représente 80% des énergies fossiles disponibles, il se forme par la décomposition de débris végétaux sédimentés pendant plusieurs années, il est utilisé comme matière première, en sidérurgie il est mélangé au minerai de fer pour produire de l'acier ou du fer. Le charbon est constitué de matières volatiles qui sont le dioxyde de carbone ainsi que des espèces contenant du soufre et de l'azote. Il peut contenir aussi plus ou moins de l'humidité selon sa source. La teneur en carbone fixé représente la masse des résidus d'un échantillon après avoir enlevé les matières volatiles et l'eau. Elle contient principalement du carbone, ainsi que de l'hydrogène, de l'azote et du soufre en plus petites quantités.

Les différents types de charbon sont cités dans le tableau 3 avec leurs teneurs en carbone.

Tableau 3 Types de charbon avec leur teneur en carbone

Nomenclature	% de carbone C
Tourbe	55
Lignite	70-75
Houille	85
Anthracite	92- 95

2.2.2.2. Le pétrole brut et les produits pétroliers

Le pétrole est actuellement l'une des premières sources d'énergie dans le monde. Il rentre dans la composition d'un grand nombre de produits. Le pétrole provient de l'accumulation de bactéries et d'algues restées plus de 15 millions d'années dans les profondeurs de la terre, qui se transforment en molécules d'hydrocarbures. Après raffinage, le pétrole est utilisé pour la fabrication de dizaines de produits :

- essences pour les moteurs à allumage commandé,
- gasoil pour les moteurs Diesel,
- carburants pour les avions militaires et civiles,
- kérosène,
- produits de la pétrochimie, comme le plastique,
- naphtha,
- lubrifiants, utilisés pour réduire les frottements entre les pièces des machines, mais aussi dans le forage. Ils existent en plusieurs types suivant leur viscosité et peuvent être produits directement après raffinage ou en utilisant les résidus du pétrole,
- cires, qui sont des matériaux solides ou semi-solides produits à partir du raffinage ou des résidus du pétrole,
- asphalte, bitume, goudron, utilisés pour construire les routes,
- GPL (Gaz du Pétrole Liquéfié) qui constitue un carburant moins polluant que les carburants conventionnels, utilisé dans le domaine automobile,
- quelques gaz légers qui servent comme combustibles dans le processus de raffinage du pétrole. La production du pétrole est mesurée en baril ou Brent. Un baril contient 158,98 L. L'OPEC (Organization of Petroleum Exporting Countries) fixe globalement les prix du pétrole dans le monde. Le tableau 4 contient le classement des 15 premières réserves mondiales en pétrole.

Tableau 4 : Classement des réserves mondiales conventionnelles en pétrole (Source : OPEC, 1e janvier 2013)

	Pays	Réserve en barils	% de la réserve mondiale
1	Venezuela	297 735 000 000	24,80
2	Arabie saoudite	265 850 000 000	22,10 %
3	Iran	157 300 000 000	13,10 %
4	Irak	140 300 000 000	11,70 %
5	Koweït	101 500 000 000	8,50 %
6	Émirats arabes unis	97 800 000 000	8,10 %
7	Russie	80 000 000 000	5,41 %
8	Libye	48 500 000 000	4,00 %
9	Nigeria	37 100 000 000	3,10 %
10	Kazakhstan	30 000 000 000	2,20 %
11	Chine	25 584 000 000	1,73 %
12	Qatar	25 244 000 000	1,70 %
13	États-Unis	23 267 000 000	1,57 %
14	Bésil	13 154 000 000	0,88 %
15	Algérie	12 200 000 000	0,82 %

2.2.2.3. Le gaz naturel

Le gaz naturel joue un rôle énergétique graduel, son utilisation dans les différents secteurs notamment dans la production d'électricité et les industries de précision est liée à l'importance de ses réserves et les avantages qu'il présente sur le plan de l'environnement. Le gaz naturel est composé essentiellement du méthane CH₄ jusqu'à 98%, de l'éthane C₂H₆, du propane C₃H₈, du butane C₄H₁₀, du pentane plus C₅+, Il contient aussi de l'azote, du dioxyde de carbone et du sulfure d'hydrogène H₂S. Dans le cas du gaz naturel, Les différentes étapes de production de traitement et de transport constituent une chaîne de gaz, le gaz naturel est transporté sous forme de gaz naturel liquéfié (GNL) dans des pipes et dans des méthaniers après l'avoir liquéfié à très basse température.

Le classement des réserves mondiales conventionnelles des 15 premiers pays est dans le tableau 5

Tableau 5: Classement des réserves mondiales prouvées de gaz naturel (Source : CIA World Factbook, 2012).

	Pays	Réserves prouvées en m ³	% de la réserve mondiale
1	Russie	47 570 000 000 000	22,82 %
2	Iran	33 070 000 000 000	15,86 %
3	Qatar	24 300 000 000 000	11,66 %
4	Turkménistan	24 300 000 000 000	11,66 %
5	Arabie saoudite	8 028 000 000 000	3,84 %
6	Etats-Unis	7 716 000 000 000	3,69 %
7	Émirats arabes unis	6 089 000 000 000	2,91 %
8	Venezuela	5 224 000 000 000	2,49 %
9	Nigeria	5 110 000 000 000	2,45 %
10	Algérie	4 502 000 000 000	2,16 %
11	Indonésie	3 994 000 000 000	1,91 %
12	Chine	3 200 000 000 000	1,53 %
13	Irak	3 171 000 000 000	1,52 %
14	Kazakhstan	2 407 000 000 000	1,51 %
15	Malaisie	2 350 000 000 000	1,12 %

2.2.2.4. Energie nucléaire

L'énergie nucléaire est une des plus importantes sources d'énergie actuellement dans le monde, elle est produite par la fission d'éléments radioactifs naturels comme l'Uranium et le Thorium. L'uranium peut être soumis à la fission dès son extraction à l'état naturel, tandis que le Thorium doit d'abord être converti dans un réacteur nucléaire. Tous les isotopes de ces éléments sont radioactifs. L'uranium brut qui existe sous forme d'oxyde d'uranium U₃O₈ de couleur jaune est traité pour récupérer l'Uranium pur. 1 tonne d'uranium brut donne 1 à 2kg d'Uranium pur. Le reste est constitué de radon et d'autres produits qui doivent être traités en tant que déchets nucléaires.

Le tableau 6 montre les types d'accidents qui peuvent survenir.

Tableau 6. Les types d'accidents de l'énergie nucléaire

Définition du niveau	Impact sur l'environnement du site	Impact sur le site	Exemples
7 : Accident majeur	Propagation majeure: Effets très importants sur la santé et l'environnement	Majeur	Tchernobyl, URSS, 1986 Fukushima 2011
6 : Accident sérieux	Propagation significative: Application complète des plans d'urgence	Majeur	
5 : Accident comportant des risques pour l'environnement du site	Propagation limitée: Application partielle du plan d'urgence	Sérieux endommagement du cœur du réacteur	Windscale, Royaume Uni, 1957 (militaire); Three Mile Island, Etats Unis, 1979
4 : Accident au sein de l'installation	Propagation mineure: Exposition des personnes de l'ordre de la limite du danger	Endommagement partiel du cœur du réacteur, conséquences sur la santé du personnel	Saint-Laurent, France, 1980 (panne de combustible) Tokai-Mura, Japon 1999 (critique)
3 : Sérieux incident	Très faible propagation: Exposition des personnes au-dessous des limites de sécurité	Contamination majeure, exposition au dessus de la limite du personnel	Vandellos, Espagne, 1989 (Incendie de turbine, pas de contamination radioactive)
2 : Incident	Nul	Nul	
1 : Anomalie	Nul	Nul	
0 : Minimum de l'échelle	Nul	Nul	

3. Les énergies renouvelables

La progression des capacités de production d'énergies renouvelables observée dans le monde au cours de la dernière décennie a été particulièrement rapide, et constitue un changement profond et durable de l'équilibre énergétique mondial. Les énergies renouvelables sont des énergies inépuisables contrairement aux énergies fossiles, on les appelle aussi les énergies propres, les sources renouvelables. Elles servent à produire de la chaleur, de l'électricité ou des carburants. Les principales énergies (énergie houlomotrice), et grâce à des barrages ou de petites centrales sur des cours d'eau qui transforment l'énergie cinétique du mouvement de l'eau en électricité.

3.1 Energie solaire

Le soleil représente une puissance nucléaire très grande qui est générée sous forme de rayonnement d'une puissance de $3,8 \times 10^{23}$ kW. Une petite partie de cette puissance atteint la surface de la Terre.

L'énergie solaire est captée est utilisée soit par des panneaux photovoltaïques, soit par des miroirs CSP. Cette dernière est une technologie récente et moins coûteuse que la première. Son entretien est très simple. Elle utilise des miroirs en forme de paraboles, qui concentrent les rayons du soleil et les réfléchissent dans des tubes qui passent par le foyer des paraboles.

Cette énergie sert ensuite à produire de la chaleur et de l'électricité.

3.2 Energie éolienne

L'énergie éolienne permet de convertir l'énergie cinétique du vent en puissance qui sert à produire de l'électricité, par exemple. Ce type d'énergie est très ancien et fait partie des premières énergies utilisées par l'homme. Cette technique est très écologique, mais son coût reste parfois élevé. L'énergie cinétique du vent génère une puissance W qui est égale à : $W = 1/2\rho Sv^3$

ρ est la masse volumique de l'air, v la vitesse du vent et S la surface exposée. La vitesse du vent est parfois faible, ce qui diminue la puissance de l'éolienne. Le rendement d'une éolienne dépend fortement du site dans lequel elle est placée. Les sites les plus exposés au vent sont ceux qui sont situés aux sommets des montagnes, au bord de la mer ou au milieu des océans.

Les éoliennes génèrent beaucoup de bruit. Des recherches actuelles dans ce domaine tendent à réduire les nuisances sonores de ces machines.

Les éoliennes sont dotées de systèmes annexes qui permettent de stocker l'énergie.

3.2. Energie hydraulique

L'énergie hydraulique est actuellement de loin la première source de production d'électricité dans le monde. La plupart du temps, l'électricité est générée à partir de l'eau des barrages.

L'eau chute d'une hauteur importante et l'énergie cinétique qu'elle génère sert à faire fonctionner des turbines et des générateurs qui transforment cette énergie en énergie électrique. La turbine fait tourner le rotor du générateur, qui produit un champ magnétique à l'intérieur du stator qui n'est autre qu'une bobine géante qui produit de l'électricité. L'énergie mécanique est ainsi transformée en énergie électrique. Ce système de production d'électricité à partir de l'eau est le plus répandu dans le monde. Le tableau 7 montre la taille et la capacité des centrales électriques hydrauliques.

Il existe une autre technique qui est moins répandue mais qui est utilisée dans les pays attenants aux océans. Il s'agit de la production d'électricité à partir de l'énergie des vagues. Comme dans les centrales hydrauliques, l'énergie potentielle de l'eau est transformée en énergie électrique. Les vagues sont sinusoïdales avec des sommets et des dépressions. L'amplitude des vagues dépend de la météo : elle est plus importante quand il y a du vent ou une tempête. Le mouvement des vagues est converti en énergie mécanique qui fait tourner un générateur électrique. L'énergie des vagues est captée au moyen de flotteurs ou d'aubes qui la transmettent aux rotors des générateurs électriques. L'énergie peut aussi provenir des marées.

L'énergie hydraulique est peu coûteuse. Seuls les dispositifs de conversion d'énergie nécessitent un investissement. De plus, c'est une énergie propre qui ne produit pas d'émissions polluantes.

3.4. Energie géothermie

La géothermie est l'utilisation de la chaleur de la Terre pour produire de l'énergie. Cette énergie sert à produire de l'électricité mais aussi au chauffage urbain, au chauffage des serres et dans la pisciculture. La chaleur de la Terre provient de la désintégration des éléments radioactifs présents dans les roches qui constituent la croûte de la Terre, et de la dissipation de la chaleur primitive.

Un gisement géothermique est constitué de trois éléments :

- une source de chaleur,
- un réservoir, qui est une formation rocheuse dans laquelle circule le fluide,
- un fluide : sous forme de liquide, de vapeur ou d'un mélange des deux. C'est le plus souvent de l'eau réchauffée par le contact des roches.

Les gisements géothermiques peuvent être géologiquement stables, ou actifs. La répartition de ces gisements est la suivante : 35% existent en Asie, 29% en Amérique, 26% en Europe et 5% en Afrique. Le tiers de ces gisements produit de l'électricité et les deux tiers de la chaleur pour le chauffage. Quand elles sont installées en respectant rigoureusement la réglementation, les centrales géothermiques ont des avantages environnementaux indéniables sur les énergies conventionnelles. Elles ne produisent pas de gaz à effet de serre. Mais leur substitution aux énergies fossiles reste impossible dans l'ensemble.

3.5. Energie biomasse

La production de l'énergie à partir de la biomasse englobe un ensemble de techniques qui utilisent les plantes et les matières organiques pour produire de l'énergie. Ces matières sont utilisées soit directement comme combustibles, soit pour générer de l'électricité. La biomasse a plusieurs sources. Elle peut être sous forme de bois produit à partir de forêts, de déchets agricoles, de déchets des eaux usées ou de l'industrie. Les avantages de l'utilisation de la biomasse sont les suivants :

- cette source d'énergie a le grand avantage de ne presque pas polluer,
- elle a aussi l'avantage d'être économique, dans la mesure où elle utilise des matières de récupération, elle ne coûte pas cher,
- elle a un grand choix de sources,
- elle permet de se débarrasser des déchets d'une manière écologique au lieu de les stocker.

La biomasse dans l'état de matière première peut être très propre comme elle peut être contaminée par du fer, des résidus animaliers ou des déchets comme le plastique. Le tableau 8 contient la composition et les propriétés de certaines combustibles biomasses.

Tableau 8 : Propriétés de quatre types de biomasse

Propriétés	Copeaux de pin	Déchets d'herbes	Enveloppes de riz	Paille de riz
% de cendre	1,43	10,10	18,34	15,90
Carbone	48,54	47,79	40,96	41,78
Hydrogène	5,85	5,76	4,30	4,63
Azote	0,47	1,17	0,40	0,70
Soufre	0,01	0,10	0,02	0,08
Oxygène	43,69	35,07	35,86	36,57
Pouvoir calorifique (GJ/t)	19,38	17,99	16,14	16,28

L'usage de loin le plus fréquent de la biomasse consiste à l'utiliser directement comme combustible, pour récupérer la chaleur afin de faire fonctionner les chaudières. Cette technique requiert une longue préparation, un nettoyage et aussi une déshydratation du combustible biomasse.

Une autre technique consiste à faire fermenter la biomasse dans des digesteurs en additionnant des bactéries qui facilitent l'opération. Le biogaz est ainsi produit. C'est un gaz constitué de méthane, de dioxyde de carbone et d'autres composants volatils. En général, son pouvoir calorifique est faible et sa composition dépend de la matière première dont il provient.

4. Cogénération ou production combinée de chaleur et d'électricité

La cogénération est un système qui produit deux types d'énergie : la chaleur et l'électricité. Il permet de récupérer l'excédent de chaleur pour le chauffage par exemple, au lieu de le gaspiller. Pour cela, on brûle un combustible primaire qui peut être d'origine fossile, comme le charbon ou le gaz naturel, mais aussi de la biomasse, ce qui réduit considérablement les émissions polluantes.

Les objectifs de la cogénération sont les suivants :

- la réduction des émissions polluantes,
- l'autonomie énergétique,
- le gain économique,
- la récupération de la chaleur gratuite,
- la récupération des déchets,

Cependant, le coût initial de cette technologie est élevé.

La cogénération sert à faire fonctionner les moteurs et les turbines. Un intérêt grandissant pour cette technologie écologique permet actuellement de la mettre en œuvre dans de petites et moyennes exploitations.