

Chapitre III

ENVIRONNEMENT & RESSOURCES NATURELLES

Sommaire

III.1	Introduction.....	1
III.2	Ressources naturelles.....	2
III.2.1	Eau.....	2
III.2.2	Air.....	3
III.2.3	Sol.....	3
III.2.4	Minerais.....	4
III.3	Sources d'énergie.....	6
III.3.1	Energies fossiles.....	7
III.3.1	Energies renouvelables.....	9
III.4	Cogénération.....	12

III.1 INTRODUCTION

Le développement de l'humanité durant les 50 dernières années s'est accéléré d'une manière exponentielle, en entraînant une augmentation importante de la consommation d'énergie dans le monde, particulièrement dans les pays industrialisés. Les ressources en matière première ne cessent de diminuer, tandis que la demande en énergie ne cesse d'augmenter. A ce rythme, les ressources de la Terre s'épuiseront, ce qui posera un réel problème aux générations futures. Le développement technologique doit nécessairement tenir compte des ressources mondiales et s'y adapter.

IV.2 RESSOURCES NATURELLES

Les ressources naturelles peuvent être définies comme les matières naturelles stockées dans la nature. Ce sont des matières utiles et dont les réserves sont limitées. Ces matières ne sont pas produites par l'homme. Elles existent naturellement. Les ressources naturelles sont importantes dans la fonction de production d'un pays, qui dépend du capital, du travail et des ressources naturelles.

Toutes les marchandises contiennent des ressources naturelles ou nécessitent des ressources naturelles pour être produites.

Les caractéristiques des ressources naturelles sont les suivantes :

- elles sont épuisables, c'est-à-dire limitées dans le temps,
- elles sont réparties entre les pays dans un même pays de manière inégale,
- elles peuvent parfois profiter à des personnes qui n'interviennent ni dans leur extraction, ni dans leur transformation,
- elles occupent une place prépondérante dans les marchés mondiaux, à un point tel que certains pays ne misent que sur elles dans leur économie.
- certains pays sont à la fois exportateurs et importateurs de ressources naturelles,
- leurs prix sont instables dans les marchés mondiaux. Ils peuvent fluctuer d'une manière très importante et dictent parfois la tendance économique mondiale,
- elles jouent un rôle géopolitique dans le monde.

Les principales ressources naturelles sont les suivantes :

III.2.1 Eau

L'eau représente la majeure partie de notre planète. Elle existe dans la nature sous différentes formes : les eaux souterraines, et les eaux de surface comme les rivières, les mers et les océans. Les nappes phréatiques qui sont des réserves très profondes au sous-sol qui mettent des centaines d'années à se constituer sont à l'origine des eaux souterraines.

Dans la Terre, l'eau peut être potable ou non. 97% de l'eau est salée. L'eau potable ne représente que 1% de l'eau présente sur terre. Les réserves en eau potable sont à

préserver car elles s'amointrissent de plus en plus et sont difficiles à reconstituer, particulièrement dans les zones arides ou désertiques.

D'autre part, les cours d'eau, les mers et les océans contiennent de la faune et de la flore qui constituent une source d'alimentation non négligeable pour les humains. Des millions de personnes dans le monde se nourrissent et vivent de la pêche.

La distribution de l'utilisation de l'eau dans le monde se fait de la manière suivante:

- environ 20% de l'eau est utilisée dans le domaine de l'industrie,
- 70% de l'eau est utilisée dans le domaine de l'agriculture pour l'irrigation des terres,
- 8% à 10% de l'eau est d'usage domestique (boisson, cuisine, hygiène).

Plusieurs pays dans le monde souffrent de la sécheresse ou du manque d'eau. Des milliers de personnes meurent chaque année de maladies transmises par de l'eau impropre à la consommation.

III.2.2 Air

L'air est indispensable pour la vie de l'homme, des animaux et des plantes. C'est un mélange de gaz principalement constitué de dioxygène et d'azote. L'air non pollué n'existe malheureusement plus.

La qualité de l'air ne cesse de se dégrader particulièrement dans les zones urbaines et industrielles. Les mesures appliquées et la réglementation sévère de certains pays a cependant réussi à freiner ces augmentations de pollution, mais pas à les diminuer.

III.2.3 Sol

Le sol est la couche de sédiments qui recouvre la Terre. Le sol est un mélange de liquides, de solides et de gaz. La phase solide du sol est constituée de minéraux inorganiques dont les plus importants sont : le silicium, l'aluminium et le fer. Le sol contient aussi de la matière organique qui est le résultat de la décomposition des végétaux et des animaux. La phase liquide du sol est constituée d'eau. Cette eau contient des minéraux dissouts. La phase gazeuse est remplie de vapeur d'eau, d'air et de différents gaz qui se trouvent dans les pores du sol, là où il n'y a pas d'eau sous forme liquide.

La composition du sol dépend des régions et évolue dans le temps. Ces changements sont dus à l'érosion, aux produits chimiques dus à la pollution et aux déchets.

La forme et la taille des particules qui forment le sol varient de la terre fine, au sable et au gravier. La distance entre ces particules contrôle le taux d'absorption de l'eau par le sol.

III.2.4 Minerais

Les minerais sont les produits inorganiques qui se trouvent dans les profondeurs de la Terre. Le minerai est une roche dont on extrait un ou plusieurs éléments afin de les utiliser. Le tableau 3.3 donne les réserves mondiales de quelques minerais.

a. Minerais destinés à produire des matériaux de construction

Ce sont des minerais de carrière qui servent dans le domaine du bâtiment et des travaux publics, comme pour la fabrication du ciment et de l'asphalte. Certains peuvent être utilisés directement comme la pierre, le gravier, le sable ou l'ardoise. D'autres sont cuits et traités comme l'argile (pour la fabrication des tuiles et des briques), les roches calcaires (pour le ciment et la chaux) et le gypse (qui sert à fabriquer le plâtre).

Ces minerais sont souvent disponibles en grandes quantités mais leur extraction et leur transport sont coûteux. Il est donc avantageux de les extraire du lieu le plus proche de leur utilisation.

b. Minerais industriels

Ce sont des minerais utilisés pour leurs propriétés physico-chimiques comme la dureté, la couleur, la densité, les propriétés électriques ou la souplesse. Généralement, ces substances ne sont pas rares, mais la difficulté réside dans l'accessibilité de leurs gisements ainsi que dans leur pureté. Le problème de leur épuisement se pose moins que le problème du coût de leur exploitation.

Il existe plus de 80 minéraux différents de ce type dans le monde. Les plus utilisés sont les suivants :

- **sel** : utilisé dans l'industrie alimentaire et chimique,
- **kaolin** : pour produire le papier et la céramique ainsi que la faïence,
- **talc** : utilisé en pharmacologie et en cosmétique,

- **quartz** : utilisé dans le verre, les fibres de verre,
- **calcite** : pour le papier, le plastique, le caoutchouc,
- **diamant** : utilisé en joaillerie et pour fabriquer les outils de coupe.

c. Minerais utilisés pour l'agriculture

Ils sont utilisés pour l'exploitation de la terre agricole. Cette exploitation est nécessaire vu l'accroissement de la population mondiale et la réduction des espaces dédiés à l'agriculture. Ce type de minéraux est assez fréquent. Ce sont principalement :

- **le phosphore** : pour la fabrication des engrais. Il est très demandé mais son coût d'extraction peut devenir élevé avec le temps,
- **l'azote** : pour les engrais. Cependant, la fabrication de ces engrais azotés nécessite un grand apport d'énergie.
- **le potassium** : qui rentre également dans la fabrication des engrais. Il existe dans l'eau de mer ainsi que dans des gisements sous forme de sel de potasse.

d. Métaux

Les métaux sont des corps simples qui ont la propriété d'être de bons conducteurs de chaleur et d'électricité. Les métaux existent à toutes profondeurs de la Terre. La difficulté de l'exploitation de leurs gisements se heurte aux problèmes géopolitiques. Les métaux présentent le grand avantage d'être recyclables. Ils peuvent être réutilisés ce qui présente un avantage écologique non négligeable. Ils rentrent dans un très grand nombre de domaines industriels grâce à leurs propriétés : ces domaines vont des objets quotidiens, à l'automobile et l'aéronautique, le matériel médical, les machines ...

L'exploitation des gisements se fait par extraction du métal, suivi de son traitement pour les transformer en lingots, en plaques ou en barres. L'exploitation est en général coûteuse.

Les métaux les plus utilisés sont les suivants :

- **fer** : 900 millions de tonnes de fer sont extraites chaque année de la terre sous forme d'oxydes de fer. Les exploitations sont très grandes et le fer est ensuite transformé en fonte, en acier ou en d'autres alliages très utilisés par la suite dans une multitude

de domaines. Le fer et ses alliages sont massivement consommés particulièrement dans les pays en voie de développement, dans le domaine de la construction et des grands projets urbains et dans les usines,

- **aluminium** : il se trouve sous forme de bauxite dans les gisements. Il est ensuite extrait et traité. Très utilisé dans le domaine de l'aéronautique, 25 millions de tonnes par an en sont extraites,
- **cuivre** : le cuivre présente de très bonnes propriétés de conductivité électrique. 15 millions de tonnes de ce métal sont extraites chaque année.
- **autres métaux** : comme le zinc, le plomb, l'étain ...

e. Métaux rares

Ils comprennent les terres rares et les métaux du groupe du platine comme l'or. Ils sont très utilisés dans la haute technologie, comme l'électronique et l'informatique et dans l'aérospatiale. Ils sont déterminants dans l'évolution de ces technologies, vu les progrès en matière de communication et d'électronique.

Les gisements de ces métaux sont rares. L'accès est parfois difficile vu les conditions géopolitiques et l'exploitation très couteuse. La production des terres rares est passée de moins de 30 000 tonnes en 1980 à plus de 120 000 tonnes en 2010. La production se concentre actuellement en Chine. Ce pays détient plus de 97% de la production mondiale et en consomme plus de 60%.

Ces métaux sont également très demandés dans les technologies vertes, comme pour la fabrication des éoliennes, des moteurs hybrides et des supraconducteurs.

III.3 Sources d'énergie

L'histoire de l'énergie montre l'importance de celle-ci dans la qualité de vie. Différentes sociétés ont été dépendantes du type d'énergie qu'elles utilisent et ont été contraintes à un moment ou un autre de changer ou de modifier leurs sources d'énergie. Avant, l'énergie était utilisée principalement pour préparer de la nourriture et pour se chauffer. Actuellement, elle est aussi utilisée pour produire de l'électricité et dans les transports pour faire fonctionner les moteurs à combustion interne. Elle est aussi utilisée

dans le chauffage et la climatisation. L'humanité dépend totalement de l'énergie à l'heure actuelle.

Les sources d'énergie se divisent en deux types : les sources conventionnelles ou fossiles et les énergies renouvelables.

III.3.1 Energies fossiles

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.

a. Charbon

Le charbon est une roche sédimentaire formée par l'accumulation des matières organiques dérivées des plantes pendant des milliers d'années. 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.

b. Pétrole

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,
- Naphta,

- 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 3.6 contient le classement des 15 premières réserves mondiales en pétrole.

c. Gaz naturel

Le gaz naturel est un mélange de gaz à forte prépondérance du méthane CH_4 (jusqu'à 99%), avec de l'éthane C_2H_6 et du propane C_3H_8 . Il contient aussi de l'azote, du dioxyde de carbone et du H_2S et des composés oxygénés comme les phénols et les alcools.

La consommation du gaz naturelle augmente car il se substitue au pétrole. Les produits dérivés du gaz naturel sont principalement l'hydrogène, l'hélium, le méthanol ainsi que certains composés soufrés.

Le gaz naturel peut être liquéfié à très basse température jusqu'à atteindre l'état liquide. Il est ensuite transporté dans des pipes ou dans des méthaniers.

d. Energie nucléaire

L'énergie nucléaire 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. L'uranium contient 99,2175% de ^{238}U , 0,72% de ^{235}U et 0,0055% de ^{234}U . L'uranium brut qui existe sous forme d'oxyde d'uranium U_3O_8 de couleur jaune est traité pour récupérer

l'uranium pur. 1 tonne d'uranium brut donne 1 à 2 kg d'uranium pur. Le reste est constitué de radon et d'autres produits qui doivent être traités en tant que déchets nucléaires.

L'uranium extrait est converti en UF₆ puis enrichi avec de l'uranium 235 pour être transformé en combustible. Ce combustible est ensuite placé dans un réacteur, il subit une fission et est transformé en plutonium. Ce dernier est redirigé vers le réacteur après conversion. A la fin du cycle de vie de l'uranium, il devient sous forme de déchets. Les déchets nucléaires sont stockés de manière permanente.

Le cycle du combustible comprend donc essentiellement les opérations suivantes :

- la production du concentré,
- la conversion chimique et purification,
- l'enrichissement isotopique,
- la fabrication du combustible,
- l'irradiation en réacteur,
- le retraitement,
- la gestion des déchets.

L'Uranium est utilisé dans plusieurs domaines :

- 99,8% est utilisé en tant que source d'énergie dans les centrales nucléaires pour produire de l'électricité et dans les sous-marins nucléaires,
- 0,2% et utilisé dans la médecine, l'armement et la chimie.

Les pays qui possèdent les plus grandes réserves d'uranium sont, par ordre d'importance : l'Australie, les Etats Unis, la Russie, le Canada, l'Afrique du Sud et le Nigéria.

Les pays qui possèdent les plus grandes réserves de thorium sont, par ordre d'importance : l'Inde, le Brésil et les Etats Unis.

III.3.2 Energies renouvelables

Les énergies conventionnelles étant d'origine fossile, leurs réserves sont épuisables à court ou à long terme. D'autre part, elles produisent beaucoup de pollution et sont à l'origine de l'effet de serre qui entraîne le réchauffement climatique. Il est donc nécessaire du point de vue écologique et économique de trouver des énergies de remplacement. Ces

énergies sont appelées énergies renouvelables, car d'une part, leurs sources sont inépuisables, et d'autre part, elles polluent beaucoup moins que les énergies conventionnelles.

a. 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 et 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.

b. 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 ancienne et fait partie des premières énergies utilisées par l'homme. Cette technique est très écologique, mais son coût reste parfois élevé.

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.

c. 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.

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.

d. Energie géothermique

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 ce gisement 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.

e. 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.

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.

III.4 Cogénération

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.