

Chapitre I généralité sur les ressources naturelles et la Pollution

Partie 1 les ressources naturelles

Introduction

Depuis la nuit des temps les ressources naturelles, représentent la base de la vie des êtres vivants, elles sont une des principales causes des guerres et d'envahissement des pays pauvres sur ceux qui sont riches en ressources naturelles. Les ressources naturelles jouent un rôle primordial dans le bien-être des populations, et l'économie des pays dépend au premier degré de leur exploitation. Mais malheureusement l'avenir de l'humanité et celui de la planète sont menacés par les politiques du développement économique basées sur la surexploitation des ressources naturelles qui nuisent considérablement à l'environnement, par conséquent des mesures réglementaires environnementales sont prises dont l'utilisation rationnelle des ressources naturelles en respectant les normes environnementales ce qui fait un des objectifs majeurs du développement durable.

1. Définition des ressources naturelles

Les ressources naturelles sont tous les biens qui proviennent de la nature sans intervention de l'homme, elles sont d'une grande vitalité pour le développement social et économique de l'humanité.

2. Les différentes ressources naturelles

On peut distinguer deux types de ressources naturelles : renouvelables et non renouvelables.

2.1. Les ressources naturelles renouvelables

Sont les biens de la nature qui se régénèrent ou repoussent de nouveau et dont les réserves peuvent être reconstituées naturellement.

2.1.1. L'eau

L'eau est l'élément essentiel pour la vie sur terre, chez l'homme elle représente 63% de son poids corporel, c'est une des richesses naturelles renouvelables qui se régénère par le cycle hydrogéologique, toutefois cette ressource peut devenir non renouvelable à cause des activités humaines comme la pollution des stocks de l'eau (exemple de la pollution des nappes phréatiques)...etc. La terre surnommée aussi la « planète bleue » est constituée majoritairement de l'eau, car les océans occupent environ 71 % de sa superficie, qui couvrent environ 361 millions de km² sur les 510 millions de km² de la surface du globe, ils représentent 97.5 % de la quantité totale de l'eau. De toute l'eau existante sur la terre seulement 2.5% est douce, et dans cette quantité il y'a environ 2% bloqué dans les calottes glaciaires et les glaciers, 0.5% existe dans le sol et juste 0.014% qui est accessible et qu'on peut trouver dans les lacs, les

fleuves et les rivières ...etc. A cet effet, les océans jouent un rôle clé dans le déplacement permanent de l'eau sur tout le globe : dans l'atmosphère, en surface et dans le sous-sol de la terre qui est appelé cycle de l'eau ou cycle hydrogéologique.

2.1.1.1. Le cycle de l'eau

Le cycle de l'eau est le parcours suivi par l'eau sur la terre en passant par plusieurs états liquide, solide et gazeux, et en traversant un chemin en quatre étapes:

- **Evaporation** : l'eau s'évapore par transformation de l'eau liquide en vapeur d'eau; Le phénomène de l'évaporation est très important car il permet la formation des nuages dans l'atmosphère.

- **Condensation** : elle permet le passage de l'état de vapeur à l'état liquide ou solide au niveau des nuages dans l'atmosphère lors de la rencontre des courants d'air froid, ce qui provoque les précipitations : pluies, neige ou grêle selon les conditions météorologiques.

- **Précipitations** : ruissellement sur la surface de la terre jusqu'aux rivières, qui vont toutes jusqu'aux océans. En assurant l'alimentation des cours d'eaux, une autre partie de cette eau s'infiltre dans le sol et ruisselle dans les roches de la Terre. Ce qui assure la réhydratation des sols qui emmagasinent l'eau en particulier dans les roches superficielles, et l'alimentation des nappes phréatiques et des rivières souterraines.

- **Stockage** : l'eau des précipitations peut aussi être stockée sur une courte période avant de s'évaporer de nouveau dans les océans, les lacs, les calottes polaires et dans le sous-sol...etc.

La figure 1 ci-dessous représente le schéma des différentes étapes du cycle de l'eau

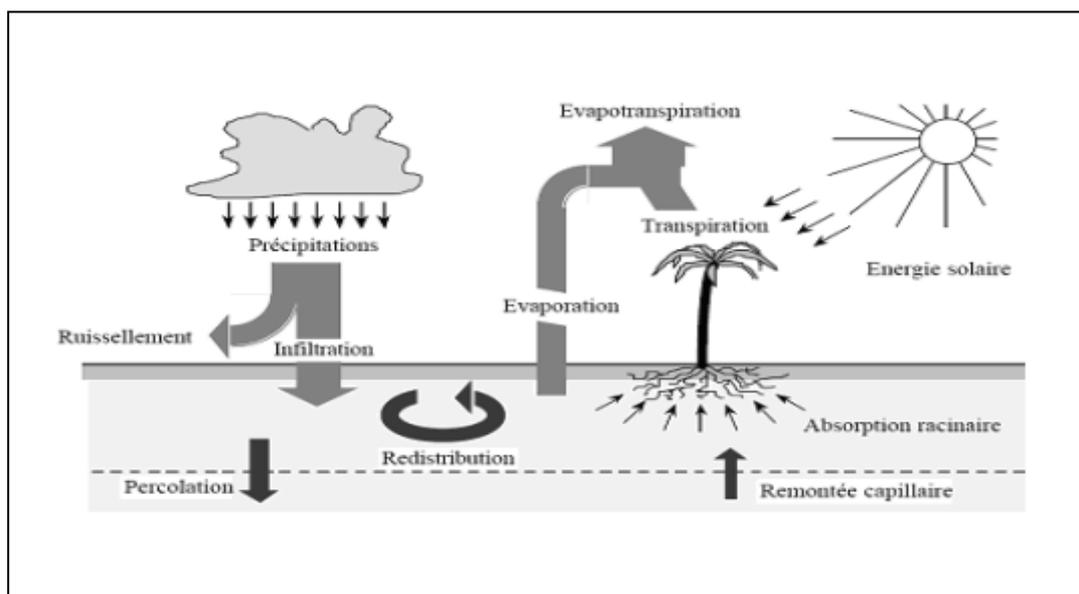


Fig.1 : Cycle de l'eau.

2.1.1.2. Influence de l'homme sur le cycle de l'eau Tandis que la distribution démesurée de l'eau dans le monde s'y fait de plus en plus rare, l'influence de l'homme sur le cycle de l'eau est persistante avec sa mauvaise gestion et ses différentes activités humaines par rapport aux aménagements du territoire (la déforestation l'extension des villes et des zones industrielles) et aux pollutions industrielles qui ont une très grande influence sur la modification de toutes les étapes du cycle naturel de l'eau, et notamment sur la quantité et la qualité des pluies engendrées par la pollution atmosphérique (pluies acides).

2.1.2. Air ou l'atmosphère

Appelées aérosols sont présentes dans les basses couches de l'atmosphère dont les poussières provenant de volcans, grains de sable et de sel, pollens, gaz polluants rejetés par les industries, etc.

2.1.2.1. Les différentes couches de l'atmosphère terrestre

L'atmosphère est constituée de cinq couches superposées de propriétés différentes par rapport à leur épaisseur, température et pression), elle est d'une épaisseur totale d'environ 10 000 km. Ces couches sont : la stratosphère, la mésosphère, la thermosphère et l'exosphère comme est indiqué sur la figure 2.

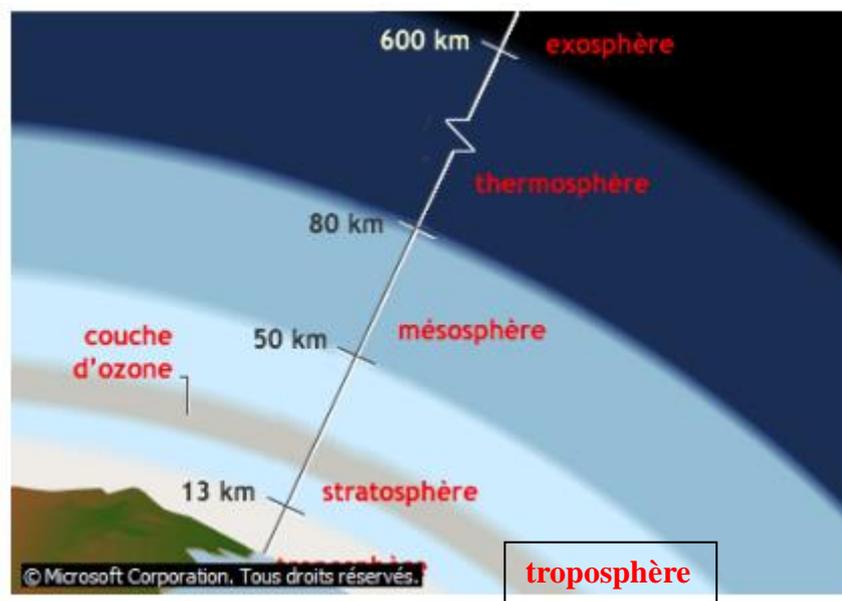


Figure 2. Les couches de l'atmosphère terrestre.

Malheureusement la qualité de l'air ne cesse de se dégrader depuis 18 siècles et jusqu'à présent. Et qui a des effets nocifs sur la santé de l'homme et son bien-être, par conséquent elle est considérée comme une des plus grandes nuisances qu'il convient de combattre.

2.1.3. La terre

Par définition la terre désigne l'ensemble des éléments terrestres présents au-dessus du niveau moyen de la mer, elle inclut le sol avec ses différents reliefs, la faune et la flore. Elle représente une des ressources essentielles pour la survie des populations sur le plan biologique et environnemental (équilibre écologique) et économique par l'exploitation des terres et installation des différentes activités industrielles, agricoles et gisement des minéraux et combustibles fossiles.

2.1.4. Les forêts

Les forêts sont les ressources naturelles les plus abondantes et les plus Variées, elles jouent un très grand rôle pour l'existence humaine elles nous servent d'abri, elles nous fournissent du bois, de l'oxygène, des plantes médicinales, des matériaux de construction et du combustible. Les forêts peuvent lutter contre la désertification et l'érosion, elles jouent un rôle important dans l'équilibre de l'environnement en régulant le climat, et dans le développement socioéconomique des pays industrialisés. La déforestation, les activités industrielles, les feux de forêt, les pluies acides détruisent des milliers d'hectares de forêt par an dans le monde, une vraie menace pour la biodiversité, les écosystèmes forestiers et l'équilibre de l'environnement.

2.1.5. Les sols

Par définition le sol est un milieu naturel dynamique vivant très complexe, en raison de la diversité de ses constituants. D'après la nomenclature pédagogique, le sol est subdivisé en trois couches : Une couche supérieure «horizon A» appelée «humus», proche de la surface et riche en matières organiques, une couche inférieure «horizonB» qui correspond à l'accumulation des minéraux lessivés depuis la surface. Une couche de surface qui surmonte la roche mère non altérée appelé «horizon C». Le sol est composé essentiellement de la Matière organique, Matière minérale, des organismes vivants, de l'air et de l'eau dont on peut distinguer l'eau gravitaire, l'eau de rétention et des nappes phréatiques.

Il est impérativement important de savoir que de tous les thèmes de l'environnement, celui de la pollution du sol et des nappes phréatiques est singulier à plusieurs titres, ils se distinguent par : La difficulté d'identifier les sources et par conséquent d'en évaluer les impacts et les→ risques.

2.1.6. Les ressources alimentaires

Sont tous les éléments nutritifs énergétiques (animaux végétaux, minéraux) consommés par les êtres vivants, malheureusement la mauvaise gestion des ressources alimentaires de l'homme peut avoir un impact néfaste sur la biodiversité (exemple de la surpêche et de la déforestation)

2.2. Les ressources naturelles non renouvelables

Sont toutes les richesses naturelles épuisables, qui ne se renouvellent pas, comme les énergies fossiles, les minéraux...etc.

2.2.1. Les Minerais

Les minerais sont des produits inorganiques (métaux ou des matériaux) extraits à partir des roches de la terre. L'extraction des minerais est d'une valeur économique très rentable, malgré le coût et le prix de revient des techniques d'exploitation. Le seul problème est l'impact incontournable de ces gisements sur l'environnement et l'écosystème. Le tableau 1 donne les réserves mondiales de quelques minerais.

Tableau 1 : Réserves mondiales de quelques ressources minérales

Minerai	Nombre d'années de production à ce rythme
Sel	Production gigantesque non estimée
Kaolin	
Fer	170
Platine	Plus de 100
Cuivre	200
Zinc, plomb, argent	35
Diamant	20
	10

On distingue principalement cinq types de ressources minérales :

1.4.1 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.

1.4.2 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.

1.4.3 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. Aussi, leurs prix au niveau mondial ne cessent d'augmenter,
- 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. Les meilleurs gisements sont situés près des zones de consommation.

1.4.4 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. Le Chili en produit 30%, suivi des Etats Unis (12%) et de l'Indonésie (10%),

- **Autres métaux** : comme le zinc, le plomb, l'étain ...

1.4.5 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 coûteuse. 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.

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,
- 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 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 %

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 %

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 U_3O_8 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	Vandellós, 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.

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 coute 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 requière 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.

Partie 2 La pollution

1. La pollution :

La pollution est une dégradation de l'environnement par l'introduction dans l'air, l'eau ou le sol de matières n'étant pas présentes naturellement dans le milieu. Elle entraîne une perturbation de l'écosystème dont les conséquences peuvent aller jusqu'à la migration ou l'extinction de certaines espèces incapables de s'adapter au changement.

1.2. Causes actuelles de pollution :

- Pollution liée à la production et à l'utilisation d'énergie
- Pollution d'origine industrielle
- Les déchets solides
- Pollutions d'origine agricole.

1.3. Classification des pollutions :

Les polluants appartenant à des classes différentes peuvent avoir des effets voisins. Il existe 3 grands groupes de polluants :

A. Les polluants de nature physique

- La chaleur
- Pollution radioactive
- Le bruit
- La pollution lumineuse

B. Les polluants de nature chimique

- Les hydrocarbures liquides
- Les détersifs et tensioactifs
- Les plastifiants
- Les phtalates
- Les pesticides
- Les matières eutrophisantes
- Les métaux lourds
- Les médicaments et cosmétiques

C. Les polluants de nature biologique

- Toxines algales,
- Les germes pathogènes
- Les parasites

1.4. Types de pollutions :

A. Pollution de l'air

La pollution atmosphérique peut être définie comme la présence d'impuretés dans l'air pouvant provoquer un gêne notable pour les personnes et un dommage aux biens. La pollution atmosphérique est donc fortement influencée par le climat et tout particulièrement par le vent, la température, l'humidité et la pression atmosphérique.

Les différents polluants ainsi que leurs origines et leurs risques sont précisés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Principaux polluants ainsi que leurs origines et leurs risques.

<i>Principaux polluants de l'air ambiant</i>	<i>Origine</i>	<i>Risques</i>

Dioxyde de soufre (SO ₂)	80 % industrie 10 % résidentiel et tertiaire, chauffage urbain	- Affections respiratoires - À l'origine des pluies acides
Particules en suspension (PS)	10 % transport routier	- Irritation des voies respiratoires - Risque cancérigène
Dioxyde d'Azote (NO ₂)	50 % transport routier 25 % industrie 10% naturel 5 % résidentiel et tertiaire, chauffage urbain	- Perturbe la fonction respiratoire - Troubles respiratoires chroniques, à forte dose peut provoquer des lésions
Monoxyde de carbone (CO)	30 % transport routier 30 % résidentiel et tertiaire, chauffage urbain 30 % industrie	- Perturbe le transport de l'oxygène dans le sang : peut provoquer des anémies, des vertiges, des migraines et être mortel à forte dose
Ozone (O ₃)	Polluant secondaire résultant de la transformation photochimique de certains polluants (NO _x et COV) en présence de rayonnement solaire (UV)	- Irritations oculaires - Altérations pulmonaires - Dommages sur les végétaux - Contribue à l'effet de serre
Composés Organiques Volatils (COV)	Transport routier industrie, usage de solvant	- Formation d'ozone - Gêne respiratoire - Risques mutagènes et cancérigènes (benzène)

B. Pollution des sols

Un site est pollué quand il présente un risque pérenne, réel et potentiel pour la santé humaine et/ou l'environnement, du fait d'une pollution des milieux résultant d'une activité actuelle ou ancienne. La propagation de la pollution sera différente selon que les sols sont composés de :

- Graviers à particules grossières centimétriques ;
- Sables à particules fines millimétriques ;
- Sables limoneux à particules très fines micrométriques
- Les principaux polluants
- Les métaux lourds (arsenic, chrome, cuivre, cadmium, mercure, nickel, plomb, zinc...)
- Les hydrocarbures (essences, fioul, huiles...)
- Les solvants chlorés ou aromatiques
- Les produits phytosanitaires (pesticides, herbicides).
- Les origines de pollution à prendre en compte :
 - des anciennes pratiques sommaires d'élimination des déchets,
 - des fuites ou épandages de produits chimiques,
 - des contaminations dues à des retombées de rejets atmosphériques

- Les types de pollution sont classés

En fonction de leur durée : pollutions accidentelles et pollutions chroniques ;

En fonction de leur étendue : pollutions locales ou pollutions diffuses.

- Les formes de pollution des sols

La pollution diffusée : concerne une grande superficie. Elle peut être due aux pratiques agricoles comme l'épandage ou aux retombées atmosphériques d'origine urbaine, industrielle ou routière

24

La pollution ponctuelle : demeure très localisée et intense. Elle est en rapport avec des sites industriels, des dépôts de déchets ou à d'autres sites pollués de façon chronique ou accidentelle (métaux lourds, hydrocarbures, benzène, solvants organiques industriels).

C. Pollution de l'eau

On appelle pollution de l'eau toute modification des caractéristiques de l'eau ayant un caractère gênant ou nuisible pour les usages humains, la faune ou la flore. Au cours de son utilisation, l'eau s'appauvrit ou s'enrichit de substances de toutes sortes, ou change de température. Les pollutions qui en résultent se retrouvent dans le milieu naturel (cours d'eau, mer). La pollution de l'eau survient lorsque des matières sont déversées dans l'eau qui en

dégrade la qualité. La pollution dans l'eau inclut toutes les matières superflues qui ne peuvent être détruites par l'eau naturellement.

Les 3 principales sources de pollution sont :

- Les rejets urbains : résultant de la collecte et du traitement des eaux usées des ménages, des activités domestiques, artisanales et tertiaires ainsi que du ruissellement des eaux pluviales dans les zones urbaines,
- Les exploitations agricoles : qui rejettent divers produits présents dans les engrais (comme des ions nitrates : NO_3^-) ou les produits phytosanitaires peuvent polluer les nappes phréatiques et entraîner la fermeture de points de captages d'eau potable si leur présence est trop importante.
- Les rejets industriels : les proportions de pollution des secteurs varient selon les types de pollutions et la part d'origine industrielle étant par exemple plus élevée pour certains polluants toxiques
- Les eaux usées : C'est un milieu favorable pour la mise en place d'une microfaune bactérienne (développement des bactéries) qui si elles ne sont pas traitées correctement peuvent être une source de pollution de l'eau. La demande chimique et biologique en oxygène (DCO et DBO) seront utiles pour évaluer la teneur de la pollution dans le l'eau.