

IV. Autres sources renouvelables

IV.1 L'Énergie hydraulique

L'énergie produite par l'eau est déjà utilisée depuis de nombreuses années. L'eau est en effet 800 fois plus dense que l'air, ce qui implique que même un ruisseau qui coule lentement peut produire une quantité considérable d'énergie. L'énergie hydraulique est une force mécanique qui peut être utilisée sous plusieurs formes :

- Û Elle peut être directement utilisée en tant qu'énergie mécanique comme par exemple dans les moulins à eau, dont les roues sont placées sur le cours d'eau. Cette énergie est utilisée pour faire tourner une meule et ainsi, moulin le grain.
- Û L'énergie hydraulique peut aussi servir à produire de l'électricité. Voici quelques-unes des principales méthodes :

IV.1.1 Les centrales hydroélectriques

L'hydroélectricité ou énergie hydroélectrique exploite l'énergie potentielle des flux d'eau (fleuves, rivières, chutes d'eau, etc.). L'énergie cinétique du courant d'eau est transformée en énergie mécanique par une turbine, puis en énergie électrique par un alternateur.

Les centrales à réservoir : Une centrale installée près d'un barrage, à la surface ou sous terre. Elles ont besoin de barrages construits pour fermer le cours du fleuve ou d'une rivière pour emmagasiner de l'eau, créant des réservoirs pour que la chute soit plus haute. Des réservoirs, un canal dirige l'écoulement de l'eau à la centrale. La hauteur de la chute détermine la puissance des turbines et génératrices et la vitesse de l'eau qui s'écoule.

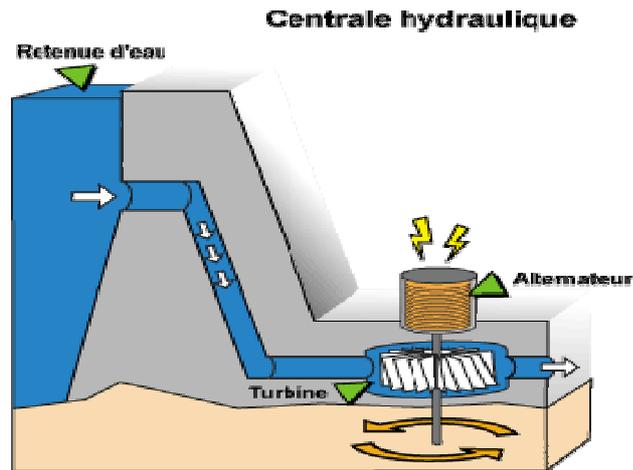


Figure IV-1: Centrale hydraulique à réservoir.

Les centrales au fils de l'eau : Les centrales au fils de l'eau utilisent la puissance du débit du fleuve ou de la rivière en question. La force des centrales est alors déterminée par le débit des eaux.

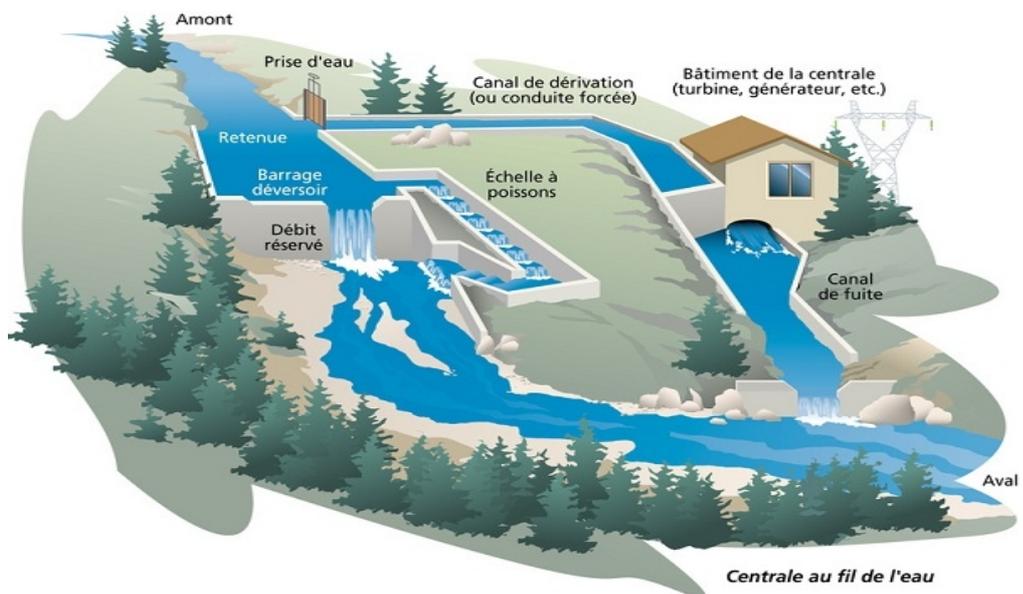


Figure IV-2: Centrale hydraulique au fils de l'eau.

IV.1.2 Les centrales marémotrices :

Les marées océaniques créées par les mouvements de l'eau produisent l'énergie marémotrice. La majorité des usines marémotrices sont installées en embouchure de

rivière mais les sites adaptés au captage de cette énergie marémotrice sont peu nombreux. Il faut, pour leur bon fonctionnement, un fort marnage (différence de hauteur d'eau entre une pleine mer et une basse mer).

Deux systèmes de marémotrices existent :

Ü Le plus ancien, le « simple effet au vidage » : A marée montante, l'eau passe à travers une vanne principale puis, quand la marée commence à descendre, la vanne principale se ferme mais une autre vanne, où se trouve la turbine s'ouvre et l'eau en retournant vers la mer fait tourner la pale de la turbine, ceci produit de l'énergie électrique grâce à un alternateur.

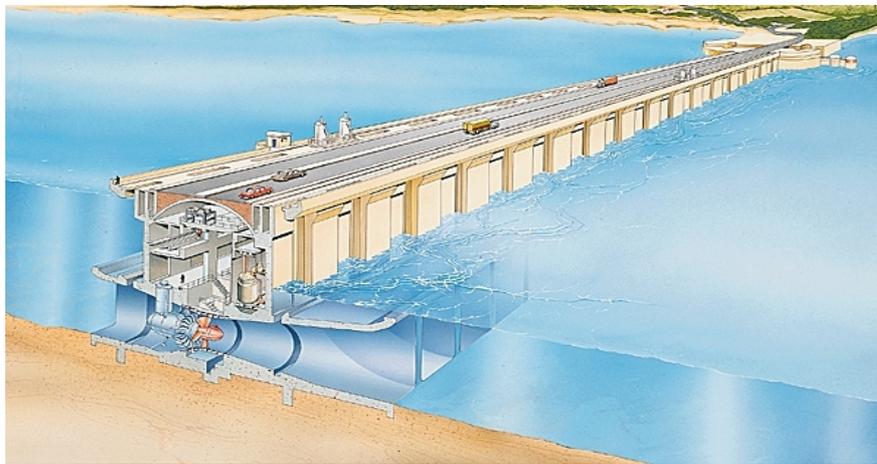


Figure IV-3: *Systèmes de marémotrices simple effet au vidage.*

Ü Le deuxième principe est appelé à « double effet ». Il est employé grâce à la force de l'eau à marée montante et à marée descendante, il augmente ainsi la production électrique et c'est cela qui rend rentable une installation marémotrice. Dans un premier temps, le niveau de la mer augmente, les vannes du barrage restent fermées, cette phase est appelée « attente ». Puis, ces dernières s'ouvrent, le niveau de la mer étant plus haut que celui du bassin, le fluide actionne les turbines ou groupes marémoteurs. Le niveau de la mer commence à redescendre, mais le bassin continue de se remplir jusqu'à ce que la hauteur d'eau en amont et en aval de l'usine soit équilibrée. Après, suit une phase d'attente ou de remplissage, cette étape consiste à fermer les vannes, retenant alors l'eau du bassin. Si besoin est, il est possible de continuer à remplir le bassin grâce à des

pompes. Ensuite, lorsque la marée est arrivée à la moitié de sa descente, les vannes du barrage sont ouvertes, entraînant le fonctionnement des groupes marémoteurs en sens inverse. Ce principe de fonctionnement recommence à chaque cycle de marée.

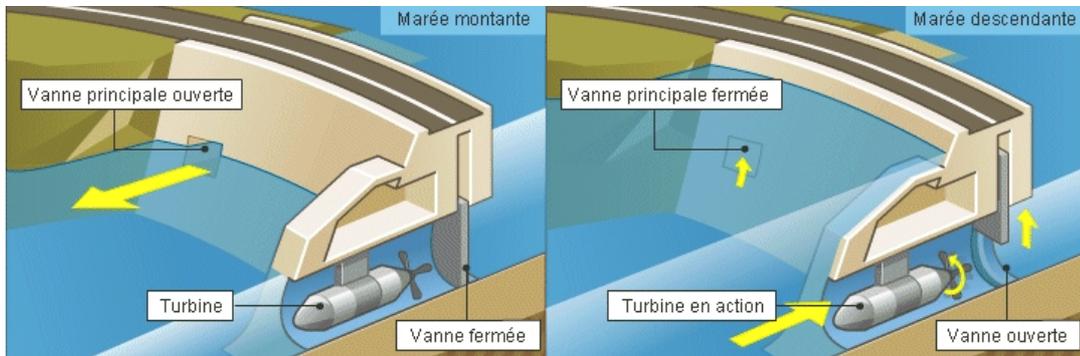


Figure IV-4: *Systèmes de marémotrices double effet au vidage.*

IV.1.3 Les hydroliennes

Comme leurs cousines aériennes, ces "moulins immergés", que sont les hydroliennes comprennent des turbines qui captent l'énergie cinétique de leur milieu en mouvement. Cette énergie cinétique est alors transformée en énergie électrique par des alternateurs. Dans le cas des hydroliennes, si le milieu aquatique est animé de vitesses moindres que celle du vent, l'eau possède une masse volumique 800 fois supérieure à l'air. A puissance égale, les pales des hydroliennes sont donc plus petites. Par ailleurs, les courants marins, en particulier ceux liés aux marées, sont prévisibles, ce qui permet d'anticiper la production d'énergie. Tout comme c'est le cas pour les éoliennes, les hydroliennes sont suspectées d'avoir des effets négatifs sur la faune, à cause des turbulences que leurs pales provoquent.

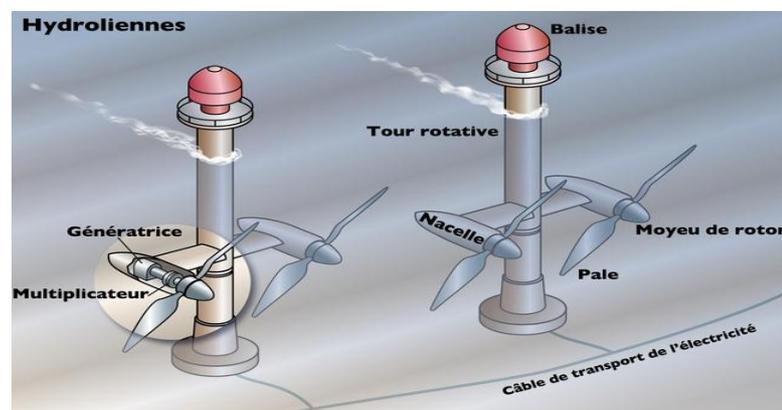


Figure IV-5: *Les hydroliennes.*

IV.1.4 L'énergie houlomotrice

Comme son nom l'indique, l'énergie houlomotrice exploite l'énergie produite par la houle, soit par les vagues. Cette énergie n'est encore que le sujet de nombreuses études. Il existe pour cela plusieurs types d'exploitations :

ü il existe des bouées sous-marines ancrées au fond qui tangent au gré des vagues. Ce mouvement va alors soit actionner un piston, soit aspirer de l'eau de mer qui fera tourner une turbine soit comprimer de l'air ou de l'huile qui fera tourner un moteur. Il existe donc différentes bouées sous-marines.

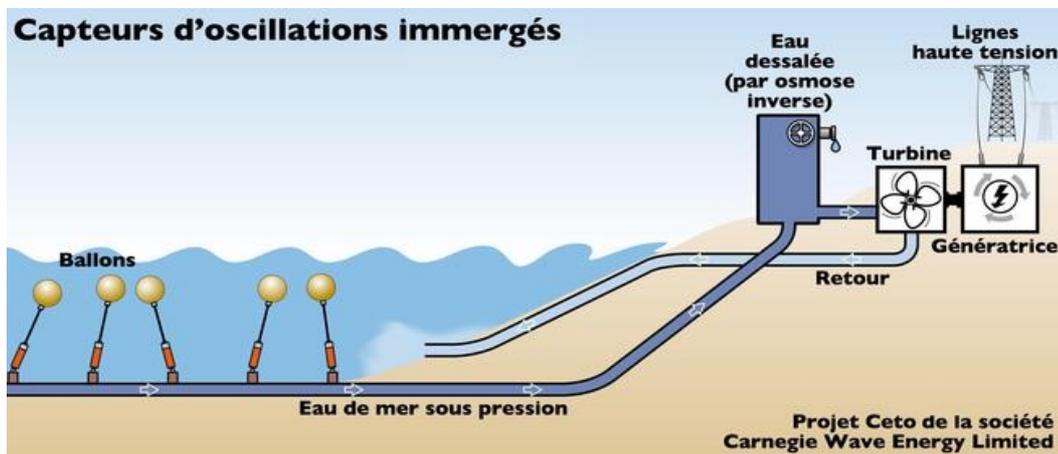


Figure IV-6: Houlomotrice avec des bouées sous-marines.

ü On trouve également des colonnes d'eau oscillantes qui se trouvent près des côtes. En fin de courses les vagues entrent dans un caisson ou elles compriment l'air emprisonné. Grâce à la pression qu'il subit, l'air fait tourner une turbine. Cette turbine va donc créer de l'électricité.

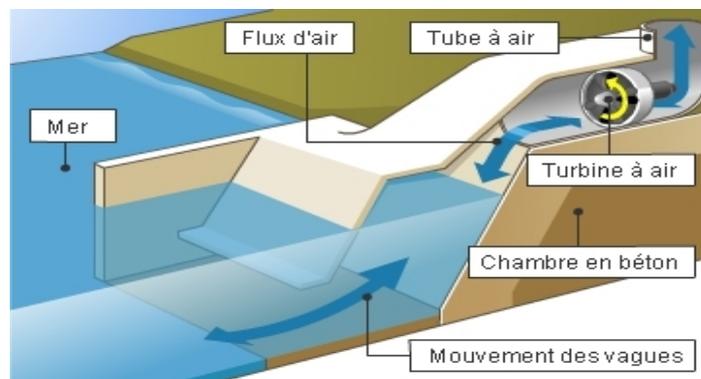


Figure IV-7: Houlomotrice avec des colonnes d'eau oscillantes.

- ü On peut aussi trouver un dispositif de caissons flottants reliés entre eux par des charnières articulées. Ces caissons sont déplacés en tous sens par les vagues ce qui entraîne le mouvement d'un piston au niveau des charnières qui actionne des pompes à huile sous pression.



Figure IV-8: Houlomotrice avec des caissons flottants.

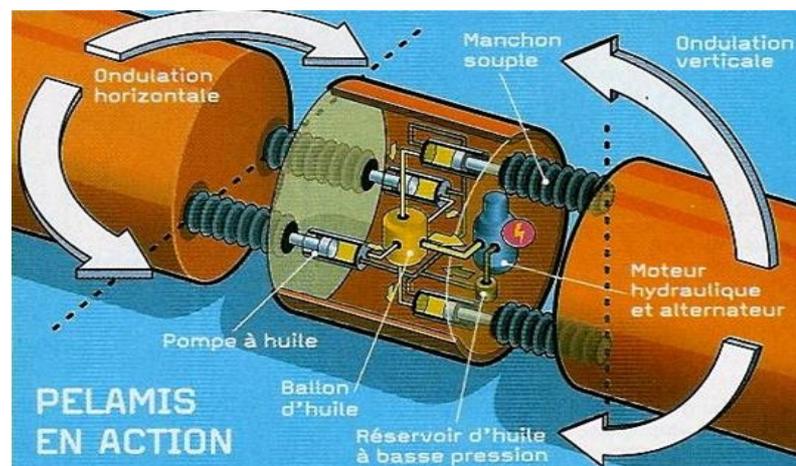


Figure IV-9: Charnière.

- ü il existe aussi le système se basant sur des débordements de chenal, les vagues s'engouffrent dans un chenal qui se rétrécit de plus en plus. Elles enflent et débordent par-dessus la digue d'un réservoir qui se remplit peu à peu. L'eau du réservoir revient à la mer en passant par une turbine qu'elle fait tourner. Le réservoir peut se trouver sur la

côte mais il existe aussi un projet de système de ce type flottant (qu'on appelle une plateforme à déferlement).

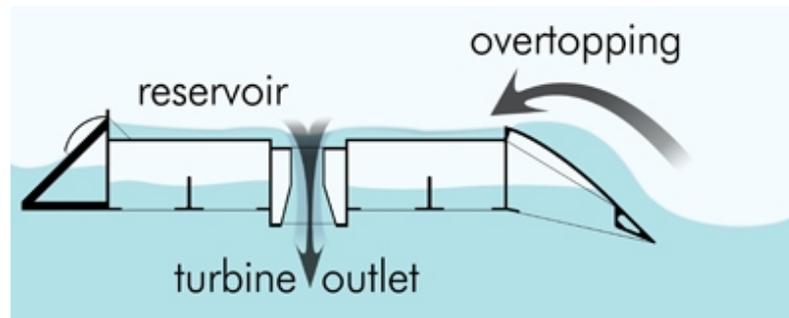


Figure IV-10: *Houlomotrice basé sur des débordements de chenal*

IV.2 Energie géothermique

IV.2.1 Géothermie

La géothermie, du grec géo (la terre) et thermie (la chaleur) désigne l'énergie thermique issue de la Terre.

Les ressources géothermiques sont illimitées et utilisées depuis de nombreuses années. En effet l'énergie géothermique est exploitée dans des réseaux de chauffage et d'eau chaude depuis des milliers d'année.

Les applications et technologies sont diverses, on distingue généralement quatre types de géothermie :

- La géothermie de très basse énergie (<30° C): aquifères peu profonds, sondes terrestres, couplage avec une pompe à chaleur.
- La géothermie de basse énergie (30-100° C): aquifères profonds ou zones d'anomalie thermique.
- La géothermie de moyenne énergie (100-150° C): aquifères très profonds ou zones d'anomalie thermique à faible profondeur, technologie Hot Dry Rock (circulation en boucle induite dans des roches naturellement peu perméables).
- La géothermie de haute énergie (150-350° C): aquifères profonds dans des zones d'anomalie thermique à faible profondeur, technologie Hot Dry Rock.

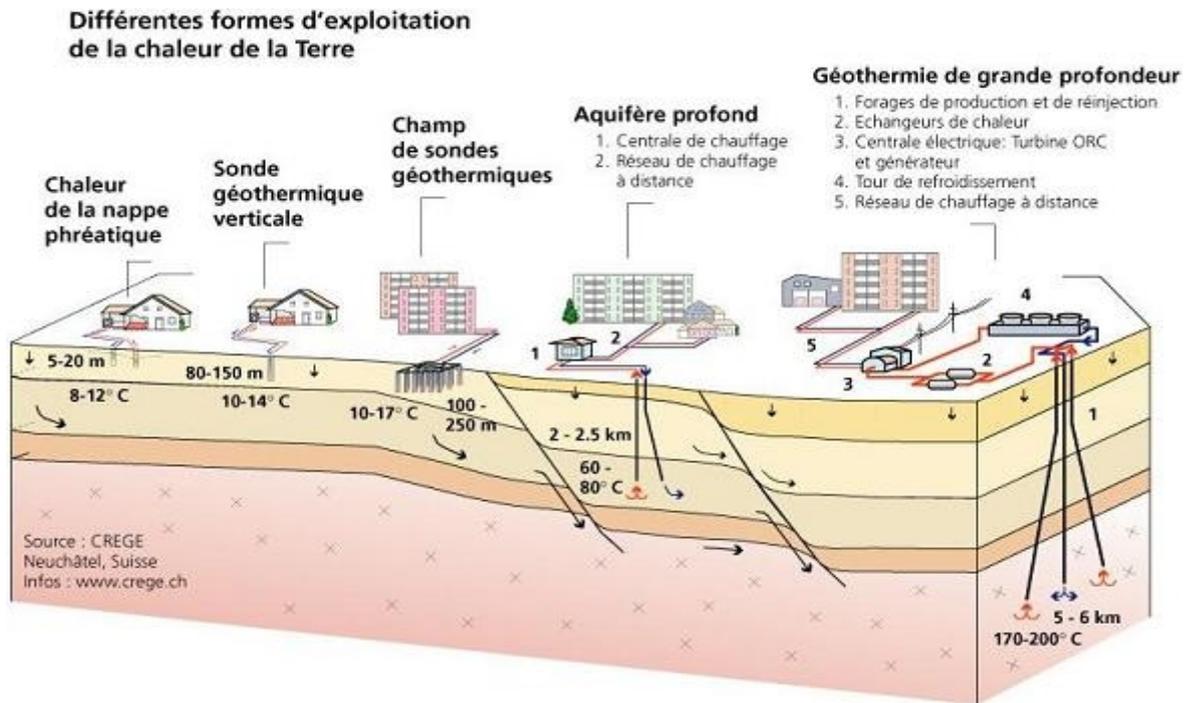


Figure IV-11: *Différentes formes d'exploitation de la chaleur de la terre.*

IV.2.2 Modes d'utilisation de l'énergie géothermique

a. Géothermie à usage direct (chaleur) :

Utilisation calorifique au moyen d'un échangeur de chaleur qui transmet les calories du fluide géothermique à un fluide de chauffage. Toutes les applications liées au chauffage et à la climatisation peuvent être envisagées (habitat urbain collectif ou individuel, locaux industriels et agricoles, thermalisme, balnéothérapie, usages industriels, pisciculture). Afin de rentabiliser au mieux l'utilisation d'une ressource géothermique, les rejets de fluide (réinjection dans l'aquifère) doivent se faire à la température la plus basse possible. La solution idéale est de refroidir le fluide géothermique par des utilisations successives en cascade, jusqu'à la température ambiante.

b. Géothermie à usage indirect (électricité)

En remontant dans un forage, le fluide géothermal, sous forme liquide ou diphasique, se trouve progressivement dépressurisé et se vaporise. La vapeur sous pression ainsi formée

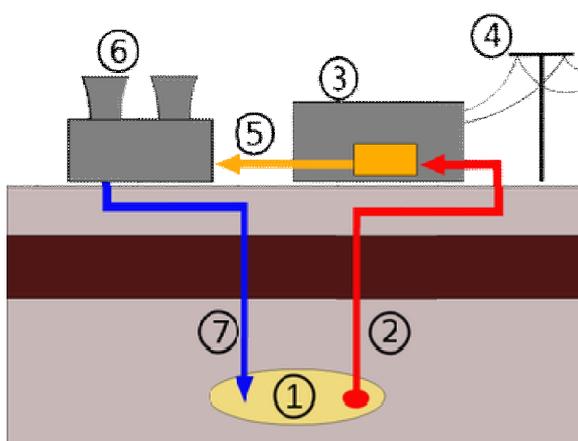
permet de convertir son énergie en électricité, au moyen d'une turbine et d'un générateur. A la sortie de la turbine, les rejets de fluide sont encore à près de 100° C, ce qui permet encore une utilisation calorifique de cette énergie.

IV.2.3 Centrale géothermique

Une centrale géothermique produit de l'électricité grâce à la chaleur du manteau terrestre. Selon un fonctionnement semblable aux autres types de centrales, cette chaleur est transformée en vapeur d'eau afin d'actionner une turbine et un alternateur.

De l'eau de pluie, ou de mer, s'infiltré dans les anfractuosités de la croûte terrestre et forme un réservoir souterrain: une nappe phréatique (aussi nommé nappe aquifère). Lorsque ce réservoir est à proximité du manteau de la Terre, ou d'une zone magmatique, la température de l'eau s'y élève de 150 à 350°C.

- L'eau chaude, sous pression dans le sous-sol, est pompée jusqu'en surface à l'aide d'un forage. Pendant sa remontée, sa pression diminue ce qui engendre sa transformation en vapeur.
- La pression de cette vapeur d'eau fait tourner une turbine située dans la centrale géothermique.
- La turbine actionne à son tour un alternateur qui produira un courant électrique alternatif lors de sa rotation.



- 1-nappe phréatique;
- 2-eau chaude en provenance de la Terre; 3-centrale géothermique dans laquelle on retrouve la turbine et l'alternateur;
- 4-connection de la centrale au réseau électrique;
- 5-l'eau chaude restante peut être utilisée à des fins de chauffage;
- 6-l'énergie thermique peut être réutilisée par des centrales thermiques;
- 7-l'eau rendue froide est retournée dans la nappe phréatique

Figure IV-12: Centrale géothermique

IV.3 Energie biomasse

IV.3.1 Définition

La biomasse désigne l'ensemble des matières organiques pouvant se transformer en énergie. On entend par matière organique aussi bien les matières d'origine végétale (résidus alimentaires, bois, feuilles) que celles d'origine animale (cadavres d'animaux, êtres vivants du sol). La biomasse est la plus ancienne énergie utilisée par l'Homme. Ce sont les Hommes préhistoriques, nos ancêtres qui ont appris à utiliser le feu pour brûler du bois.

IV.3.2 Mode d'utilisations

La biomasse comprend trois familles principales :

- ü Les bois énergie ou biomasse solide
- ü Le biogaz
- ü Les biocarburants.

Les principales utilisations de la biomasse sont :

- Les transports (biocarburants),
- Le chauffage domestique (au bois),
- La production d'électricité et de chaleur par la combustion de bois et de déchets dans des centrales thermique à flamme.

a. Le bois-énergie :

Ces végétaux, comme le bois, peuvent être brûlés pour dégager de la chaleur. On appelle "bois-énergie" l'énergie dégagée lors de la combustion de bois dans une chaudière ou un poêle par exemple. Cela ne contribue pas à l'effet de serre : une forêt, si elle est bien exploitée, se renouvelle et réabsorbe le CO₂ rejeté par la combustion.

En effet, c'est le principe de la photosynthèse : les végétaux captent la lumière du soleil et absorbent le gaz carbonique de l'air. Puis ils dégagent de l'oxygène.

b. Les biocarburants :

Les biocarburants (du grec bios, vie, vivant et de carburant) sont obtenus à partir de matière organique (biomasse), par opposition aux carburants issus de ressources fossiles.

Tous les biocarburants ne sont pas identiques :

ü *Les biocarburants de première génération* ont émergé il y a 20 ans environ. Ils ont une part de responsabilité dans la crise alimentaire mondiale actuelle. Ils détournent plusieurs millions de tonnes de denrées alimentaires: les plantes riches en sucre (betterave) ou en amidon (pomme de terre) permettent produire de l'éthanol mélangé à l'essence . Les plantes riches en huile (colza, tournesol), sont transformées en biodiesel mélangé au diesel que nous connaissons

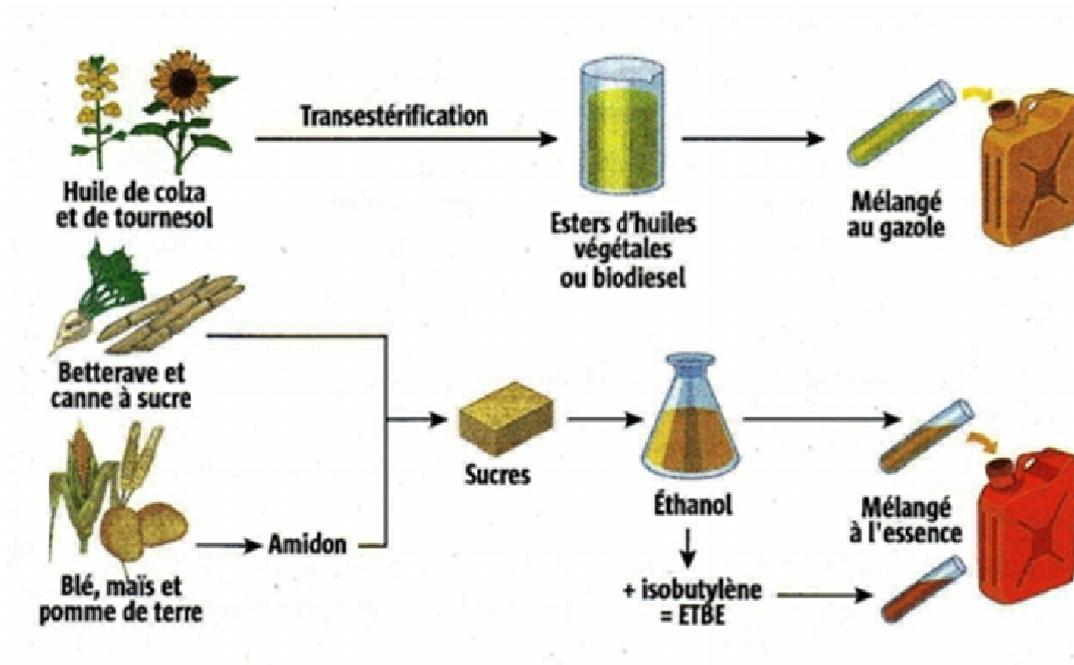


Figure IV-13: *Biocarburants de première génération.*

ü *Les biocarburants de deuxième génération (bioéthanol, biodiesel)* n'utilisent pas de denrées alimentaires (céréales, betteraves...) pour leur fabrication; contrairement aux

biocarburants de première génération, ils constituent une alternative énergétique durable.

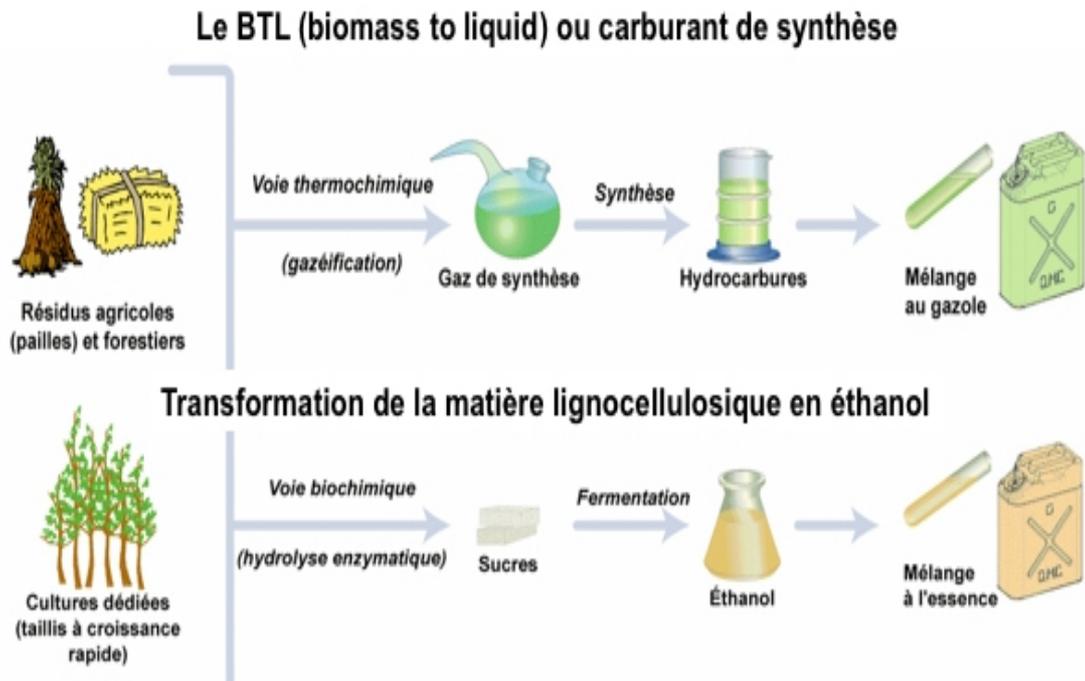


Figure IV-14: *Biocarburants de deuxième génération.*

c. Les biogaz.

Le biogaz est un gaz combustible (constitué principalement de méthane et de dioxyde de carbone) produit par la fermentation de la biomasse en l'absence d'oxygène. Ce procédé s'appelle la méthanisation.

Les biogaz sont produits dans des biodigesteurs.

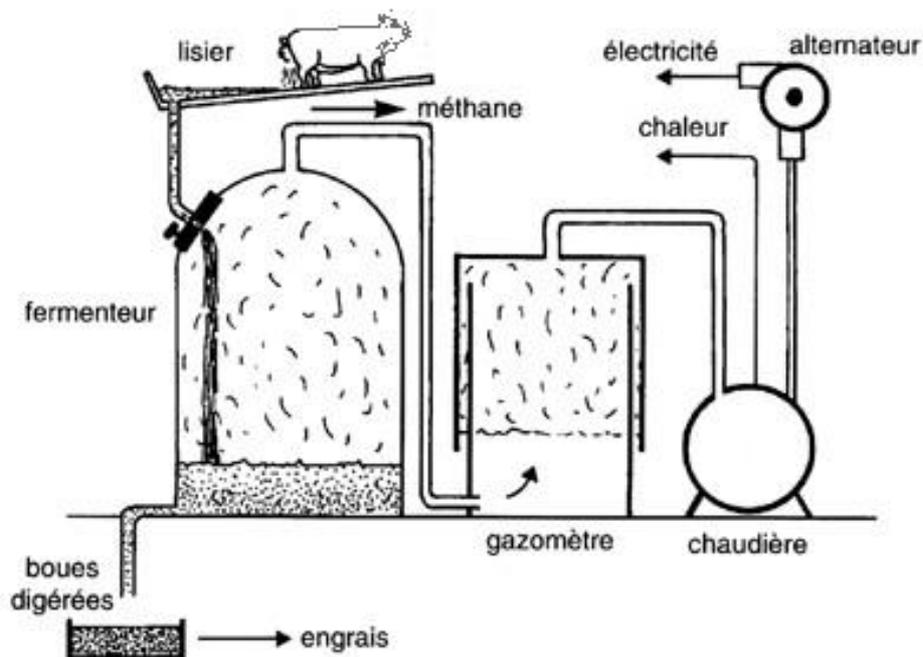


Figure IV-15: *Biogaz*.

IV.3.3 Centrales biomasse

Les centrales biomasses fonctionnent comme les autres centrales thermiques en recueillant l'énergie dégagée par la combustion d'une substance. Deux méthodes de combustion sont possibles selon la nature des matières organiques recueillies : l'incinération directe ou le passage par la méthanisation.

a. La combustion par incinération directe

Dans le premier cas, les matières végétales (bois, déchets des industries de transformation du bois et déchets végétaux agricoles) sont directement brûlées (centrales de combustion). La chaleur dégagée permet de faire chauffer de l'eau dans une chaudière qui va ensuite produire de la vapeur. Cette vapeur est alors utilisée de deux manières. Une partie est propulsée dans une turbine dont le mouvement permet de créer de l'électricité. Le reste est récupéré pour être utilisée pour le chauffage sur un principe de cogénération.

Dans les centrales biomasses, le recyclage est même complet puisque la vapeur sortant de la turbine est elle-même récupérée pour être transformée en eau et être ensuite réinjectée dans la chaudière.

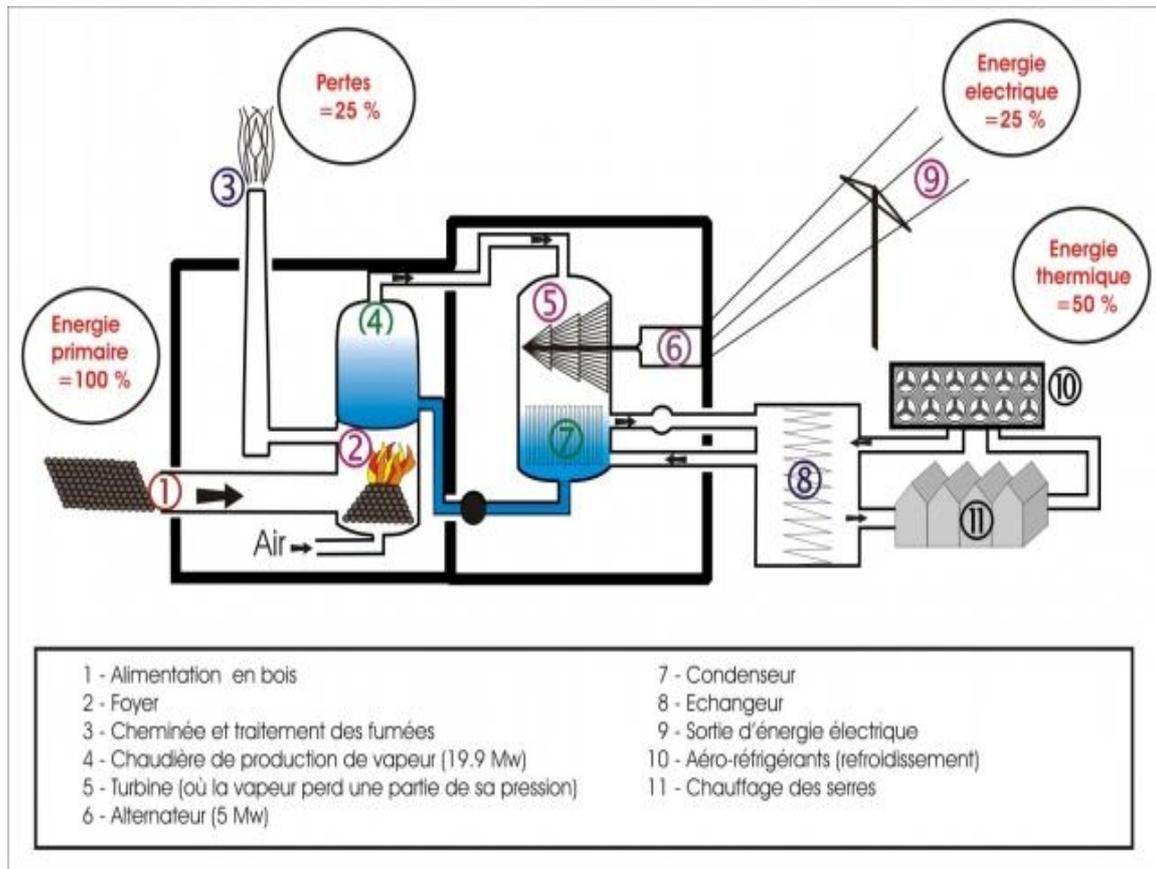


Figure IV-16: Combustion par incinération directe.

b. La combustion par méthanisation

Dans le cas de certaines substances (déchets ménagers, le fumier et lisier d'animaux, boues de stations d'épuration, papiers et cartons) on applique la méthode de la « méthanisation ». Les matières organiques ne sont pas directement brûlées mais sont d'abord fermentées, pour être transformées en « biogaz » (centrales de gazéification). Ce biogaz, proche du gaz naturel et majoritairement composé de méthane est alors brûlé, sa combustion permettant, comme dans la première méthode, de créer de l'électricité et, par cogénération, du chauffage.

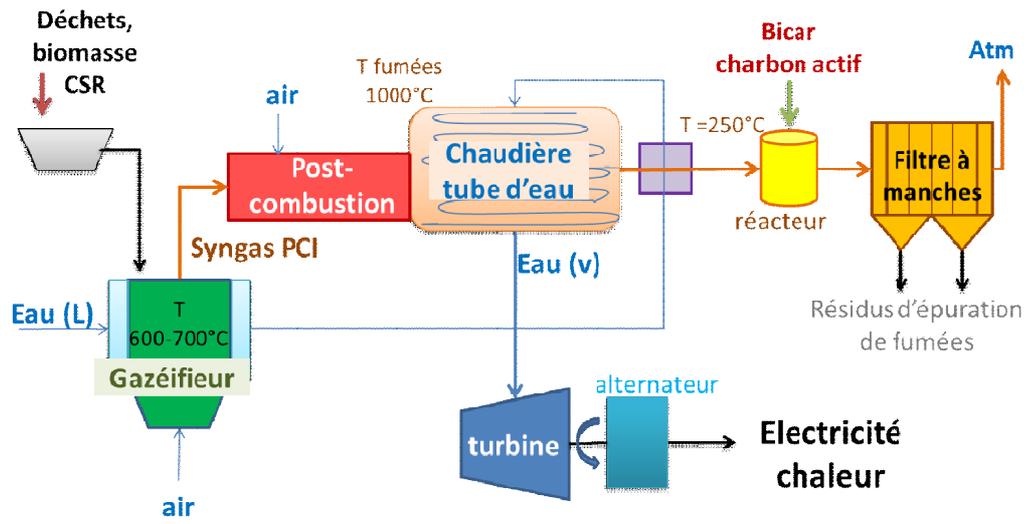


Figure IV-17: Combustion par méthanisation.