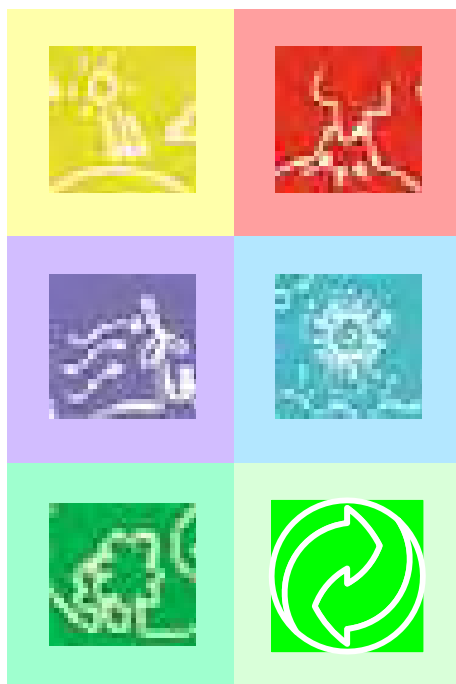


GUIDE PEDAGOGIQUE SUR LES ENERGIES RENOUVELABLES



SOMMAIRE

Introduction.....	.....
L'Energie c'est quoi ? .....	.....
Energie .....	.....
... et Puissance .....	.....
Principe des chaînes énergétiques.....	.....
Les sources d'Energie .....	.....
Les énergies non renouvelables.....	.....
Les énergies renouvelables.....	.....
Les grandes familles d'énergies renouvelables .....	.....
L'énergie solaire.....	.....
L'énergie solaire thermique.....	.....
L'énergie solaire photovoltaïque .....	.....
L'énergie éolienne .....	.....
Les éoliennes mécaniques .....	.....
Les aérogénérateurs.....	.....
L'énergie hydraulique.....	.....
Les petites centrales hydrauliques .....	.....
Les barrages.....	.....
L'énergie marémotrice .....	.....
La biomasse et Les déchets .....	.....
La combustion .....	.....
La cogénération .....	.....
Le biogaz .....	.....
Les biocarburants.....	.....
La géothermie .....	.....
La géothermie de haute et moyenne énergie.....	.....
La géothermie de basse énergie .....	.....
La géothermie de très basse énergie.....	.....
Les besoins et la production d'énergie en Guyane.....	.....

Introduction

L'Energie c'est quoi ?

Energie ...

Le mot « **ENERGIE** », d'usage très répandu, vient du mot Grec « **ENERGIA** » qui signifie « **FORCE EN ACTION** ».

Malgré une perception intuitive de la notion d'énergie, sa définition reste délicate. Deux concepts s'y rattachent :

- système réservoir d'énergie (la pile)
- système convertisseur d'énergie (le moteur)

D'une manière générale, un système "possède" de l'énergie s'il est capable de produire une transformation de son énergie (l'énergie chimique de nos cellules est transformée dans nos muscles en énergie mécanique qui produit un mouvement) ou d'échanger de l'énergie (chaleur transmise par un radiateur). La mesure de l'énergie se fait ainsi à travers ses effets et ses variations.

L'unité utilisée par les physiciens pour mesurer l'énergie est le joule (J). Les économistes utilisent plutôt la tonne d'équivalent pétrole (tep), les médecins nutritionnistes la calorie (cal). En électricité, on utilise le wattheure (Wh) ou le kilowattheure (kWh)

L'homme

utilise l'énergie sous forme de chaleur, de lumière ou de mouvement. La maîtrise de l'énergie est donc le moteur de l'activité humaine.

Un principe fondamental :

"L'énergie ne se crée pas, ne se perd pas : elle se transforme". C'est le principe de la conservation de l'énergie.

Lorsqu'un système n'a aucun échange avec le milieu extérieur, on admet que son énergie reste constante et on dit qu'il est isolé.

... et Puissance

L'énergie nécessaire pour gravir une pente donnée est toujours la même, en revanche, la puissance à fournir augmente avec la vitesse. Plus on monte vite, plus on développe une grande puissance.

Quarante litres d'essence contiennent une quantité d'énergie de 500 kWh . Si ces 40 litres sont consommés en 5 heures par une voiture, la puissance développée par la voiture est de 100 kW (kilowatt). S'ils sont brûlés en 10 secondes, la puissance dégagée est alors de 180 000 kW.

La **puissance** n'est pas synonyme d'énergie. Lors des échanges d'énergies, on mesure la quantité d'énergie transférée ou transformée ainsi que la durée du processus. Ainsi, la puissance d'un système nous renseigne sur la rapidité avec laquelle l'énergie a été produite ou consommée.

Les unités de puissance.

Dans le système international, la puissance s'exprime en watt (W).

On utilise également le cheval-vapeur (ch) : 1 ch = 735 W



« L'énergie se manifeste dans des processus très divers et peut changer de forme »



L'énergie cinétique : Associée au mouvement d'un objet, elle est proportionnelle à la masse et au carré de la vitesse de celui-ci. Elle se transforme en électricité (centrales hydrauliques, éoliennes), en chaleur (frottements) et peut également provenir d'une autre forme d'énergie (chimique : poudre à canon, thermique : locomotive à vapeur, électrique : moteur électrique).

L'énergie de gravitation : Cette force, dite de gravitation, caractérise l'attraction mutuelle de deux corps massifs. La loi de la gravitation a été

formulé par le physicien anglais Isaac Newton. Ce principe est utilisé pour augmenter l'énergie de l'eau dans une centrale hydraulique.



L'énergie élastique : Elle est associée aux déformations des objets élastiques (ressort, compression d'un gaz)

L'énergie calorifique : En considérant l'échelle atomique, elle se traduit par le mouvement désordonné des molécules. A notre échelle, elle représente l'énergie mise en jeu lors d'une variation de température ou d'un changement d'état d'un matériau (fusion de la glace, évaporation de l'eau).



L'énergie électrique : Elle provient du mouvement des électrons dans un milieu conducteur. Dans une pile électrique, l'énergie chimique est convertie en mouvement des électrons, donc en énergie électrique.

L'énergie radiative : elle est issue du rayonnement. Dans le filament d'une ampoule électrique, l'énergie électrique se transforme en chaleur évacuée en énergie radiative, lumineuse et infrarouge. Le Soleil nous transmet une puissance de l'ordre de 1kW par mètre carré, sous forme de lumière visible et de rayonnement infrarouge. L'énergie du soleil est à la base de la majeure partie des formes d'énergies disponibles en milieu naturel : chimique, thermique, hydraulique, électrique.



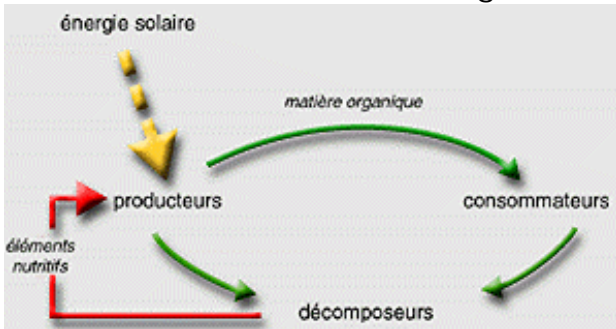
L'énergie chimique : Associée à la liaison entre atomes dans une molécule, elle est transformée en une autre forme d'énergie lors d'une réaction chimique qui brise les liaisons (thermique : combustion d'un gaz, électrique : pile et accumulateur, mécanique : transformation du sucre dans l'organisme)

L'énergie nucléaire : Localisée dans les noyaux des atomes, elle est associée à la liaison entre les protons et neutrons. Elle se transforme lors des réactions nucléaires de fission ou de fusion de noyaux atomiques. Ce mécanisme se produit au cœur du Soleil, par fusion des noyaux d'hydrogène en noyaux d'hélium, dans les centrales nucléaires, par fission des noyaux d'uranium.

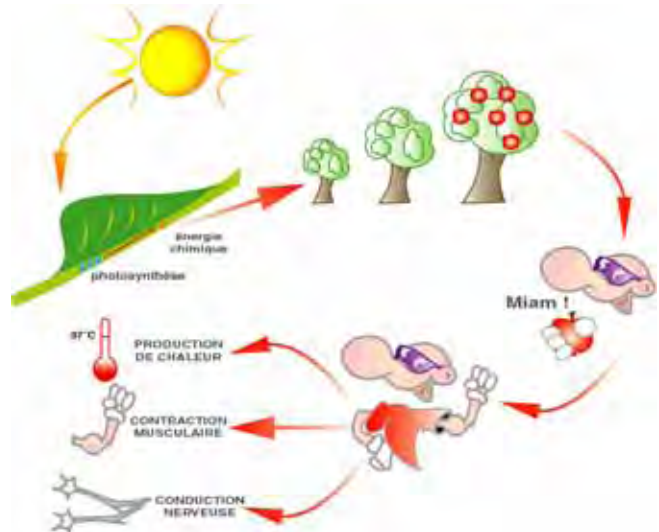


Principe des chaînes énergétiques

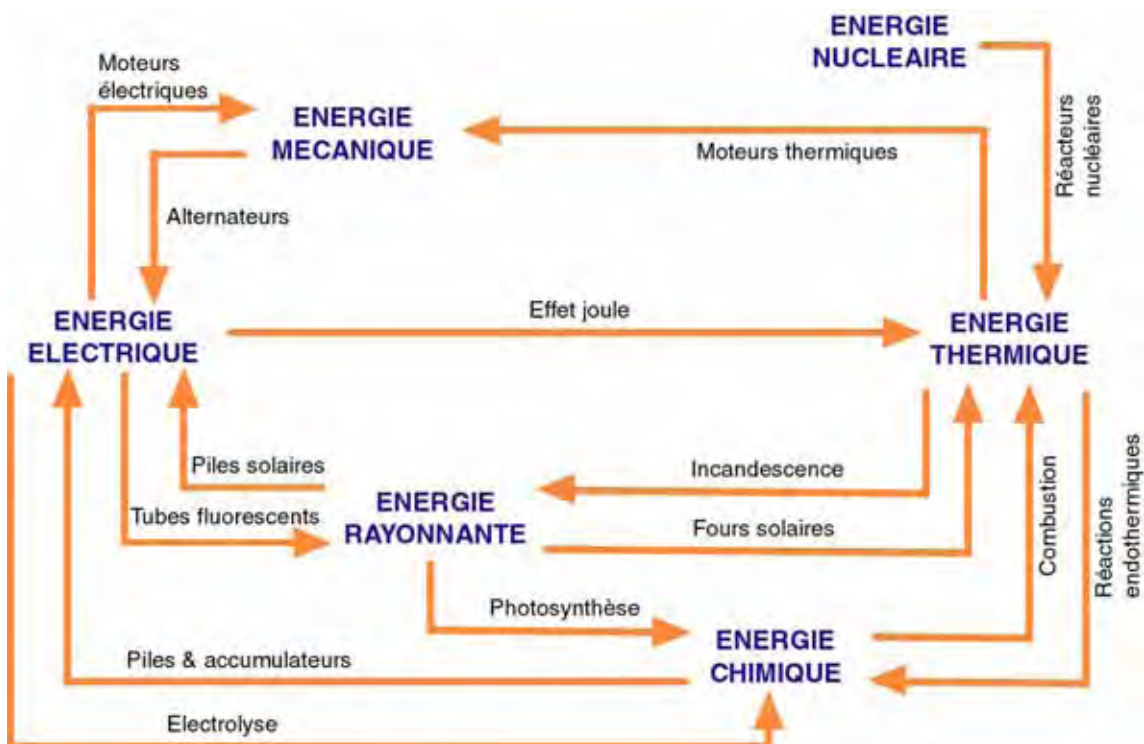
Dans le monde de l'écologie, il existe une unité fonctionnelle appelée écosystème qui regroupe une communauté animale et végétale (biocénose), et le milieu que cette communauté occupe (biotope).



La représentation simplifiée d'un écosystème montre comment les différents acteurs forment un système qui dépend de l'énergie solaire.



Les différentes transformations de l'énergie font que cette représentation peut être exploitée pour définir les liens fonctionnels de la chaîne énergétique (de la source à l'utilisation) et les nombreuses interactions entre les chaînes.



Les sources d'Énergie

Les énergies non renouvelables sont les énergies qui disparaissent quand on les utilise. Elles sont constituées de substances qui mettent **des millions d'années à se reconstituer**.

« Il existe deux familles d'énergies non renouvelables :
les énergies fossiles et les énergies fissiles »



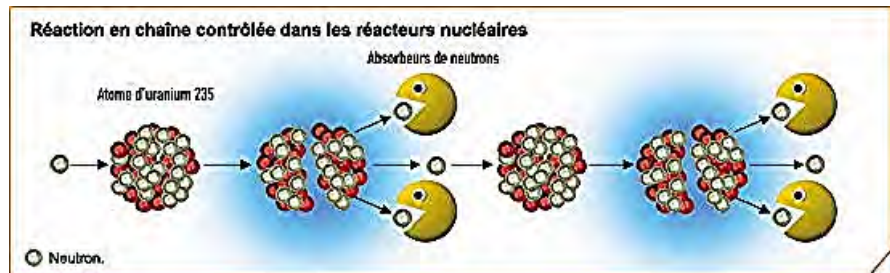
Energies fossiles

Ce sont des matières premières que l'on trouve sous terre issues de la décomposition de matières organiques (végétaux et organismes vivants), il y a des millions d'années. Ce sont des combustibles tels que le charbon, le gaz naturel et le pétrole. **Ces ressources diminuent** quand on les utilise car il leur faut des millions d'années pour se former.

Le pétrole produit une énergie thermique : la **chaleur**. Lorsque le pétrole est totalement consommé, il n'y a plus d'énergie. C'est une source d'énergie non renouvelable. On utilise le pétrole pour fabriquer de l'essence, du fioul de chauffage, du caoutchouc... Mais dans une trentaine d'années **les ressources seront épuisées**.

Energies fissiles

Ce sont de très petits éléments dont on peut casser les atomes pour libérer de l'énergie et de la chaleur.



L'énergie nucléaire est produite à partir d'un minerai appelé uranium. La fission des atomes d'uranium libère **une très grande quantité d'énergie** dont on se sert pour chauffer de l'eau permettant de produire de l'électricité.

Les énergies renouvelables sont celles qui **sont presque inépuisables**. Elles dépendent d'éléments que la nature renouvelle en permanence : le vent, le soleil, le bois, l'eau, la chaleur de la Terre. Mais certaines peuvent disparaître aussi si on ne les protège pas. Elles ont largement contribué au développement de l'humanité : moulins à eau, moulins à vent, feu de bois, traction animale, bateaux à voile.

- En utilisant les énergies renouvelables, on lutte contre l'effet de serre, en réduisant notamment les rejets de gaz carbonique dans l'atmosphère.
- En développement dans le monde entier, les énergies renouvelables permettent de gérer de façon intelligente les ressources locales et de créer des emplois.



Les grandes familles d'énergies renouvelables



Le soleil nous éclaire, nous réchauffe et est indispensable au développement de tous les êtres vivants. Grâce à lui les plantes libèrent l'oxygène qui nous permet de respirer. On sait utiliser la chaleur du soleil pour créer de l'électricité (énergie solaire photovoltaïque) et de la chaleur (énergie solaire thermique).



Le soleil, apparu il y a 4,6 milliards d'années, est né d'une nébuleuse. Les poussières de ce nuage se seraient progressivement agglomérées, pour donner naissance à notre système solaire avec ses neuf planètes.

Les énergies renouvelables nous parviennent directement ou indirectement du Soleil, qui nous envoie en permanence son rayonnement. Il s'agit des énergies solaire, hydrauliques, éolienne, mais aussi de l'énergie chimique qui s'accumule dans les végétaux utilisables comme combustibles (bois, déchets, alcool).

En 1843 James Joule a été le premier à découvrir que la chaleur est une forme d'énergie : il a prouvé que quand on met un objet en mouvement (énergie mécanique) on produit de la chaleur (énergie thermique). Aujourd'hui on sait utiliser la chaleur du soleil pour créer de l'électricité.



Quand **le vent** se met à souffler on sent bien sa force ! Les oiseaux et les bateaux à voile se servent de l'énergie qu'il libère pour se déplacer. Il permet aussi de faire tourner les ailes des moulins à vent pour pomper de l'eau ou moudre du grain. On utilise *la force du vent pour faire tourner des éoliennes ou aérogénérateurs* qui produisent de l'électricité (énergie éolienne).



L'eau, comme le soleil, est indispensable à la vie. Depuis plus de 2000 ans on sait utiliser la force créée par les courants des rivières ou des chutes d'eau pour faire tourner la roue d'un moulin à eau. Aujourd'hui on utilise cette force pour *faire tourner des turbines* qui produisent de l'électricité dans les usines marémotrices et les barrages.



Les matières organiques végétales ou animales sont utilisées pour produire de la chaleur. On appelle cette énergie **la biomasse**. C'est *la 2ème source d'énergie de notre planète*. La combustion du bois est la plus ancienne des utilisations de cette énergie : dès la préhistoire les hommes ont appris à utiliser le feu pour s'éclairer, se chauffer et cuire les aliments.



Les déchets ménagers possèdent des éléments biodégradables susceptibles de polluer l'environnement. Par la méthanisation ils peuvent être transformés en *biogaz*. Ce phénomène biologique, qui permet de transformer la matière organique grâce à des bactéries vivant en absence d'oxygène, était jusqu'alors employé pour le traitement des égouts ou dans l'industrie agro-alimentaire.



La chaleur de la Terre est aussi une énergie qu'on peut utiliser. Au centre de la Terre, la chaleur est tellement importante et la pression est si forte que *les roches sont en fusion*. On appelle cette matière *le magma*. On se sert de la vapeur ou de l'eau capturée entre les roches et chauffée par la chaleur de la Terre pour produire de l'électricité et du chauffage. Cette énergie est appelée **géothermie**.

L'exploitation des Energie Renouvelables

L'énergie représente une seule et même grandeur physique avec des caractéristiques très diverses. Aussi le choix d'une forme d'énergie renouvelable dépendra du but poursuivi (production d'électricité, de chaleur, de carburant,...) et des différentes ressources d'un site.

De la source d'énergie renouvelable à son utilisation par l'homme, plusieurs mécanismes de transformation vont intervenir suivant le principe de la chaîne énergétique :

SOURCE

- Le **captage**, dispositif qui permet à récupérer l'énergie de la source sous une forme exploitable ;
- La **transformation** permet de produire le type d'énergie attendue (électricité, chaleur, ...). Cette étape n'est pas réalisée dans le cas d'une utilisation directe de l'énergie captée (pompes à chaleur, moulins à vent mécaniques) ;

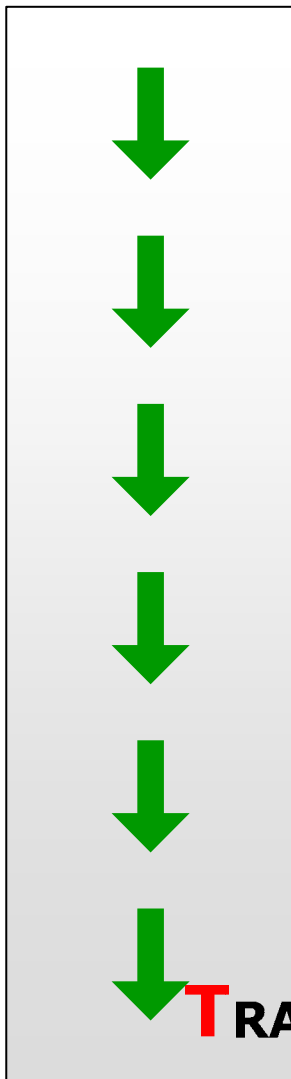
CAPTAGE

Le **transport** qui achemine l'énergie de la source à l'usage, le dispositif de production n'étant pas toujours situé à proximité ;

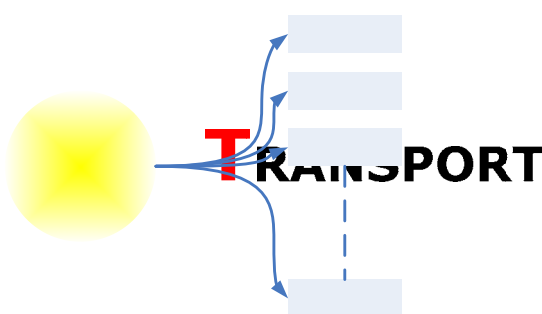
- Le **stockage** qui permet de compenser les fluctuations de la production, car l'énergie produite n'est pas disponible à la demande ;

TRANSFORMATION

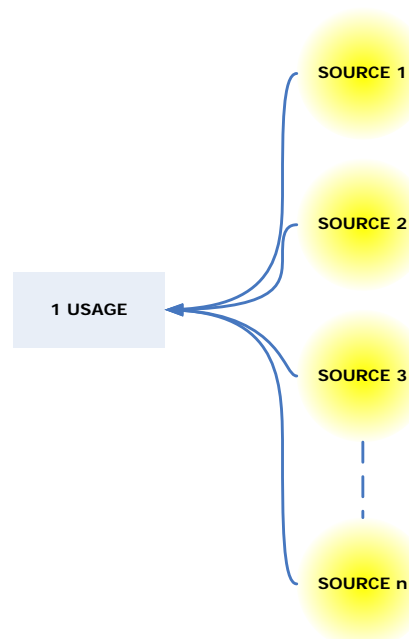
L'objectif visé est toujours de répondre à la demande des usagers.



1 source alimente plusieurs usages



STOCKAGE



1 usage est alimenté par plusieurs sources



L'énergie solaire

2 conversions directes possibles :

- En chaleur : capteurs solaires thermiques
- En électricité : capteurs solaires photovoltaïques

L'énergie solaire thermique est utilisée principalement pour le chauffage de l'eau ou des locaux. Le principe est le même : le capteur absorbe les photons solaires et les transforme en chaleur. Le matériau qui constitue le capteur thermique doit être fortement absorbant (exemple : l'oxyde de chrome). Cette chaleur est ensuite transmise à un liquide ou un gaz (dit « caloporteur ») qui la transporte vers un réservoir de stockage d'énergie.

L'énergie solaire thermique permet également de produire de l'électricité par voie thermodynamique. Les températures mises en jeu, de valeurs très élevées (~1000°C), sont obtenues par concentration de la lumière solaire avec des miroirs.

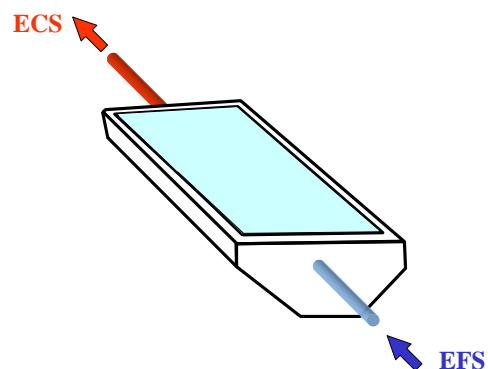
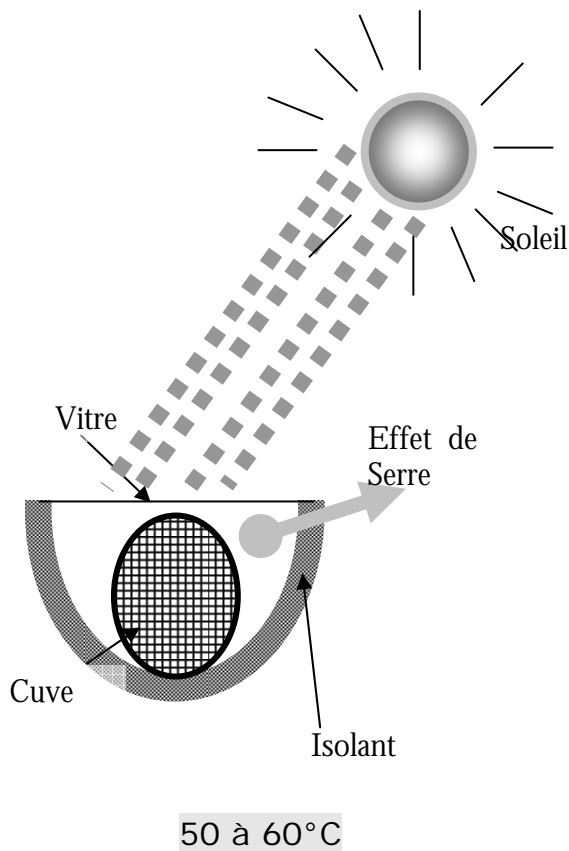
« Le photon est la particule élémentaire qui constitue le rayonnement électromagnétique, dont un exemple courant est la lumière visible.

Tout photon transporte une petite quantité d'énergie.

Dans le vide absolu, un photon voyage à la vitesse de la lumière, c'est-à-dire à environ 300 000 km/s »

Le chauffe-eau solaire autostockeur

Le soleil chauffe un ballon d'eau peint en noir dans une caisse isolante



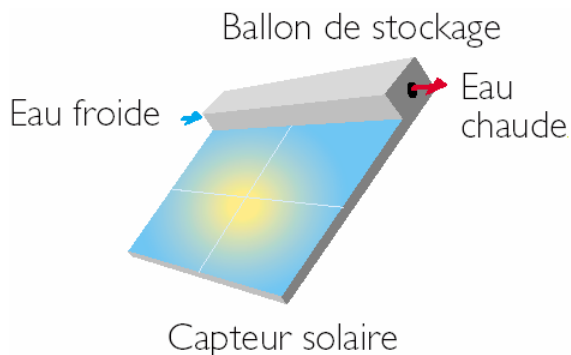
Il se raccorde comme un chauffe-eau électrique : **C'est de la plomberie classique**

Le chauffe-eau solaire à thermosiphon

Le capteur et le ballon d'eau sont séparés. Le capteur solaire comprend une plaque et des tubes métalliques noirs, l'ensemble forme l'absorbeur. Il est placé dans un coffre rigide dont la partie supérieure est vitrée pour laisser pénétrer le soleil et retenir la chaleur. Le liquide caloporteur circule naturellement des tubes du capteur au ballon grâce à sa différence de densité avec l'eau contenue dans le ballon. Tant que sa température est supérieure à celle de l'eau, donc moins dense, il s'élève vers le ballon qui doit être placé plus haut que le capteur.

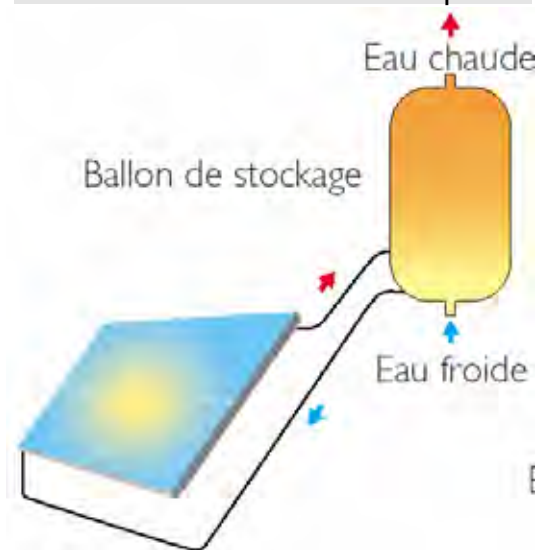
4 m² de capteurs thermiques permettent de répondre aux besoins en eau chaude d'une famille de quatre personnes

Chauffe eau monobloc



60 à 90°C

Chauffe eau à éléments séparés



Le solaire haute température

La concentration optique permet d'obtenir de très hautes températures (de 400°C à 1000 °C), pour produire de la vapeur qui, faisant tourner une turbine, génère de l'électricité.

Il existe quatre types de capteurs :

- Le collecteur parabolique concentre entre 200 et 3000 fois les rayons du Soleil ; il est adapté pour des puissances électriques modestes (5 à 20 kW).
- Le concentrateur cylindro-parabolique ou concentrateur linéaire à auge concentre entre 20 et 80 fois le rayonnement.
- Le capteur à héliostats ou centrale à tour concentre entre 300 et 800 fois les rayons du Soleil. De nombreux héliostats orientables suivent le soleil et concentrent son rayonnement sur un récepteur placé au sommet d'une tour.
- Le four solaire concentre environ 10 000 fois le rayonnement ; il utilise un champ d'héliostats orientables et un grand miroir parabolique fixe qui renvoie les rayons sur un récepteur.



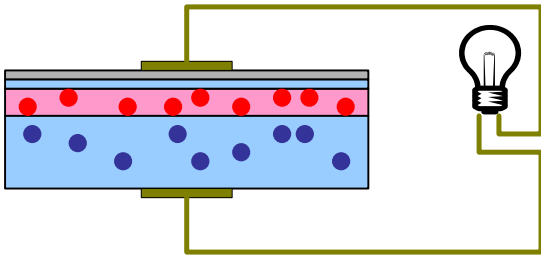
L'énergie solaire photovoltaïque permet de convertir directement l'énergie du Soleil en électricité. Le capteur est un semi-conducteur traité dont les propriétés optoélectronique permettent de convertir l'énergie lumineuse en énergie électrique.

« L'effet photovoltaïque a été découvert en 1839 par Edmond Becquerel (1820-1891)

La première cellule photovoltaïque, ou photopile, est apparue en 1954 »

Principe

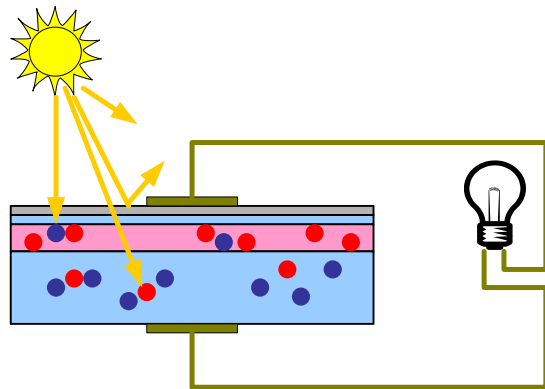
La cellule photovoltaïque contient des charges électriques du fait du dopage : négatives dans le type n (excès d'électrons), positives dans le type p (déficit d'électrons). Ces charges créent un champ électrique au niveau de la jonction.



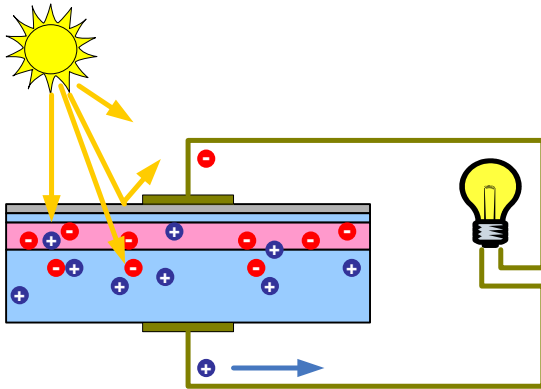
Ces charges créent un champ électrique au niveau de la jonction.



Les photons de la lumière solaire arrachent des électrons aux atomes de silicium et créent des charges positives négatives.



et



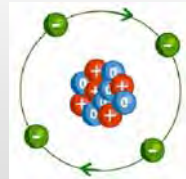
Les charges sont mises en mouvement par le champ électrique créé par la jonction, ce qui produit un courant électrique.

Deux grandes familles de semi-conducteur

Le silicium cristallin : il présente un rendement énergétique de l'ordre de 13%. Les cellules produisent des puissances de quelques centaines de watts à quelques dizaines de kilowatts.

Le silicium amorphe : il présente un rendement deux fois moins important et est utilisé pour les applications qui nécessitent très peu d'électricité (par exemple pour l'alimentation des montres et des calculatrices).

La matière, elle, est composée d'**atomes**. Et ces atomes sont composés d'un noyau central constitué de **protons** et de **neutrons**, et d'**électrons** qui tournent autour du noyau comme des satellites autour de la Terre. Quand les électrons se déplacent d'un atome à un autre, ils produisent de l'électricité.



Les protons = charges électriques positives.
Les neutrons = charges électriques neutres.
Les électrons = charges électriques négatives.

Les installations autonomes

Pour ces installations, l'énergie solaire photovoltaïque doit assurer la totalité des besoins en électricité. Il est nécessaire de la stocker pour les périodes non ensoleillées (durant la saison des pluies, et la nuit). Ce stockage est généralement assuré par des batteries au plomb (conversion de l'énergie électrique en énergie chimique). Un système de régulation assure la protection de l'ensemble.

Ces petites installations sont bien adaptées dans le cadre des sites isolés, aux petits besoins en électricité, ou quand le coût du raccordement d'un site au réseau public est trop élevé.



Balise maritime



Générateurs photovoltaïques (commune de Saül)

L'usage de l'électricité est réservé aux applications nobles de celle-ci : éclairage, informatique, hi-fi, télévision électroménager, petit outillage électrique, moteur, ...

Il existe un très large domaine d'applications : les télécommunications, la signalisation terrestre (routière), maritime (phares et balises) et aérienne, le pompage (eau), l'électrification rurale, le mobilier urbains (horodateurs, abris bus, ...) et les utilisations grand public (montres, calculatrices),...

Pour répondre aux différents besoins en puissance électrique, les cellules photovoltaïques sont regroupées en modules. Les installations utilisent le plus souvent des modules photovoltaïques d'une puissance de 50 ou 100 Wc (watts-crête). Le watt-crête est l'unité de mesure énergétique des professionnels du photovoltaïque. 1 Wc représente la puissance électrique maximale produite pour une puissance solaire incidente de 1000 W/m^2 .



Modules photovoltaïques montés en toiture (commune de Montsinéry)

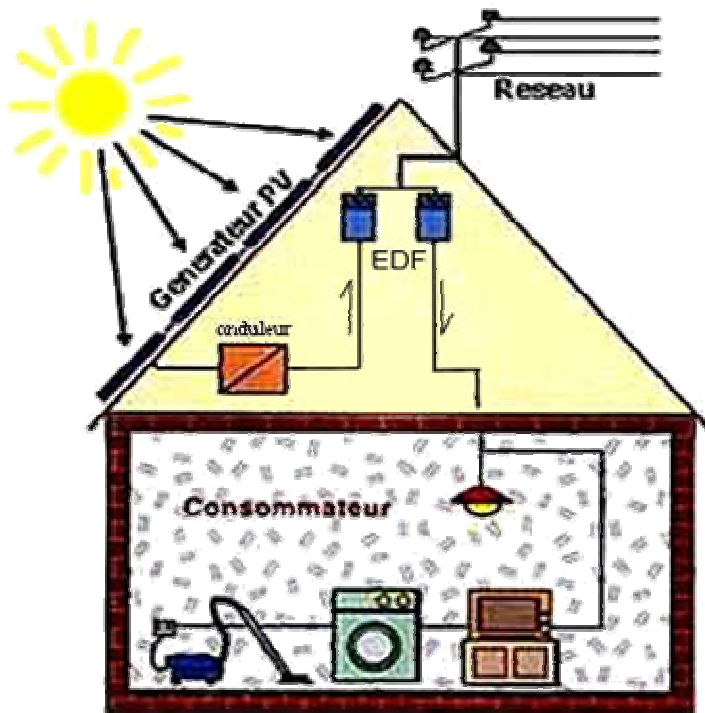
« La puissance moyenne du rayonnement solaire avant son entrée dans l'atmosphère est d'environ $1,4 \text{ kW}$ par mètre carré ($1,4 \text{ kW/m}^2$). Le rayonnement solaire maximal qui arrive alors sur terre est de l'ordre de 1 kW/m^2 . Il dépend essentiellement de notre position géographique sur le globe et de la couverture nuageuse. »

Les valeurs moyennes de l'énergie solaire sont de l'ordre de :

- Nord de la France : $1,5 \text{ kWh/m}^2/\text{jour}$
- Sud de la France : $3 \text{ kWh/m}^2/\text{jour}$
- Désert du Sahel : $6 \text{ kWh/m}^2/\text{jour}$
- Guyane :

Le solaire photovoltaïque raccordé au réseau

Le générateur est composé de modules photovoltaïques reliés à un onduleur. Les modules transforment l'énergie solaire en énergie électrique et l'onduleur convertit le courant continu en courant alternatif pour l'usage domestique. Le système est connecté au réseau électrique de distribution.



L'électricité produite alimente en priorité les appareils électriques de la maison, l'excédent passe dans le réseau public et est directement vendue à EDF sans stockage.

En cas d'ensoleillement insuffisant le réseau complète le service rendu par le générateur solaire.

La consommation moyenne d'un ménage est d'environ 3000 kWh par an. Les systèmes raccordés au réseau peuvent couvrir environ 50% des besoins avec un capteur d'une puissance de 1,5 kWc.

En France, ce type d'installation n'est pas encore très développé (contrairement à l'Allemagne) à cause du coût des installations et du faible prix de rachat de l'électricité.

Des installations de plus forte puissance peuvent servir à alimenter des usines, des logements collectifs, des stations services,...

Une voie de développement est l'intégration des capteurs dans l'architecture des sites (abris de voiture, toitures et façades de bâtiments, murs anti-bruits, tuiles photovoltaïques,...)



« Depuis 1992, des programmes européens (Phébus), mis en œuvre par l'association HESPUL, ont permis d'installer en France plus de 200 centrales photovoltaïques raccordées au réseau. »



L'énergie éolienne

Ce mode de production très ancien vient du moulin à vent. Il servait principalement au meulage du grain, à l'irrigation des terres agricoles, au pompage de l'eau de mer, au sciage du bois, à la fabrication du papier,...



Les éoliennes mécaniques

La première transformation de l'énergie cinétique du vent est mécanique. Le vent, source de l'énergie, fait tourner les pales du moulin qui sont couplées à un rotor. Ces éoliennes mécaniques servent le plus souvent au pompage de l'eau du sous-sol.



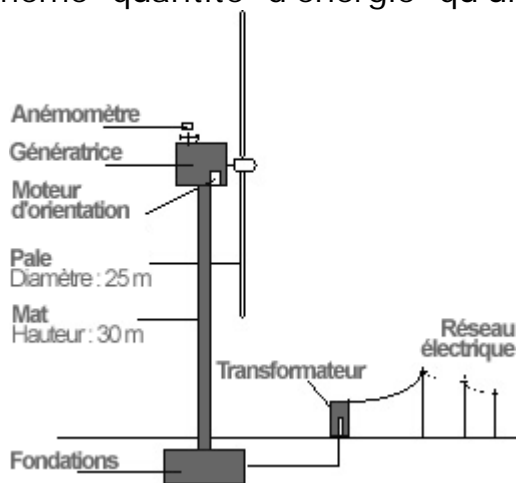
L'hélice entraîne un piston qui remonte l'eau.

Ces petites éoliennes tournent très vite, à plus de 250 tours/minute. Quand le vent souffle fort, elles peuvent produire un sifflement ou du bruit. Elles ont 2, 3, 5 pales ou plus car mieux adaptées aux vents faibles.

Les aérogénérateurs

La deuxième transformation permet de produire de l'énergie électrique à partir de l'énergie mécanique, en couplant le rotor à une génératrice. Ces éoliennes sont appelées aérogénérateurs.

Contrairement à l'idée reçue, ce n'est pas le nombre de pales de l'hélice qui conditionne la quantité d'énergie « récoltée ». En effet, c'est la surface balayée par le vent qui compte. Ainsi une hélice à deux pales peut produire la même quantité d'énergie qu'une hélice à trois pales, à surface égale, et placées dans les mêmes conditions (hauteur, force du vent). Ce sera parfois une simple question d'esthétique. L'hélice est montée sur une tour pour obtenir une meilleure prise au vent.



Quand le vent souffle, il exerce un système de forces sur les pâles qui se mettent à tourner. Le rotor entraîne une génératrice qui produit de l'électricité. C'est le même principe que la dynamo de vélo.

Le courant électrique produit est redressé en courant continu pour être stocké dans une batterie. On peut directement utiliser l'énergie électrique stockée sous forme continue ou la transformer à nouveau en courant alternatif grâce à un onduleur. La distribution réseau se fait via un transformateur.



« De la dynamo à la centrale électrique :

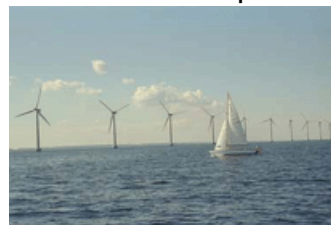
Le mouvement de la roue de vélo entraîne la petite roulette de la dynamo. Cela crée un courant électrique qui éclaire l'ampoule... »

Il existe deux grandes catégories d'éoliennes : les éoliennes de faible puissance (quelques centaines de watts à quelques dizaines de kilowatts) et les grandes éoliennes de fortes puissances raccordées aux réseaux nationaux, dont les plus grandes atteignent des puissances de 2 500 kW.



Une seule éolienne peut servir à alimenter une maison, un village. Cependant elles sont souvent regroupées dans un endroit bien exposé au vent, près d'une ligne à haute tension, parfois même dans la mer (Offshore), et forment ce que l'on nomme un parc d'éoliennes.

Les petites éoliennes sont placées à environ 18 mètres de hauteur (au-dessus des poteaux électriques), tandis que les grandes éoliennes s'élèveront à 30 mètres de hauteur (voir 50 mètres pour les plus grandes).



Les éoliennes modernes sont dites à axe horizontal, leur axe de transmission est parallèle au sol. Les éoliennes à axe vertical sont beaucoup plus rares.



La génératrice, ou alternateur est placée dans la nacelle qui contient tout l'équipement pour produire l'électricité. La nacelle peut être de la taille d'une mini-fourgonnette et peut peser jusqu'à 30 tonnes.



On trouve une girouette sur les petites éoliennes qui assure le maintien du rotor dans l'axe du vent pour une efficacité maximum. Cependant, cette girouette serait totalement disproportionnée sur une grande éolienne compte tenu du poids de la nacelle.



Les éoliennes modernes ne produisent pas plus de bruit que le vent dans un grand pylône électrique. L'origine du bruit est le glissement du vent sur les pales. Une éolienne de forte puissance (500kW) produit un niveau de pression acoustique d'environ 50dB(A) à 150 m, soit l'équivalent du bruit d'un bureau. Le bruit diminue rapidement quand on s'éloigne (inaudible à 400 m). Pour ce qui est des oiseaux, des études scientifiques démontrent que la plupart d'entre eux identifient et évitent l'hélice qui tourne.

LA NACELLE : elle comporte une ou deux génératrices, une boîte de vitesses, un système de freins à disque et des équipements automatisés d'asservissement. Une girouette et un anémomètre mesurent la direction et la force du vent. Si le vent change de direction, ces informations permettent de positionner l'axe de la nacelle à l'aide d'un moteur électrique.

LES PALES : elles sont de taille impressionnante (jusqu'à 45 mètres) et sont présentes au nombre de deux ou trois. Elles sont réalisées en fibre de verre et en matériaux composites (fibre de carbone) pour diminuer au maximum leur poids.

LA TOUR : simple en apparence, elle est un élément central de l'éolienne. Elle renferme un escalier qui permet d'accéder à la nacelle pour les différentes tâches d'entretien.

L'ERECTION : l'érection des éoliennes est une opération complexe et coûteuse si l'on considère les masses qui doivent être déplacées (plusieurs dizaines de tonnes) à des hauteurs importantes (plusieurs dizaines de mètres).



L'énergie hydraulique

La force de l'eau est utilisée depuis plus de 2000 ans par l'Homme, au début pour des applications mécaniques et depuis le XIX^e siècle pour la production d'électricité. La production de l'énergie hydraulique ressemble à celle de l'énergie éolienne. Cette fois c'est l'énergie mécanique provenant de l'eau qui est convertie en énergie électrique. Le déplacement de l'eau entraîne une turbine (qui tient ici lieu de rotor) et qui à son tour entraîne un alternateur. C'est ce dernier qui assure la transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique. L'hydroélectricité est la deuxième source d'énergie renouvelable utilisée dans le monde.

La puissance d'un générateur hydraulique, ou centrale hydroélectrique, dépend de deux facteurs : la hauteur de la chute d'eau (dénivelé) et le débit de l'eau. On arrive à deux solutions possibles : les petites centrales hydrauliques (dérivation de l'eau) et les barrages (rétention de l'eau).

Les petites centrales hydrauliques

Les petites centrales hydrauliques, également appelées PCH, ont une puissance qui varie de quelques centaines de watts à une dizaine de mégawatts (MW).

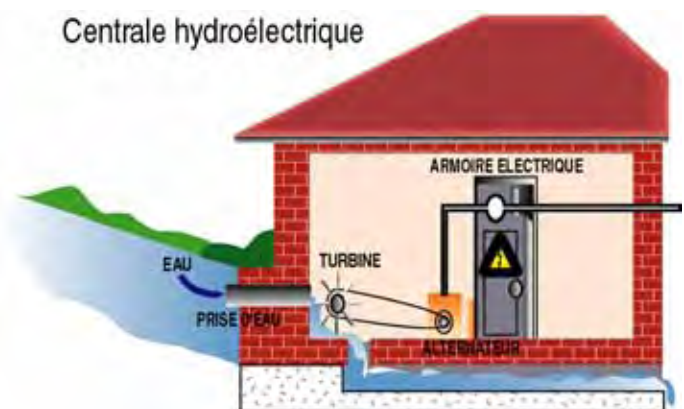
Elles sont mises en place sur les petites rivières et elles ne barrent pas le cours de l'eau.

En « haut chute » (grand dénivelé, faible débit), l'eau est captée par une prise d'eau sommaire. Elle est ensuite dirigée à travers une conduite vers une turbine qui se met à tourner grâce à l'écoulement de l'eau. Cette turbine entraîne le générateur électrique. L'électricité produite peut être soit stockée dans des batteries d'accumulateurs ou soit utilisée directement.

En « basse chute » (faible dénivelé, haut débit), on ne passe plus par une conduite et l'eau est dérivée dans un canal sur lequel sera aménagée la petite centrale hydraulique.

Ces unités peuvent permettre l'autoalimentation d'unités de production d'eau potable ou de centrales de traitement des eaux usées. Elles ne rejettent aucun déchet dans l'eau et n'émettent aucun gaz polluant.

La plupart des PCH sont aujourd'hui équipées d'échelles à poissons qui sont des passes spécialement aménagées qui permettent aux poissons de franchir la centrale.



L'énergie hydraulique est une énergie solaire et renouvelable.

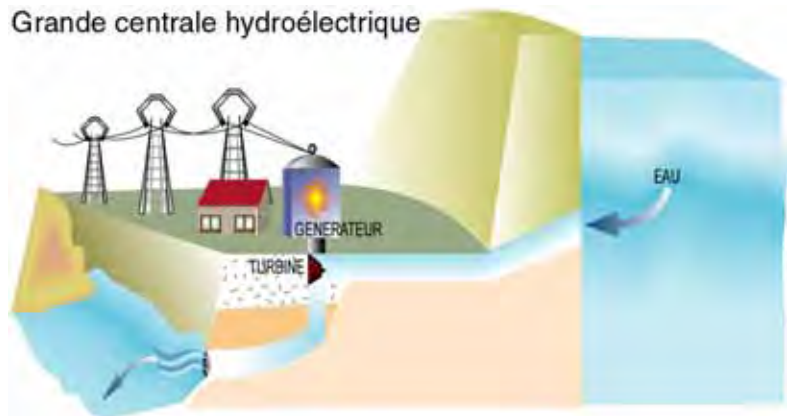
En effet, le Soleil est à l'origine du cycle de l'eau :

- Evaporation de l'eau des mers et évapotranspiration des végétaux, sous l'action du soleil ;
- Ces évaporations et leur condensation forment les nuages transportés par les vents ;
- La pluie alimente les ruissellements ;

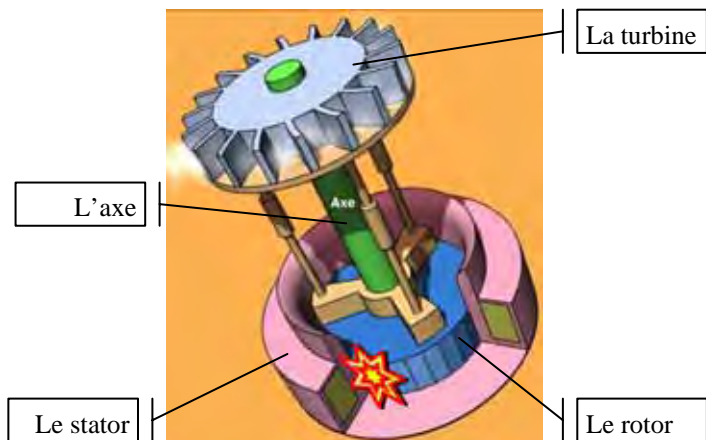


Les barrages

Les barrages sont des grandes centrales hydroélectriques construites sur les grands fleuves ou en bas des montagnes. Son rôle est de retenir l'eau pour créer une chute d'eau artificielle. L'eau s'engouffre au bas du barrage, est canalisée dans des conduites forcées, gros tuyaux fixés sur la pente, au bout desquels se situent les turbines. Le passage de l'eau fait tourner les hélices de la turbine, appelés aubes ou ailettes, qui entraîne l'alternateur.



La turbine mise en mouvement, ici par l'eau, fait tourner l'axe de l'alternateur sur lequel elle est fixée. L'alternateur qui produit donc le courant est constitué d'un axe, d'un aimant mobile appelé rotor, et d'une bobine fixe appelée stator.

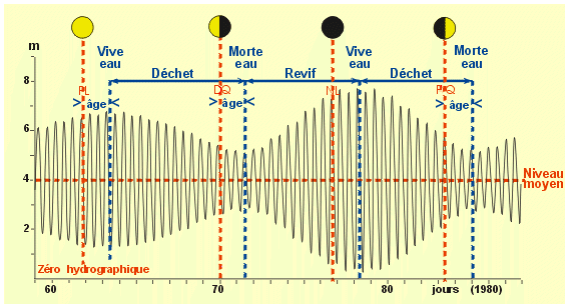


Il existe plusieurs types de centrales hydroélectriques en fonction de la hauteur de la chute d'eau et du volume de la réserve d'eau. On distingue les usines de lac (plus de 300 m de chute), les usines d'écluse (entre 25 et 300 m), les usines au fil de l'eau (moins de 25 m) et les usines de pompage qui permettent un recyclage perpétuel de l'eau entre deux réservoirs.



L'énergie marémotrice

L'énergie marémotrice est issue du mouvement de l'eau. Le phénomène de marée est dû aux forces de gravitation entre la Terre et les autres astres, principalement la Lune et le Soleil. Il se traduit en mer par l'apparition d'ondes de gravité qui se manifestent par des variations périodiques du niveau de la mer, associées à des courants.



Cette énergie peut être captée sous deux formes :

- une énergie potentielle issue des variations du niveau de la mer ;
- une énergie cinétique issue des courants qui peut actionner une turbine ;



L'ordre de grandeur de l'énergie naturellement dissipée annuellement par les marées est évalué à 22 000 téra wattheures (TWh) soit l'équivalent de la combustion de moins de 2 gigatonnes équivalent pétrole (Gtep). L'Homme consomme 10 Gtep. Une faible proportion de l'énergie marémotrice produite pourra contribuer aux besoins mondiaux.

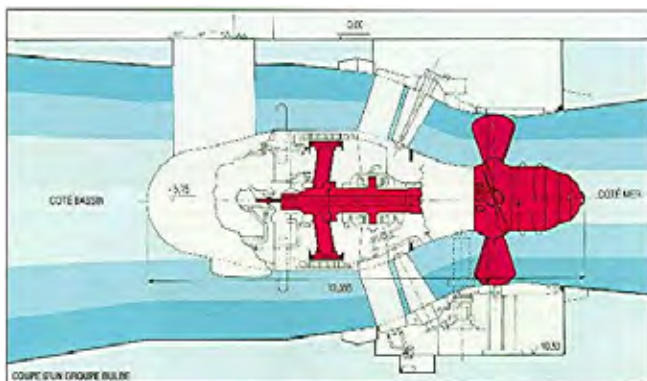
Les sites adaptés à l'exploitation de l'énergie marémotrice sont peu nombreux car ils doivent posséder une amplitude de l'onde des marées amplifiée.

L'usine marémotrice de la Rance est placée sur un site qui possède des marées qui peuvent atteindre 13 mètres d'amplitude. Elle est équipée de 24 groupes bulbes, chacun possédant son alternateur de 10 mégawatts (MW) et produit environ 600 millions de kWh par an.

L'exploitation optimale de l'énergie marémotrice conduit à des aménagements importants, qui modifient notablement les équilibres écologiques dans des zones qui sont généralement fragiles.



Bulbe - Vue de la roue motrice



Bulbe - Vue de l'axe



Bulbe - Vue de la roue



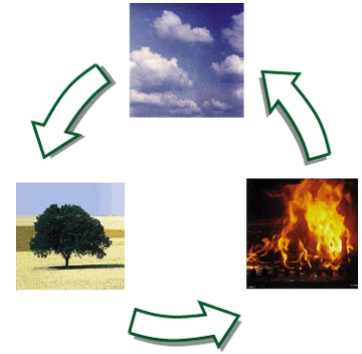
La biomasse et Les déchets

La biomasse, ensemble de matières organiques végétales et animales, est une véritable réserve d'énergie, captée à partir du soleil grâce à la photosynthèse.

Les déchets organiques industriels et ménagers constituent aujourd'hui une filière de production à part entière et augmentent le potentiel en biomasse.

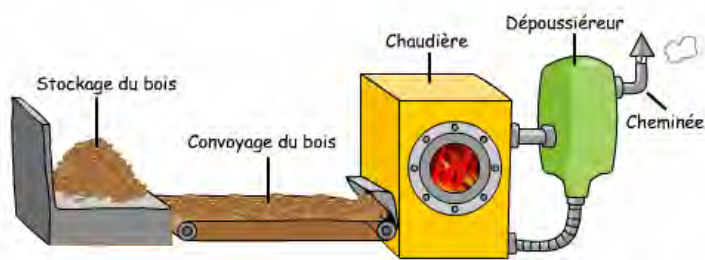
La biomasse permet de produire :

- de l'énergie thermique par combustion dans une chaudière, (on parle d'incinération pour les déchets) ;
- de l'énergie électrique par cogénération ;
- de l'énergie chimique par méthanisation (le biogaz) ou par synthèse d'alcools ou d'huiles (le biocarburant) ;



La combustion

La production d'énergie par combustion de la biomasse s'effectue autour de la filière bois-énergie.



La chaufferie à bois

Les déchets sont brûlés dans une chaudière qui peut servir à la production de chaleur, principe utilisé dans les pays tempérés pour le chauffage des habitations, des sites industriels ou des zones urbaines.

Le bois-énergie peut prendre bien d'autres formes pour satisfaire de plus grands besoins. Il est possible également de récupérer les déchets ligneux (résidus forestiers, bois d'élagage, écorces, sciures, palettes et cagettes usagées, vieux meubles,...) pour l'alimentation des chaufferies. Ils sont souvent conditionnés sous forme de plaquettes de quelques millimètres ou de granules.

La production de vapeur d'eau permet une transformation en énergie mécanique.

Les usines bagasse-charbon de la Réunion et de la Guadeloupe, utilisent les résidus de la canne à sucre pour alimenter les chaudières.

Photosynthèse

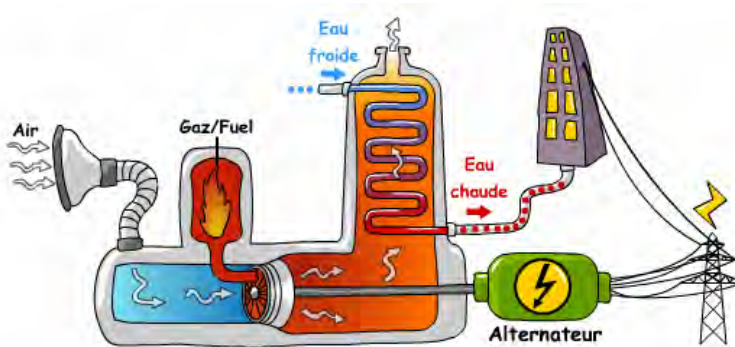
Processus biologique au cours duquel les végétaux utilisent, grâce à l'énergie lumineuse, le gaz carbonique et l'eau pour produire des sucres (amidon notamment) et rejeter de l'oxygène. L'énergie solaire est stockée par les plantes.



La cogénération

La cogénération consiste à produire en même temps et dans la même installation de l'énergie thermique (chaleur) et de l'énergie mécanique. L'énergie thermique est utilisée pour le chauffage et la production d'eau chaude à l'aide d'un échangeur. L'énergie mécanique est transformée en énergie électrique grâce à un alternateur. Elle est ensuite revendue à EDF ou consommée par l'installation.

L'énergie utilisée pour faire fonctionner des installations de cogénération peut être le gaz naturel, le fioul ou toute forme d'énergie renouvelable locale (géothermie, biomasse) ou liée à la valorisation des déchets (incinération des ordures ménagères...).



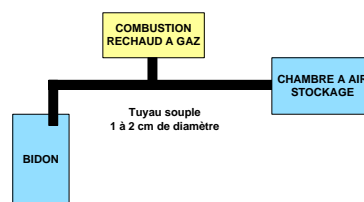
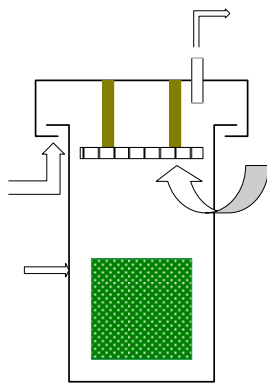
Cette source d'énergie fait fonctionner une turbine ou un moteur qui transforme l'énergie mécanique en énergie électrique.

Ces unités trouvent un immense champ d'application dans le logement qui seront alimentés à la fois en chaleur, eau chaude et électricité.

Le biogaz

C'est un gaz issu de la fermentation anaérobie (en l'absence d'oxygène) de matières organiques. Les déchets se décomposent sous l'effet des bactéries.

Le biogaz obtenu peut être employé à l'état brut dans des chaudières, ou, après épuration, comme carburant pour les véhicules. Il est alors l'équivalent du GNV (Gaz Naturel Véhicule) distribué par Gaz de France.



Le biogaz se compose principalement de méthane (CH_4) et de dioxyde de carbone (CO_2). On trouve aussi quelques traces d'hydrogène sulfuré (H_2S), responsable de l'odeur d'œuf pourri caractéristique du biogaz.

Les biocarburants

Ce sont des liquides obtenus à partir de matières premières végétales. Il existe deux types de productions :

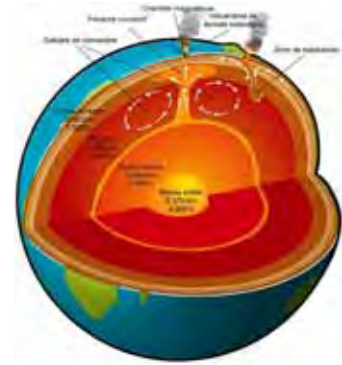
- Le bioéthanol et son dérivé l'ETBE (éthyl – tertiobutyl – éther), obtenus à partir de betterave, de blé, de maïs, de canne à sucre ou de pommes de terre. C'est un additif qui, ajouté à l'essence permet de réduire certaines émissions polluantes des voitures.
- Les huiles végétales et leurs dérivés (esters), obtenus à partir du colza, de soja ou de tournesol. Ils peuvent être un additif ou un substitut du gazole.



La géothermie

La géothermie est la science qui étudie les phénomènes thermiques internes du globe terrestre. C'est aussi l'ensemble des applications techniques qui permettent d'exploiter les sources d'énergies géothermiques.

Selon les régions, l'augmentation de la température avec la profondeur est plus ou moins forte : de 3°C par 100 mètres en moyenne jusqu'à 30°C par 100 mètres. Cette chaleur est produite pour l'essentiel par la radioactivité naturelle des roches qui constituent la croûte terrestre (désintégration de l'uranium, du thorium ou du potassium). Ainsi dans certaines roches et à certaines profondeurs circule de l'énergie sous forme de vapeur d'eaux chaudes. Ces eaux puisées à leur source ou



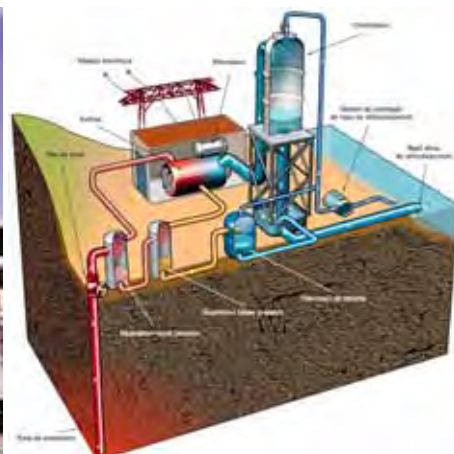
récupérées lorsqu'elles surgissent des géysers, sont collectées puis distribuées pour alimenter des réseaux de chauffage urbain. Cependant l'extraction de cette chaleur, n'est possible que lorsque les formations géologiques constituant le sous-sol sont poreuses ou perméables et contiennent des aquifères (un aquifère étant une nappe souterraine dans laquelle circule de l'eau ou de la vapeur d'eau).

Il existe trois types de géothermie :

- la géothermie de haute énergie (>180°C) et de moyenne énergie (entre 100°C et 180°C) : sa principale utilisation est la production d'électricité.
- la géothermie basse énergie (entre 30°C et 100°C) : couvre une large gamme d'usages comme le chauffage urbain, le chauffage de serres, le thermalisme,...
- la géothermie très basse énergie (entre 10°C et 30°C) : utilisée pour le chauffage et la climatisation.

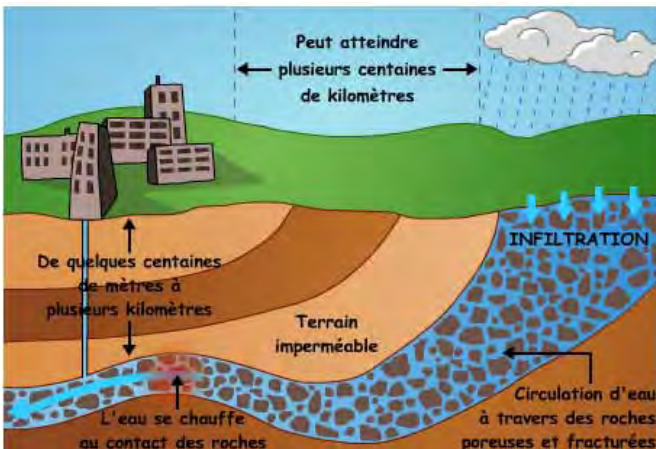
La géothermie de haute et moyenne énergie

Les gisements se composent de nappes de vapeur d'eau ou d'eau sous pression, situées à des profondeurs allant de 2000 à 3000 mètres pour la moyenne énergie. Grâce à ces grandes quantités de vapeur récupérée par un forage, on peut faire tourner des générateurs qui alimentent le réseau électrique. Un exemple bien connu est la centrale géothermique située à Bouillante en Guadeloupe (~300°C à 314 mètres, puissance de 5 mégawatts).



La géothermie de basse énergie

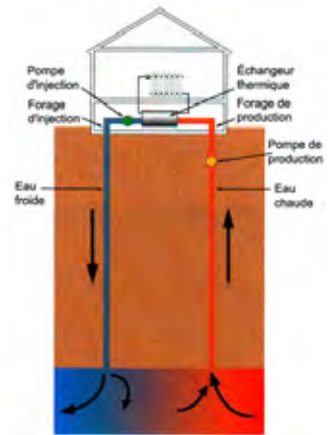
Les ressources géothermiques de basse énergie se trouvent entre 1000 et 2500 mètres de profondeur, dans des bassins souterrains de très grande dimension et présents à de nombreux endroits du globe.



L'eau chaude est exploitée directement lorsqu'elle est suffisamment pure avec une température et une pression adaptées. Dans le cas de trop haute température et de trop forte pression, on utilise des échangeurs, appelés « doublets ». Le doublet se compose de deux puits : un puit par lequel on pompe l'eau chaude de la nappe, qui communique sa chaleur à l'eau contenu dans le circuit

secondaire de chauffage ; et un autre puit par lequel on réinjecte l'eau dans la nappe à une température d'environ 25°C.

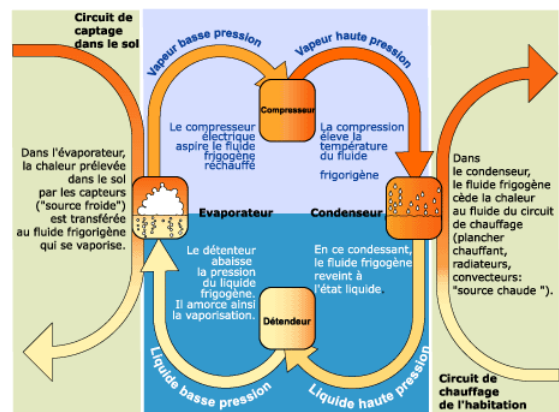
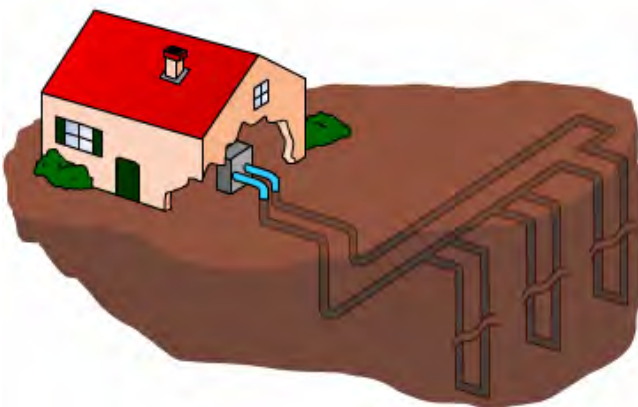
Le doublet est employé pour l'exploitation de la géothermie haute énergie.



La géothermie de très basse énergie

Dans ce type de production, la chaleur ne provient pas des profondeurs de la croûte terrestre, mais du soleil et du ruissellement de l'eau de pluie. Le sol joue un rôle d'inertie thermique et l'eau chaude est captée à faible profondeur et utilisée dans des pompes à chaleur.

Les pompes à chaleur peuvent être utilisées pour chauffer ou pour rafraîchir les maisons ou les bureaux. Le principe de fonctionnement est le suivant: Un circuit où circule un fluide frigorigène. À l'état liquide, il récupère la chaleur de l'eau chaude de la nappe et se transforme ainsi en gaz. Comprimé, puis détendu, il retrouve son état liquide et cède alors sa chaleur au circuit de chauffage du bâtiment. L'été, le système peut s'inverser et "pomper" la chaleur du bâtiment pour la restituer à la nappe.



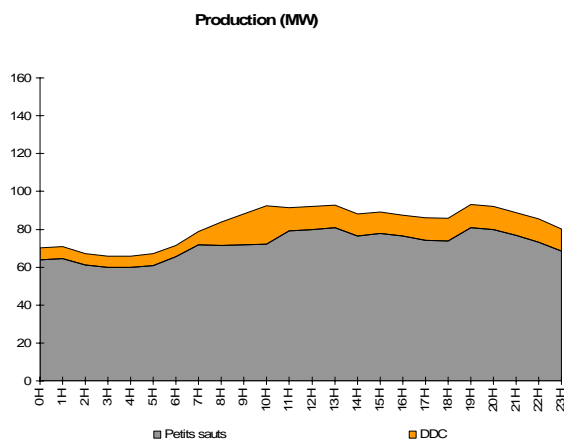
Les besoins et la production d'énergie en Guyane

Le système énergétique Guyanais

La Guyane possède actuellement deux sources principales d'approvisionnement en énergie :

- Le barrage de Petit-Saut (énergie renouvelable) ;
- L'importation de pétrole qui alimente les centrales thermiques (groupes diesel et centrales à combustion) de Dégrad des Cannes, de Saint-Laurent et de Kourou (énergie non-renouvelable) ;

La quasi-totalité des besoins en énergie électrique sont couverts par la production hydroélectrique, les groupes diesels et les turbines à combustions (TAC) venant en secours. Les années de faible hydraulicité causée par des saisons sèches marquées (El nino), les besoins en secours augmentent.



Quelques chiffres

Petit-Saut : 116 MW

Dégrad des Cannes : 72 MW (Diesel)
+ 40 MW (TAC)

Saint-Laurent : 7,4 MW (Diesel)

Kourou : 20 MW (TAC) ;

Avec l'évolution de la demande en énergie, le barrage de Petit-Saut arrive à saturation ce qui augmente sensiblement l'utilisation des énergies fossiles, donc l'importation de pétrole, et les contraintes sur l'environnement.

L'augmentation des moyens de production d'énergie doit tenir compte des éléments suivants :

- Le pétrole est importé ;
- Le réseau de distribution de l'électricité se situe principalement sur le littoral ;
- L'électrification de l'intérieur du pays doit être développée ;

Les énergies renouvelables peuvent apporter une réponse pour la décentralisation et la diversification des moyens de production.



La demande et son évolution

La consommation d'énergie par habitant était en 2000 de 0,95 tep (tonne équivalent pétrole), hors transport international. Elle se répartie entre la fourniture d'électricité et la fourniture de combustibles pour le transport, l'industrie, l'agriculture et la pêche.



Si l'on tient compte de l'évolution démographique, la population va doubler d'ici 25 ans, entraînant une augmentation de la consommation des ménages. En se penchant uniquement sur la production d'électricité, deux scénarios d'évolution sont élaborés :

Donnée de départ : la pointe journalière de consommation de 100 MW en 2000.

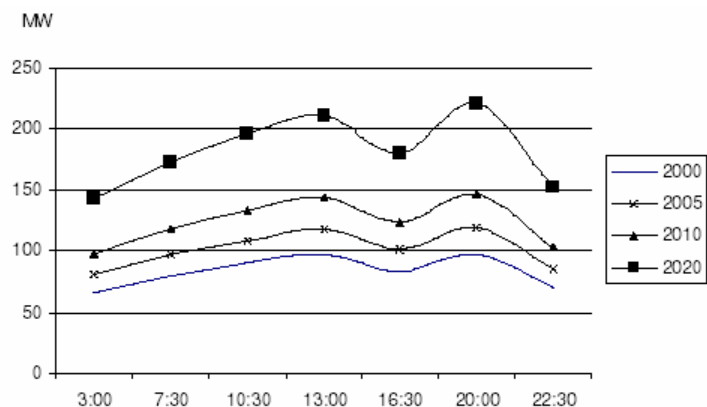
Scénario N° 1

On laisse faire.

La pointe journalière serait de 220 MW

Besoins supplémentaires de 120 MW minimum

La construction d'un nouveau barrage n'est pas envisageable avant 50 ans.



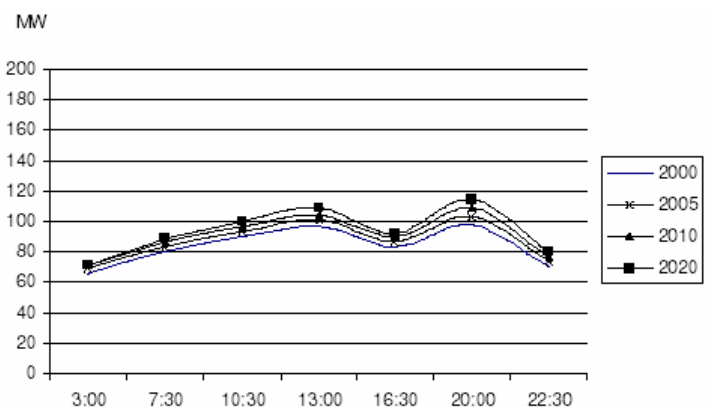
Scénario N° 2

Mise en place d'une politique de maîtrise de l'énergie

La pointe journalière serait de 120 MW

Besoins supplémentaires de 20 MW minimum

Ce scénario est favorable à l'installation de petites unités de production décentralisées.



Les potentiels renouvelables en Guyane

Les différents potentiels renouvelables exploitables en Guyane

Le soleil : 1800 Wh/m²/an environ soit de 4 à 6 heures/jour équivalent soleil de midi

Le vent : environ 5 m/s sur le littoral à 30m de hauteur

L'eau : 2 à 4000 mm de pluie par an

La biomasse : 90 % de la surface non exploitée

Pas de **géothermie** ni de **marées**

Le premier objectif visé par le développement des énergies renouvelables est l'électrification rurale décentralisée.

A l'intérieur de la Guyane, il est souvent impossible de tirer des lignes électriques. Les bourgs et les familles sont souvent alimentés par des groupes diesels collectifs ou individuels, qui obligent le transport de fioul et qui présentent un impact important sur l'environnement. Sur le littoral il y a également nécessité de tirer des lignes électriques supplémentaires.

Si l'utilisation des groupes est obligatoire, on peut envisager de diminuer leur puissance et leur utilisation en développant des solutions hybrides utilisant des sources d'énergies renouvelables : Hydraulique, Biomasse (bois), solaire photovoltaïque autonome ou raccordé au réseau (littoral).

Camopi ↓





L'énergie hydraulique

L'eau est la première source d'énergie renouvelable exploitée en Guyane, grâce à la construction du barrage de Petit-Saut en . Cette centrale hydroélectrique possède une puissance installée de 116 MW et produit une énergie annuelle de 560 GWh (équivalent à une puissance permanente de 64 MW). Le barrage a permis de passer de 1 m à 35 m de dénivelé, favorisant ainsi la concentration du potentiel énergétique de l'eau.



Vue aérienne du barrage de Petit-Saut

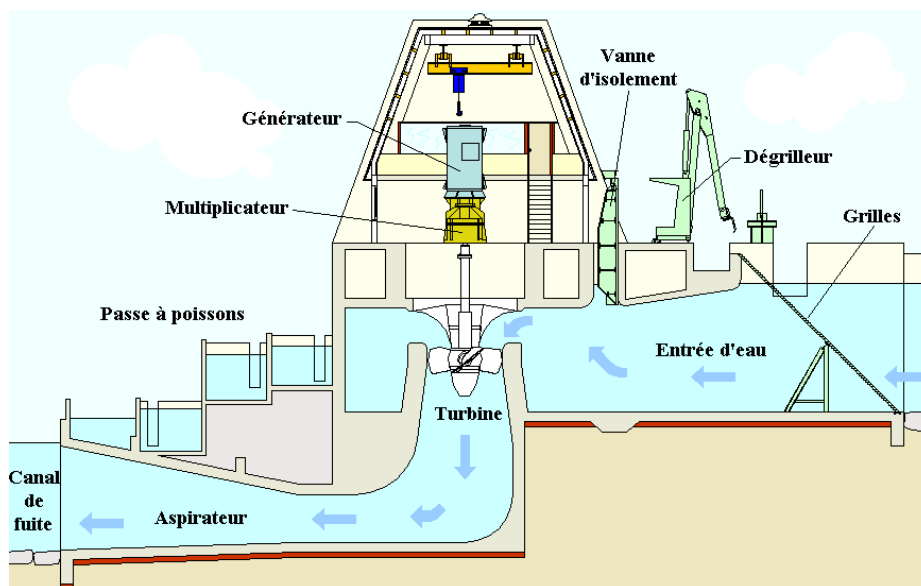


Schéma de fonctionnement

Les impacts sur l'environnement sont nombreux : Noie 310 km² de forêt, putréfaction des arbres, production de gaz à effet de serre, eutrophisation de l'eau qui entraîne une prolifération des plantes aquatiques et une modification des seuils d'oxygénation

La volonté de décentraliser les moyens de production conduit à envisager l'installation de petites centrales hydroélectrique, à l'exemple de la centrale de Saut Maripa (1,3 MW) qui alimente Saint-Georges ou de celle du site des Nourragues, pour l'alimentation des bourgs ou de sites professionnels (tourisme, recherche, télécommunication). Cependant leur installation est délicate, car la Guyane possède beaucoup d'eau mais très peu de dénivelé. De plus ces installations nécessitent des aménagements importants et très peu de sites sont adaptés.



Des projets sont à l'étude :

- Oyapock : Saut Maripa (1,3 MW) et 3 Sauts (300 kW)
- Maroni : Man Kaba Soula (9 MW) et Providence (300 kW)
- Affluents du Maroni : 400 kW (Maripasoula)
- Mana : 2 fois 6 MW



Les avantages :

- Pas de barrage
- Peu d'impact sur l'environnement
- Pas de stockage de l'eau

Inconvénient :

- Diminution importante de la production en fin de saison sèche

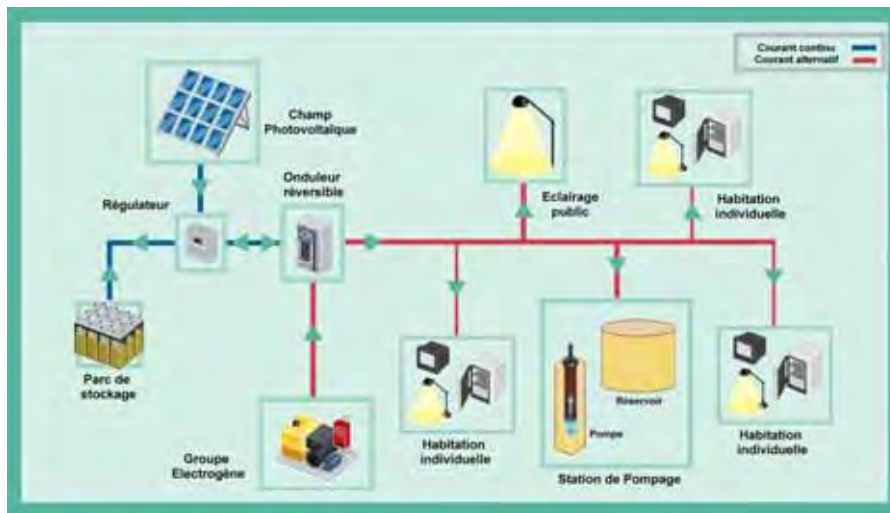


L'énergie solaire

L'utilisation de l'énergie solaire est axée essentiellement sur l'électrification rurale décentralisée.

Deux solutions sont actuellement exploitées :

- Les générateurs hybrides, photovoltaïque-diesel, qui alimentent des bourgs ou hameaux de 20 à 100 habitants. C'est le cas pour Kaw, Ouanary, St Elie, Ayawandé, Camopi, Tampack, 3 palétuviers, Apagui, Monfina et le Haut Maroni
- Des installations individuelles qui permettent d'alimenter une famille à l'exemple de la commune de Saül.



Centrale hybride photovoltaïque-diesel

Kaw (35 kWc)



Saül
(1200 Wc)



Le photovoltaïque raccordé réseau à actuellement le vent en poupe. Le tarif de rachat de l'électricité par EDF est avantageux, soit 0,30 €/kWh dans les DOM contre dans les autres régions de France, et des aides sont mises en place pour l'installation de petites unités.

Projets en cours : Réaliser une unité de 1 MW au CSG (couverture de parkings)



La biomasse et Les déchets

La Guyane possède un potentiel en biomasse important et varié. Cependant, il n'existe pas encore de systèmes permettant d'exploiter cette ressource.

Les diverses études menées à ce jour, ont permis de dégager les filières qui peuvent être valorisées.

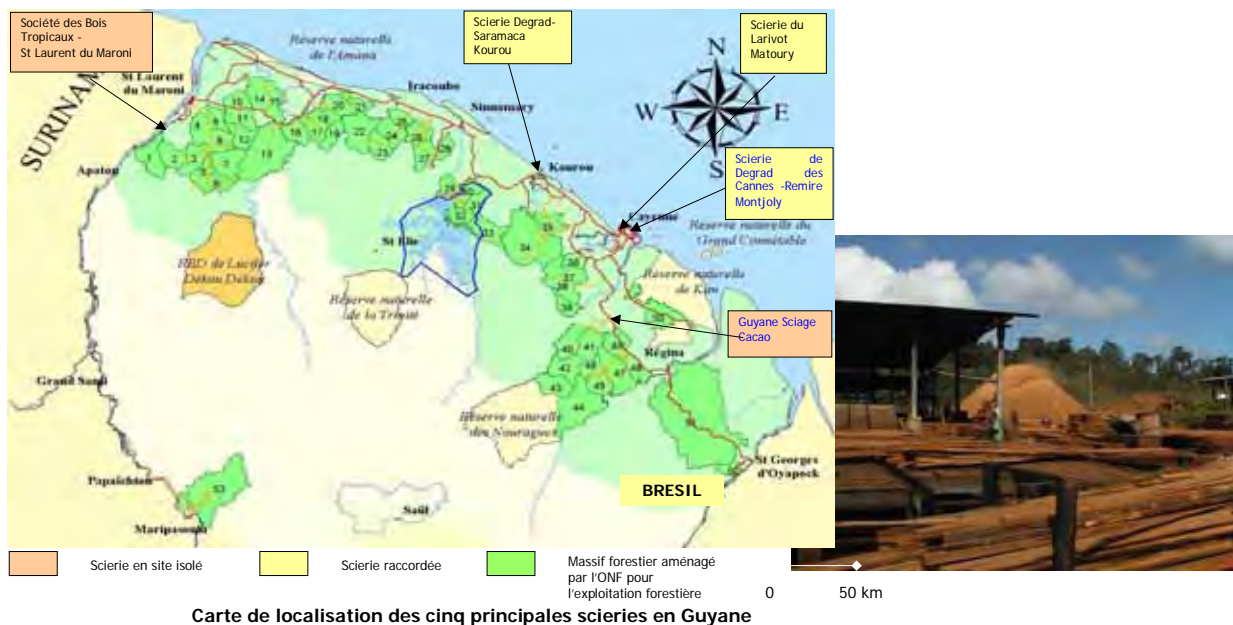
Combustion et gazéification :

- récupération déchets de scieries, de riz
- récupération de déchets d'exploitation forestière
- exploitation forestière complémentaire
- culture énergétique (bois)

Méthanisation :

- récupération de déchets verts

Les projets en cours sont nombreux et peuvent apporter une alternative intéressante aux sources de productions actuelles.



La récupération des déchets de scierie, à Kourou, Cayenne et Cacao, représente un potentiel de production de 3 fois 1 MW. La commune d'Iracoubo se penche sur la valorisation de coupes forestières visant à libérer du terrain agricole pour de la culture énergétique, et permettant de fournir ainsi 5 MW pendant 10 ans.

Dans l'Ouest guyanais, à Mana, la filière rizicole offre un potentiel de 0,5 MW grâce à la gazéification de la balle de riz.

- Une production centralisée électricité et climatisation au CSG : 10 MW produit et 10 MW évité (plus de 10 ans d'augmentation de la demande)



L'énergie éolienne

Le potentiel éolien de la Guyane a fait l'objet d'une étude en 1997, qui a donné les conclusions suivantes :

- la vitesse des vents est supérieure à 5 m/s à 30 m sur la bande côtière ;
- Il n'existe pas de risques cycloniques dans le département
- La filière n'est pas rentable en 1997, compte tenu de la puissance des machines développées (250 kW)

Aujourd'hui, avec l'évolution des différentes technologies, on sait fabriquer des éoliennes de 1 à 5 MW, d'une hauteur de 60 à 100 m. Ces progrès modifient notablement l'évaluation de la rentabilité des projets éoliens.

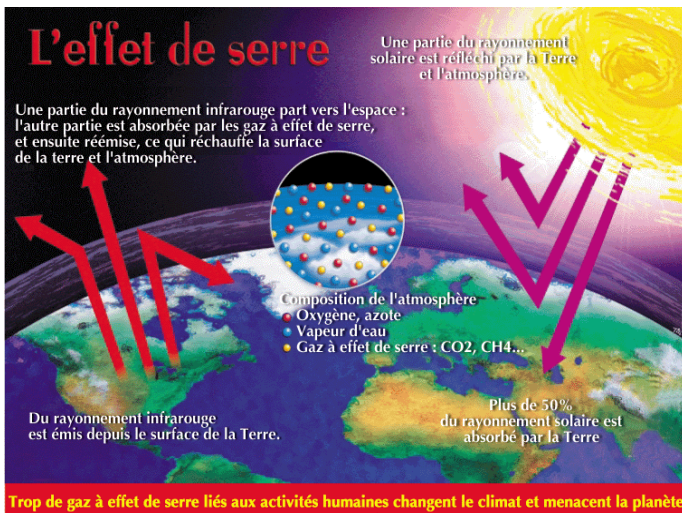
Un projet en cours d'étude sur Macouria

Energie et environnement

Les enjeux de la Maîtrise De l'Énergie

La production énergétique de la Guyane dépend en grande partie de l'importation du pétrole, aussi bien pour la fourniture d'électricité que pour les transports.

Les impacts sur l'environnement sont nombreux :



- ⇒ Réchauffement climatique
- ⇒ Glissements de terrains
- ⇒ Eboulements de versants
- ⇒ Coulées de boue,
- ⇒ Inondations à Macouria en 2003
- ⇒ Sécheresse exceptionnelle en 2003 et manque d'eau dans le bassin de rétention du barrage de Petit Saut

Et la bande côtière de la Guyane ?

« Les mangroves sont constituées de palétuviers, d'arbres adaptés à un milieu inondé au gré des marées. Il y a 55000 ha de mangroves en Guyane. Dans une conjoncture d'élévation de la mer, les vasières à mangrove guyanaises pourraient connaître une migration latérale vers la terre. En effet, la côte de la Guyane est longée par un courant qui transporte chaque année quelque 250 millions de m³ de vase d'origine amazonienne, La vase se déplace sous la forme de bancs régulièrement espacés, d'où sur un même secteur de rivage des alternances d'accrétion et d'érosion. Source: Roland PASKOFF, Université Lumière, Lyon ».

La maîtrise de l'énergie (MDE), s'inscrit dans la mise en place d'une politique de développement durable du département. En effet, nos ressources énergétiques sont :

- ⇒ pour le pétrole : non durables ;
- ⇒ pour les énergies renouvelables : durable mais avec une gestion raisonnée ;

Pour permettre le développement, il faut donc répondre de manière efficace à la demande des usagers. Soit en améliorant les systèmes utilisant l'énergie fossile, soit en favorisant l'utilisation des potentiels locaux d'énergies renouvelables. Ceci contribue à favoriser l'indépendance énergétique d'une région.

Approche citoyenne et Maîtrise De l'Energie

Comment importer moins de pétrole ?

- En faisant des économies d'électricité et de transport
- En produisant l'électricité par des sources d'énergies renouvelables

Cela dans un contexte d'augmentation de la demande par :

- l'augmentation de la population
- l'augmentation des besoins individuels

Economies dans les transports

Développement du transport en commun urbain et interurbain (volontaire)

ou

Régulation naturelle par le marché :

le prix du carburant augmentant, une partie de la population ne pourra plus se déplacer (passif)

La production d'électricité

Un marché soutenu par la solidarité nationale qui coûte 100 M€/an

- Petit Saut saturé
- Dégrad des Canes doit être arrêté
- Les TAC ne sont que des secours

- Pas d'augmentation de la production
- Pas de production durant El Nino

