

ALTERNATIVES ENERGETIQUES

1. L'ENERGIE SOLAIRE

En dehors de son apport énergétique direct, le soleil fait tourner les cycles de l'écosystème : circulation atmosphérique, circulation de l'eau, cycles de la vie, au cours desquels se fabriquent et s'échangent les matériaux constitutifs des êtres vivants : C, H, O, N, S, R ...

11 L'ENERGIE SOLAIRE DIRECTE

Pour évaluer l'apport que le soleil peut fournir à nos besoins, il importe d'avoir à l'esprit la puissance de ses rayons en fonction du lieu et du moment.

Géographiquement, la présence du soleil se manifeste surtout dans les régions désertiques de la planète.

Sous nos cieux, le rayonnement est maximal en mai et juin, mois durant lesquels il atteint huit fois la moyenne de novembre et décembre.

111 Utilisation thermique de l'énergie solaire

La réaction de fusion nucléaire qui se déroule dans le soleil est la source du rayonnement électromagnétique que nous recevons sur terre. Celui-ci est réparti suivant un spectre (fréquences, longueurs d'onde, couleurs) dont une petite moitié est visible et une bonne moitié est constituée d'infrarouge.

L'énergie reçue par une surface est partiellement réfléchie, partiellement captée et emmagasinée ou réémise, éventuellement transmise. Un insolateur doit maximiser la captation et minimiser la réémission. La couleur, la brillance, la nature et l'aspect physique de la surface, ainsi que la présence de surfaces transparentes en amont, influencent le taux de captation.

Le transfert de la chaleur depuis l'insolateur se fait généralement par un fluide caloporteur circulant dans le capteur et dans le circuit d'utilisation.

Une installation de chauffage solaire comporte tout ou partie des éléments suivants : insolateur(s), échangeur de chaleur, circuit du caloporteur, boiler, pompe, système de régulation, chauffage complémentaire.

Si l'on fait généralement appel à des capteurs plans, l'obtention de hautes températures impose le recours à des concentrateurs, qui permettent de rassembler un rayonnement plus grand sur une surface donnée. A petite échelle, il existe des concentrateurs coniques et cylindroparaboliques. A l'échelle industrielle ("centrale" solaire) on fait appel généralement à un grand nombre de miroirs plans réfléchissant la lumière sur un foyer.

Dans nos régions, les applications des capteurs solaires plans sont essentiellement limitées au chauffage d'eau sanitaire et au chauffage d'appoint de piscines. La diffusion de l'énergie solaire se heurte au fait que les pays les plus favorables ne sont pas ceux où se développent les technologies de pointe.

Les techniques de concentration sont encore à l'ère expérimentale. Parmi les applications à petite échelle, citons le cuiseur solaire (four).

La rentabilisation d'une filière énergétique alternative est liée à la fois au prix des vecteurs traditionnels et à la diffusion de la technique nouvelle (économies d'échelle).

112 Transformation mécanique de la chaleur solaire

La force mécanique et l'électricité sont deux vecteurs énergétiques très intéressants. La filière la plus connue est la filière thermodynamique

| chaleur (solaire) \Rightarrow vapeur \Rightarrow force motrice \Rightarrow électricité |

Cette technique ne peut fonctionner que si la chaleur atteinte est suffisante, ce qui dans le cas du solaire impose la concentration ; c'est pourquoi peu d'applications ont jusqu'ici vu le jour.

Le principe du moteur Ericson consiste à utiliser mécaniquement, sur un piston ou sur une turbine, la dilatation de l'air chauffé.

Le projet Nazare consiste à utiliser la tendance à l'ascendance de l'air chaud, guidé, pour faire tourner une turbine.

Si on arrête les dégradations énergétiques avant l'électricité, on a un moteur solaire. Des moteurs solaires thermodynamiques faisant appel à un fluide bouillant plus vite que l'eau fonctionnent à titre expérimental, actionnant notamment des pompes.

113 Transformation de la chaleur solaire par voies non mécaniques

La lumière solaire peut être convertie en électricité par voie mécanique et par photovoltaïsme, mais la chaleur solaire peut être également transformée en énergie électrique par l'effet thermoïonique, basé sur la circulation électronique entre cathode chauffée et anode, et par thermocouple, où on forme un courant à la jonction de deux conducteurs, l'un chauffé. Ces idées n'en sont qu'aux balbutiements.

114 Froid solaire

Le besoin de froid étant souvent lié à la présence de soleil, sa production peut être très intéressante en utilisant ce dernier. Dans un réfrigérateur on passe soit par la chaleur (absorption) soit par un moteur. Le soleil peut être à l'origine dans les deux cas.

115 Utilisation de la lumière solaire

La photochimie est la synthétisation de produits à l'aide d'énergie lumineuse. Vu les grandes quantités exigées, il serait intéressant de faire appel au soleil.

On pourrait appeler lumiducs les guides lumineux, servant à transporter la lumière de la source à l'endroit à éclairer. Ceci peut se faire par jeu de miroirs, comme dans un appareil photographique Reflex, ou par tubes aux parois internes réfléchissantes.

116 Transformation de la lumière solaire en électricité

L'effet photoélectrochimique encore expérimental, consiste en un courant entre une électrode éclairée et une électrode dans l'ombre.

L'effet photovoltaïque est, lui, opérationnel.

Une cellule photovoltaïque est une lame de silicium recouverte d'une très mince couche de

silicium également, mais de conductivité opposée. Les photons lumineux qui touchent cette dernière arrachent des électrons, qui sont libérés par des prises de contact. Le silicium est facile à trouver : c'est du sable ; mais la construction de la cellule exige beaucoup de soin quant à sa pureté et à l'épaisseur des couches. C'est pourquoi le prix actuel des cellules est fort élevé, mais aussi très susceptible de bénéficier d'économies d'échelle.

A l'heure actuelle on utilise le photovoltaïsme dans les situations où un raccordement au réseau d'électricité est impossible : bouée en mer, satellite etc.

12 L'ENERGIE EOLIENNE

L'énergie éolienne est essentiellement d'origine solaire, les mouvements généraux de l'air dépendant des différences de densité de l'atmosphère, dues elles au gradient de température d'un point à l'autre du globe.

La puissance du vent montre des variations spatiales (en bord de mer par exemple grâce au stabilisateur thermique qu'est l'eau) et temporelles - quotidiennes (jour/nuit) et annuelles (fonction des saisons).

La vitesse moyenne du vent est plus élevée sur mer que sur terre et croît avec l'altitude, Les obstacles au sol ont une grande influence.

121 Utilisation "statique" de l'énergie éolienne

On entend par là le contraire de moteur éolien. Il s'agit principalement de la voile.

Sur mer, celle-ci a une longue histoire. Elle fait cependant probablement aussi partie de l'avenir, puisqu'on y songe pour les Superpétroliers, ...

Elle est encore présente sur terre, pour les loisirs : le char à voiles.

Dans l'air, l'énergie éolienne sert sinon à la sustentation, du moins à la propulsion des planeurs.

122 Les aéromoteurs

Leur histoire remonte à quelques siècles avant notre ère ; en Europe, les moulins à vent datent du haut Moyen Age.

Depuis le début du siècle - et plus particulièrement depuis une dizaine d'années - on étudie plutôt les aérogénérateurs, produisant de l'électricité.

Le principe consiste à récupérer l'énergie cinétique du vent, qui est proportionnelle à la Surface de captation et au cube de la vitesse de l'air.

Il est donc primordial de connaître cette dernière.

Le vent fait tourner une hélice, dont l'axe peut être horizontal ou vertical.

Outre la position de l'axe, d'autres critères distinguent techniquement les moteurs éoliens : l'orientation des pales (parallèles ou perpendiculaires au vent, devant ou derrière l'appareil), la forme des pales, la vitesse de rotation, la puissance nominale, l'utilisation (électricité ou force directe) ,

Les principaux types d'éoliennes sont les suivants

	axe	pales	vitesse	<u>puissances</u>
multipales	horiz	perp	faible	moyennes
bipales et tripales	horiz	perp	élevée	moy. à
darrieus	vert	paral	élevée	moy. à
savonius	vert	paral	faible	faibles
moulinet	vert	paral	faible	très faibles

Eoliennes à axe horizontal

Ce sont soit des aérogénérateurs soit des éoliennes de pompage. Elles sont constituées

- d'une partie orientable, comprenant l'hélice bi- ou multipales dotée du dispositif de freinage, le dispositif d'orientation, le multiplicateur ou réducteur éventuel de vitesse, ainsi que le générateur (aérogénérateur) ou le dispositif de transmission de force à la partie fixe.
- d'un mât sur lequel est articulée la partie orientable et comprenant l'axe de transmission de force ou de courant électrique.
- d'auxiliaires que sont la pompe et le réservoir de Stockage de l'eau (pompage) ou la régulation et le Stockage électrique (générateur).

Eoliennes à axe vertical

Comparées aux précédentes, elles ont l'avantage de ne pas devoir être orientées mais l'inconvénient d'un rendement moindre. On utilise principalement les machines de Darrius et les rotors de Savonius, ou encore les deux couplées. Elles sont néanmoins beaucoup moins diffusées que les éoliennes horizontales.

Perspectives d'avenir

Les appareils à axe horizontal sont opérationnels et se développent rapidement, On s'oriente pour l'avenir vers des machines de plus grande puissance (jusqu'à 5000 kW), tant traditionnelles que nouvelles.

13 L'ENERGIE HYDRAULIQUE

L'énergie hydraulique est aussi d'origine solaire : tous les mouvements se font dans le cadre du cycle de l'eau, commandé par l'évaporation

en mer | précipitations ↔ évaporation
sur terre | précipitation ↔ évapo(transpi)ration
→ ruissellement / infiltration | mer

Conceptuellement, l'énergie de l'eau est récupérable non seulement sous forme cinétique, mais également sous forme thermique ou "saline".

L'énergie hydraulique n'est pas forcément alternative - dans ses formes dont existent des applications - mais bien généralement "douce", en ce sens qu'elle ne perturbe pas ou peu les flux et ne consomme pas de stock.

131 Les centrales au fil de l'eau

Il s'agit de faire tourner une roue plongeant dans le lit d'un cours d'eau et produisant de la force mécanique ou de l'électricité. La puissance récupérée est fonction du débit et de la vitesse de l'eau ; elle est très rarement équivalente à la puissance récupérable à l'aide d'une retenue.

132 Les chutes

Des turbines actionnées par une chute ont l'avantage de pouvoir bénéficier de la pesanteur, La solution technique retenue dépend de la hauteur de la chute

- hauteur faible : roues à aube ou turbines à hélices
- hauteur moyenne (3 à 15 m) : roues à augets, turbines à réaction, groupes bulbes (turbines à axe horizontal)
- hauteur de 15 à 40 m : turbines à axe horizontal
- hauteur élevée : turbines Francis ou Pelton avec récupération de l'énergie cinétique

résiduelle à la sortie

Les centrales de pompage sont des centrales dont les turbines servent à la production d'électricité aux heures de pointe et de pompes pour remplir des réservoirs d'eau aux heures creuses ; elles servent à réguler la production d'électricité plus qu'à la production elle-même.

133 Les marées

La centrale électrique marémotrice fait appel au mouvement des marées pour produire de l'électricité via une récupération de la force cinétique.

134 Les vagues

Des recherches portant sur la récupération de la force des vagues sont en cours. Le principal problème à vaincre est la conversion d'un mouvement oscillant par nature en mouvement rotatif.

135 Les courants marins

Les courants marins développent une énergie cinétique considérable, d'où l'idée - non appliquée encore - d'en récupérer la force.

136 Energie de la salinité des mers

Il s'agirait d'exploiter l'énergie mise en jeu lors de la rencontre de l'eau douce d'un fleuve avec l'eau salée. Les recherches ne sont pas très avancées.

137 La chaleur océanique

La méthode est basée sur la thermodynamique appliquée à la différence de température entre les grandes profondeurs, froides, et la surface des mers tropicales.

La difficulté réside en le faible écart de température.

On distingue deux filières : les machines à cycle ouvert, où l'eau captée est évaporée à très faible pression, et les machines à cycle fermé, faisant appel à un échangeur de chaleur.

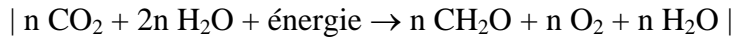
La centrale peut être implantée soit en mer soit à terre.

Ces techniques sont au stade expérimental.

14 LA BIOMASSE

140 La synthèse de la biomasse

L'élaboration de matière organique est le résultat d'une transformation chimique appelée photosynthèse, d'équation



Tout en emmagasinant une partie de l'énergie lumineuse reçue, la plante utilise l'autre partie pour synthétiser de la matière (CH₂O).

La production nette de matière organique à l'échelle du globe est très élevée.

Elle dépend bien entendu de divers facteurs, tels que la plante, la lumière, la température...

L'exploitation de végétaux à des fins énergétiques est encore peu répandue si l'on fait abstraction du bois de chauffage.

La plupart des algues, ainsi que la betterave, le manioc et le sorgho ont un rendement par unité de surface élevé.

Les plantes peuvent être à l'origine de chaleur (combustion) ou de divers vecteurs énergétiques intermédiaires : méthane, alcool, hydrogène...

141 L'incinération

Le bois a un pouvoir énergétique égal à peu près à la moitié de celui du charbon. Son prix dans nos régions est comparable. La difficulté de mise en oeuvre est due aux problèmes de manutention ; aussi est-il peu probable que l'on voie dans un avenir proche un redéploiement massif du chauffage au bois.

D'aucuns ont pensé également à la combustion de déchets végétaux, ce qui a le double avantage écologique d'économiser l'énergie et de réduire des nuisances.

142 La méthanisation

La fermentation anaérobie - un des plus vieux processus de décomposition de matières organiques - est exploitée par l'homme sans doute depuis le début du XX^{ième} siècle.

Le processus de la digestion méthanique est complexe : il consiste en bref en l'élimination par bactéries de l'oxygène ambiant suivie d'une solubilisation et d'une hydrolyse anaérobie des constituants organiques.

Différents paramètres interviennent dans la réaction : temps de rétention, température, pH, concentration de bactéries etc.

Les matières qui entrent en réaction peuvent être d'origine animale et ou végétale.

Les produits résultants sont d'une part un gaz composé principalement de méthane (CH₄) et d'autre part des boues de digestion susceptibles de former un engrais intéressant.

Les digesteurs peuvent être distingués par les matières premières qu'ils acceptent, le degré d'automatisation et l'utilisation du gaz produit. Une installation comprend tout ou partie des éléments suivants : bac tampon, digesteur avec ou sans agitateur, chauffage, épurateur de gaz, gazomètre, compresseur, dispositif de circulation des matières solides, dispositif de régulation et de contrôle des paramètres.

Les digesteurs à biogaz sont probablement promis à un bel avenir : dans les régions rurales grâce à leur propriété de produire de l'énergie et de l'engrais tout en consommant des résidus, dans les stations d'épuration industrielles et urbaines pour ce dernier motif.

143 La fermentation alcoolique

La synthèse d'alcool au départ de glucose est fondée sur l'équation de Gay-Lussac ; la

réaction, catalysée par des levures, produit de l'éthanol, séparé par distillation, et du dioxyde de carbone,

Les matières premières convenant sont des matières sucrées ou cellulosiques, provenant par exemple de la betterave, des fruits, de la paille, du papier.

L'éthanol peut être utilisé comme carburant, additionné à ou remplaçant l'essence. Aux Etats-Unis il est commercialisé.

Des sous produits peuvent être valorisés également : il s'agit de levures et d'eaux résiduelles susceptibles de faire un fertilisant.

144 Transformations thermochimiques de la biomasse

L'idée consiste en la transformation de la biomasse en combustibles plus faciles à manipuler.

La pyrolyse est une réaction physico-chimique en l'absence d'oxygène; des matières organiques résultent du charbon, un gaz pauvre mais combustible, ainsi qu'un résidu, C'est un procédé très ancien pour la fabrication de charbon de bois; l'idée de valoriser le gaz est, elle, récente.

La gazéification par chauffage en présence d'air, d'oxygène ou hydrogène, donne un gaz pauvre ; elle remonte au début du siècle, sous la forme des gazogènes au bois (et à l'air). On s'oriente plutôt à l'heure actuelle vers la gazéification par catalyse ou avec pyrolyse préalable.

L'hydroliquéfaction - ou hydrocraquage - de matière végétale s'effectue à très forte pression et à température assez élevée. Le procédé, à l'étude, donnerait des hydrocarbures liquides.

145 La production photosynthétique d'hydrogène

La première étape est identique à celle de la photosynthèse : c'est la photolyse de l'eau, avec dégagement d'oxygène. La deuxième étape est orientée vers la production d'hydrogène grâce à un enzyme, l'hydrogénase, contenu dans des organismes vivants tels que certaines algues.

Les travaux sont à leur début ; les rendements expérimentaux ne sont pas encore satisfaisants.

146 Production photosynthétique d'électricité

Lorsqu'on place dans une cellule électrochimique une solution de thylakoïdes provenant de feuilles de petits pois, et qu'on expose le tout à une très faible lumière rouge, le milieu se comporte comme un électrolyte.

Le processus est encore très fragile ; l'avenir nous dira s'il y a quelque chose à en tirer.

(à suivre)