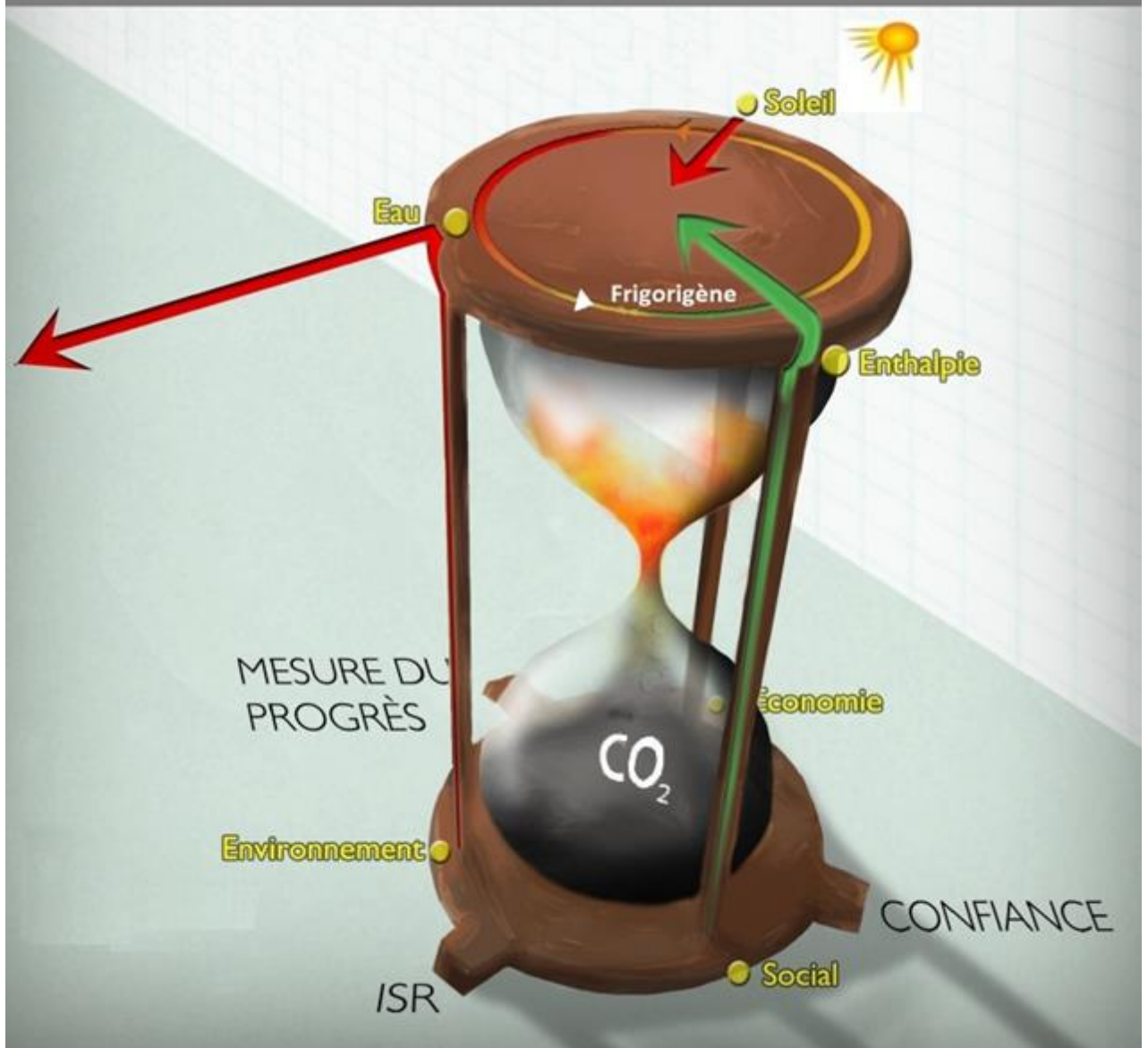


Jean Grossmann

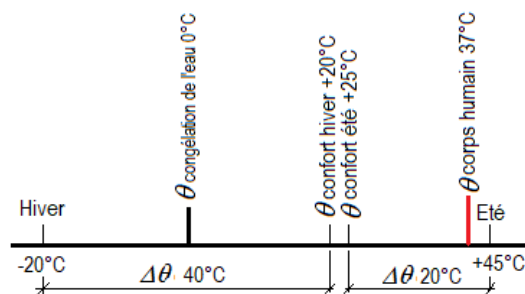
La "Solar Water Economy" avec la rivière



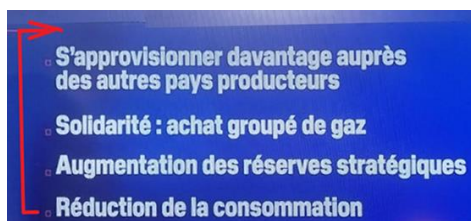
INTRODUCTION L'essentiel

Cette proposition de mise en œuvre de la "Solar Water Economy" est une ouverture raisonnable présentée sous la forme d'une petite encyclopédie vers un monde plus social et plus sûre, réduisant les inégalités, et allant dans le sens de la préservation de nos écosystèmes. Je constate que la chaleur renouvelable contenue dans l'eau est la grande oubliée du débat électoral et scientifique actuel. Mon souhait est de vous transmettre un message d'espoir : compte tenu des besoins énergétiques dans une région surpeuplée comme l'Île de France, expliquer qu'il est réaliste de les satisfaire avec les énergies renouvelables. Ceci en supprimant l'usage des produits fossiles avant qu'ils ne s'épuisent encore plus et du nucléaire en raison de sa dangerosité. Ceci aussi en tenant compte qu'il est préférable de se préoccuper au préalable de la façon dont on consomme l'énergie électrique avant de s'interroger sur le choix de la chaîne énergétique permettant de la produire. Ne vous étonnez donc pas de constater que la consommation de l'énergie a été classé avant sa production. Certes avant de pouvoir consommer, il faut produire, mais pourquoi produire plus si l'on peut satisfaire ses besoins en consommant moins ? Enseigner à l'école comment nous pouvons protéger notre environnement grâce à l'écologie va devenir aussi important que d'apprendre le français et savoir compter. Ceci en mettant en évidence comment le soleil ainsi que les capacités thermiques conjuguées de l'eau superficielle et celle de notre sous-sol, lorsqu'elles sont aidées par le vent sont, pour l'essentiel, à même de mieux les satisfaire nos besoins énergétiques que l'atome et la combustion. Ceci en abordant les changements de chaînes énergétiques que cela va impliquer et sans cacher les difficultés et les limites actuelles de ce changement en ce qui concerne le stockage de l'énergie électrique. La contrainte principale du courant électrique est d'éviter la désynchronisation entre production et consommation. La fréquence du courant alternatif européen doit constamment rester à 50 Hz. En dessous de 49,5 Hz, des sécurités s'enclenchent pour couper certaines zones et isoler les centrales pour éviter les coupures de courant. Si l'on observe quantitativement et globalement le besoin en énergie pour assurer le confort thermique de l'habitat sur l'année calendaire on constate au travers des chiffres que le français, pour assurer son confort, a globalement plus besoin de chaud que de froid, sensiblement deux fois plus, ce qui, à l'heure du réchauffement climatique, va plutôt dans le bon sens.

En effet, alors que l'intérieur de son corps reste à une température constante de 37°C, les températures extrêmes françaises sensiblement égales à -20°C l'hiver et +45°C l'été sont espacées de 40°C d'une température de confort hivernale qui pourrait être de 20°C alors qu'elle n'est espacée que de 20 degrés de ce qui pourrait être une température de confort estivale de +25°C.



J'ai commencé, pour cette raison, à évoquer comment nous pourrions satisfaire notre confort grâce à de nouvelles chaînes énergétiques consommant moins d'énergie. Cette façon de classer les chapitres m'a permis de mieux expliquer ce que doit être dans la pratique la nature de notre transition énergétique.



Vu à la télé. Domage que le plus important soit à la fin

La vision de l'Union européenne qui se propose de diviser par 3 les importations de gaz russe d'ici la fin de 2022 suite au drame ukrainien est la bonne mais semble optimiste si l'on considère « Le temps qui passe ».

Ceci compte tenu du fait que les besoins en énergie pour chauffer l'habitat et satisfaire les besoins de l'industrie des pays européens situés au nord de l'Europe sont plus importants que les nôtres. Atteindre cet objectif à l'horizon 2024 ne semble toutefois pas irréaliste si nous agissons dès à présent et prioritairement pour réduire la consommation grâce à la : "Solar Water Economy"

Un rapport de l'Organisation Météorologique Mondiale* (OMM) constate que le comportement de l'atmosphère terrestre et son interaction avec les océans s'est modifié plus rapidement que jamais. Il confirme preuve à l'appui que ces sept dernières années étaient les plus chaudes jamais enregistrées sur terre. Comme Mr le secrétaire général de l'ONU, Antonio Guterres, le lutin thermique que je suis s'inquiète de constater que l'humanité est incapable de lutter contre le dérèglement climatique. Pour tenter de passer le cap des trois ou quatre générations à venir, période qui pourrait bien être nécessaire pour mettre au point la fusion nucléaire, la vision que j'ai en tant que lutin thermique des actions à prendre pour solutionner ce problème est pour l'essentiel la même que celle de *négaWatt* qui a eu le courage d'aborder ces sujets trop souvent ignorés par nos responsables politiques et ceux qui les entourent

Ce qui est indispensable à notre survie**

Les 3 principales ressources indispensables à notre survie sont l'oxygène, l'eau, et la nourriture.

On peut survivre :

- 3 minutes sans respirer, guère plus
- 3 jours sans boire
- 30 jours sans manger,

Avec « le temps qui passe » notre survie se mesure aussi avec des échelles de temps plus importantes, voire beaucoup plus importantes comme cela est expliqué au chapitre 5



* L'Organisation Météorologique Mondiale, institution spécialisée des Nations Unies fait autorité pour tout ce qui concerne le comportement de l'atmosphère terrestre, son interaction avec les océans, le climat qui en est issu et la répartition des ressources en eau qui en résulte.

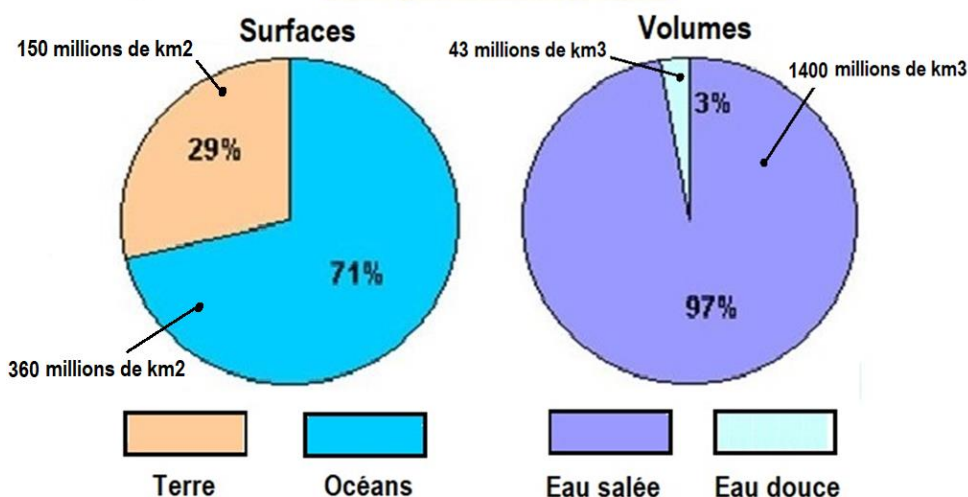
** [Pasteur](#) nous a appris que notre corps est composé de 70% d'eau

1 L'eau

- 11 L'eau sur terre

L'eau (H₂O), composée d'hydrogène et d'oxygène, fait partie intégrante de notre vie. Bien que le volume d'eau douce sur terre ne représente que 3% du volume total, le [potentiel d'énergie thermique renouvelable](#) mis à la disposition de l'homme à l'intérieur des terres habitées par ses rivières, ses lacs et l'eau contenue dans le sous-sol est le plus souvent supérieur à ses besoins thermiques. On imagine quel est le potentiel thermique naturel mis à notre disposition si l'on ajoute le potentiel de l'eau de mer qui gèle à seulement -2°C en raison de sa salinité moyenne de 35 grammes de sel par litre d'eau.

La répartition de l'eau



L'eau est en effet un formidable véhicule thermique et l'on va progressivement examiner comment des paramètres tels que sa conductivité, sa chaleur spécifique, sa chaleur latente de fusion (fonte de la glace) sont des [sources potentielles d'espoir](#) qui permettront à homo sapiens de mieux comprendre le fragile équilibre des forces de la nature, de dominer le gâchis actuel et de passer le cap de la transition énergétique.

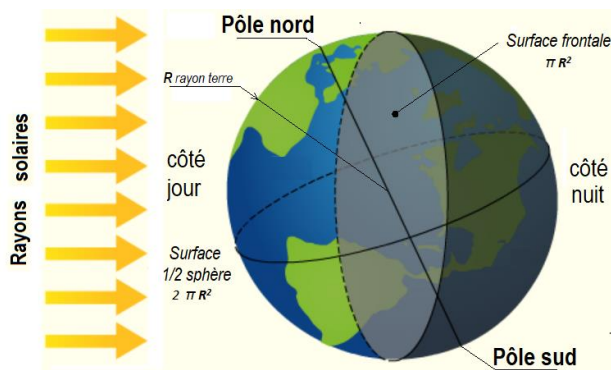
Les dimensions de la terre

- Les longueurs : Rayon $R = 6371$ km Circonférence (le tour de la terre) $2\pi R = 40\,075$ km

- Les surfaces :

totale terre + mer $S = 4\pi R^2 = 510$ millions de km²
 dont 153 millions de km² terre (30%)
 et 357 millions de mer (70%)

frontale $\pi R^2 = \pi \times 6371^2 = 127$ millions de km²



- Les volumes : totales terre + mer $V = 4/3 \pi R^3 = 1083$ milliards de km³
 dont "seulement" 1,4 milliard de km³ d'eau de mer

[Un océan pour la vie](#)

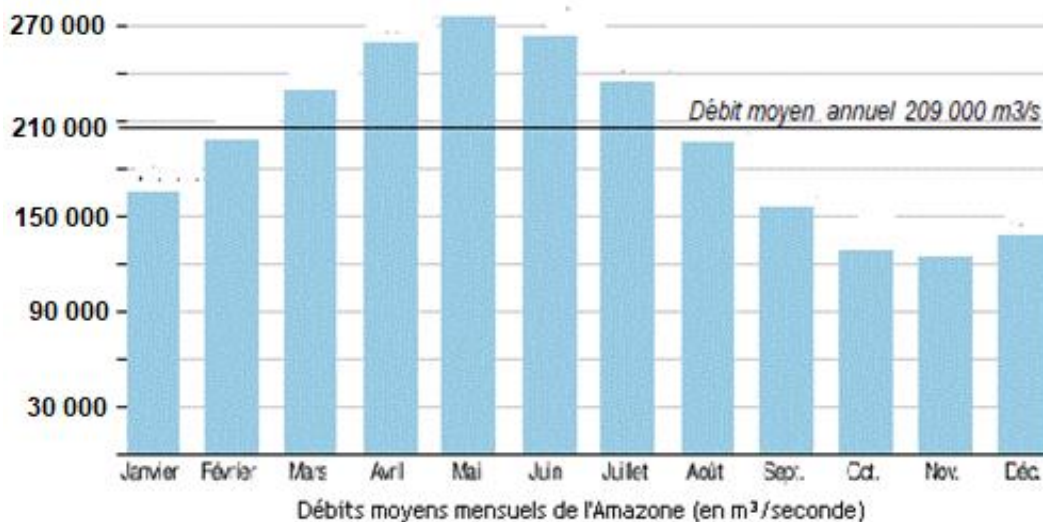
Le fleuve Amazone

Difficile d'évoquer l'eau sur terre sans mettre en lumière ce très grand fleuve

Avec ses 7 millions km², l'immense bassin de l'Amazone a une surface sensiblement égale à 14 fois celle de la France métropolitaine. Ce fleuve qui prend sa source au Pérou dans la cordillère des Andes (Río Mantaro) est avec sa longueur de 6 992 km le plus long fleuve au monde. Il traverse la Colombie et le Brésil dans des zones pratiquement inhabitées ce qui explique en partie la raison pour laquelle il n'y a aucun pont. Il faut dire aussi que la largeur de ce fleuve, sa profondeur, sa puissance, la multitude d'îles et de bras fluviaux, les berges inondées plusieurs mois par an et remodelées à chaque crue constituent un véritable défi d'ingénierie



Le fleuve 'Amazone est en effet sujet au fil des saisons à de grosses variations de profondeur d'eau et de largeur. Cette dernière qui est comprise entre 3,2 et 9,7 km pendant la saison sèche (entre juin et novembre) peut passer à une cinquantaine de km pendant la saison des pluies (décembre à avril), un niveau de l'eau qui peut être 15 mètres plus haut qu'il ne l'est en saison sèche. On imagine dans ces conditions les difficultés techniques et logistiques ainsi que les investissements financiers qui seraient associées à la construction de ponts

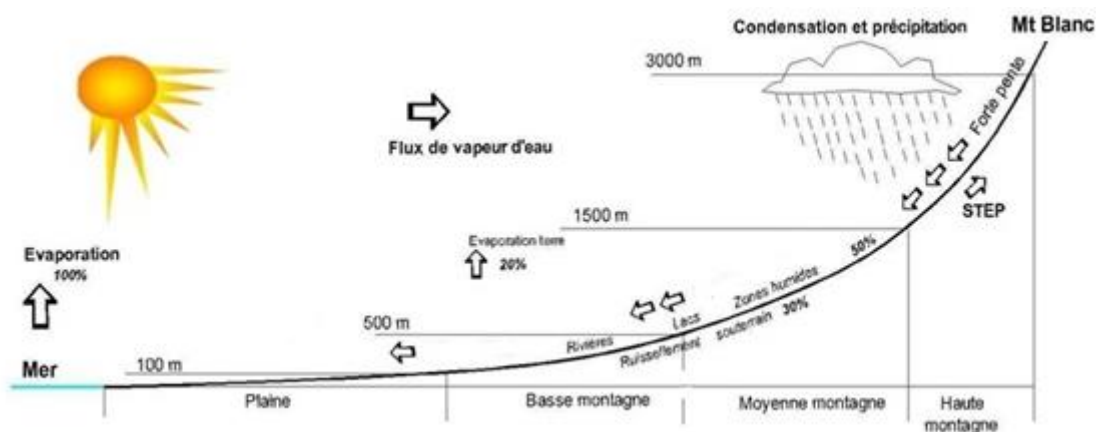


Ainsi, pour transporter les marchandises et les personnes, le bateau reste la meilleure solution dans le bassin du fleuve. Le fleuve Amazone est considéré à ce sujet comme l'une des voies navigables les plus importantes de la planète. Il faut dire qu'il est aussi avec un débit moyen annuel estimé à 209 000 m³/s le fleuve le plus puissant au monde. La vie de la population rurale qui s'abrite le long de ses berges est rythmée par la crue et la décrue annuelle du fleuve. Il se jette dans l'océan Atlantique au nord du Brésil.

- Le cycle évaporation-condensation de l'eau douce

Le cycle naturel évaporation-condensation de l'eau de mer est extrêmement important pour le devenir de l'homme. Ce cycle naturel assure en effet son approvisionnement en eau douce potable et permet de comprendre pourquoi la température moyenne à la surface de la terre qui devrait être de -19°C , vu son éloignement par rapport au soleil, est beaucoup plus clémente.

Le français de l'hexagone qui dispose en moyenne d'une surface au sol de 8600 m^2 et d'une hauteur de précipitation voisine de 800 mm bénéficie de cet approvisionnement naturel. La France métropolitaine est en effet avec ses 65 millions d'habitants et sa surface de $550\,000\text{ km}^2$ un des pays européens où la densité démographique est la plus faible. Le généreux cycle de l'eau met ainsi annuellement à la disposition de chacun d'entre nous près de $8\,400\text{ m}^3$ soit environ 23 m^3 d'eau par jour. Le besoin en eau n'est cependant pas satisfait en permanence sur tout notre territoire en raison de l'irrégularité des précipitations comme on va bientôt le voir. Dans une métropole comme Paris avec une densité démographique de $20\,000$ citadins par km^2 , le parisien ne dispose que de 50 m^2 au sol. Ce sont alors les eaux souterraines potables ou non qui peuvent subvenir à ses besoins.



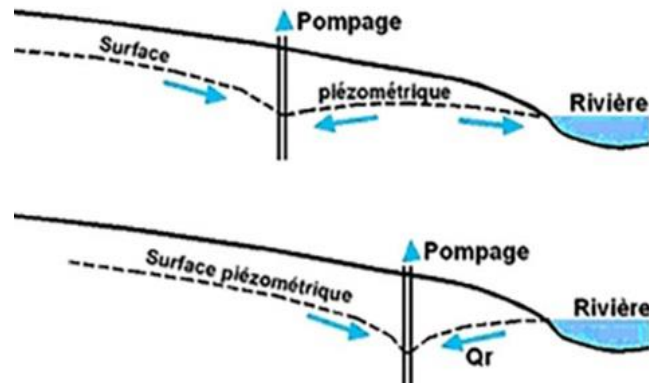
Il résulte du cycle naturel évaporation-condensation de l'eau que de la vapeur d'eau est contenue dans l'atmosphère. Cette vapeur d'eau se comporte comme un gaz naturel responsable des deux tiers de l'effet de serre. Cet effet de serre, qui retient l'énergie réfléchiée par la terre principalement sur sa face cachée du soleil, est la raison pour laquelle la température moyenne à la surface de la terre qui devrait être de -19°C est clémente et de l'ordre de $+15^{\circ}\text{C}$.

- Les nappes libres et captives

Le cycle naturel de l'eau ce n'est pas seulement les ruissellements de surface et l'eau contenue dans le lit des rivières et des fleuves. C'est aussi l'eau qui s'infiltre dans le proche sous-sol en restant en communication avec la rivière. Cette nappe d'eau dite libre s'écoule elle aussi comme la rivière vers la mer mais beaucoup plus lentement qu'elle comme cela a été expliqué par [Darcy](#). Mais il n'y a pas sur terre que ces eaux superficielles. L'eau s'infiltre ou s'est infiltrée il y a longtemps dans notre sous-sol profond. On parle alors de nappes captives qui sont parfois emprisonnées entre deux couches de terrain imperméable. Cette eau dite géothermale emprisonnée dans les couches profondes de l'écorce terrestre bénéficie de la chaleur interne du sous-sol dû à la radioactivité du magma en fusion sous la croûte terrestre. Elle est aussi l'occasion d'évoquer les différentes [formes d'énergie](#) disponible sur notre planète ? Les quantités d'énergie thermique contenues dans l'eau chaude géothermale de ces nappes captives profondes tel que le dogger parisien émergent rarement en surface comme celle de *Chaudes-Aigues*. Elles sont potentiellement inférieures à celles des eaux superficielles de ruissellement mais sont loin d'être négligeables à l'échelle de nos besoins en chaleur. Elles pourraient être du même ordre de grandeur que celles issues des réseaux de chaleur basés sur la combustion des ordures actuellement en exploitation en Allemagne, en Suisse et à moindre échelle en France.

- Le ruissellement de surface

La figure ci-dessous permet de comprendre la notion de surface piézométrique qui donne une idée de la profondeur de forage qui est nécessaire pour exploiter par pompage les eaux contenues dans les nappes libres en communication avec la rivière.



- L'eau douce en France métropolitaine

Un français boit en moyenne 1,5 litre d'eau par jour et consomme environ 150 litres d'eau sanitaire par jour, ce volume comprenant environ 50 litres d'eau chaude. Son besoin en eau non potable pour assurer le chauffage de son habitat grâce au chauffage thermodynamique aquathermique avec une chute de température de 10°C à la source froide est quant à lui nettement plus important. On verra par la suite qu'il est en effet de l'ordre de 2 m³ par jour. Ceci avec un potentiel naturel voisin de 3 m³ par jour en région parisienne compte tenu du débit de la Seine et des 10 millions d'habitants qui peuplent la région IDF. Compte tenu de la chaleur spécifique de l'eau on verra que l'énergie thermique journalière moyenne de 30 kWh qui en résulte pour un différentiel de 10 degrés, c'est environ 10 300 kWh disponible annuellement.

Quant au généreux cycle de l'eau de l'hexagone français, il met annuellement en moyenne à la disposition de chacun d'entre nous un volume d'eau heureusement beaucoup plus important. Ceci compte tenu :

- de la démographie en France qui fait que sur une France métropolitaine d'environ 600 000 km² pour 60 millions d'habitants chaque français dispose sensiblement de 1 ha de terrain où 10 000 m²

- du fait qu'à raison d'une hauteur de précipitation annuelle moyenne de 800 mm par an et par m² sur l'hexagone français, il tombe sur cette surface un volume d'eau de

$$0,8 \times 10\,000 = 8\,000 \text{ m}^3 \text{ (22 m}^3\text{/jour)}$$

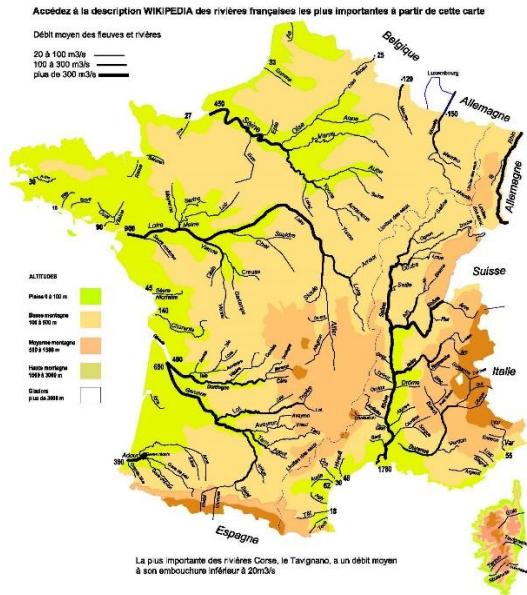
C'est donc un volume d'eau douce sensiblement 10 fois supérieur au besoin qui est mis à notre disposition en France métropolitaine pour assurer le chauffage thermodynamique. Si l'on parle actuellement de rationner l'eau potable dans notre pays cela est très probablement dû au fait que l'eau de pluie par nature potable est polluée dès qu'elle rentre en contact avec notre environnement. Constatation qui n'est pas très réjouissante. Il y a toutefois 2 notions qui vont venir pondérer les chiffres ci-dessus

- une partie de cette eau s'évapore

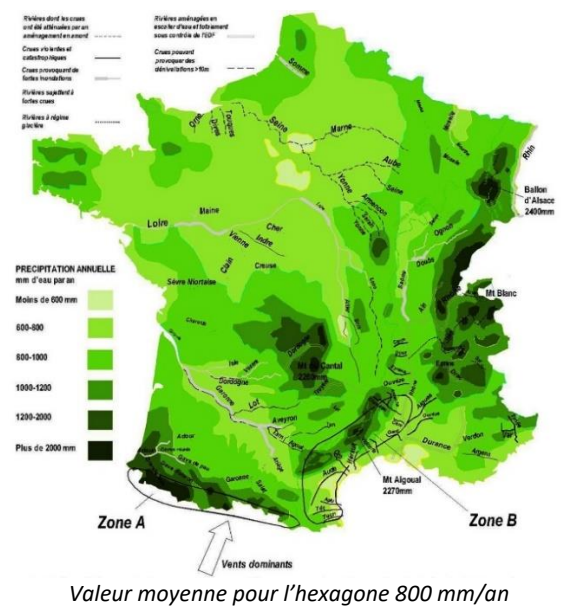
- les études réalisées au titre du projet "Explore 2070" qui sert de base de réflexion au Ministère de la Transition écologique et qui prévoit une baisse du débit des cours d'eau pouvant atteindre 40 % à l'horizon 2070 par rapport à ce qu'il est actuellement. On constate heureusement que dans le pire des cas le potentiel reste très supérieur au besoin.

C'est seulement dans les grandes métropoles comme Paris que le potentiel naturel thermique de l'eau risque d'être dans l'avenir proche sensiblement inférieur au besoin.

Les plus grosses rivières



La pluviométrie moyenne



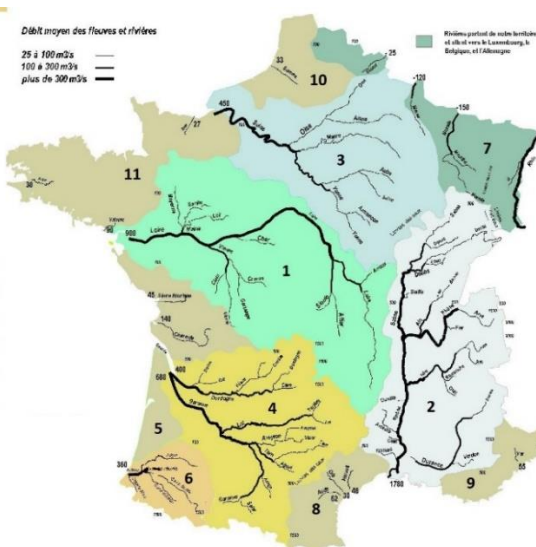
Les zones humides

De nombreuses organisations, dont Wikipédia reconnaissent les zones humides comme source de vie pour la faune. Parfois polluées, ces zones assez souvent situées en bordure des rivières, s'écoulent comme les nappes libres et les nappes ces dernières vers la mer mais beaucoup plus lentement qu'elle. Leur importance est telle qu'elles ont fait l'objet d'un accord international (Ramsar)

Il faut rendre hommage aux intentions du nouveau président américain pour leur protection aux USA.



Les bassins versants



- 1 Bassins de la Loire et de la Charente
- 2 Bassin du Rhône et de la Saône
- 3 Bassin de la Seine et de la Marne
- 4 Bassin de la Gironde
- 5 Bassin de la Leyre
- 6 Bassin de l'Adour
- 7 Bassin du Rhin (coté français)
- 8 Bassin méditerranéen ouest
- 9 Bassin méditerranéen est
- 10 Nord
- 11 Bassin Normandie Bretagne

Grâce à la clé USB on peut accéder aux cartes détaillées de ces régions en cliquant sur le nom de la région

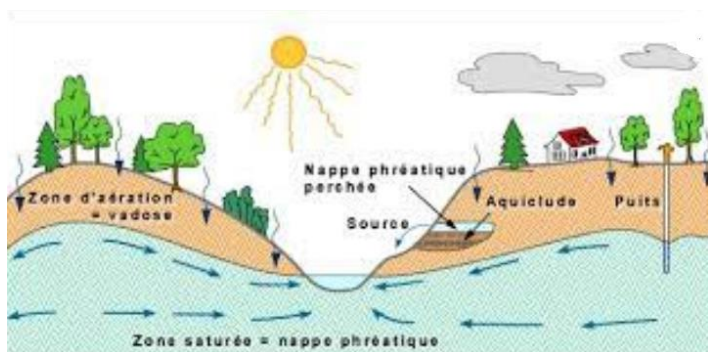
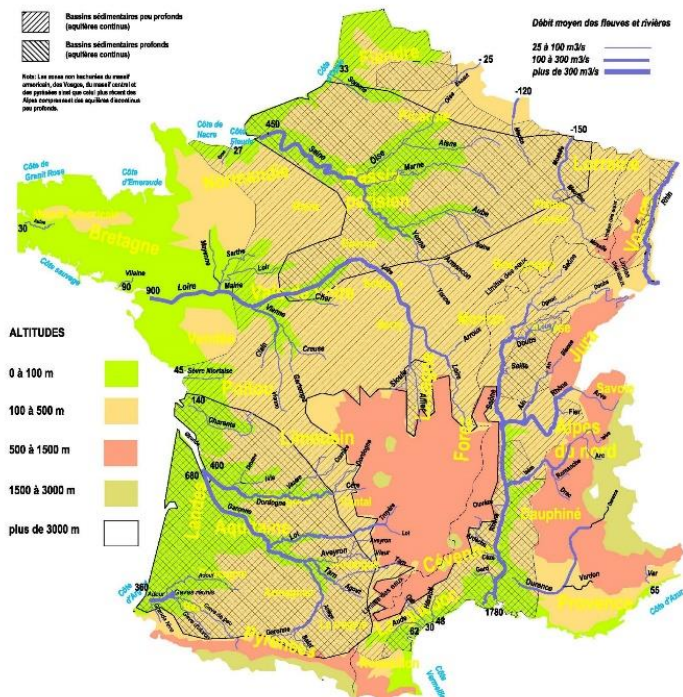
En ce qui concerne la pollution, celui qui est en amont a une lourde responsabilité vis-à-vis de ceux qui sont en aval

- Les aquifères superficiels et profonds

Les aquifères superficiels

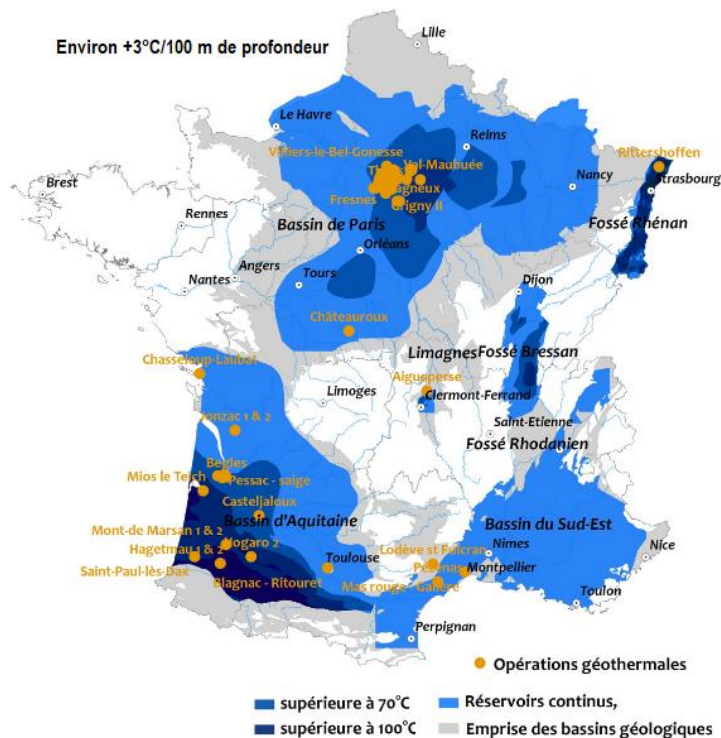
On les qualifie aussi de "libres". Ils s'écoulent on l'a vu comme la rivière vers la mer mais beaucoup plus lentement qu'elle

Grâce à la clé USB on peut accéder à des informations sur les aquifères libres et le sous-sol de nos rivières



Les aquifères profonds

Lorsqu'il pleut, une partie de l'eau s'enfonce naturellement par gravité dans le sol perméable jusqu'à ce qu'elle rencontre une couche de terrain imperméable. Il se forme alors des aquifères profonds tels que le dogger parisien qui prennent la température du sous-sol. Ces eaux sous-terraines sont naturellement réchauffées par le fait que lorsque l'on s'enfonce dans le sol, sa température s'accroît sensiblement de 3°C par 100 m de profondeur en raison de l'interaction nucléaire faible et prennent la température du sol

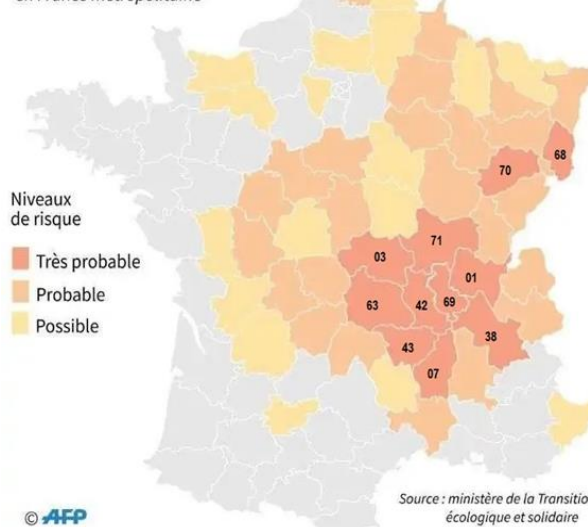


- Les risques de sécheresse

En France métropolitaine

Les idées de base associées à la « Solar Water Economy » ne sont pas seulement liées au chauffage de l'habitat et à des technologies relativement avancées comme celle des pompes à chaleur eau-eau à compresseur évoquées dans le deuxième chapitre. Concernant l'agriculture, on commence à percevoir un manque d'eau dans certaines régions de l'hexagone français et ceci particulièrement dans les départements suivants : 01 Ain, 03 Allier, 07 Ardèche, 38 Isère, 42 Loire, 43 Haute Loire, 63 Puy de Dôme, 68 Haut Rhin, 69 Rhône, 70 Haute Saône, 71 Saône et Loire. Il va falloir trouver des solutions pour assurer le besoin en eau de ces régions.

Prévisions pour mai à sept
Par départements
en France métropolitaine



Dans le monde

Ce n'est pas pour l'essentiel un manque d'eau qu'il faut craindre avec le dérèglement climatique en cours mais le fait qu'il y a selon les endroits trop d'eau par moments et pas assez à d'autres. Irrégularités qui vont poser le problème du développement des infrastructures de stockage. Cette disponibilité irrégulière en eau douce préoccupe l'ONU. Une réunion regroupant près de 200 pays et les membres du GIEC de ces pays s'est tenue mi 2019 à Genève. Un volumineux rapport de plus de 1000 pages établi à l'issue de cette réunion, a mis en évidence qu'un quart de l'humanité (particulièrement dans 17 pays listés par l'IESF) va faire face à des problèmes d'approvisionnement en eau. Il va falloir par exemple que les Indiens s'impliquent dans une réflexion prenant en compte l'excédent d'eau pendant la mousson et le fait que les glaciers de l'Himalaya sont progressivement en train de disparaître.



Les agriculteurs français n'ont malheureusement pas pris encore conscience que les implantations photovoltaïques pourraient leur être favorables. Ceci particulièrement pour assurer l'irrigation dans les régions sèches. La solution retenue sur l'image ci-dessus, en évitant les infiltrations dans le sol et l'évaporation, permettrait d'associer le solaire voltaïque à la rétention de la pluviométrie. Il serait ainsi possible avec un panneau solaire compétitif de 25 m² de retenir à l'année sensiblement 25 m³ d'eau potable soit la moitié du besoin global compte tenu de la pluviométrie moyenne en France voisine du mètre. De plus le prix de revient de l'électricité voltaïque va devenir compétitif par rapport à l'électricité nucléaire.

Dégâts des eaux...



- L'eau et la boisson

L'eau de la Seine n'est plus potable mais ce fleuve, lorsqu'il traverse la région IDF à forte démographie, met à disposition de chaque citoyen, un volume d'eau non potable proche de 3 m³/jour. Ceci compte tenu de son débit moyen à Paris de 300 m³/s et du nombre d'habitants en région IDF de quelque 10 millions. Cette constatation nous amène à développer deux chapitres très importants :

- L'eau et l'électricité

On va voir au chapitre 2 traitant de la consommation qu'il faut une énergie égale à 1,16 kWh pour élever 1 m³ d'eau de 1°C et on comprend inversement qu'en abaissant de 10°C un m³ d'eau on récupère 11,6 kWh thermique. Ce même m³ d'eau dans un barrage hydroélectrique implanté en haute montagne et ayant une hauteur de chute de 200 m, permet de récupérer dans une turbine l'énergie électrique suivante :

$E = mgh = 1000 \times 9,81 \times 200 = 1\,962\,000$ joules correspondant à 0,55 kWh sensiblement 20 fois plus faible.

Homo sapiens a compris les avantages qu'il peut tirer des turbines hydroélectriques pour convertir l'énergie potentielle des écoulements de surface en énergie électrique. Il lui reste à mieux mesurer l'absurdité du chauffage électrique par effet joule et à réfléchir aux différentes [formes d'énergie](#) ainsi qu'à la mise en œuvre des nouvelles chaînes énergétiques qui sont à sa portée pour arrêter le gâchis énergétique actuel.

- L'eau et l'aquathermie

Sans trop anticiper sur ce que seront nos nouvelles chaînes énergétiques, l'eau, en raison de sa chaleur spécifique particulièrement élevée, pourrait bien dans un avenir proche assurer le chauffage de l'habitat avec des performances supérieures à celles obtenues avec l'air et très supérieures à celles obtenues aujourd'hui avec l'effet joule et la combustion. Ceci par le fait que mis à part les 20% qui s'évaporent, l'homme va petit à petit prendre conscience qu'il va pouvoir bénéficier de la chaleur interne de l'eau. Et ceci on l'a vu, grâce aux ruissellements de surface des rivières et des fleuves (50%), à l'eau qui s'infiltré dans le sol en alimentant ce qu'on appelle les nappes libres qui s'écoulent elles aussi et comme la rivière lentement vers la mer (30%) et enfin dans les aquifères captifs chauds et profonds généralement contenus entre des couches de terrains imperméables.



- 12 L'eau formidable véhicule thermique

En raison de la capacité de l'eau d'emmagasiner la chaleur ou le froid, on verra au 2^{ème} chapitre qu'il est possible principalement grâce à la Seine de généraliser le chauffage urbain en région IDF. Ceci en utilisant l'électricité pour entraîner le compresseur des pompes à chaleur et en utilisant l'eau comme véhicule thermique. Cette orientation, nécessitant la mise en place de tuyauteries, serait une solution performante pour chauffer l'habitat. Elle permettrait de cumuler deux potentiels gratuits

- Celui de l'eau géothermale de la nappe captive constituée par le dogger (Voir page 85)
- Celui des eaux superficielles constituée par la Seine

L'expérience acquise dans les technologies de forage pétrolier sera bien utile pour tirer profit du premier potentiel. Quant au réseau secondaire à 15°C avec retour à 5°C une fois la chaleur transmise à l'habitat, il serait constitué de groupe de pompage et de tuyauteries basse pression.

	B	C	D	E	F
1	RESEAU TUYAUTERIE d'ENP		Allée à 15°C	Retour à 5°C	Total
2					
3	Diamètre intérieur tuyauterie	mm	700	700	
4	Viscosité cinématique	centistoke	1.1	1.3	
5	Longueur tuyauterie	m	2000	2000	
6	Nombre de coudes arrondis		5	5	
7	Débit	m ³ /h	2500	2500	
8					
9					
10	Débit	litres/mn	41667	41667	
11	Surface intérieure tuyauterie	m ²	0.385	0.385	
12	Vitesse du fluide	m/s	1.804	1.804	
13	Nombre de Reynolds	sans dimension	1148297	971636	
14	Type d'écoulement	Turbulent	>4000	>4000	
15					
16	Longueur équivalente totale	m	2070	2070	
17					
18					
19					
20	Perte de charge totale	bar	0.93	0.97	1.90
21	Puissance perdue	kW	65	67	131.85
22	Puissance thermique transférée	kW			29000
23	Rendement				0.995
24					
25	Temps de transfert	secondes			2217
26	Pertes thermiques en ligne				négligeables

Une puissance thermique proche de 29 000 kW peut être transmise sur 2 km sans perte notable par un tuyau de 0,7 m de diamètre dans lequel circule un débit d'eau de 2500 m³/h

La capacité thermique de l'eau

Lors de la canicule de l'été 2003, qui a fait selon l'Inserm plus de 70 000 morts en Europe, les températures enregistrées n'ont guère dépassé les 40 degrés soit seulement 3 degrés au-dessus de la température intérieure naturelle du corps humain. Homo sapiens craint plus le chaud que le froid, lorsque la température extérieure est de 7 °C, il supporte sans problème en se couvrant une différence de 30°C dix fois supérieure. Heureusement l'eau répandu sur la peau s'évapore dans l'air et apporte de la fraîcheur. L'air n'est pas le véhicule thermique adapté pour réguler la température en période estivale et nous n'allons probablement pas pouvoir généraliser la climatisation à l'intérieur de l'habitat avec l'air. En effet les évaporateurs qui fonctionnent alors comme le fait un réfrigérateur réchauffent dangereusement l'air ambiant des villes. Si l'on devait généraliser ce type de régulation à l'ensemble de l'habitat urbain, la température à l'intérieur des villes deviendrait intenable. Qui plus est, en raison du bruit qu'ils génèrent et de leur encombrement, les évaporateurs des pompes à chaleur *air-air* sont gênants. Heureusement comme nous le verrons par la suite, grâce à la Seine, le potentiel thermique de l'eau superficielle est là pour nous aider. On mesure ici tout l'intérêt de la "Solar Water Economy" qui échange l'énergie thermique renouvelable dans l'eau et non dans l'air. Ceci dans la mesure où il est possible sans réchauffer encore l'environnement extérieur de restituer en été dans l'eau géothermale des nappes captives profondes l'énergie thermique que l'on y a prélevée en hiver.

$$\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3 \cdot \text{°C}} > \text{kWh}/\text{°C}$$

Débit d'eau x chaleur spécifique de l'eau

Air ou eau?	Phase	Capacité thermique massique (J K ⁻¹ kg ⁻¹)
Air (sec)	gaz	1 005
Air (saturé en vapeur d'eau)	gaz	≈ 1 050
Eau	liquide	4 185

On constate sur le tableau ci-dessus que la capacité thermique massique de l'eau (4,18 kilojoules/kg et degré) est sensiblement 4 fois plus importante que celle de l'air. En zone urbaine, le potentiel thermique de l'eau géothermale profonde est pourtant inférieur au besoin important résultant de la densité urbaine. Il faut en effet savoir qu'une capitale comme Paris intra-muros et sa proche banlieue ne laisse sensiblement que 50 m² au sol disponible par parisien (20 000 habitants au km²)

Sa chaleur spécifique.

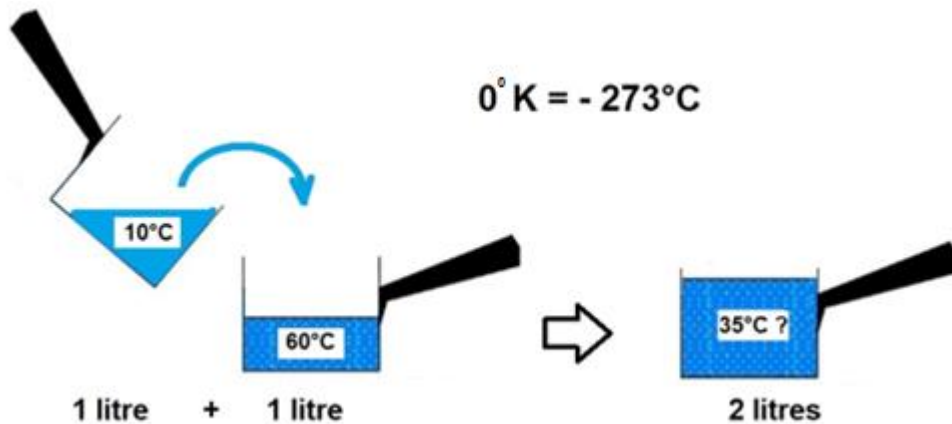
Pour augmenter la température de 1 gramme ou 1 cm³ d'eau de 1°C, il faut fournir une quantité de chaleur égale à 1 petite calorie. C'est l'anglais James Prescott qui a établi l'équivalent mécanique de la chaleur à savoir :

1 petite calorie = 4,18 joules. Cette correspondance permet d'établir qu'il faut une énergie égale à 1,16 kWh pour élever 1 m³ d'eau de 1°C* (Il y a 3600 kilojoules dans 1 kWh)

Nous verrons au prochain chapitre comment transférer grâce à l'eau l'énergie thermique contenue dans un écosystème vers un deuxième écosystème afin de satisfaire le confort thermique dans l'habitat sans les affecter, voire même en les améliorant.

Mélange

Si on mélange un litre d'eau à 10 degrés avec un litre d'eau à 60 degrés, on devine intuitivement que l'on obtient 2 litres d'eau à 35 degrés. (Les quantités sont les mêmes et la moyenne arithmétique de 60+10 est 35). Dans la pratique les deux potentiels thermiques s'additionnent [ce qui permet de trouver](#) la température du mélange lorsque les volumes ne sont pas les mêmes.



Conductivité thermique

Couramment utilisée dans les techniques d'isolation des bâtiments et dans la transmission de l'énergie thermique dans les échangeurs de température, la conductivité thermique des matériaux λ (lambda) est une grandeur physique associée à la matière qui permet de chiffrer sa capacité à transmettre l'énergie thermique.

Cette capacité est d'autant plus élevée que λ est important. Lambda est défini à partir du système international d'unités pour une épaisseur de matière égale au mètre et une surface de 1 m². A titre d'exemple :

- La puissance thermique traversant une couche d'air de 2 cm d'épaisseur soit 0,02 m (par exemple entre deux vitres) laisse passer une puissance de $0,024/0,02 = 1,2$ watt par m² et 1 °K (ou 1°C) de différence de température entre la face intérieure des vitres

- Pour une même différence de température de 1 °K (ou 1°C) entre ses 2 faces, la puissance thermique traversant une paroi métallique en acier de 1 mm d'épaisseur est de $50/0,001 = 50\ 000$ watt par m²

Conductivité λ (lambda)	Watt.m ⁻¹ .K ⁻¹
Air et le verre	0,024
Bois	0,2
Eau	0,6
Terre sèche	0,75
Acier	50
Cuivre	386

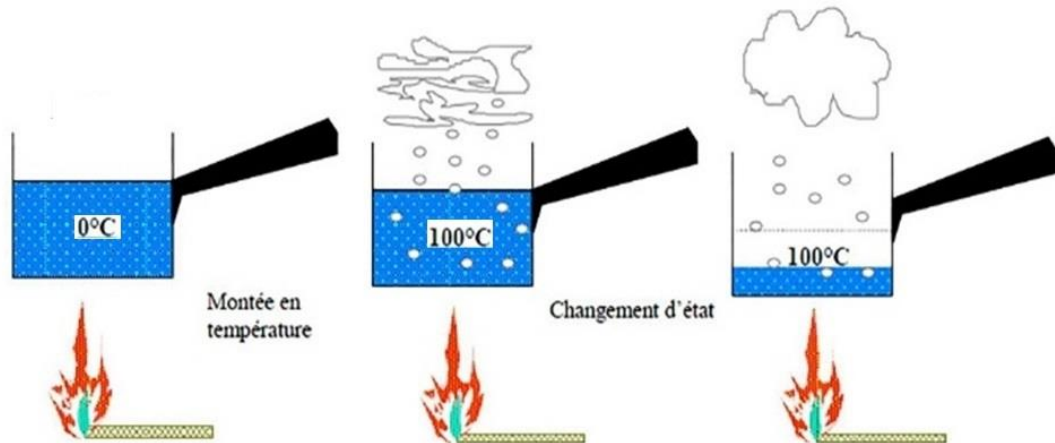
En d'autres termes, on peut dire qu'à épaisseur égale, le verre et l'air sont environ 8 fois moins déperditifs que le bois et 2 000 fois moins déperditifs que l'acier. Quant au cuivre, son coefficient de transmission thermique extrêmement élevé est bien utile pour transmettre la chaleur aux circuits de chauffage et à l'eau chaude sanitaire.

Introduction à l'enthalpie

L'eau va venir à notre secours pour comprendre ce qu'est l'enthalpie. Notion importante vu que lorsque l'on parle de pompes à chaleur, on ne peut ignorer ce qu'est l'enthalpie. Une notion associée à l'agitation interne de la matière. La matière contient en effet en son sein de l'énergie thermique liée à l'agitation des molécules qui la constituent

- lorsque la température de la matière est à -273°C , l'agitation est nulle donc la quantité d'énergie contenue dans celle-ci est également nulle
- lorsque la température de la matière augmente, l'agitation de celle-ci augmente donc la quantité d'énergie contenue dans cette dernière augmente

On reviendra sur cette notion très importante.



Si l'on ne touche pas au gaz, on constate, qu'il faut sensiblement 5 fois moins de temps pour élever la température de l'eau à 100°C qu'il en faut pour l'évaporer lorsqu'elle a atteint la température d'ébullition et que l'eau change d'état en passant de l'état liquide à l'état gazeux.

Montée en température sans changement d'état
Chaleur spécifique 4180 Joule/kg et $^{\circ}\text{C}$
Soit pour 100°C 418 000 Joule/kg

Avec changement d'état à 100°C onstant
Chaleur latente de vaporisation
2 250 000 000 Joule/kg

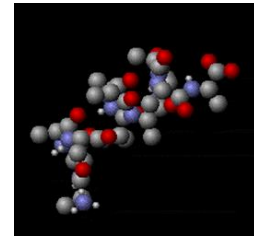
Mieux consommer et produire l'énergie.

Face au manque d'eau potable qui nous guette, recycler davantage l'eau usée provenant de la rivière en la filtrant, comme cela pourrait être fait en rajoutant un filtre sur le circuit alimentant le bac de décantation (Voir le circuit page 58) serait une orientation à suivre pour régénérer l'eau de nos rivières et améliorer notre façon de *consommer* l'énergie électrique.

Concernant cette fois non pas la consommation mais la *production* de l'énergie électrique, grâce à l'hydrogène contenue dans l'eau, il semble évident qu'une eau filtrée et propre permettra d'améliorer les performances de l'électrolyse de l'eau permettant de produire l'électricité à partir de l'hydrogène. Ceci comme envisageait de le faire l'Allemagne en collaboration avec le Kazakhstan ainsi que la France à moindre échelle sur le plateau du Larzac.

Au cœur de la matière

On ne peut évoquer les systèmes type pompe à chaleur sans évoquer les études de Rudolf Clausius sur l'entropie de la matière et le fait que l'énergie contenue dans celle-ci ainsi que sa désorganisation augmente avec sa température. A la température de -273 °C soit 0 °Kelvin la matière est figée comme représenté sur la figure. Par contre si la température augmente la désorganisation de la matière augmente en proportion.



Il y a beaucoup de paramètres qui caractérisent la qualité du fluide circulant dans le cœur d'une pompe à chaleur mais les 2 caractéristiques principales du fluide dit caloporteur d'une pompe à chaleur est sa capacité à générer du froid dans l'évaporateur à la sortie du détendeur et du chaud dans le condenseur (Ce que le thermodynamicien appelle son enthalpie E et qui s'exprime en kilojoule/kg lorsqu'il vient d'être comprimé à l'état gazeux par le compresseur. Pour une pompe à chaleur décrivant un cycle thermodynamique (en principe réversible), l'application du second principe au système ditherme, permet d'écrire que

$E3 / Tc = E2 / Tf$ (Egalité de Clausius). Introduite par Rudolf Clausius dans ses études sur l'entropie de la matière, l'égalité de Clausius qui peut s'écrire

$E3 / E2 = Tc / Tf$ caractérise le degré de désorganisation des particules constituant cette dernière.

La quantité d'énergie contenue dans la matière est d'autant plus grande que la température de celle-ci est élevée. À la température de 0 °Kelvin (-273 °C), la matière est figée et l'énergie contenue dans celle-ci est nulle. Cette désorganisation ainsi que l'énergie contenue dans la matière prouvent la potentialité du chauffage thermodynamique. En effet, lorsque la température de la source chaude est égale à la température de la source froide, par exemple lorsque l'on commence à chauffer l'eau froide sanitaire à 10 °C en utilisant l'eau de la nappe phréatique également à 10 °C , Tc étant égal à Tf , il en résulte que Tc / Tf est égal à 1 ainsi que $E3 / E2$. Cela signifie que toute l'énergie thermique $E3$ disponible à la source chaude est théoriquement de l'énergie renouvelable $E2$ prélevée dans l'environnement, l'énergie électrique $E2$ nécessaire pour entrainer le compresseur étant théoriquement nulle. Il y a bien sûr des limites physiques à cela mais on verra au chapitre 2 que cette limite physique semble être actuellement un COP voisin de 6



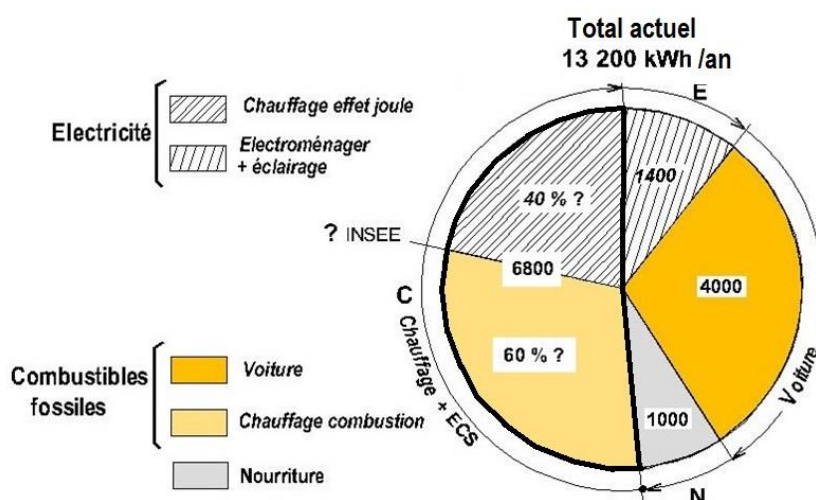
Quand tout sera privatisé on sera privé de tout. Danielle Mitterrand

2 Consommation de l'énergie

- 21 Besoins actuels en énergie du citoyen français

L'homme et plus restrictivement le parisien a principalement besoin d'énergie pour se chauffer, faire rouler sa voiture, s'éclairer, assurer l'électroménager, manger. Le type d'énergie diffère selon le besoin, il lui faut de l'énergie thermique pour se chauffer, de l'énergie électrique pour s'éclairer et faire fonctionner l'électroménager ainsi que de l'énergie mécanique pour faire avancer sa voiture. Quant à l'énergie contenue dans les aliments, elle est utilisée par homo sapiens d'une part sous forme d'énergie thermique pour maintenir son corps à 37 degrés et d'autre part sous forme mécanique pour se mouvoir. La figure ci-après visualise les besoins en énergie d'un citoyen français vivant en appartement uniquement pour ce qui concerne son logement, sa voiture et sa nourriture. Ses besoins en énergie pour le transport aérien et ferroviaire, l'industrie et l'agriculture étant exclus. On verra dans ce chapitre que le besoin thermique est plus élevé pour la maison que pour l'appartement dans les immeubles.

En observant cette galette concernant la consommation du citoyen français en énergie, on s'aperçoit, s'il est seul dans son logement qu'il consomme plus pour le chauffage de son logement et sa voiture que pour se nourrir. C'est en effet environ la moitié qui est consommée pour assurer la climatisation de son habitat, l'autre moitié étant principalement constituée par l'essence ou le gazole qui alimente sa voiture individuelle. Le complément comprend deux parts sensiblement égales : l'énergie contenue dans ses aliments et l'énergie dépensée pour l'électroménager



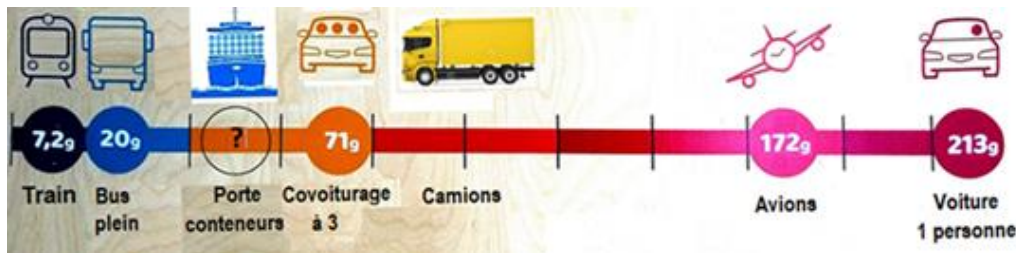
Habitat

Pour satisfaire ses besoins en énergie thermique, le français utilise actuellement deux chaînes énergétiques complètement différentes l'une de l'autre : la combustion du fioul ou du gaz d'une part et l'effet joule, d'autre part à savoir dans la pratique les radiateurs électriques. Le chiffre de **6800 kWh** est une prospective de ce que pourrait être la consommation moyenne en énergie pour chauffer l'appartement d'un Français de l'hexagone habitant en ville. Le besoin en énergie du citoyen français est en effet principalement le chauffage (Environ 50% du besoin total). Vivant en moyenne dans quelque 28 m² habitable dans un appartement qui dissipe quelque 240 kWh par m² habitable en lieu et place des 50 kWh de la RT 2012. Ce chiffre de 6800 kWh tient compte du fait que le besoin du citoyen logé en appartement est plus faible que celui du campagnard logeant dans une maison individuelle, les surfaces de déperditions thermiques d'une maison étant très supérieures à celles d'un appartement. J'ai choisi cette orientation vers les immeubles et leurs appartements pour vous donner une meilleure vision du futur et tenir compte d'un accroissement probable de la population urbaine malgré le télétravail qui devrait se développer progressivement en accroissant légèrement la population rurale (Voir page 55). Il n'y a pas encore à ma connaissance de statistique faisant la répartition combustion-chauffage électrique en France mais on ne devrait pas être trop loin de la réalité en estimant grosso modo que 60% des français se chauffe avec la combustion des produits fossiles et les 40% restant avec des radiateurs électriques. Quant au chiffre de **1400 kWh** il correspond à l'électroménager et à l'éclairage

Voiture

Pour satisfaire ses besoins en énergie mécanique et alimenter sa voiture, le français utilise actuellement presque exclusivement la combustion de l'essence et de ses dérivés. C'est à dire des produits fossiles que ce soit pour sa voiture ou plus généralement pour le transport routier. Quant à l'incidence sur notre environnement et les performances de cette chaine énergétique, tout est malheureusement clair : mauvaises performances et pollution des villes avec les gaz de combustion (particules très fines dangereuses pour nos poumons). Le chiffre de **4000 kWh** correspond à la consommation de sa voiture individuelle : ceci à raison de 10 000 km par an et d'une consommation de 8 litres d'essence au 100 km.

Quant à la *voiture* sa consommation de combustible est aussi très dépendante de la vitesse du véhicule



La figure ci-dessus établie principalement par *Tresorio.com* donne le poids de CO2 généré pour déplacer à l'horizontal une charge de 100 kg sur 100 km avec différents modes de transport. Sur cet abaque a été rajouté le logo correspondant au porte-conteneur. Ce mode de transport maritime bien que proche de la mondialisation et du toujours plus génère toutefois [selon mes calculs](#) une situation environ 5 fois moins grave que l'aviation. Le train quant à lui est à l'évidence le moyen de transport de loin le plus économique en termes d'émission de gaz à effet de serre.

Nourriture

Quant au chiffre de **1000 kWh**, il correspond à l'équivalent en énergie de la nourriture consommée par chaque homo sapiens. Ceci en supposant qu'il est célibataire et qu'il est seul dans l'appartement. Dans la pratique le logement étant la plupart du temps occupé par deux personnes le chiffre N associé aux 1000 kWh de nourriture est une valeur minimum qui doit être à minima doublée. La nourriture c'est aussi le poids des déchets alimentaires qui est estimé en France à près de 10 millions de tonnes par an soit presque 150 kg par personne. Certes beaucoup de ces déchets comme les os et les épluchures sont difficilement évitables mais on estime que 20 kg/personne et par an relève du gaspillage alimentaire. Cette quantité de nourriture aurait pu être consommée au lieu d'être jetée. Dans le monde environ 1/3 de la nourriture produite chaque année est perdue alors qu'un homo sapiens sur 7 se couche l'estomac vide.



Nous serons probablement amenés à considérer que pour survivre, la quantité utile d'énergie contenue dans les aliments absorbés par une personne qui vit dans un milieu à -30° est supérieure à celle d'un individu qui vit dans un milieu à +40 degrés. En effet dans le premier cas la température extérieure est 67°C inférieure à celle de son corps alors que ces deux températures sont pratiquement au même niveau dans le deuxième cas.

Agriculture locale

On observe donc sans crainte de se tromper et aussi incroyable que cela puisse paraître qu'homo sapiens consomme nettement plus d'énergie pour se chauffer et alimenter sa voiture que pour se nourrir. Il suffit pour cela de comparer les chiffres pour constater qu'il consomme en pratique environ 6 fois plus d'énergie pour se chauffer que pour s'alimenter.

Mais attention, il faut faire la part des choses. Ce raisonnement n'est valable que si la nourriture est produite localement. Cela pour une raison simple, la quantité d'énergie consommée pour transporter l'aliment peut être bien supérieure à l'énergie contenue dans l'aliment lui-même. Ceci particulièrement avec les échanges internationaux, par exemple si homo sapiens fait venir sa nourriture des antipodes par avion. On estime en effet que la consommation moyenne pour transporter une charge de 100 kg (un passager avec ses bagages) par avion à beau être sensiblement deux fois plus faible qu'avec la voiture (environ 3 litres de kérosène pour 100 km), il y a la distance. Cela signifie que si 1kg d'aliment venant des antipodes parcourt 20 000 km par avion avant d'être consommé, il aura fallu brûler pratiquement 8 fois son poids en kérosène avant de pouvoir le consommer. Ceci en assimilant le pouvoir calorifique du kérosène à celui de l'essence. Ces chiffres exorbitants devraient inciter :

- un organisme comme l'ONU du bien fondé de taxer le kérosène pour l'aviation civile comme cela se pratique pour le carburant destiné au transport routier et à la voiture individuelle.
- homo sapiens à cultiver et manger local pour éviter le gâchis actuel et limiter l'usage des emballages plastiques. Si ce n'est la mauvaise qualité du carburant utilisé la situation semble toutefois moins grave avec le transport maritime par porte-conteneurs qui traite environ 80% des exportations-importations mondiales.

Face à la crise alimentaire due à la guerre en Ukraine 500 scientifiques dont Olivier De Schutter (rapporteur spécial de l'ONU sur les droits de l'homme) et Wolfgang Cramer (directeur de Recherche CNRS), estiment qu'il est possible de rendre notre système alimentaire plus résilient sur le court et le long terme. Ils estiment que le consommateur doit diminuer les déchets liés à l'alimentation ainsi que sa consommation de produits d'origine animale tels que la viande et le poisson. Cela étant compensé par une hausse de la consommation-production légumineuse.

Transports grandes distances

Porte-conteneurs

Si l'on en croit les caractéristiques générales des porte-conteneurs, ces derniers peuvent transporter une charge de 185 000 tonnes (port en lourd) et ceci en navigant à 23 kn correspondant à 42 km/h (1 kn = 1,85 km/h) ce qui leur permet de parcourir 20 000 km s'il vient des antipodes en 480 heures (20 jours). Compte tenu de la puissance de ses moteurs diesel de 54 000 kilowatts ou 73 500 CV (1CV = 0,735 kW) et de la consommation moyenne d'un moteur thermique de 150 g/CV heure, il consomme pour faire ce trajet de 20 000 km : $0,15 \times 73\,500 \times 480 \times 10^{-3} = 5\,180$ tonnes de gasoil ce qui correspond à environ 3% de la masse de marchandise transportée, ce qui est quand même nettement moins que l'aviation. C'est tout de même une quantité d'énergie égale à 25 millions de kWh qui est consommée pour le transport de ces 185 000 tonnes de marchandise. Ceci avec le fait que pour réduire les coûts, le combustible est parfois du fuel lourd de très mauvaise qualité. On constate toutefois au travers de ces chiffres que pour les très longs trajets, l'énergie nécessaire au transport de l'aliment avec les portes conteneurs serait sensiblement 10 fois inférieure à l'énergie contenue dans l'aliment lui-même.

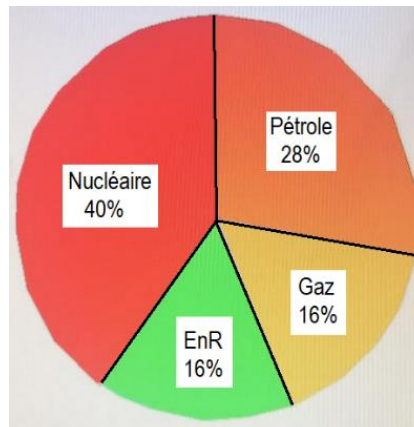
Avion

Il est environ 8 fois plus polluant que le porte conteneur. Il faut espérer que sur le long terme on sera capable grâce à la recherche, de développer la construction de structures volantes propulsées à l'hydrogène capables d'abaisser la consommation d'énergie au niveau du celle du porte conteneur. (Voir le chapitre 5).

Consommation énergétique d'homo sapiens en France

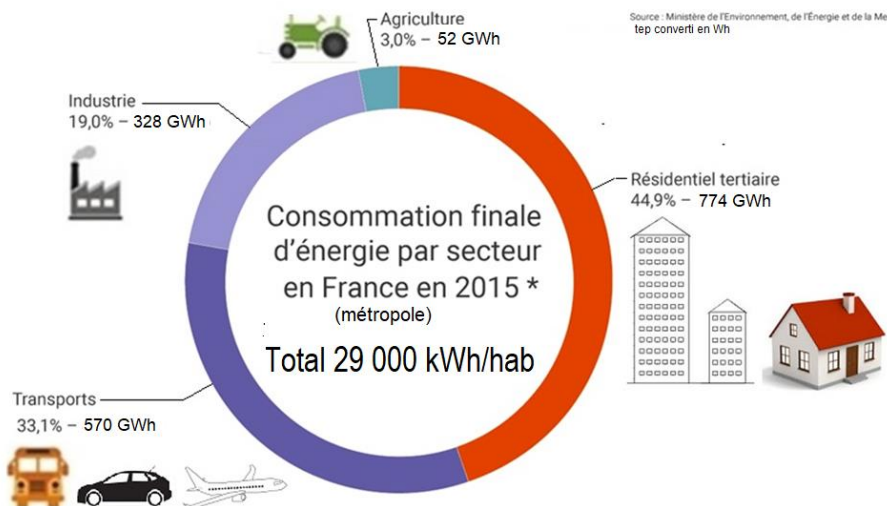
Généralités

L'étude récente importante faite par l'organisme Shift Project concernant l'établissement d'une température de confort dans l'habitat ne tient pas compte de la première étape de la *Solar Water Economy*. Celle associant, comme nous allons maintenant le voir, la thermique des eaux superficielles et celle des eaux profondes grâce à la thermodynamique. L'étude Shift Project ([comprendre](#), [agir](#), [organiser](#)) sous-estime aussi les quantités d'énergie nécessaires pour satisfaire le confort thermique à l'intérieur de l'habitat. Ce confort est en effet satisfait actuellement avec une quantité d'énergie plus importante que ne le pense Shift Project. Ce constat rend nécessaire la mise en place de chaînes énergétiques tirant profit des potentiels énergétiques contenus dans l'eau. Ceci en associant le potentiel thermique de la géothermie profonde des nappes captives à celui des eaux superficielles que constituent les fleuves comme nous allons le proposer les pages qui suivent pour la région parisienne avec la Seine



Tous secteurs confondus, le bouquet énergétique de la France en termes de consommation se compose actuellement de 40% de nucléaire, 28% de pétrole, 16% de gaz naturel, et seulement 16% d'énergies renouvelables. Ceci si l'on incorpore le bois (environ 2%) dans les énergies renouvelables

La consommation d'énergie en France est différente selon le secteur d'activité. C'est l'habitat qui absorbe le plus d'énergie : près de la moitié du total. Vient ensuite le transport et l'industrie avec un petit complément, celui de l'agriculture. A défaut d'évoluer vers une amélioration de la génération thermique la réglementation évolue lentement vers l'amélioration de l'isolation de l'habitat et la diminution des déperditions. A défaut de concentrer son action sur l'habitat, le poste le plus lourd, l'Europe commence heureusement avec succès d'agir sur les transports en évoluant vers [les voitures électriques](#)



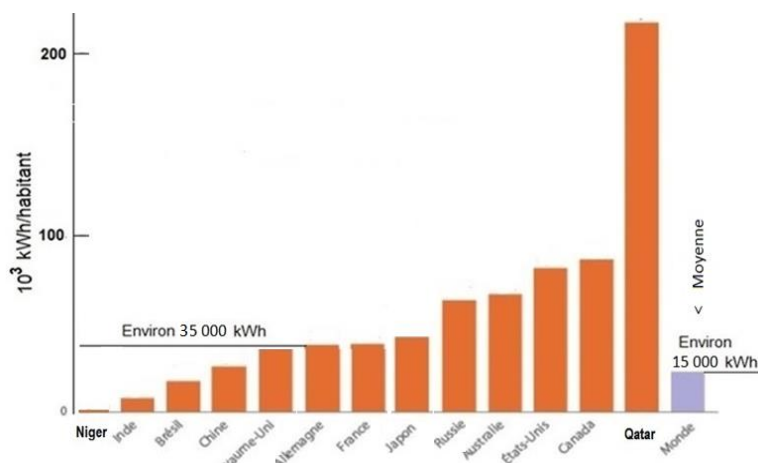
*Grosso modo en France c'est moitié électricité et moitié produits fossiles.
Il est possible que les 33% relatifs aux transports soient sous-estimés*

Consommation actuelle de l'hexagone par secteur d'activité

Trop souvent exprimée en tep* (tonne équivalent pétrole), la galette de la consommation française globale en énergie est exprimée ici en kWh. Voisine de 29 000 kWh par français elle conduit, compte tenu de la population de l'hexagone de 65 millions d'habitants, à une consommation globale de 1,72 GWh. Consommation qui englobe cette fois, l'industrie, le transport aérien et l'agriculture ignoré à la figure 7.

Consommation mondiale d'énergie

Cette figure quant à elle donne une idée de ce que chaque Homo sapiens consomme individuellement et annuellement selon le pays où il habite. La France et l'Allemagne se situent au milieu du lot avec environ 35 000 kWh par habitant. Le Canada, les USA, l'Australie, et la Russie sont les gloutons énergivores de la planète terre. La France et l'Allemagne très proches en termes de consommation pourraient faire mieux, quant au Niger...

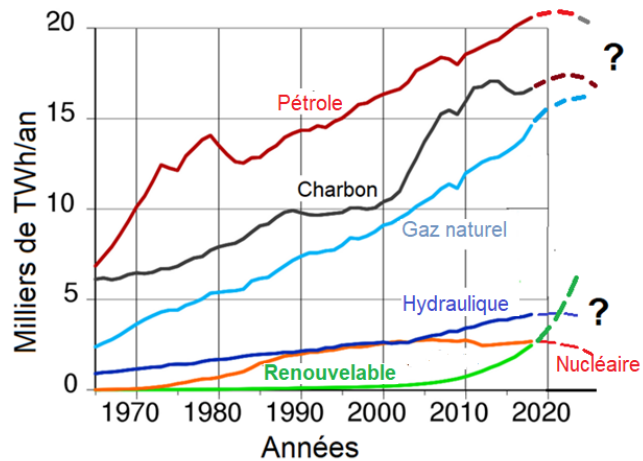


Homo sapiens est devenu petit à petit un glouton énergivore. On commence heureusement à observer sur la figure suivante que le haut de la courbe pour le pétrole est atteint. Il faut dire que la consommation mondiale de pétrole a sensiblement doublé depuis 1970. Bien que l'on ait pris conscience de la plus grande dangerosité du charbon en ce qui concerne les gaz à effet de serre, sa consommation a plus que doublé pendant la même période. Le problème est qu'il y a des réserves encore disponibles et la Chine, deuxième économie mondiale, est à la fois le premier producteur et le premier consommateur mondial de charbon. Ce grand pays brûle en effet sensiblement la moitié du charbon consommé tous les ans dans le monde alors que sa population ne représente "que" 20 % de la population mondiale. C'est environ 70 % de l'électricité produite en Chine qui est issue de ses centrales à charbon afin d'assurer principalement les besoins de l'Industrie. Le combat contre la pollution de l'air y est toutefois devenu une priorité et la consommation chinoise de charbon a baissé en 2014 pour la première fois dans l'histoire du pays. Ces transformations sont toutefois longues à mettre en œuvre. On estime qu'à l'horizon 2040, le charbon devrait encore être la première source d'énergie en Chine. On comprend en conséquence les inquiétudes de l'ONU concernant le climat. Quant au gaz naturel, la tendance en termes de consommation est plutôt régulièrement à la hausse. Il est heureusement nettement moins polluant que le charbon et le pétrole.

L'Arabie Saoudite le « roi du pétrole », qui s'est opposé à l'accord de Paris pour le climat est probablement le pays au monde qui pollue le plus. Il envisage de construire au cœur du désert un bâtiment gigantesque de 150 km de long, 500 m de haut et 200 m de large baptisé *The Line* qui a l'ambition d'accueillir 9 millions d'habitants. Les travaux ont débuté et la date de livraison de ce projet pharaonique de 500 milliards de dollars est fixée à 2030.

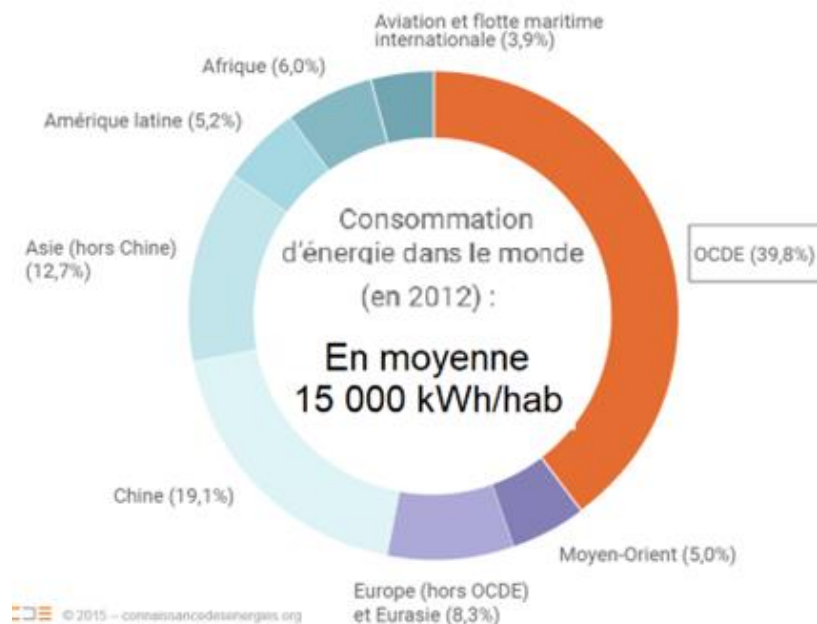
Malgré des découvertes de nouveaux gisements médiocres et des investissements pour les exploiter plus élevés, la demande mondiale en énergie et la consommation mondiale de pétrole ne cessent de croître. Les pays membres de l'OCDE qui devraient montrer l'exemple ne le font pas comme cela est expliqué sur la clé USB au chapitre cartographie.

Jean-Marc Jancovici nous explique sur Internet l'histoire de l'or noir et ce qui nous attends.

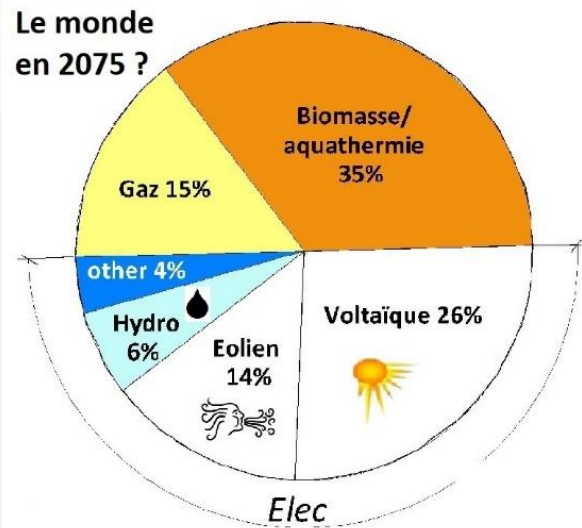
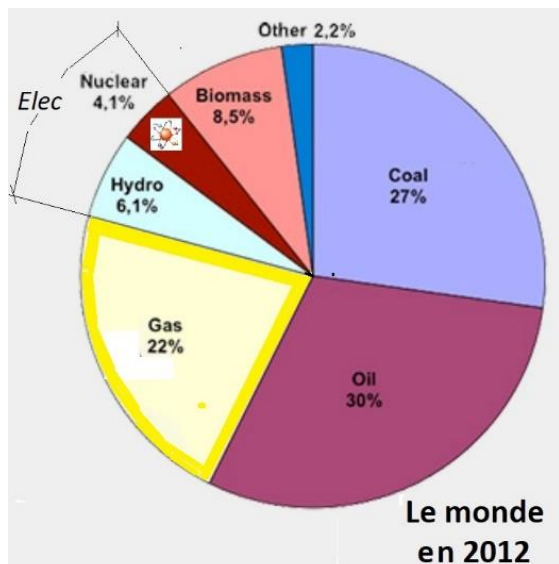


La Chine et les Indes gros consommateurs de charbon devraient laisser dans le sous-sol ce combustible redoutable pour notre environnement. Ceci dit si les chinois et les indiens qui représentent à eux deux environ 40% de la population mondiale à savoir 2,82 milliards d'habitants et qui consomment actuellement en moyenne environ 10 000 kWh par habitant consommaient autant d'énergie par habitant que les Etats Unis et le Canada, deux gloutons énergivores de l'OCDE qui consomment actuellement en moyenne 80 000 kWh par habitant, cela aurait pour effet de tripler sensiblement la consommation mondiale en énergie finale par rapport à ce qu'elle est actuellement

En exprimant ce que chacun d'entre nous consomme dans le monde en kWh plutôt qu'en tonne équivalent pétrole (tep) on se rapproche du système international d'unité et l'on peut estimer, vu que nous sommes 7 milliards sur terre, notre consommation globale en énergie à sensiblement 105 TWh. (Téra 10¹²)



L'évolution dans le monde des chaînes énergétiques illustrée par les 2 figures ci-dessous sera lente mais pourrait bien par nécessité se faire plus rapidement et même dès 2050 suite à la guerre en Ukraine.



La figure de gauche montre comment le monde s'approvisionne actuellement en énergie. Ceci principalement avec 3 combustibles fossiles, l'essence, le charbon et le gaz qui assurent l'essentiel du besoin en générant des gaz à effet de serre, le complément étant assuré par l'hydraulique, le nucléaire et la biomasse. Quant à la figure de droite, elle montre comment il pourrait être contraint de le faire. Ceci en raison de l'épuisement de nos réserves fossiles et de la dangerosité du nucléaire. Ceci aussi grâce à une meilleure compréhension de l'enthalpie, à la géothermie associée à l'aquathermie de surface, au voltaïque associé à l'éolien et probablement avec un petit reliquat gaz. La Chine optimiste, espère même parvenir au zéro carbone, c'est-à-dire sans le gaz dès 2060. Un facteur favorable à cette transition : l'arrivée à la présidence des USA de Joe Biden qui rejoint les accords de Paris sur le climat.

Nous allons dans les pages qui suivent observer à partir de quelle quantité d'essence, de fioul, de gaz ou d'électricité il est possible d'obtenir 10 kWh d'énergie thermique. Ceci en fonction des chaînes énergétiques que nous utilisons actuellement.

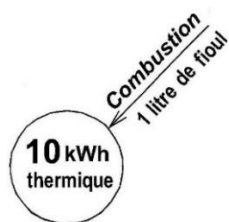
22 Les chaînes énergétiques

Quand l'air est sec, le corps humain est capable de résister à des chaleurs extrêmes, 60 degrés voire plus si ça ne dure pas trop longtemps. Au contact d'un air sec, l'évaporation de la sueur nous rafraîchit alors que dans un air saturé en humidité, la sueur a du mal à s'évaporer et le corps est en surchauffe. Les parties du monde sujet à une "canicule humide" comme l'Asie du Sud et du Sud-Est, le golfe Persique ainsi que le golfe du Mexique sont selon l'ONU les régions les plus exposées et seront plus affectées par le réchauffement climatique. Ceci même avec la crainte que certaines zones plus humide et chaudes que d'autres deviennent inhabitables. Le réchauffement climatique est à notre porte et nous aurions intérêt à utiliser le fait que par forte chaleur, en période estivale, notre peau humide soumise au flux d'air d'un ventilateur ressent une sensation de fraîcheur bien agréable en raison du froid généré par l'évaporation de l'eau. Heureusement d'ailleurs car les dispositifs de climatisation décrits à la page 33 sont irrecevables en ville lorsque les échanges thermiques se font sur l'air. En effet ces climatiseurs air-air réversibles rejettent dans l'environnement extérieur du froid lorsqu'il fait froid ce qui n'est pas très grave mais ce qui est plus gênant du chaud lorsqu'il fait chaud afin d'assurer le confort à l'intérieur des bâtiments en été, une solution difficile à généraliser en ville en été alors que l'atmosphère est déjà surchauffée et que la climatisation augmenterait la surchauffe extérieure. Ceci sans parler de l'esthétique et du bruit qu'ils génèrent.

Les mauvaises

Nous allons maintenant observer à partir de quelle quantité d'essence, de fioul, de gaz ou d'électricité il est possible d'obtenir 10 kWh d'énergie thermique pour assurer le confort dans l'habitat selon la nature des chaînes énergétiques que nous utilisons actuellement. Concentrer les efforts sur la seule qualité de l'isolation des bâtiments n'est pas une solution suffisante, particulièrement dans l'existant. Certes la guerre entre les isolants minces et épais semble révolue et le R=6,2 des isolants minces reconnus, mais le gain de 30 % de consommation en énergie - selon l'Ademe - qui en résulterait n'est pas à l'échelle du besoin. Le prix des énergies ne cessera de flamber et nous n'aurons pas dans les 10 prochaines années eu le temps d'assurer la transition vers la « Solar Water Economy » qui échange avec beaucoup plus d'efficacité l'énergie thermique avec l'eau à la place de l'air et qui restitue en été dans les nappes captives les calories prélevées en hiver

- Le fioul



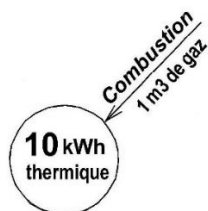
La combustion d'un litre de fioul ou de 1 litre d'essence) permet par exemple d'obtenir environ 10 kWh thermique

La puissance P est égale au débit de fioul Q_f que multiplie son pouvoir calorifique PCI

$$\text{On a } P = Q_f \times PCI$$

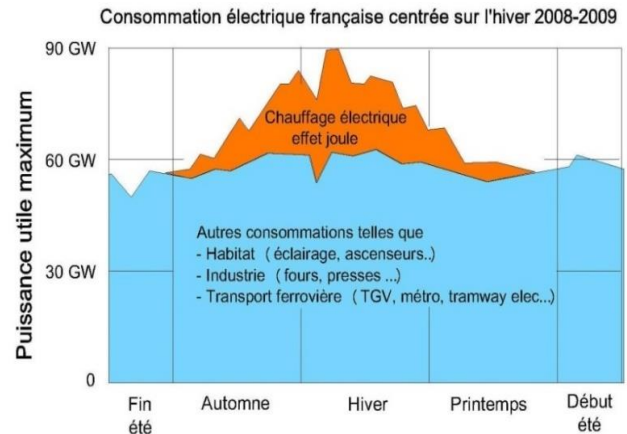
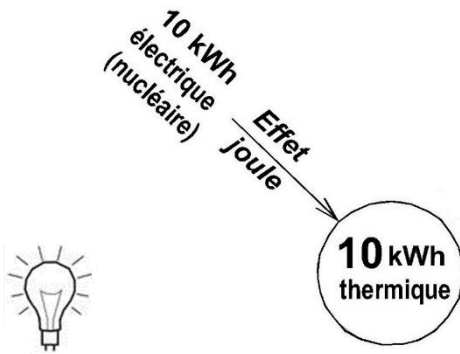
$$\frac{\text{litre}}{\text{h}} \times \frac{\text{kWh}}{\text{litre}}$$

- Le gaz naturel



La combustion d'un m3 de gaz naturel permet elle aussi d'obtenir environ 10 kWh thermique

- L'effet Joule (ou les radiateurs électriques)



Ce qui est en passe de devenir le passé

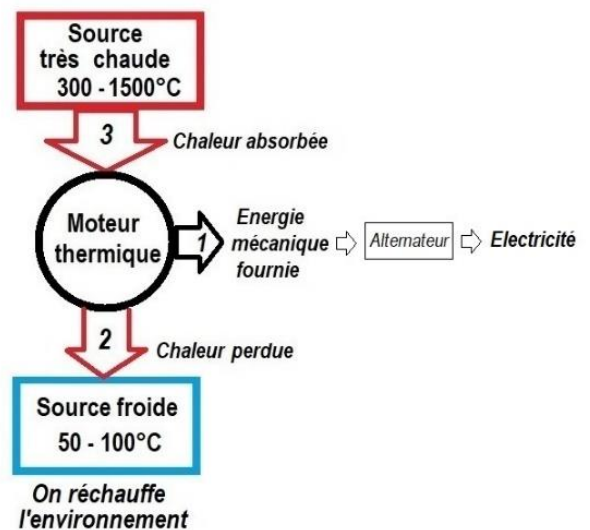
En faisant passer du courant électrique dans un filament de tungstène, un métal ayant un point de fusion très élevé, on obtient une lampe à incandescence qui éclaire par « effet Joule ». De même, lorsque l'on fait passer du courant électrique dans une résistance, cela produit par effet joule de la chaleur avec une égalité entre les kWh électriques consommés et les kWh thermiques fournis. Ce mode de chauffage induit une surconsommation électrique importante au plus froid de l'hiver qui est indiquée en rouge sur la figure.

$U = R i$ $P = U i = R i^2$ $W = P t = R i^2 t$ les unités dans le système international :

U Tension (volt) P Puissance (watt) W Energie (Joule) R Résistance (ohm) i Intensité (Ampère) t (s)

- Le moteur thermique

La figure ci-contre représente sous forme symbolique la chaîne énergétique la plus utilisée dans le monde, celle qui comprend un moteur thermique du type moteur à essence ou une turbine à gaz passant par les hautes températures pour générer de l'énergie mécanique et souvent de l'énergie électrique grâce à un alternateur en fin de chaîne. Les hautes températures en amont sont obtenues soit par la combustion des produits fossiles soit par la fission de l'uranium dans les centrales nucléaires. Ces chaînes énergétiques polluent et réchauffent malheureusement l'environnement. La loi de conservation de l'énergie est respectée : le système émet autant d'énergie qu'il en reçoit : $3 = 1+2$. Ceci avec un rendement $r = 0,33$ (1 que divise 3). A l'heure du réchauffement climatique elle peut être considérée comme mauvais vu qu'elle dissipe dans l'environnement une quantité de chaleur sensiblement égale à deux fois l'énergie électrique produite.



La source très chaude peut même atteindre dans certains moteurs thermiques des températures proches de 1500°C et ceci en soulevant de graves problèmes métallurgiques

Le "pétrole"

L'abandon programmée des chaudières fioul, des voitures à essence et du kérosène sur les avions m'entraîne à vous expliquer la structure d'une raffinerie où le pétrole est distillé comme l'est la lavande pour la parfumerie ou le raisin pour la gnôle. La réalité est un peu plus complexe mais pour faire simple :

- 1) On verse du pétrole brut dans une immense cuve et on allume le feu dessous, très doucement. La cuve commence alors à « dégazer », et on récupère les gaz : propane, butane, GPL.
- 2) On augmente le feu vers 150 à 200°C, sortent les vapeurs plus lourdes qui, une fois condensées donnent les essences de pétroles. D'abord les naphtes, pour la pétrochimie, puis l'essence pour nos voitures.
- 3) On augmente encore la température jusque vers 300°C. Apparaissent alors les huiles : le kérosène pour les avions, le fameux gazole pour nos moteurs diesel, et le fioul domestique. Et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il ne reste plus que les résidus, les bitumes avec lesquels nous faisons nos routes.

Rien ne se perd dans le pétrole. Qu'on le veuille ou non, qu'on le consomme ou pas, le gazole représente environ 20 % de la masse du pétrole brut qui sort des cuves au cours du processus. Ceci alors que le pourcentage est le double pour l'essence. La question qui s'est posé pour le gazole a été : Qu'est-ce qu'on en fait si on ne le consomme pas ? Vers la fin des années soixante, seuls les camions, des bateaux de petite taille et quelques rares voitures étaient équipées de moteurs diesel. On ne consommait pas tout et le surplus de gazole issu des raffineries était rejeté à la mer....

Les compagnies pétrolières, devant ce manque à gagner, se sont alors tournées vers les constructeurs automobiles pour leur demander de développer les moteurs diesel, avec de nouveaux alliages acceptant des hautes températures de fonctionnement, des taux de compression plus élevés et l'intégration de systèmes de suralimentation (les turbos). Ils ont ainsi créé des moteurs diesel aussi performants et aussi fiables que les moteurs à essence voire mieux. Une fiscalité française avantageuse pour le gazole, des panneaux publicitaires de 4 m sur 3 faisant l'apologie du moteur diesel, une presse qui vantait « l'écologie » du moteur diesel, affirmant qu'il polluait moins que le moteur à essence (grâce à l'adjonction de filtres à particules a fait le reste et entraîné un succès fulgurant du "diesel". Le problème pour le politique est qu'aujourd'hui on souhaite se débarrasser des produits pétroliers. Comment inverser la tendance et résoudre ce dilemme ? On le devine, la tâche des acteurs de la transition énergétique ne va pas être simple. Qu'ils le veuillent ou non ces acteurs vont être associés aux "politiques " et ces derniers, s'ils veulent être réélus, ont tout intérêt à nous expliquer ce qu'ils vont "faire" avec une vision sur le long terme allant dans le bon sens. Ceci en améliorant notre fiscalité actuelle et en sortant d'un langage primaire du genre "yaka fokon" ou "yakaplus". Pour cela, ils vont devoir s'orienter dans une voix qui réduise les inégalités et freine la corruption ainsi que la spéculation.

Nous arrivons à la fin du 2^{ème} chapitre concernant la consommation. Le lecteur aura compris que tirer profit de l'énergie thermique naturelle existant dans la nature n'est pas à proprement parlé produire de l'énergie. Avant de passer au chapitre concernant la production de l'énergie, nous allons devoir considérer que l'énergie produite doit être transportée du lieu de production vers le lieu d'utilisation avant de pouvoir être consommée. Les pertes d'énergie en ligne qui résultent de la circulation de l'eau dans un tuyau en raison des effets de paroi sont à prendre en considération qu'il s'agisse des pertes thermiques au travers de la paroi ou des pertes de pression liées à l'écoulement.

En ce qui concerne les tuyaux, il nous faudra tenir compte du fichier permettant d'évaluer ces pertes de puissance en ligne. Il faudra :

- limiter autant que faire se peut la distance entre le lieu de production et de lieu d'utilisation
- raisonner collectivement et non individuellement de telle sorte que le diamètre étant plus important les pertes de charges en ligne soient raisonnables.



Celle qui reste acceptable en dehors des villes : [la combustion du bois](#)

L'usage du feu avec le bois par Homo erectus remonte à 1 million d'années. Quant à homo sapiens qui se trouve pour l'essentiel contraint d'abandonner le charbon, le pétrole et ses dérivés, il se pose la question de savoir s'il va renouer avec le passé ? L'homme moderne peut en effet se demander ce qu'il en est du bois-énergie pour assurer ses besoins thermiques, par exemple avec les bûches ou les pellets. Il peut se sentir rassuré par le fait que la quantité de gaz carbonique libérée durant leur combustion est comparable à celle qui se libère naturellement lorsque le bois mort se décompose lentement dans la forêt. Mais il doit prendre en compte que le végétal, durant sa vie, prélève du gaz carbonique dans l'atmosphère grâce à la photosynthèse ce qui limite le réchauffement climatique. On peut cependant dire que le bois est une énergie renouvelable. Une énergie renouvelable qui sur un cycle complet de vie a un bilan carbone qui semble nul. Homo sapiens peut toutefois reprocher à la combustion du bois de générer des gaz nocifs pour ses poumons. Il peut aussi lui reprocher le fait que la quantité de gaz carbonique libérée dans l'atmosphère par sa combustion s'effectue beaucoup plus rapidement que lorsqu'il se décompose lentement dans la forêt une fois mort. Il est toutefois vraisemblable que la combustion du bois, interdite en ville, va se développer à la campagne. Le problème est aussi dans le fait qu'une fois coupé, le bois n'absorbe plus le gaz carbonique qu'il aurait absorbé s'il ne l'avait pas été.

L'immense forêt amazonienne, le poumon de la terre, est liée au réchauffement climatique. Pour tenter de compenser le réchauffement climatique en cours, l'Europe qui représente environ 7% de la population mondiale envisage de planter 3 milliards d'arbres tolérants au réchauffement

Le biogaz

L'Agence internationale de l'énergie (AIE) estime que le biogaz, pour l'essentiel du méthane (CH₄) issus de la fermentation des déchets organiques et résidus agricoles tel que le fumier, peut être utilisé à des fins de production de chaleur voire d'électricité. Le potentiel n'est assurément pas celui du voltaïque mais cette agence estime que 20% de la demande mondiale en gaz pourrait être assurée par cette filière et en Europe, c'est incontestablement l'Allemagne qui fait figure de leader. Lorsque la maison comprend un terrain ce combustible non contraignant au niveau des cendres et émettant nettement moins de gaz à effet de serre lors de sa combustion que le gaz naturel pourrait rendre service pour chauffer l'habitat en montagne en se substituant utilement au fioul au détriment des pellets.

Nous allons maintenant examiner plus précisément la chaîne énergétique vers laquelle nous allons surtout devoir nous orienter pour satisfaire nos besoins thermiques dans l'habitat.

Introduction au chauffage thermodynamique

La figure qui suit est un peu plus difficile à comprendre. Je vous demande seulement de vérifier que la formule est exacte algébriquement. Le terme de gauche représente les performances des anciennes chaînes énergétiques basées sur le moteur thermique (les mauvaises) alors que le terme de droite représente les performances des chaînes énergétiques que nous allons devoir maintenant utiliser vu l'amélioration qu'elles apportent en ce qui concerne leur performances (COP)

$$\text{Rendement } r < 1 \text{ (le passé)} \leftarrow \left(\frac{T_c - T_f}{T_c} \right) \times \left(\frac{T_c}{T_c - T_f} \right) = 1 \rightarrow \text{Performance } p = 1/r > 1 \text{ (le futur)}$$

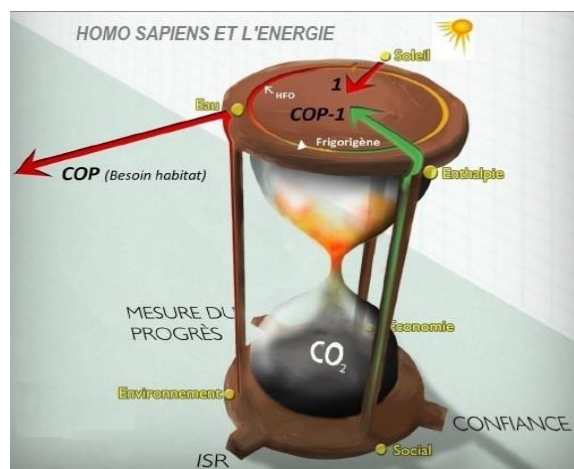
Dans cette équation les températures sont exprimées en degrés Kelvin et l'indice de la lettre **T** représente les températures (**c** quand c'est chaud, **f** quand c'est froid). Le produit des deux termes est bien égal à 1 mais son exactitude algébrique n'est probablement « qu'apparente ». Je vous demande de me croire si je vous dis que le 1^{er} terme $(T_c - T_f) / T_c$ représente le rendement des chaînes énergétiques basées sur le « moteur thermique » et son cycle de Carnot que nous utilisons actuellement pour nous chauffer en hiver et assurer la motorisation de nos voitures. Ces chaînes énergétiques on vient de le voir aux performances modestes (r comme rendement < 1) sont dans la pratique la combustion des produits fossiles et le nucléaire qui passent par la case thermique des hautes températures pour produire notre coûteuse électricité. La chaîne énergétique de gauche est celle qu'il va falloir que nous abandonnions sans trop attendre pour assurer le confort thermique de notre l'habitat et la motorisation de nos voitures. Cela pour ne pas affecter dangereusement notre environnement vu que l'on perd inutilement 66 % de l'énergie en réchauffant notre environnement. Quant au 2^{ème} terme $T_c / (T_c - T_f)$, il représente les performances de la chaîne énergétique type « moteur frigorifique » qu'il va falloir généraliser en remplacement de la chaîne énergétique précédente pour assurer le chauffage et la climatisation de l'habitat.

Ceci par le fait que la performance **p** aussi appelé **COP** est cette fois supérieure à 1. Les performances de cette 2^{ème} chaîne énergétique qui met en jeu des températures beaucoup plus faibles sont nettement améliorées par rapport à la précédente. Avec $p = 1/r = 1/0,33 = 3$ (ce chiffre beaucoup plus intéressant résultant du prélèvement important de chaleur renouvelable dans notre environnement)

Le bon et le mauvais COP

Homo sapiens va devoir prendre conscience qu'il y a le mauvais COP (les voyages internationaux) et le bon COP (le restez chez soi)

Améliorer rapidement la qualité de l'air dans nos villes en diminuant nos charges de chauffage sans déséquilibrer notre économie et sans aggraver le réchauffement climatique devraient être les principaux objectifs de notre transition énergétique. Ceci de telle sorte que la médecine pulmonaire et le médiateur de l'énergie dans nos cités ainsi que la montée annoncée des océans ne soient plus qu'un mauvais souvenir. Pour cela il va falloir que nous réalisons qu'il y a le "mauvais" et le "bon" COP, un peu comme il y a le mauvais et le bon cholestérol. Cette prise de conscience nous incitera à choisir ci la bonne chaîne énergétique pour assurer le chauffage de l'habitat



ISR investissement socialement responsable
COP coefficient de performance

- Le "mauvais COP" étant l'enfer du "consommer plus" avec tous ces voyages internationaux en avion convergeant vers le pays organisateur de ces COP, 22, 23, 24 25 et bientôt 26 à Glasgow en Ecosse heureusement repoussé etc... Un enfer pavé de bonnes intentions certes, mais absent de pragmatisme qui nous entraîne années après années vers l'aggravation de notre empreinte écologique.

- Le "bon COP", c'est celui du "consommer moins" associé à la thermodynamique et sa pompe à chaleur pour la climatisation de l'habitat. Une chaîne énergétique aux performances élevées ayant pour valeur le rapport entre l'énergie thermique arrivant dans le logement pour assurer notre confort et l'énergie électrique nécessaire pour produire cette énergie thermique. À l'inverse de la chaîne basée sur le cycle de Carnot et les hautes températures qui fournit de l'énergie mécanique cette chaîne énergétique du "consommer moins" se suffit d'une petite quantité d'électricité : celle nécessaire au moteur électrique entraînant le compresseur. Autre avantage important à l'heure du réchauffement climatique : elle refroidit plutôt notre environnement au lieu de le réchauffer. Quant aux performances de cette deuxième chaîne énergétique, on observe que la performance s'améliore :

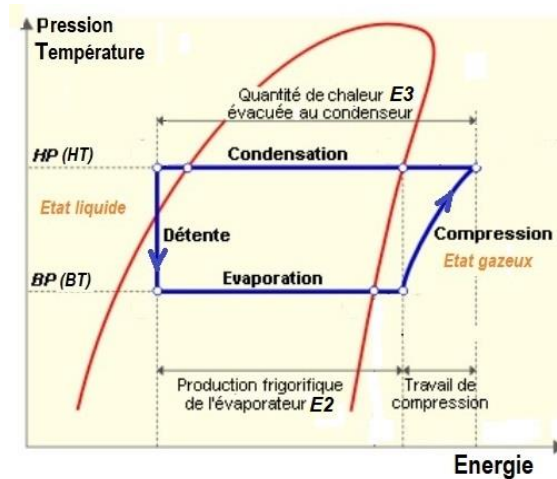
- si la température à la source froide augmente.
- si l'on diminue la température à la source chaude. Voir à ce sujet les radiateurs basse température.

Le diagramme de Mollier

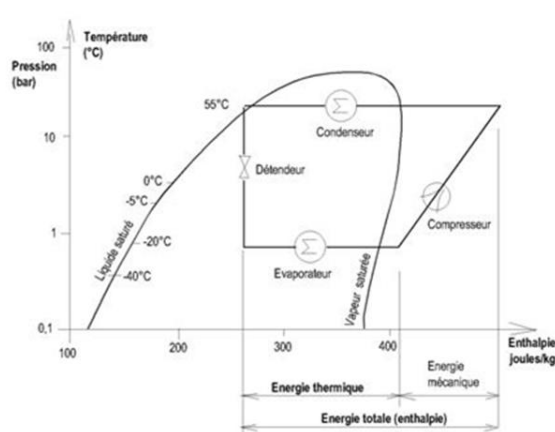
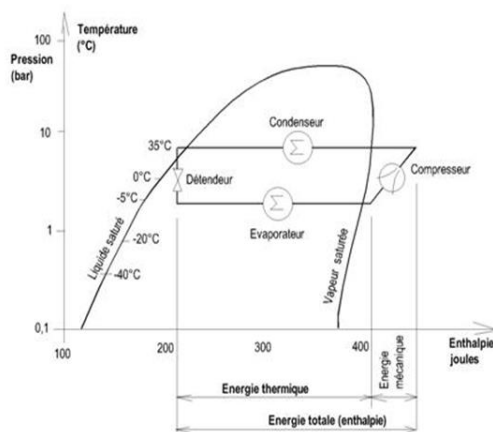
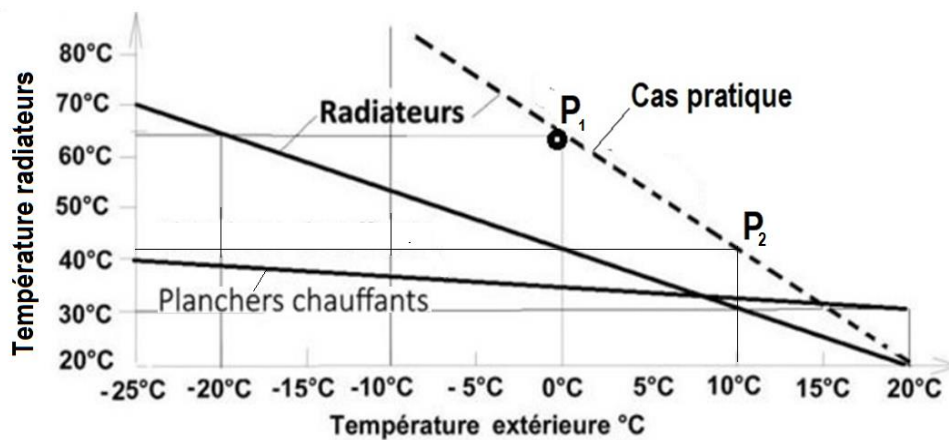
La figure ci-dessous représente le diagramme de Mollier bien connu des techniciens spécialistes des pompes à chaleur. Il est important de comprendre que la chaleur transmise à l'habitation par le condenseur de la pompe à chaleur est égale, compte tenu de la conservation de l'énergie à l'énergie frigorigène émise à l'évaporateur majorée du travail de compression du fluide caloporteur dans la pompe à chaleur.

Il y a certes le calcul, mais le diagramme de Mollier permet aussi de comprendre que l'on améliore les performances de la pompe à chaleur en diminuant la température à la source chaude. Cette notion est importante pour orienter le chauffage thermodynamique de l'habitat urbain dans le bon sens. Il faut aussi noter la prise de conscience des Lutins thermiques et de l'Association des Responsables de Copropriété (ARC) que la tentative d'individualisation des frais de chauffage dans les immeubles est une erreur dans la mesure où elle augmente la température à la source chaude en affectant les performances.

Lorsque le fluide caloporteur de la pompe à chaleur a fait un cycle complet en se retrouvant dans l'état gazeux initial à l'entrée du compresseur après être passé par l'état liquide dans le condenseur, l'énergie qu'il a reçue, lors de la phase compression majorée de l'énergie thermique reçue de l'environnement en le refroidissant est égale au signe près à la quantité de chaleur qu'il a émise dans le condenseur.



Extraite d'une revue Chaud Froid Performance, la figure ci-dessous montre en traits pleins les résultats obtenus dans des chauffages collectifs finlandais en ce qui concerne la température utile dans les planchers chauffants et dans les radiateurs lorsque la température extérieure varie. On observe que le confort thermique en Finlande, un pays européen pourtant bien froid, est assuré avec une température de l'eau dans les radiateurs plus faible qu'en France. Cela prouve que ce pays est en avance sur la France. Il a compris avant nous que grâce aux [radiateurs hydraulique basse température](#) les performances du chauffage thermodynamique s'améliorent lorsque la température utile pour assurer le besoin thermique est plus faible. Pour comprendre comment se situe mon immeuble à ce sujet, j'ai ajouté en pointillé et après l'avoir mesuré avec un thermomètre infra-rouge quel était le besoin en température dans notre circuit de chauffage pour une température extérieure de 0°C (point P₁ avant isolation toiture et P₂ après isolation).



Bon à gauche, moins bon à droite

Chaud Froid Performances (CFP)

Une pompe à chaleur (PAC) peut fonctionner selon deux modes.

En mode chaud (mode hivernal) la chaleur émise par le fluide caloporteur à l'intérieur de l'habitation est égale à la chaleur émise par le compresseur majorée de celle reçue de l'environnement lorsqu'il le refroidit

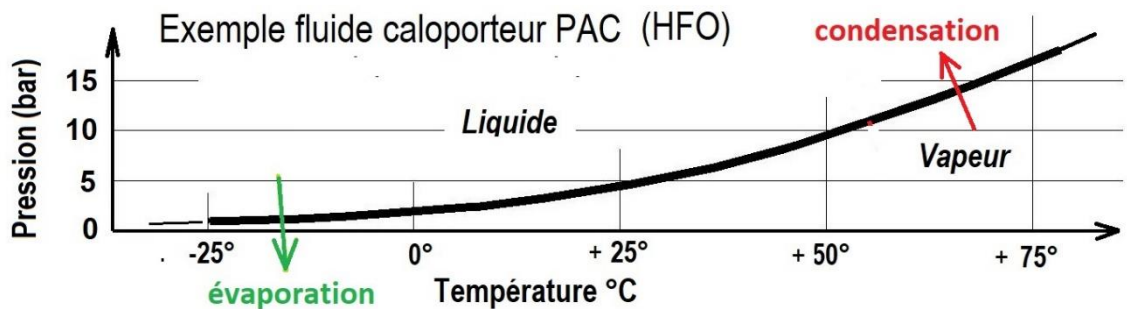
En mode froid (mode estival) cette fois la pompe à chaleur refroidit l'intérieur du logement au lieu de le réchauffer (Mode climatisation) grâce à une vanne 4 voies qui inverse les fonctions assurées par l'évaporateur et le condenseur de telle sorte que le sens des flux thermiques est inversé.

Lors de son cycle de fonctionnement le *fluide caloporteur* de la pompe à chaleur passe alternativement de l'état liquide à l'état gazeux. L'énergie thermique transmise par le fluide caloporteur lorsqu'il passe de l'état gazeux à l'état liquide dans le condenseur est égale à la somme de 2 énergies : celle lorsqu'il est à l'état gazeux et à basse température dans l'évaporateur majorée de l'énergie fournie par le compresseur. Le coefficient de performance (COP) de ces deux systèmes est le rapport entre l'énergie émise par le fluide caloporteur lorsqu'il est à l'état liquide dans le condenseur et l'énergie utile à l'entretien du cycle à savoir celle fournie par le compresseur. [On démontre](#) que le **COP** de ces 2 états énergétiques est égal à $T_c / (T_c - T_f)$. T_c et T_f étant les températures aux sources chaude et froide exprimées en degré Kelvin.

L'entropie du fluide caloporteur s'exprime en kJ/kg. La puissance thermique délivrée par une pompe à chaleur en mode chaud est égal à l'entropie du fluide caloporteur par son débit $\text{kJ/kg} \times \text{kg/s} = \text{kJ/s} > \text{kW}$

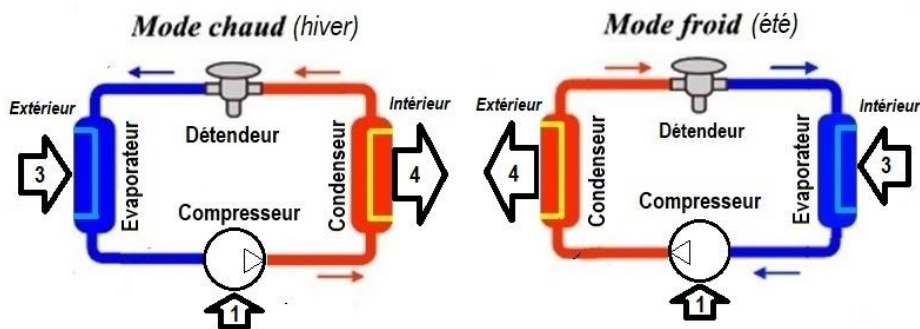
La figure ci-dessous visualise les transferts thermiques permettant de prélever l'énergie thermique dans notre environnement naturel avec la pompe à chaleur, sachant que :

- lorsque le fluide caloporteur est chaud lors de la phase condensation, il réchauffe l'habitat
- lorsque le fluide caloporteur est très froid lors de la phase évaporation, il refroidit l'environnement



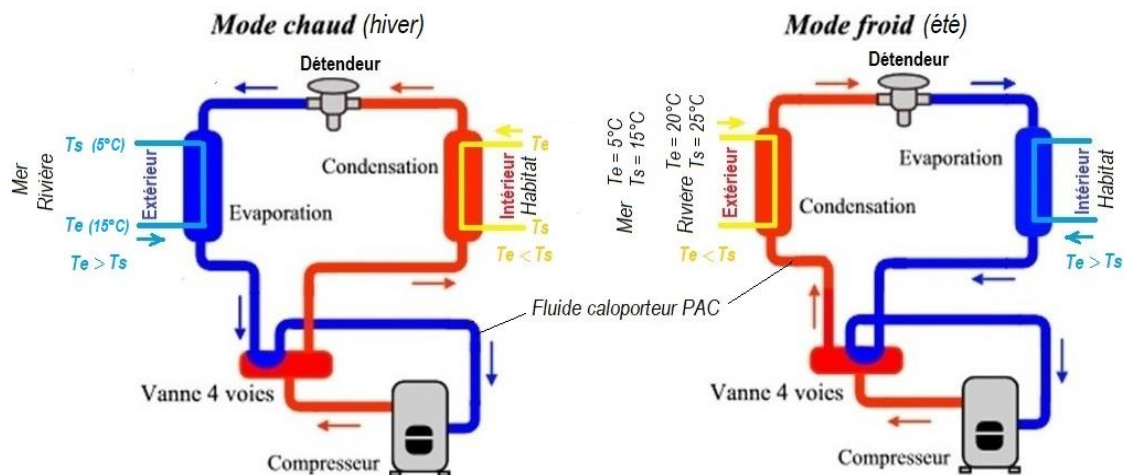
Faire du chaud puis du froid

Les deux figures qui suivent montrent comment il est possible d'inverser les flux thermiques en inversant le débit au niveau du compresseur. De telle sorte que le système puisse générer à volonté du chaud lorsqu'il fait froid ou du froid lorsqu'il fait chaud. L'inversion du débit peut se faire en changeant le sens de rotation du compresseur ou en rajoutant une vanne 4 voies sur le circuit



En inversant le sens de rotation du compresseur

Que l'on soit en chauffage ou en climatisation la quantité de chaleur émise par le fluide caloporteur (flèche sortante) est égale à la quantité de chaleur qu'il reçoit (flèches entrantes). La qualité d'une chaîne énergétique se mesure comme étant sa faculté de satisfaire au mieux le besoin. Le besoin étant pour la chaîne de gauche la quantité de chaleur émise dans le condenseur (4) en regard de l'énergie électrique consommée égale à 1 (COP = 4). Quant à la performance de la chaîne de droite, elle s'évalue comme étant le froid émis par le fluide caloporteur dans l'évaporateur en regard de l'énergie électrique consommée égale à 1 (COP = 3).



En rajoutant une vanne 4 voies sur le circuit

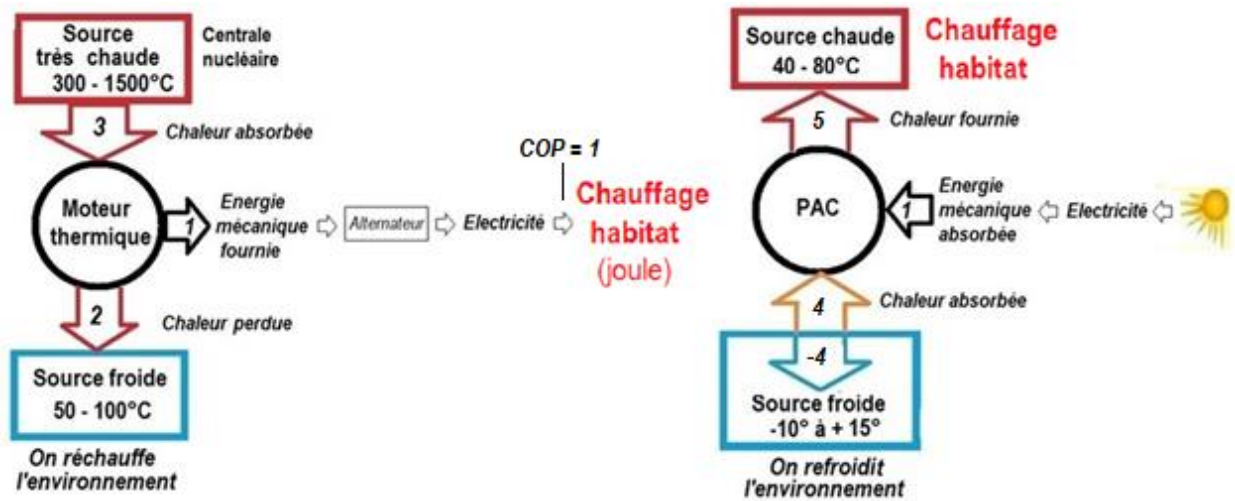
Le réchauffement climatique est à notre porte et plutôt que de compliquer ainsi le circuit nous aurions probablement intérêt à utiliser le fait que par forte chaleur, en période estivale, notre peau soumise au flux d'air d'un ventilateur ressent une sensation de fraîcheur bien agréable en raison du froid généré par l'évaporation de l'eau. Heureusement d'ailleurs car les dispositifs de climatisation assurant les échanges thermiques sur l'air sont irrecevables en ville. En effet ces climatiseurs air-air réversibles rejettent dans l'environnement extérieure du chaud lorsqu'il fait chaud et du froid lorsqu'il fait froid afin d'assurer le confort à l'intérieur des bâtiments, sans parler de l'esthétique et du bruit qu'ils génèrent. Une solution difficile à généraliser en ville en été alors que l'atmosphère est déjà surchauffée et que la climatisation augmenterait donc la surchauffe de l'air ambiant extérieur.

Concentrer les efforts sur la seule qualité de l'isolation des bâtiments n'est pas une solution suffisante. Certes la guerre entre les isolants épais et les isolants minces semble résolue et le $R=6,2$ des isolants minces modernes reconnu, mais un gain de 30% sur la consommation résultant de l'isolation n'est pas à l'échelle du besoin. Le prix des énergies ne cessera de flamber et nous n'aurons pas dans les 10 prochaines années eu le temps d'assurer la transition vers la « Solar Water Economy » qui échange avec beaucoup plus d'efficacité l'énergie thermique avec l'eau à la place de l'air et qui restitue en été dans les nappes captives profondes les calories prélevées en hiver



Le chauffage de l'habitat aujourd'hui et demain

Les figures ci-dessous montrent à gauche comment l'on chauffe l'habitat *aujourd'hui* et à droite comment l'on pourrait le chauffer *demain* en passant d'une mauvaise à une bonne chaîne énergétique



Aujourd'hui

Les performances de la chaîne énergétique associée aux centrales nucléaires passant par le moteur thermique pour assurer le chauffage et la climatisation de l'habitat est à l'évidence longue, coûteuse et déplorable en termes de performance.

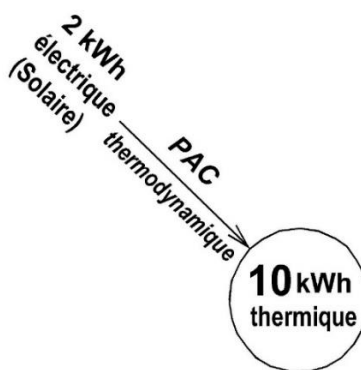
Demain ?

Pour une même quantité d'énergie électrique la pompe à chaleur (PAC) produit à minima 5 fois plus de chaleur si l'on prélève l'énergie thermique renouvelable dans l'eau et non dans l'air. On conçoit en observant la figure de gauche l'absurdité en terme de performances du chauffage par effet Joule avec son COP de 1



La très bonne

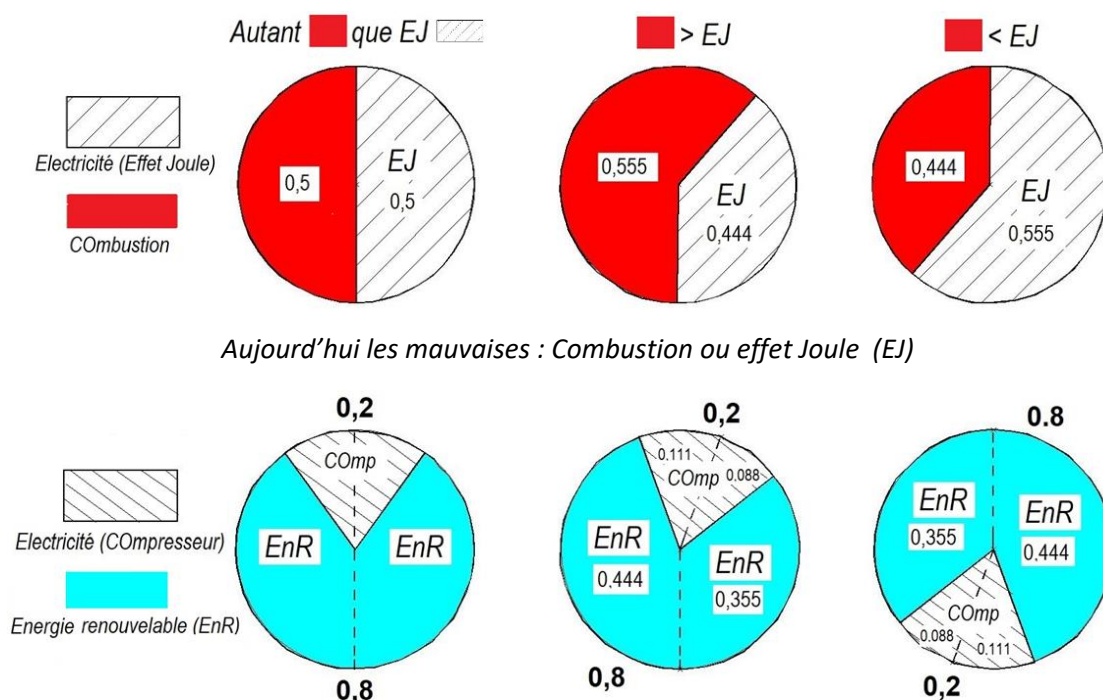
Alors qu'il faut, on vient de le voir, 10 kWh avec les chaînes énergétiques actuelles et leur COP de 1 pour fournir 10 kWh thermique, on va maintenant voir comment, en prenant en compte les 1^{ère} et 2^{ème} loi de la thermodynamique, on obtient ces 10 kWh thermiques avec seulement 2 kWh électriques comme source d'énergie extérieure. Ceci dans le cadre d'un système fermé type pompe à chaleur avec un fluide caloporteur qui transfère l'énergie thermique contenue dans l'eau mais pas de la matière. La consommation en énergie pour satisfaire le besoin thermique assurant la climatisation de l'habitat est ainsi totalement bouleversée.



Force est de constater que le chauffage de l'habitat dans une grande métropole comme Paris est actuellement assuré par effet Joule (les radiateurs électriques), ou par la combustion des produits fossiles. Vu le gâchis énergétique que représente l'effet Joule, il n'est pas acceptable qu'aucune statistique expliquant la part prise en pourcentage par chacune de ces chaînes énergétiques ne soit accessible à partir d'organismes tels que l'Institut National de la Statistique et de Etudes Economiques (INSEE). La vérité à ce sujet est probablement dans la colonne du milieu avec une prédominance de la combustion (CO)

La ligne supérieure montre la situation avec les chaînes énergétiques actuelles qui réchauffent l'environnement extérieur. Ceci avec une répartition 50/50 à gauche, une prédominance combustion (CO) au centre et une prédominance effet Joule (EJ) sur la droite

La ligne inférieure montre la situation après passage au chauffage thermodynamique en échangeant sur l'eau avec un COP de 5. On constate qu'il est ainsi possible d'abandonner la combustion et l'effet Joule, le besoin thermique étant assuré en prélevant l'essentiel (80%) de l'énergie thermique dans l'environnement naturel en le refroidissant (EnR), le complément de 20% étant assuré par l'électricité.



Nota

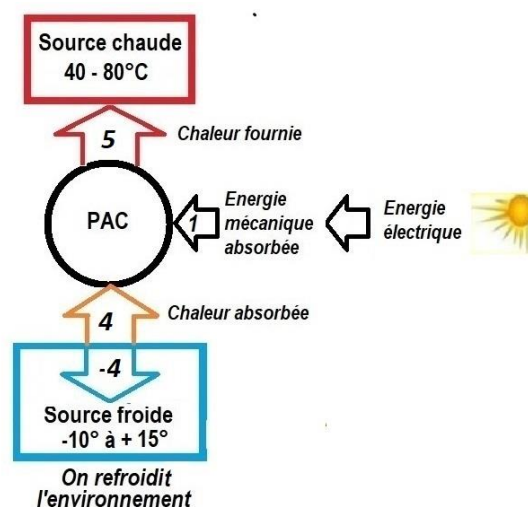
Il ne semble pas possible de trouver des statistiques quantitatives sur la part relative des deux modes de chauffage utilisés actuellement en France pour l'habitat, à savoir les radiateurs électriques à effet joule (que l'on nomme à juste titre grille-pain) et la combustion des produits fossiles. Les pourcentages 60 % combustion et 40 % chauffage électrique retenu ici sont probablement plus proches de la réalité que ceux de 50/50 évoqués dans les pages suivantes.

La figure bleue qui précède ainsi que la figure ci-dessous présente l'avantage de ne pas passer par les hautes températures et le moteur thermique en montrant comment on prélève l'énergie thermique dans l'eau et non dans l'air et avec un coefficient de performance COP égal à 5 (voire mieux) au lieu de 3. L'amélioration des performances étant liée aux températures des sources chaudes (T_c) et froide (T_f) plus proches l'une de l'autre.

Les pompes à chaleur aquathermiques échangeant sur l'eau sont parfois réalisées dans l'individuel pour la maison mais encore inexistantes dans les immeubles et le collectif. Ces systèmes émettent autant d'énergie qu'ils en reçoivent et respectent les lois de conservation de l'énergie comme les pompes à chaleur aérothermiques échangeant sur l'air.

Le principal avantage sur ces dernières est le fait qu'en prélevant l'énergie dans l'eau leurs performances (p) sont presque deux fois supérieures à celles des pompes à chaleur échangeant sur l'air. Qui plus est, elles sont silencieuses ce qui n'est pas le cas de ces dernières

$$p = 5/1 = 5 \text{ (COP)}$$



Le lecteur aura compris que tirer profit de l'énergie thermique naturelle existant dans la nature n'est pas à proprement parlé produire de l'énergie. Avant de passer au chapitre concernant la production de l'énergie, nous allons devoir considérer que l'énergie produite doit être transportée du lieu de production vers le lieu d'utilisation avant de pouvoir être consommée. Les pertes d'énergie en ligne qui résultent de la circulation de l'eau dans un tuyau en raison des effets de paroi sont à prendre en considération, qu'il s'agisse des pertes thermiques au travers de la paroi ou des pertes de pression liées à l'écoulement.

En ce qui concerne les tuyaux, il nous faudra tenir compte du fichier permettant d'évaluer ces pertes de puissance en ligne. Il faudra :

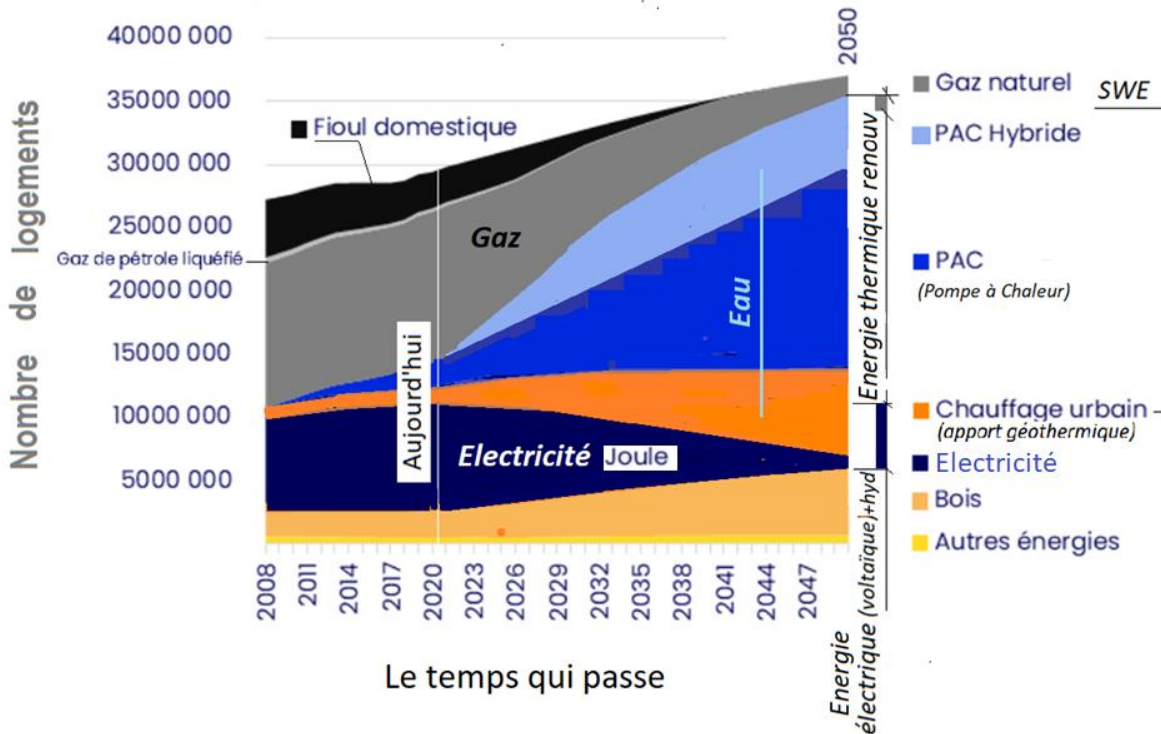
- limiter autant que faire se peut la distance entre le lieu de production et de lieu d'utilisation
- raisonner collectivement et non individuellement de telle sorte que le diamètre étant plus important les pertes de charges en ligne soient raisonnables.

La distance entre le lieu d'utilisation et le lieu de production avec les centrales nucléaires étant nécessairement importante pour des raisons de sécurité, la France a dû se résoudre à laisser se dissiper dans l'environnement une quantité d'énergie thermique sensiblement égale à 2 fois l'énergie électrique produite.

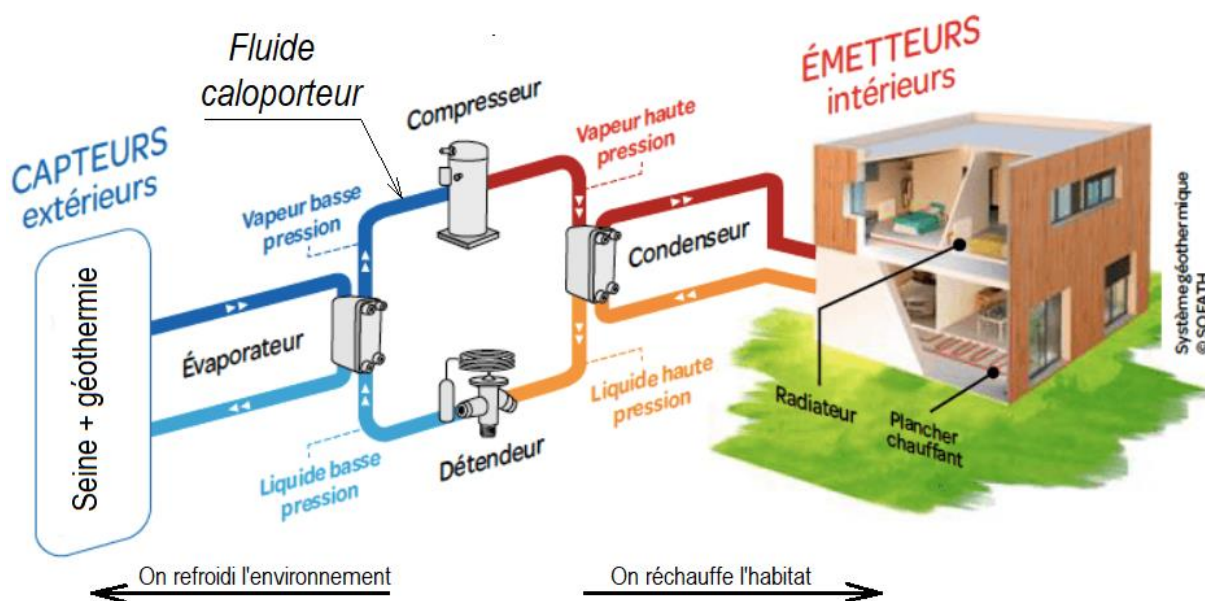
Il n'y a pas d'innovation sans contraintes *Jean-Marc Jancovici*

Afin de montrer l'exemple de ce qui pourrait être fait pour minimiser le réchauffement climatique la France métropolitaine pourrait utilement s'inspirer des deux figures qui suivent pour assurer le confort thermique dans l'habitat les 3 décennies à venir.

Évolution du parc de logements français par type d'énergie



Le temps qui passe



Ces deux figures résume l'essentiel de ce qu'il faut faire pour sortir du gâchis actuel

Complément technique sur les chaînes énergétiques

Sur les anciennes chaînes

La théorie, rendement $r = (T_c - T_f) / T_c$ ainsi que la connaissance du [cycle de Carnot](#) permettent de se faire une idée du rapport entre l'énergie mécanique en sortie du moteur thermique et la quantité d'énergie thermique qui a été nécessaire pour produire cette énergie mécanique. On ne peut en effet évoquer le moteur thermique et la compression des gaz sans parler de l'équation des gaz parfaits et du cycle de Carnot.

Le calcul montre qu'en pratique c'est 66 % de l'énergie potentielle contenue dans le combustible qui est perdue et qui réchauffe inutilement notre environnement ! En opposition complète avec le cycle de Carnot la théorie permet de mettre en évidence les performances du chauffage ou de la réfrigération thermodynamique. Une chaîne énergétique qui n'a rien à voir avec la précédente puisque les performances de cette chaîne énergétique s'obtiennent à partir d'une formule qui n'est autre que l'inverse de la précédente à savoir $T_c / (T_c - T_f)$.

Il s'agit cette fois d'une chaîne énergétique dans laquelle le système reçoit de l'énergie mécanique au lieu d'en émettre. Une chaîne énergétique qui, à l'inverse de la précédente voit sa performance s'améliorer lorsque la température à la source chaude T_c diminue et que la température à la source froide T_f augmente. Réussite à ce point différente de celles du moteur thermique que l'on ne parle plus de rendement mais de performance. Performance on va le voir incomparablement supérieure au moteur thermique et à la combustion ! Ceci en permettant de produire au choix de l'énergie thermique positive (du chaud) ou négative (du froid) et en consommant sensiblement 5 fois moins d'électricité qu'avec le chauffage électrique par effet Joule pour produire de la chaleur. Les pays dits « développés » comme la France en ne considérant pas l'énergie thermique à sa juste valeur n'ont pas montré l'exemple de ce qu'il faut faire. Pour éclaircir la situation, il leur appartient maintenant de reconnaître qu'ils se sont trompés. Le mauvais exemple des chaînes énergétiques actuelles, qu'il s'agisse du nucléaire ou de la combustion des produits fossiles réside principalement dans le fait qu'elles passent par la case des hautes températures nécessaire au moteur thermique pour produire l'énergie électrique nécessaire à nos besoins. Ceci dit l'épuisement prochain de nos réserves d'énergie non renouvelables à l'échelle du siècle et le temps qui va être nécessaire pour modifier nos chaînes énergétiques font que l'urgence du changement est bien d'actualité.

La mairie de Béthune, barycentre de l'ancien bassin minier français du nord de la France a gagné son pari en se déconnectant des fluctuations des cours mondiaux et en devenant indépendants sur le plan énergétique. Ce sont les 100 000 km de galeries des anciennes mines de charbon situées sur sa commune et au grisou, gaz invisible et inodore composé à 90% de méthane qui s'y dégagent qui vont lui permettre de faire face temporairement à la crise énergétique. Une attitude courageuse par le fait que l'état, s'appuyant sur le Code minier s'est désengagé en cas d'accident en estimant que ce sont les exploitants qui sont responsables.

Vu la dangerosité du grisou on comprend que les maires des communes avoisinant Béthune restent en retrait. Par contre on a du mal à comprendre la passivité des Maires contrôlant nos 35 000 communes françaises vu qu'elles se situent souvent près d'une rivière et de son potentiel énergétique thermique qui présente l'avantage de ne pas être dangereux.

Nous allons maintenant aborder une chaîne énergétique similaire à celle de la page 24 qui présente l'avantage de ne pas passer par les hautes températures et le moteur thermique mais cette fois en prélevant l'énergie thermique sur l'eau et non sur l'air. Ceci avec un coefficient de performance COP égal à 5 (voire un peu mieux) au lieu de 3. L'amélioration des performances étant liée aux températures des sources chaudes (T_c) et froides (T_f) plus proches l'une de l'autre comme cela est prouvé par le calcul page 76 et 77 du livre « [La chaleur renouvelable et la rivière](#) » édité par la société des écrivains.

Sur les nouvelles chaînes

Le dimensionnement d'une pompe à chaleur à compresseur est relativement complexe, même si l'on connaît les déperditions de la maison ou de l'immeuble ce qui est le cas d'une modernisation. Il faut mettre en évidence :

1) Le volume du circuit d'eau chaude

Celui de l'installation existante n'est pas nécessairement adapté à la nouvelle chaîne énergétique. Pour les anciennes PAC type « tout ou rien », la recommandation était de prendre environ 50 litres/kW (soit 750L pour une PAC de 15 kW ou 7,5 m³ pour 150 kW). Avec les PAC nouvelle génération type « inverter » et débit du fluide caloporteur variable, il existerait une norme technique spécifiant que 14 litres/kW est largement suffisant (soit un volume de ballon tampon limité à environ 200 litres pour une PAC de 15 kW et environ 2 m³ pour 150 kW)

2) Le débit maximum du fluide caloporteur dans la PAC

Ce débit Q est fonction de la puissance thermique maximum P_{max} que devra délivrer la pompe à chaleur en kW ainsi que de l'enthalpie E en kilojoules par kilo (kJ/kg) du fluide caloporteur : on a $Q = P_{max} / E$
Si l'on utilise un fluide caloporteur HFO 1234ze ayant une l'enthalpie de 290 kJ/kg alors que la puissance thermique maximum requise est de 150 kW le débit de fluide caloporteur utile est égal à $Q = 150 / 290 = 0,517$ kg/s. On observe l'homogénéité de la formule dans la mesure où 1 kW correspond 1 kilojoule par seconde (des kJ/s que divise des kJ/kg donne bien des kg/s)

3) La masse de fluide caloporteur en circulation dans la PAC

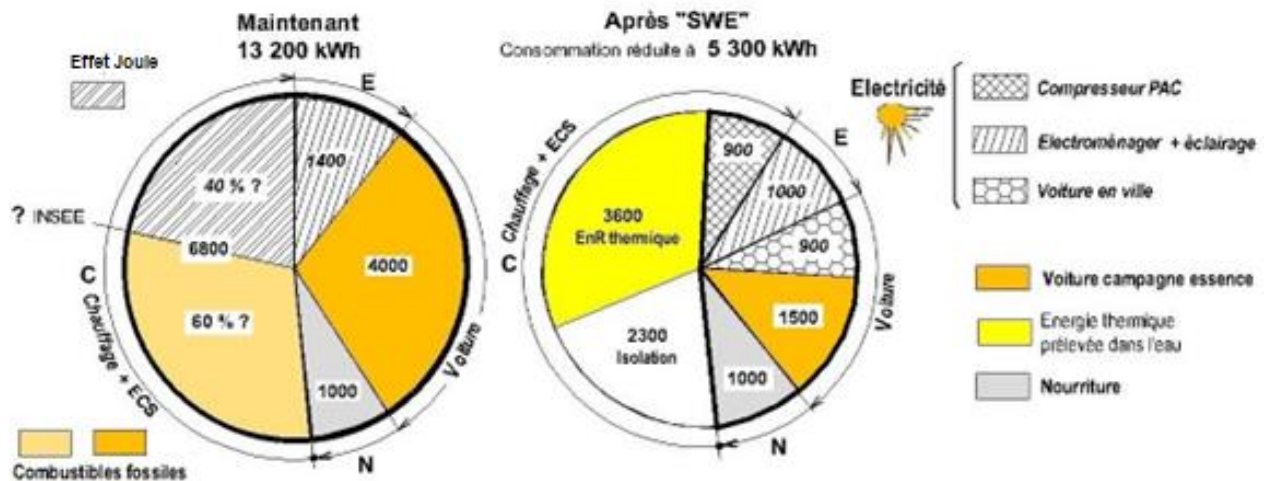
Maintenant que l'on a une notion du débit requis pour le fluide caloporteur on conçoit que la masse m utile de fluide caloporteur dans le circuit fermé de la pompe à chaleur est fonction du temps de cycle T mis par le fluide caloporteur pour faire boucler son cycle répétitif compression à l'état gazeux, condensation détente. Ce temps de cycle fonction du débit et du volume caloporteur est laissé actuellement à l'appréciation du constructeur de la pompe à chaleur. Il semble important de veiller au temps de transfert de l'énergie thermique. D'après certains constructeurs, ce temps ne devrait pas être inférieur à 6 minutes (360 s) pour les PAC de petite taille. Si l'on décide de prévoir le même temps de cycle pour la PAC de 150 kW la masse de fluide caloporteur serait égale à $m = Q \times T = 0,517 \times 360 = 180$ kg

On conçoit au travers de ces calculs que l'installation d'une PAC est complexe, demande du sérieux, du temps et des compétences ainsi qu'une connaissance de l'équation des gaz parfaits. Pour votre installation vous devrez faire appel à un professionnel maîtrisant les métiers de chauffagiste, thermicien, frigoriste et électricien, disposant de qualifications reconnues et de références, proposant uniquement du matériel performant et robuste ayant la certification « NF PAC », un matériel provenant de fabricants d'échangeurs de température issus nativement du monde du chauffage (meilleures régulations) et non du « froid » ou de la climatisation, et surtout ayant des compétences en régulation. Faute de quoi, des conseils erronés seront graves de conséquences, notamment financières (réparation et surconsommation d'énergie). Le dimensionnement d'une pompe à chaleur exige des connaissances différentes de celles nécessaires à la mise en œuvre d'une « petite » chaudière gaz murale.

- 23 Passage à l'acte en région IDF ?

On retrouve sur la gauche la consommation moyenne annuelle actuelle en énergie d'un parisien comme indiqué au début de ce chapitre. Sur la droite ce que pourrait être cette consommation avec une isolation raisonnable avec la *Solar Water Economy* (SWE). Ceci en adoptant :

- un chauffage thermodynamique échangeant sur l'eau avec un COP de 5,
- une motorisation hybride rechargeable pour la voiture. Ceci avec un véhicule qui roulerait en mode électrique pour tous les petits déplacements en région parisienne et en mode conventionnel essence ou éventuellement diesel pour les plus grands déplacements vers la province, par exemple pendant les vacances.



La "SWE" est la vision de ce que pourrait être une transition énergétique allant dans le sens de l'abandon de nos chaînes énergétiques actuelles à savoir :

- la combustion des produits fossiles et l'effet Joule devenues obsolètes en raison de leurs piètres performances pour l'énergie thermique et le chauffage de l'habitat.
- le passage à l'énergie électrique pour la voiture afin de satisfaire ses besoins en énergie mécanique.

La partie gauche de la figure montre comment l'on satisfait nos besoins en énergie actuellement et la partie droite comment ce besoin en énergie serait satisfait avec le concept énergétique "SWE". Un concept dans lequel l'eau occupe une position centrale par le fait que l'utilisation de l'eau au lieu de l'air minimise le besoin en électricité pour le premier poste permettant de satisfaire le besoin pour le 2^{ème}.

Si nous procédons sans trop attendre, nous pouvons mettre en place ce nouveau concept sans remettre trop gravement en cause notre modèle économique. Ces deux nouvelles chaînes énergétiques nous permettraient de préserver nos ressources grâce à l'eau et au soleil en consommant nettement moins d'énergie finale qu'actuellement. On va voir comment, après mise en place de ces nouvelles chaînes énergétiques on assure le confort du citoyen français avec une consommation en énergie peut devenir égale à 5300 kWh au lieu de 13 200 kWh. Ceci moyennant un effort abordable pour l'isolation de l'existant (33%) avec des consommations pour chaque poste se répartissant ainsi :

C La zone jaune représente le chauffage : 3 600 kWh d'énergie thermique gratuite prélevée dans l'environnement (dans l'eau*) + 900 kWh électrique = 4500 kWh

V La nouvelle consommation pour la voiture. Ceci avec la voiture hybride rechargeable. La zone colorée rouge pendant les vacances (1 500 kWh de produits fossiles) et la zone avec figures hexagonales correspondant à la circulation en ville en mode électrique (900 kWh)

E Le chiffre de 1000 kWh la nouvelle consommation correspond à l'électroménager et à l'éclairage (environ -30%)

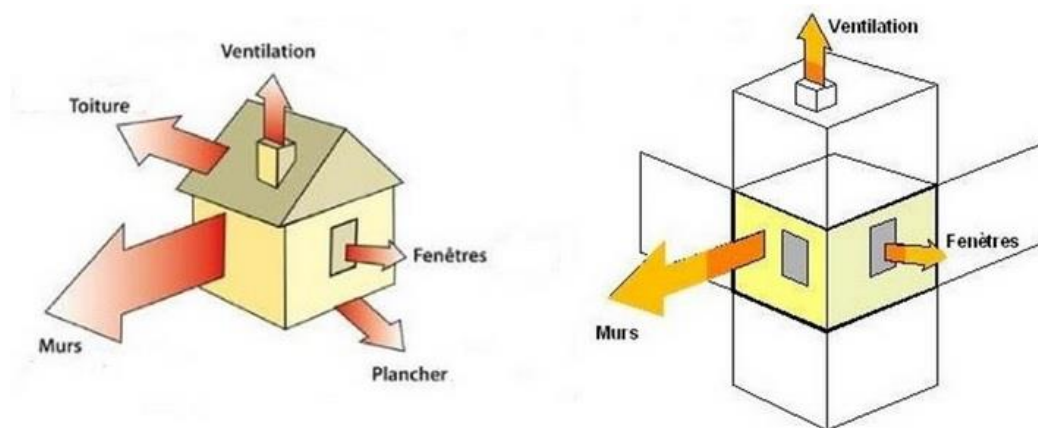
N La couleur grise, 1 000 kWh inchangés représentant l'énergie contenue dans la nourriture produite localement**

* La différence entre la température intérieure de notre corps et celle de notre environnement est très importante, ce qui condamne dans la pratique l'utilisation de l'air comme véhicule thermique pour assurer notre confort en ville. Le chauffage et la climatisation thermodynamique conduit en effet à refroidir notre environnement extérieur en hiver et à le réchauffer en été. A ce sujet si le chauffage thermodynamique refroidit en hiver l'air extérieur dans les villes de 4 ou 5°C alors qu'il fait - 10°C dehors pour assurer le confort de ceux qui sont à l'intérieur de leur maison cela ne va pas affecter dangereusement ceux qui sont à l'extérieur. Par contre s'il fait en été 45°C dehors et qu'il faut augmenter la température extérieure de 5 degrés pour assurer le confort thermique de ceux qui sont à l'intérieur chacun d'entre nous comprend qu'il en est tout autrement. En d'autres termes, on conçoit que pour satisfaire autant ceux qui sont dehors que ceux qui sont dedans, il est irrecevable d'espérer généraliser les échanges thermiques avec l'air en ville pour assurer la climatisation des logements.

** Ceci dit la tendance vers le toujours+, associée aux transports maritimes internationaux de la nourriture par porte-conteneurs est bien là, avec le risque de voir le poste V flamber. C'est surtout ce que l'on appelle la résistance de vague du paquebot qui est source de consommation énergétique. La clé USB permet de comprendre comment es kayakistes ont trouvé comment supprimer cette résistance de vague, ce qui permet d'augmenter la vitesse sans consommer plus d'énergie.

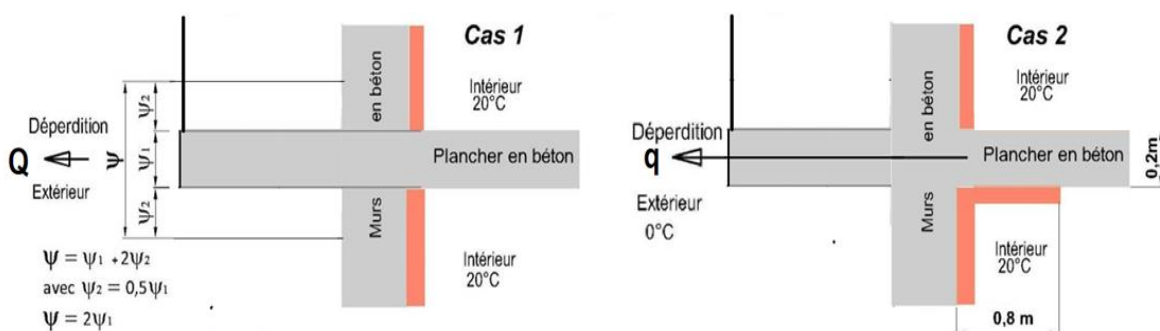
Déperditions

On est peut-être éloigné des normes associées à la RE2020 mais nous sommes ici dans la reconversion de l'existant et non dans le neuf. L'effort demandé par la SWE de 2300 kWh en ce qui concerne l'isolation n'est de ce ne fait pas insurmontable. On ne va tout de même pas démolir tout l'existant pour respecter des normes. Particulièrement les maisons qui sont par nature plus déperditives que les immeubles.



Ces deux figures parlent d'elles-mêmes en ce qui concerne l'importance relative des déperditions de l'habitat selon qu'il s'agit d'un appartement ou d'une maison.

Ceci dit, les immeubles anciens mal isolés parfois équipés de balcons sont bien pénalisés en ce qui concerne les déperditions. Dans ce cas une solution est envisageable avec une d'isolation par l'intérieur, mais seulement avec un engagement des parties privatives et l'utilisation d'isolants minces pour ne pas affecter la surface habitable. La figure ci-dessous montre l'emplacement de l'isolant mince. Le cas2 diminue les déperditions par rapport au cas 1 sans trop affecter l'esthétique du plafond.

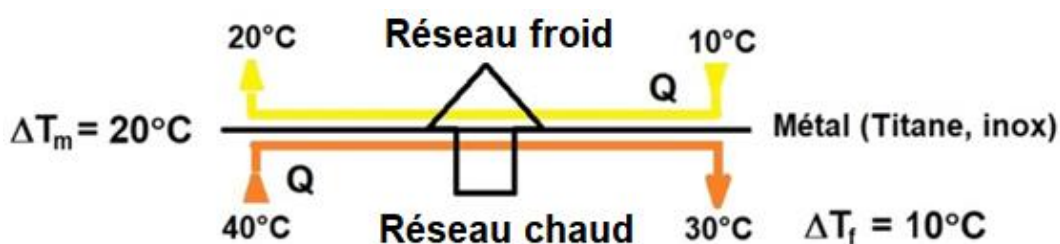


Le lecteur intéressé par les déperditions dans le bâtiment peut se reporter utilement à : <http://infoenergie.eu/riv+ener/isolation-generalites.htm>

Flux thermique sans mélange physique

Il est possible avec les échangeurs à plaques métalliques d'assurer des transferts thermiques importants sans mélange physique entre l'eau chaude et l'eau froide. La quantité de chaleur émise par le réseau chaud est égale à la quantité de chaleur reçue par le milieu froid. Si les débits sur le circuit chaud et froid sont identiques, la chute de température sur le milieu chaud est égale à l'augmentation de température sur le milieu froid. On verra par la suite que les débits des 2 réseaux peuvent être différents ainsi que la différence de température de part et d'autre de la plaque métallique entre l'entrée et la sortie. Il est possible, en étudiant cette figure de commencer à extrapoler ce qui va être dit dans les pages suivantes. Ceci en considérant que le réseau chaud est celui de l'eau géothermale profonde des nappes captives alors que celui le réseau froid est celui provenant de la Seine et alimentant l'évaporateur des pompes à chaleur.

On constate avec ce circuit hydraulique que les 2 potentiels thermiques, géothermique et superficiel s'additionnent sans qu'il y ait le moindre mélange physique entre les deux écosystèmes lors des transferts thermiques. On comprend alors l'importance du sous-sol parisien en ce qui concerne la production d'énergie thermique.



Le milieu froid reçoit une puissance thermique venant du milieu chaud. Compte tenu de la chaleur massique de l'eau évoquée page 37 cette puissance est sensiblement égale à :

$$P \text{ en kW} \cong Q \text{ (débit en m}^3\text{/h)} \times \Delta T_f \text{ en degré centigrade} = 10 Q$$

Cette puissance traverse la paroi métallique avec un écart de température ΔT_m de 20°C, la surface d'échange étant calculée par le constructeur de l'échangeur de température. A noter que l'écart de température n'est pas nécessairement constant le long des plaques (Voir pour cela la suite de ce chapitre ainsi que le complément concernant les échangeurs à plaques avec les transferts thermiques envisageables selon la nature du métal et son épaisseur).

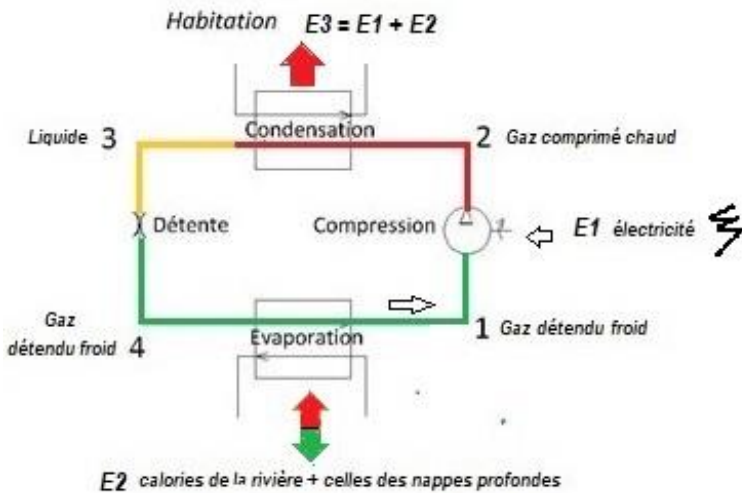
Transferts thermiques dans une pompe à chaleur

Nous allons maintenant commencer à évoquer plus en détail comment le chauffage thermodynamique de l'habitat va permettre d'assurer notre confort thermique en limitant la quantité d'énergie finale nécessaire pour assurer cette fonction. Alors que seulement 2 kWh thermiques pouvaient être obtenus à partir de 2 kWh électriques dans le cas des radiateurs électriques, c'est sensiblement 10 kWh thermiques qui seront disponibles avec le chauffage thermodynamique, la différence 8 kWh étant prélevée dans l'environnement en le refroidissant. On a vu précédemment qu'il faut 10 kWh électrique (correspondant à 1 litre de fioul ou 1 m³ de gaz) avec les chaînes énergétiques actuelles et leur COP de 1 pour fournir 10 kWh thermiques. Ceci alors que 2 kWh électriques sont suffisants pour fournir la même quantité de chaleur 10 kWh thermique avec le COP égal à 5 du chauffage thermodynamique. La consommation en énergie pour satisfaire le besoin thermique assurant la climatisation de l'habitat est totalement bouleversée par rapport à celle constatée avec la combustion ou le chauffage électrique actuel par effet Joule. Cela particulièrement lorsque les échanges thermiques prélevant l'énergie thermique renouvelable se font sur l'eau.

On va voir par la suite, en prenant en compte des 1^{ère} et 2^{ème} loi de la thermodynamique comment on obtient les 10 kWh thermiques avec seulement 2 kWh électriques comme source d'énergie extérieure dans le cadre d'un système fermé type pompe à chaleur avec un fluide caloporteur qui échange de l'énergie thermique mais pas de la matière.

Comme on vient de le voir, il n'y a pas de miracle dans le fonctionnement d'une pompe à chaleur dans la mesure où elle respecte les lois de conservation de l'énergie. Il est important de comprendre que l'énergie thermique E_3 émise sous forme de chaleur dans le condenseur par le fluide caloporteur est égale à la somme des énergies qu'il reçoit à savoir :

- celle E_2 de l'environnement lorsqu'il le refroidit dans l'évaporateur
- celle E_1 lors de la phase compression

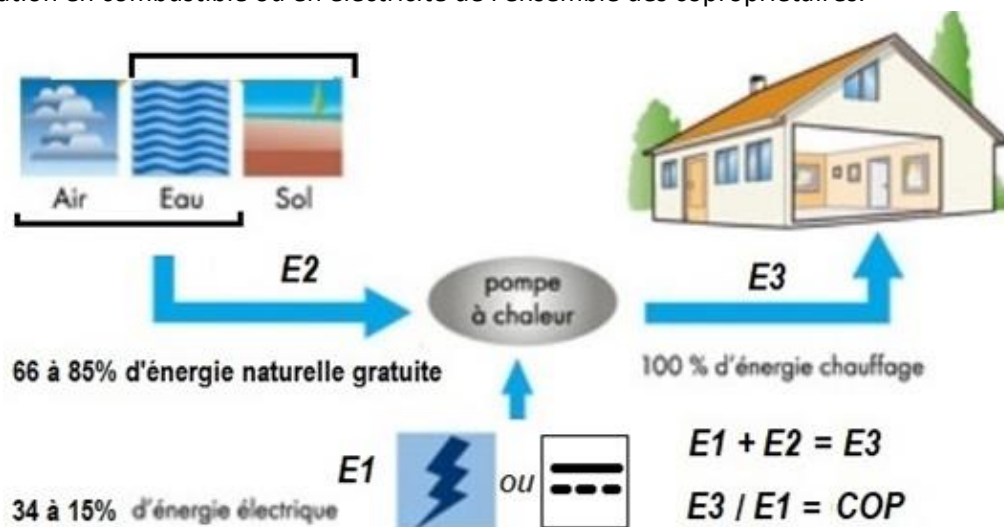


Coefficient de performance

$$COP = E_3/E_1$$

Pour augmenter E_3/E_1 c'est-à-dire les performances, on a intérêt à baisser la température dans les radiateurs hydrauliques comme cela a été prouvé précédemment

On comprend grâce à la figure qui suit et complémentaire de la précédente que l'énergie prélevée dans l'environnement par l'évaporateur peut être associée à l'air, à l'eau, ou au sol. La maison peut être remplacée par un immeuble avec bien évidemment un niveau de puissance plus important fonction de la consommation en combustible ou en électricité de l'ensemble des copropriétaires.



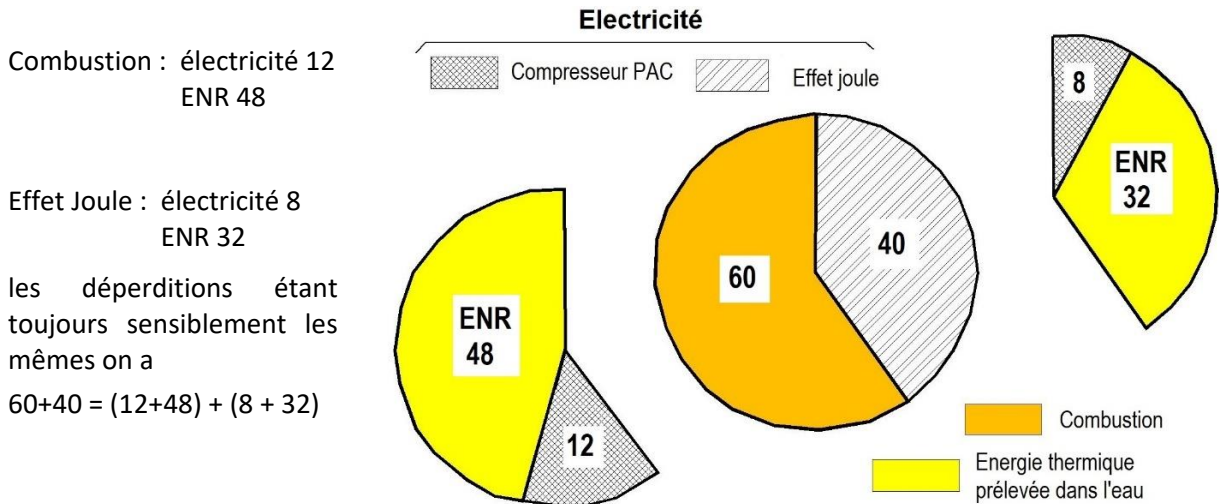
La transition vers ces nouvelles chaînes énergétiques sera laborieuse. En dehors des villes, [les échanges sur l'air dans l'individuel](#) pourraient être une alternative à la combustion des pellets et du bois évoqué page 29 lorsque la maison se trouve à la campagne voire en montagne. Plutôt que d'échanger sur l'air, un chauffage thermodynamique échangeant avec l'eau d'une nappe libre avec un COP de 5 demande certes du savoir-faire mais semble relativement facile à obtenir lorsque l'habitation se trouve en plaine près d'une rivière. Au travers du lien ci-dessus on constate que sans trop toucher à l'isolation de la maison on supprime la consommation d'énergie fossile avec une consommation électrique globale faible par rapport à ce qu'elle est avec l'effet joule.

Consommation dans l'habitat sans et avec voiture

Il ne semble pas possible de trouver des statistiques quantitatives sur la part relative des deux modes de chauffage utilisés actuellement en France pour l'habitat, à savoir les radiateurs électriques à effet joule (que l'on nomme à juste titre les grille-pain) et la combustion des produits fossiles. Les pourcentages 60 % combustion et 40 % chauffage électrique retenu ici et à la page 22 sont probablement plus proche de la réalité que celui de 50/50 parfois évoqué dans ce livre.

Sans la voiture

Avec un COP de 5, la combustion 60 et les radiateurs électriques 40 (effet joule) soit un total de 100 deviennent respectivement les suivantes:

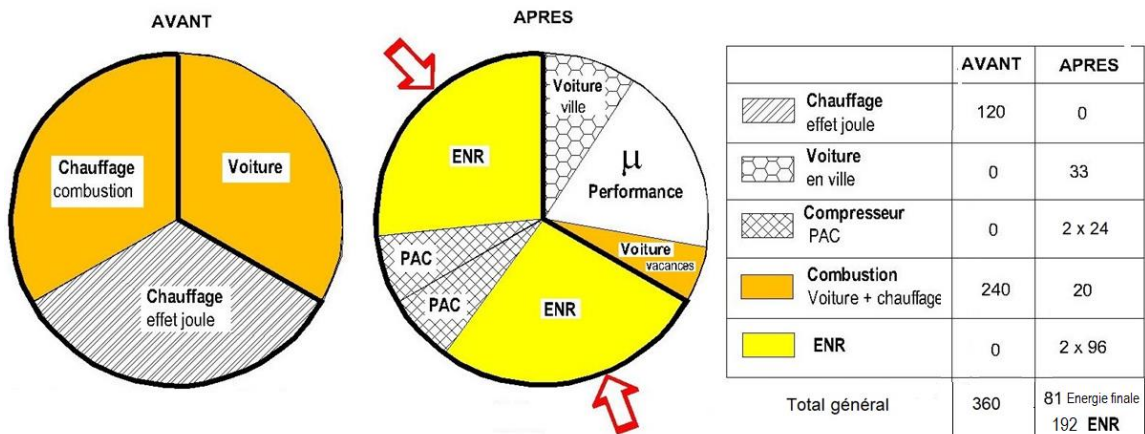


Avec la voiture

La figure qui suit est une projection de ce que pourrait être notre nouvelle consommation globale en énergie pour assurer les deux fonctions les plus énergivores du ménage : le chauffage de l'habitat et la voiture. Ceci avec :

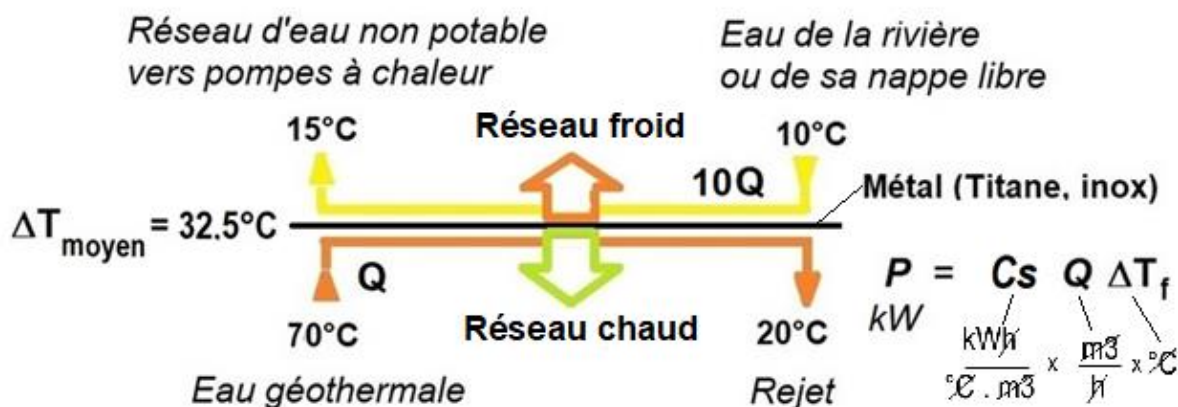
- Un chauffage thermodynamique ayant un COP de 5 et une répartition 50/50 au lieu de 60/40 en ce qui concerne la répartition combustion-effet Joule
- Une consommation d'essence par la voiture avant conversion sensiblement égale au volume de fioul assurant le chauffage et une nouvelle consommation de la voiture conforme à celle définie précédemment avec la voiture hybride.

On observe que la consommation globale en produits fossiles est cette fois 12 fois plus faible (240 à 20) et la consommation en électricité réduite de 32% (120 à 81).



Addition des potentiels superficielles et géothermales

On aborde ici un point important : prendre conscience comment il est possible, grâce aux échangeurs à plaques, d'additionner le potentiel thermique des énergies géothermales profondes avec celui des eaux superficielles (respectivement le dogger et la Seine pour ce qui concerne la région parisienne). Le débit dans chacun de ces deux réseaux sont cette fois nettement différents contrairement à ce que l'on a vu précédemment. La différence de température de part et d'autre des plaques métalliques n'étant pas constante, il faudra toute l'expérience de fabricants tels qu'Alfa Laval pour évaluer les performances avec plus de précision que cela n'est fait ci-après. Prélever l'énergie thermique naturelle dans l'eau non potable est plus performant et plus silencieux qu'avec l'air. Un autre avantage est celui de pouvoir restituer en été la chaleur qui a été prélevé dans le milieu naturel profond en hiver. Ceci sans réchauffer dangereusement en été l'atmosphère des villes comme cela est le cas lorsque l'on échange les calories sur l'air.

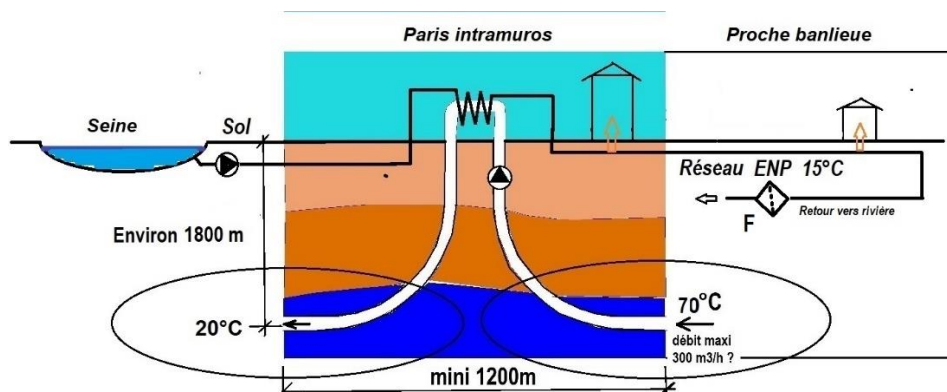


Nota technique

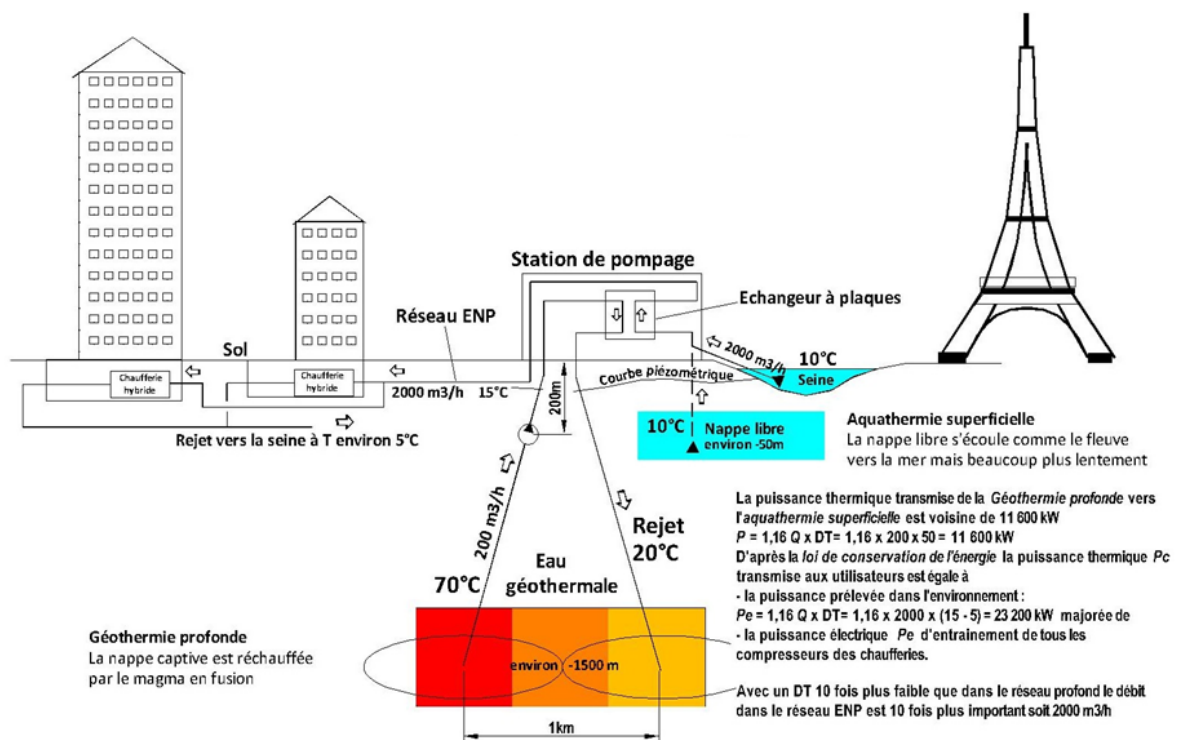
Chaleur spécifique C_s de l'eau : 1,16 kWh/degré et par m^3 ou 4,18 Joules/ kg et degré C.

Conservation de l'énergie $10 Q \times 5 = Q \times 50$

L'association géothermie-aquathermie ainsi réalisée grâce aux échangeurs à plaques on comprend grâce aux 2 figures qui suivent quel pourrait être la disposition générale d'un tel réseau dans les différents arrondissements de Paris et des communes limitrophes telles que Boulogne Billancourt



Le dogger en région parisienne, c'est un gradient géothermique d'environ 3 degrés par 100m
L'expérience acquise aux USA avec les forages type gaz de schiste comme ceux réalisés aux USA serait bien utile



On retrouve sur ces deux figures le transfert d'énergie thermiques entre 2 écosystèmes, celui des eaux superficielles et celui des nappes captives profondes. Ceci grâce aux échangeurs à plaques permettant d'ajouter le potentiel thermique des eaux superficielles de la Seine à celui du doublet géothermique. Les avantages de ce réseau en région IDF serait de doubler le potentiel géothermique des réseaux d'eau chaude géothermique tel que celui de Villejuif dans le sud de Paris. En divisant par 2 le nombre de puits et les frais importants associés au perçage grâce à l'énergie contenue dans la seine ce type de réseau énergétique serait intéressant compte tenu du manque de place dans Paris intra-muros.

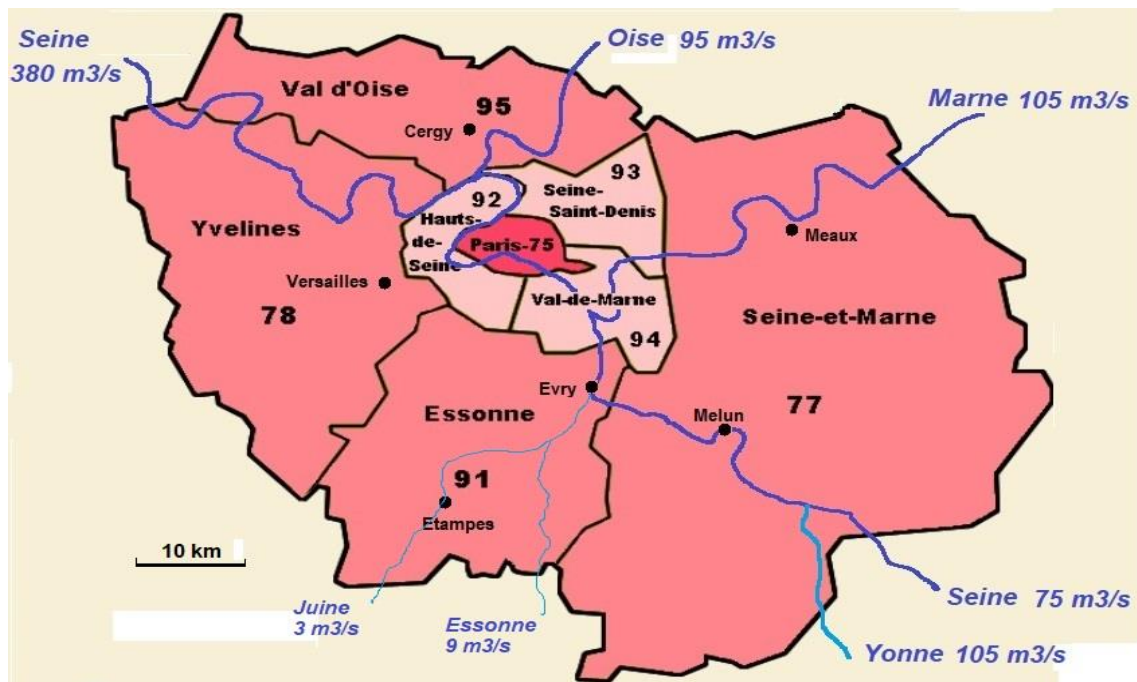
Il convient toutefois d'être prudent. Le potentiel thermique de la rivière pouvant être nul au plus froid de l'hiver, l'idéal serait de pouvoir pomper dans les nappes libre associées à la rivière au lieu de prélever l'eau dans cette dernière. Ceci ne semble malheureusement pas envisageable dans les grandes métropoles vu le manque de surface au sol. Pour cette raison, on va aborder par la suite la notion de chaufferie hybride dans laquelle le gaz peut venir au secours du chauffage thermodynamique au plus froid de l'hiver lorsque les températures des eaux géothermales et libres sont trop basses.

Le confluent de l'Yonne avec la Seine, situé heureusement en amont de la région IDF augmente notablement le potentiel des eaux superficielles. Ceci par le fait que le débit de cette rivière est souvent supérieur à celui de la Seine. Le débit de l'Oise situé en aval est moins à prendre en compte pour déterminer le potentiel thermique utile à la petite couronne (92 + 93 + 94).

La région IDF c'est : 8 départements, 12 millions d'habitants, 12 000 km, 1000 m² au sol par francilien

Nota

L'Europe pourrait aussi tirer profit de l'expérience de la Suisse en ce qui concerne le chauffage collectif en ville. Ceci lorsqu'elle utilise la combustion des ordures pour générer de l'électricité. Cette façon de se débarrasser des ordures moyennant un tri amélioré en amont est incontestablement ingénieuse. La quantité d'énergie électrique produite est malheureusement faible en regard du besoin. Elle mériterait pour cette raison d'être associée à un chauffage thermodynamique naturel tirant profit de la chaleur spécifique de l'eau. Ceci en additionnant ce potentiel à celui de la rivière si l'eau géothermale des nappes captives profondes* n'est pas disponible.



Bien qu'aucun relevé ne soit semblé-t-il effectué La figure donne une idée de ce que pourrait être actuellement les variations de la température de la Seine pendant l'année calendaire en région IDF

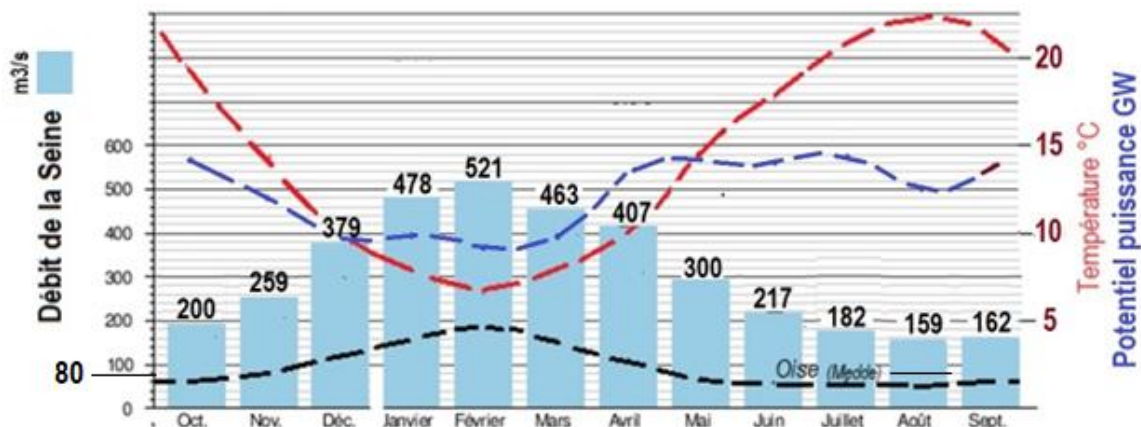


Il faut ici remercier WIKI d'avoir eu la patience d'observer comment varie le débit de la Seine pendant l'année calendaire et ceci sur plusieurs dizaines d'années. Il est par contre difficile de se procurer des informations concernant la température de la Seine à Paris et il est regrettable qu'aucun travail sérieux* n'ait été réalisé pour mesurer comment cette dernière varie en région IDF pendant l'année calendaire. Pour cette raison la courbe en bleu de la figure qui suit est donc approximative et légèrement changeante d'une année sur l'autre.

Le terme « aquathermique » malheureusement absent du « Larousse » serait mieux adapté que le terme "géothermique" pour qualifier l'énergie thermique prélevée en hiver et restitué en été dans les nappes captives du milieu naturel profond

*Ce ne sont pourtant pas les organismes qui manquent. Voir à ce sujet le chapitre 7 sur les acteurs financiers

Le potentiel thermique de la Seine à Paris

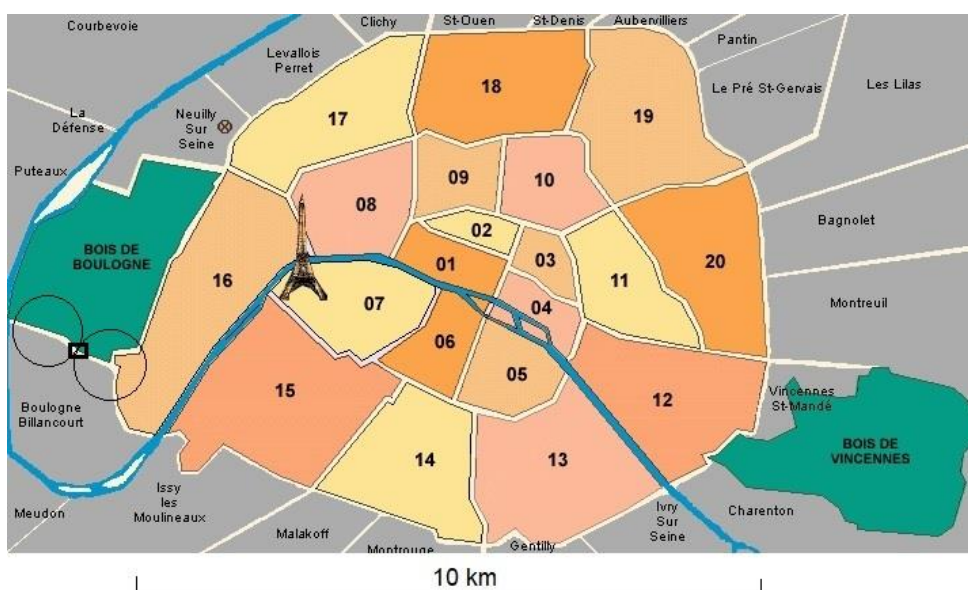


Valeurs moyennes de débit observées sur plusieurs dizaines d'années selon Wikipédia

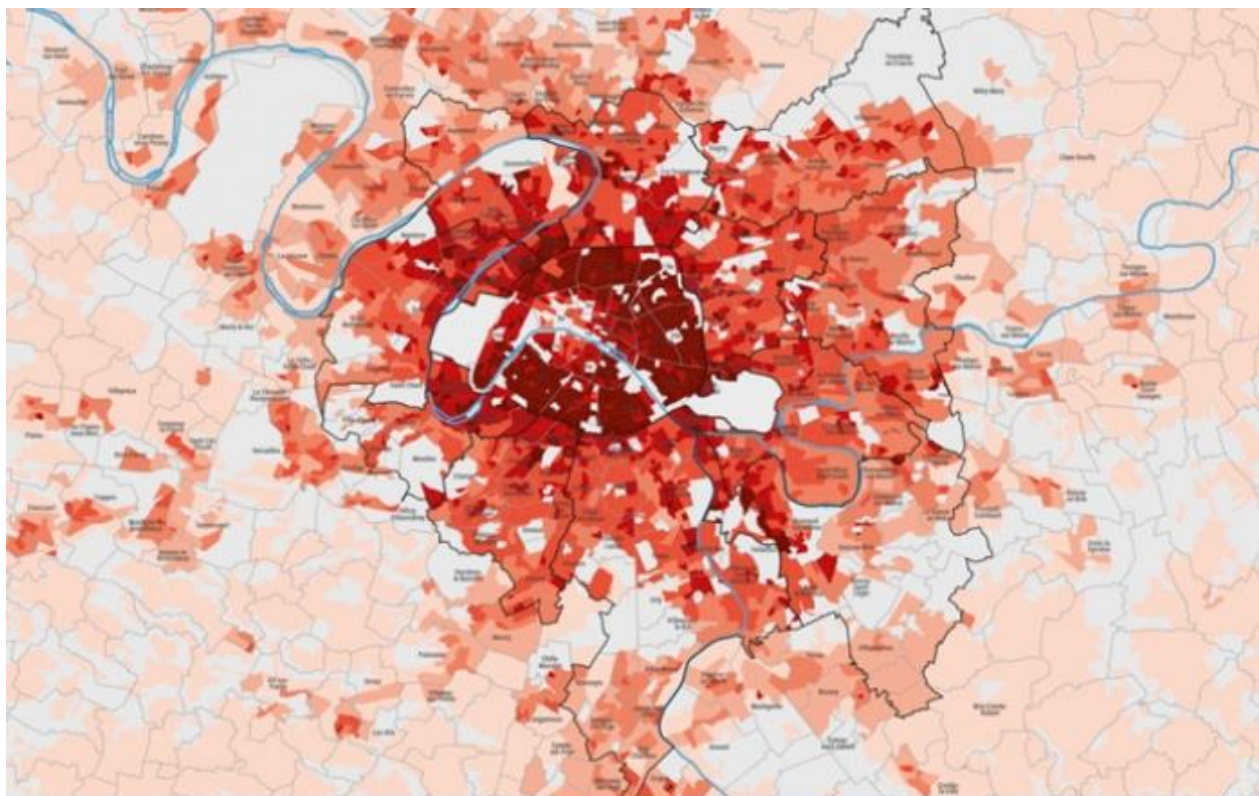
La figure ci-dessus prouve que le potentiel thermique de la Seine à Paris est considérable et proche de 10 gigawatts au plus froid de l'hiver. Il faut toutefois se rendre à l'évidence : vu la population de Paris avec sa petite couronne voisine de 10 millions d'habitants cela ne fait que 1 kW disponible par parisien. Et ceci avec une température de sortie des évaporateurs de 3°C, peut-être un peu basse. Heureusement avec le réseau envisagé dans les pages précédentes le potentiel thermique de l'eau géothermale s'ajoute à celui des eaux superficielles et il n'est peut-être pas invisable de profiter aussi de l'eau des nappes libres qui est, elle, à 10°C voire un peu plus. L'année 2022 en France sera une année exceptionnellement sèche avec un débit de la Seine début aout voisin de 80 m³/s

Paris intramuros et son environnement

Le constat est un peu effroyable, mais il faut se rendre à l'évidence : la densité urbaine dans Paris et sa petite couronne est considérable. Avec une densité moyenne de 20 000 habitants au km², chaque parisien ne dispose en effet que d'une surface au sol voisine de 50 m². Ceci en raison de l'empilage des appartements. Dans la partie située à l'est de Paris intramuros la surface au sol disponible par parisien est même selon l'INSEE encore plus faible et voisine de 24 m². Il faut dire que les données de l'INSEE sont illusoire dans la mesure ou les chiffres annoncés de 8000 à 13 000 habitants/km2 pour le 1^{er}, le 8^{ème} et le 16^{ème} incorpore le bois de Boulogne et qu'à l'est c'est la même chose pour le 4^{ème} et le 12^{ème} qui incorpore le bois de Vincennes



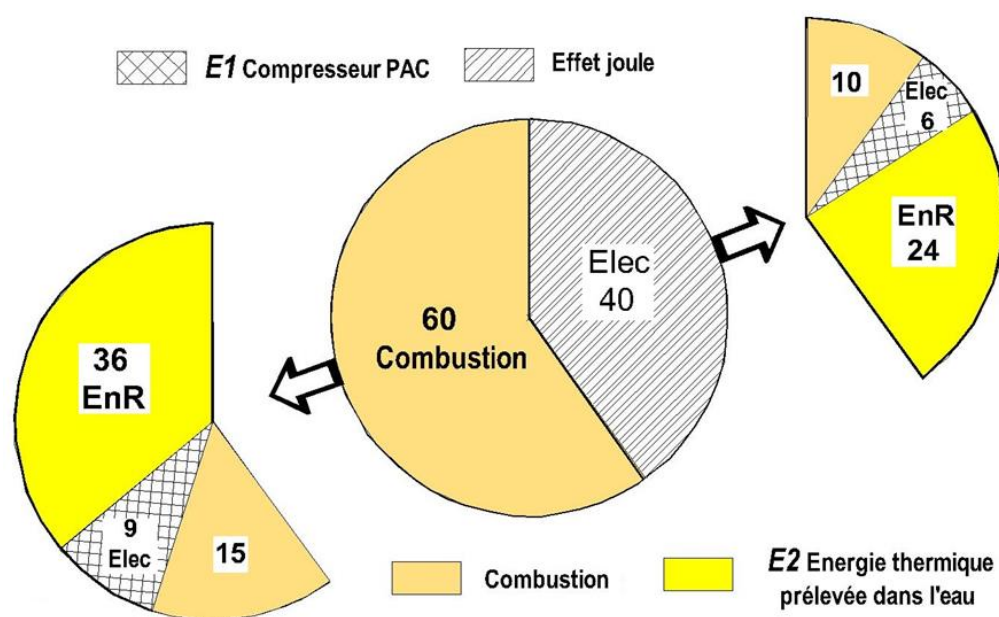
Chiffres clés : 20 arrondissements, 2 millions d'habitants, 100 km². Beaucoup de communes à l'extérieur de Paris intramuros comme Boulogne-Billancourt ont environ la même densité urbaine.



Plus c'est foncé plus la densité de population est élevée

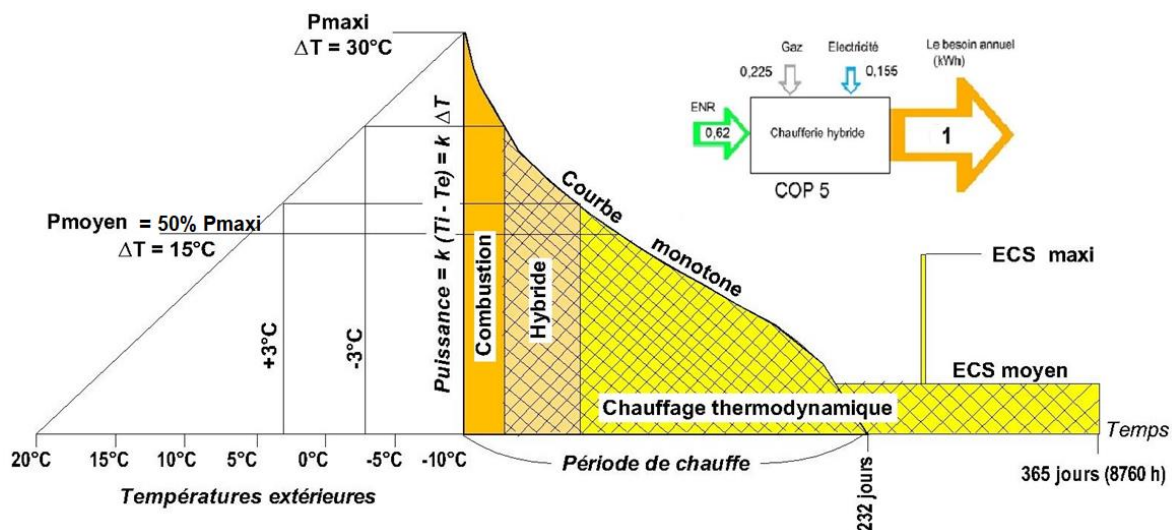
La chaufferie hybride

Le réchauffement climatique est là mais il ne faut pas perdre de vue qu'au plus froid de l'hiver la température de la Seine peut cependant descendre à environ 5 degrés, ce qui annule son potentiel thermique. Il est dans ce cas certes possible d'élever la température sur le réseau ENP à environ 10 degrés grâce à l'apport géothermique, mais, comme chacun le sait Homo sapiens est plutôt frileux et une évolution temporaire vers la *chaufferie hybride* capable d'assurer un apport thermique grâce à la combustion sera dans un premier temps probablement considéré comme nécessaire. La figure ci-dessous montre dans ce cas ce que pourrait être la nouvelle répartition des énergies associant le gaz, l'électricité et l'énergie prélevée dans l'environnement.

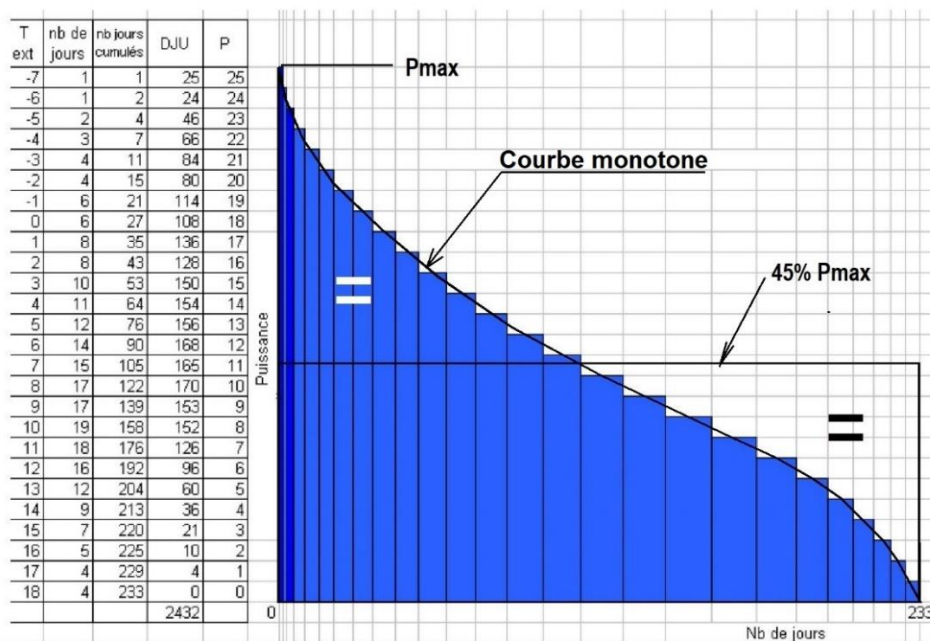


Performance en mode pompe à chaleur : $COP = (E1 + E2) / E1 = (36 + 9) / 9 = 5$

Les 2 figures qui suivent permettent de comprendre comment, en fonction de la courbe monotone, le gaz et l'électricité se partagent le travail pour assurer le besoin. Ceci dit, si l'habitation se trouve à la campagne et sans réseau gaz, la phase combustion peut être réalisée avec des pellets préférentiellement à l'effet Joule.



Puissance de la chaudière hybride durant l'année calendaire



Avec une chute de température de 10 degrés (15 à 5 degrés) sur les évaporateurs des pompes à chaleur c'est une puissance thermique voisine de 30 000 kW qui serait disponible pour les 40.000 Boulonnais. Soit 0,75 kW par Boulonnais ou 1,5 kW par logement à raison de deux personnes par appartement.

Les travaux qui seraient nécessaires pour mettre en place le réseau de tuyauteries sont certes à l'échelle de ceux, colossaux, entrepris au 19^{ème} siècle par le baron Haussmann lorsque 600 km d'égouts ont été installés dans notre capitale.

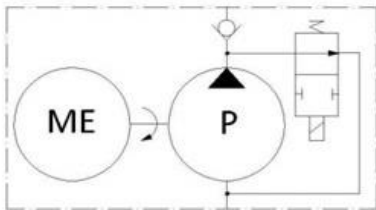
Les composants de la pompe à chaleur

Le compresseur avec le condenseur, le détendeur et l'évaporateur sont les composants les plus importants d'une pompe à chaleur. Le compresseur doit faire varier le débit du fluide caloporteur de la pompe à chaleur à la demande. Pour obtenir ce résultat le compresseur est composé d'une pompe et d'un moteur électrique. Ce dernier peut être un moteur à vitesse constante ou à vitesse variable selon la puissance thermique souhaitée. Lorsque le besoin thermique est inférieur à environ 300 kW, la meilleure solution est de prévoir un entraînement à vitesse constante avec un moteur asynchrone standard et de choisir des pompes du type Copeland particulièrement silencieuses et résistantes. Le groupe motopompe à axe vertical a alors un faible encombrement au sol. Ces pompes sont équipées d'un dispositif de variation de débit en dérivation incorporé. Il est ainsi possible d'implanter 2, 3 voire 4 petits groupes motopompes raccordés en parallèle pour assurer cette fonction. Pour les gros immeubles et les puissances supérieures les groupe motopompes sont constitués de pompes à vis entraînées par des moteurs électriques à vitesse variable et à courant continu comparables à ceux équipant les presses à forger modernes. L'expérience acquise par des sociétés comme *Oilgear* dans le domaine du forgeage avec une plage de vitesse importante sera utile pour solutionner ce type de chaîne énergétique.

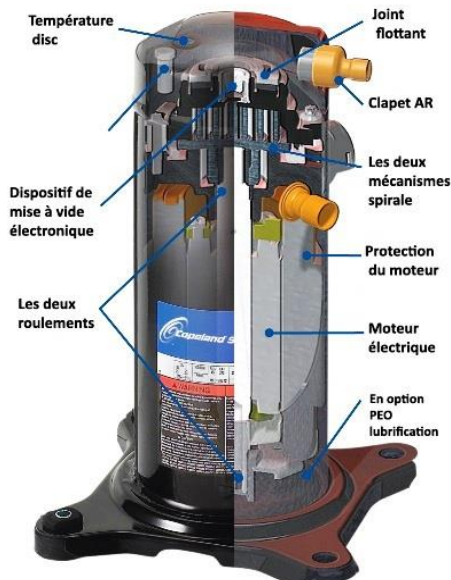
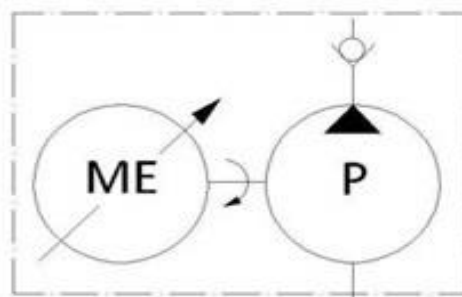
Nous allons maintenant, en complément de ce qui est évoqué dans le livre sur la « Solar Water Economy » aborder plus en détail les principaux composants constituant une pompe à chaleur

Le compresseur

Type spirale (Copeland Scroll)



à vis



Alors que le moteur électrique du compresseur type spirale Copeland est un moteur asynchrone standard à vitesse constante, celui entraînant la pompe à vis à cylindrée constante est un moteur électrique à courant continu à vitesse variable.



Les échangeurs de température

Deux fluides de nature différente peuvent échanger de la chaleur. Un des deux fluides refroidit l'autre ou au contraire le réchauffe sans aucun mélange entre les deux fluides. Cette fonction importante est assurée par des échangeurs de température

A plaques

Le principal avantage des échangeurs à plaque est leur modularité (on ajoute ou on supprime des plaques). Ils peuvent être utilisés pour deux fonctions essentielles :

- En tant que condenseur ou évaporateur d'une pompe à chaleur comme on l'a vu précédemment
- Pour assurer le transfert thermique provenant des nappes captives profondes ou l'eau de la rivière



Fluides	Pression maxi de service	Température maxi de service	Matériaux		Coefficient d'échange eau/eau	Surface maxi d'échange par appareil	Débit maxi par fluide
			Joints	Plaques			
Liquide/liquide ou Vapeur/liquide	25 bar	150°C à 200°C selon le type de joint ²	Nitrile Viton Hypalon Téflon Néoprène	Inox Titane Titane-palladium	3500 à 7500 W/m ² K	2200m ²	3500 m ³ /h

Domaine d'utilisation des échangeurs à plaques Alfa Laval (Courtesy INSA)

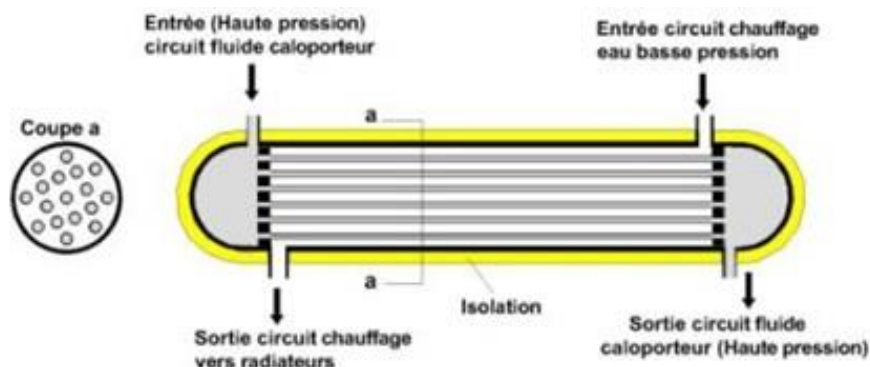
Les échangeurs à plaques vont jouer un rôle important dans la mise en œuvre de la nouvelle chaîne énergétique que l'on vient d'ébaucher. Ils vont servir à cumuler le potentiel thermique des eaux superficielles (Par exemple la Seine) avec celui des nappes captives et profondes (Par exemple le dogger) sans mélange physique entre ces deux fluides.

On a vu précédemment qu'avec un débit sur le circuit du milieu froid alimentant les pompes à chaleur 10 fois plus élevé que celui du milieu chaud associé à l'eau géothermale on peut compter sur une élévation de température voisine de 5 degrés sur le circuit alimentant le compresseur des pompes à chaleur. Ceci avec une chute de température sur le circuit du milieu chaud de l'eau géothermales de 50 degrés.

Les constructeurs d'échangeurs à plaques tels que *Alpha Laval* sont les bienvenus pour affiner l'étude succincte faite ici.

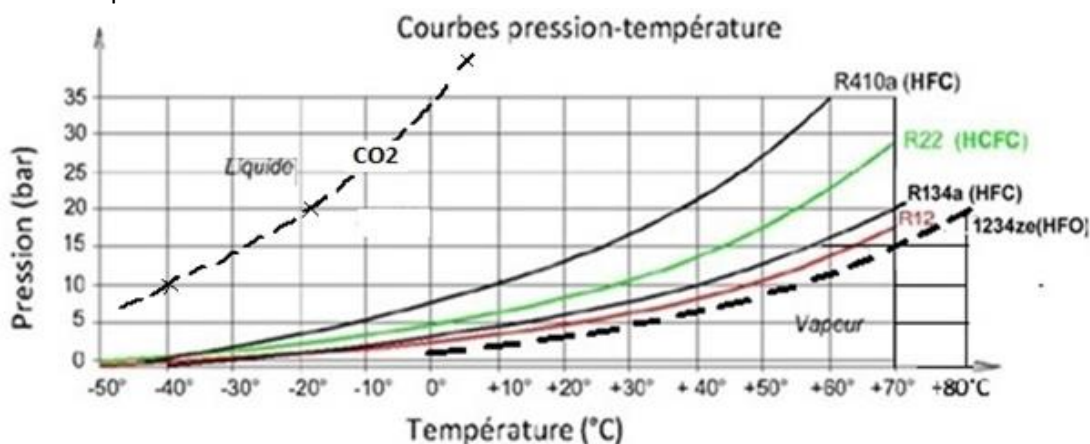
A tubes

Ils sont moins flexibles que les échangeurs à plaques si l'on a mal évalué le dimensionnement. Par contre les échangeurs à tubes résistent mieux à la pression que les échangeurs à plaques.



Le fluide caloporteur de la pompe à chaleur

Le fluide caloporteur qui circule dans le circuit fermé d'une pompe à chaleur avec compresseur est un élément essentiel de son fonctionnement. Ceci en raison de sa capacité à générer du chaud dans le condenseur lorsqu'il se transforme en liquide après avoir été comprimé en phase gazeuse par le compresseur ainsi que sa capacité à générer ensuite du froid dans l'évaporateur lorsque la pression chute dans le circuit. Il est ainsi capable de générer à volonté du chaud ou du froid dans une enceinte en prélevant dans l'environnement la plus grande partie de l'énergie thermique produite au condenseur. Il est possible de généraliser le chauffage urbain dans une grande métropole comme Paris en mettant en œuvre la chaîne énergétique décrite ci-dessus étant donné que le potentiel thermique naturel disponible est proche voire sensiblement supérieur aux besoins.

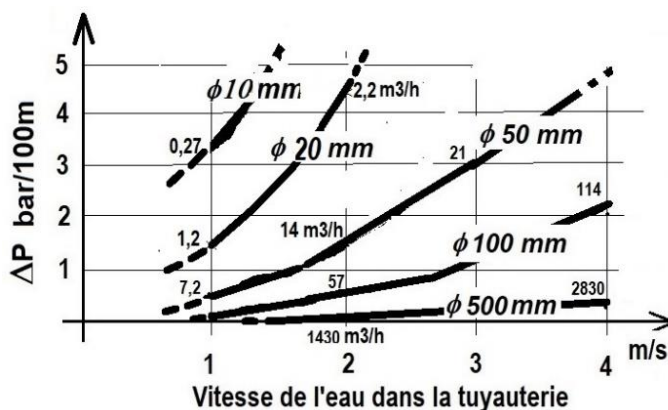


Les différents fluides caloporteurs (Le CO2 comme fluide caloporteur ne semble pas être une bonne idée)

Les tuyauteries

L'essentiel du problème à résoudre pourrait bien être celui de l'approvisionnement et de la pose des tuyauteries. Une fois compris comment l'on peut tirer profit à la fois du potentiel thermique des eaux géothermales profondes et de celui des eaux superficielles sans qu'il y ait pour autant d'échange physique entre ces 2 écosystèmes, on comprend que l'étude de l'eau qui circule dans les tuyauteries ainsi que l'évaluation des pertes de charge qui en résultent entraînent des pertes de puissance qu'il convient d'évaluer pour dimensionner correctement les réseaux de chaleur. Le constat est le suivant : Le réseau à 15°C proposé au début de ce chapitre limite globalement les pertes de puissance. Ceci comparativement aux pertes thermiques des réseaux haute température comme cela se pratique encore en région parisienne qui deviennent prédominantes dès que les longueurs augmentent.

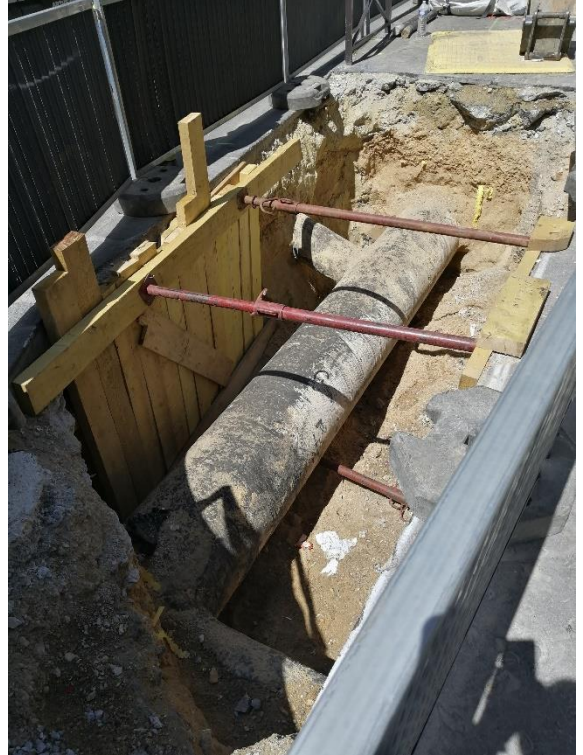
On comprend avec les courbes ci-contre qu'il faudra impérativement en raison des effets de parois éviter les trop grandes longueurs avec les petites tuyauteries. Par contre, une grosse tuyauterie \varnothing 500 mm, c'est, avec une vitesse de circulation de l'eau de 2 m/s et un débit de 1400 m³/h une perte de charge linéaire inférieure à 1bar/km et ceci pour une puissance thermique transmise dans l'échangeur à plaques de 14 000 kW



Une fois compris comment l'on peut cumuler le potentiel thermique des eaux géothermales profondes et celui des eaux superficielles sans qu'il y ait pour autant d'échange physique entre ces 2 écosystèmes, on comprend que l'étude de l'eau qui circule dans les tuyauteries ainsi que l'évaluation des pertes de charge qui en résultent entraînent des pertes de puissance qu'il convient d'évaluer pour dimensionner correctement les réseaux de chaleur. Le constat est le suivant : Le réseau à 15°C proposé au début de ce chapitre limite globalement les pertes de puissance.

Ceci dans la mesure où les pertes thermiques des réseaux haute température comme cela se pratique encore en région parisienne deviennent prédominantes dès que les longueurs augmentent. On comprend avec la figure de la page précédente qu'il faudra cependant, en raison des effets de parois, éviter impérativement les trop grandes longueurs avec les petites tuyauteries.

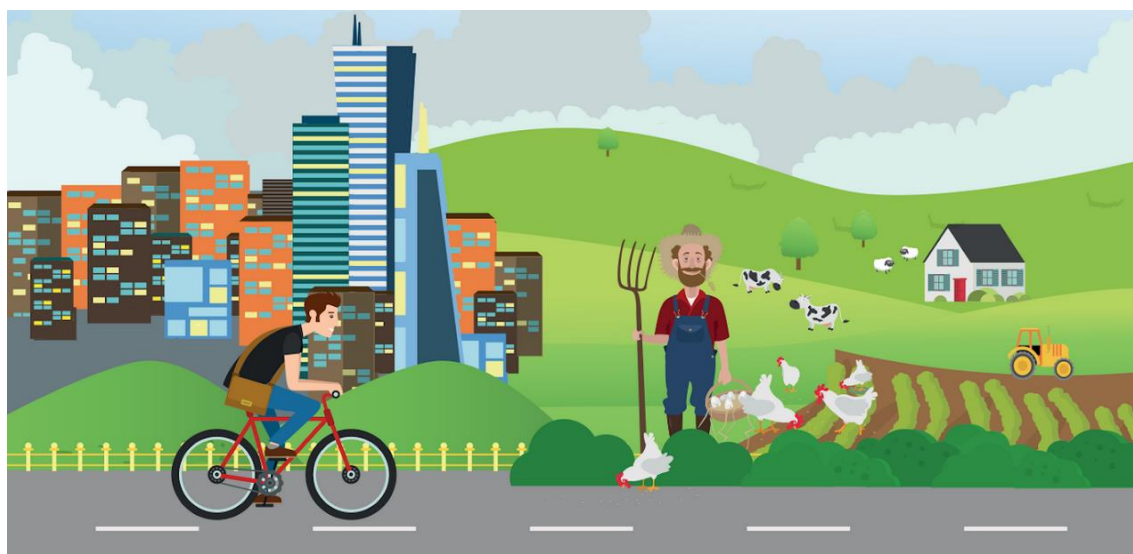
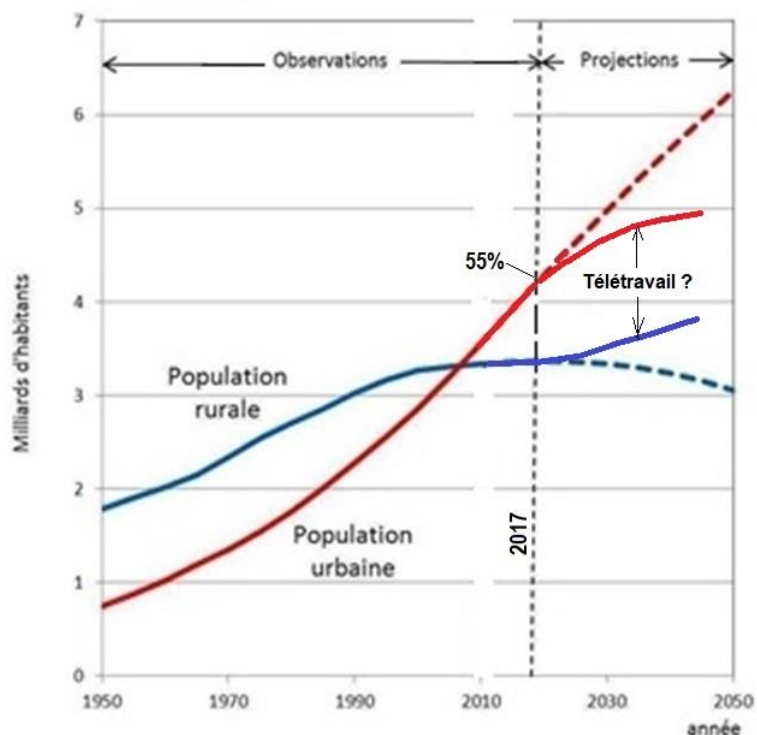
Par contre, une grosse tuyauterie \varnothing 500 mm comme celle de la photo ci-contre prise en région parisienne permet, avec une vitesse de circulation de l'eau de 2 m/s, un débit de 1400 m³/h et une perte de charge linéaire inférieure à 1 bar/km. Ceci alors que la puissance thermique transmise pour une chute de température de 10°C dans les échangeurs à plaques est supérieure à 14 000 kW



La ville ou la campagne

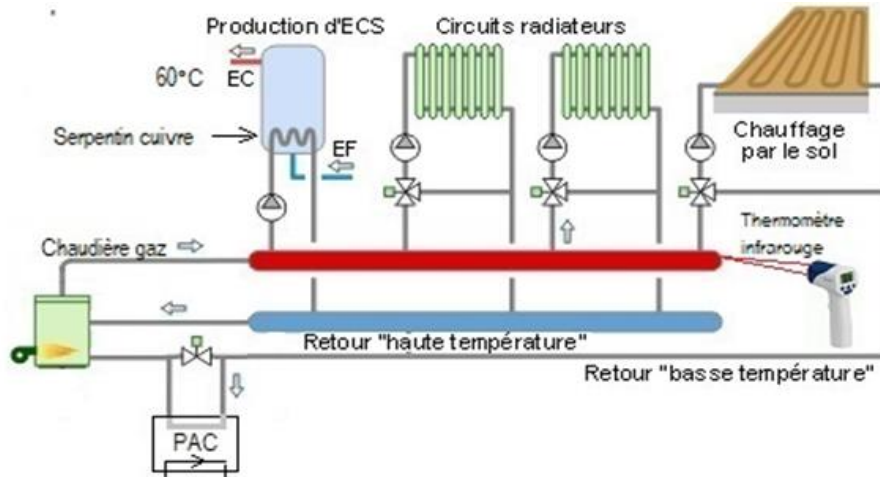
La tendance à l'urbanisation semble inexorable au détriment du confort, de la surface habitable, de l'agrément de vie, des encombrements et de la santé. Le coronavirus a toutefois mis en avant une nouvelle méthode de travail basée sur le télétravail. Cette méthode qui permet de diminuer les déplacements en voiture ou en transports en commun n'est bien évidemment pas valable pour tous les corps de métier. Ceux faisant appel pour l'essentiel à l'ordinateur et au téléphone sont toutefois accessibles au télétravail. Au moment où le monde se voit contraint pour des raisons sanitaires de cesser le contact direct "l'orgie numérique actuelle" me semble être un mal d'autant plus nécessaire qu'à l'exception peut-être de la 21 toutes ces "COP" et les contacts directs qui leurs sont associés ont bien prouvé leur inefficacité. Même si la quantité d'énergie requise pour alimenter la "toile mondiale Internet" représente un pourcentage de l'énergie consommée dans le monde non négligeable, l'opportunité qu'elle nous offre pour communiquer très rapidement est assurément à prendre en compte vu l'urgence qu'il a d'agir sans se tromper.

Le télétravail va changer un peu la courbe mais cette figure explique la raison pour laquelle j'ai concentré mon étude vers les villes plutôt que vers les zones rurales : aller à l'essentiel étant donné que c'est là où la majorité d'entre nous allons probablement vivre.

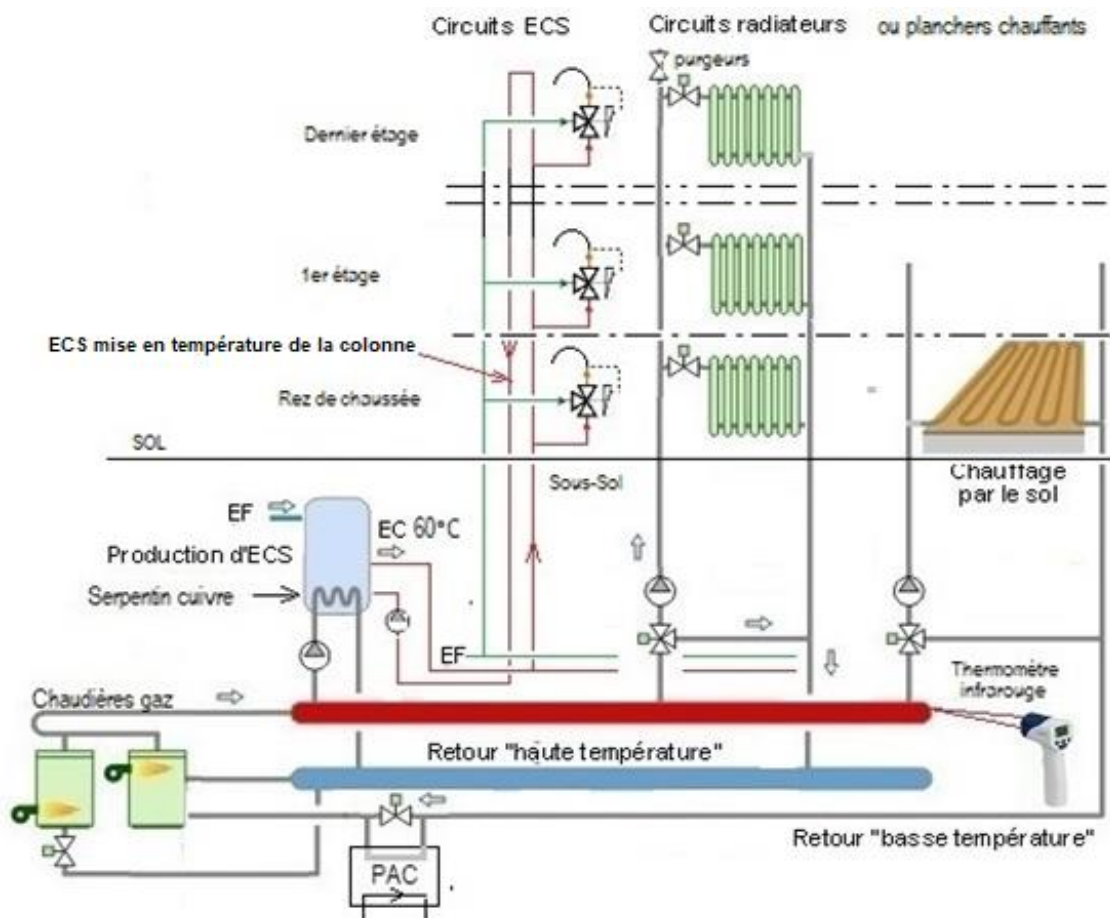


Maison ou immeuble

Les 2 schémas qui suivent montrent comment pourrait être conçu le circuit hydraulique dans le cas d'une chaufferie hybride associée à la maison individuelle et à un immeuble. Dans la pratique le condenseur du système thermodynamique produisant la chaleur sera raccordé sur le circuit de retour basse température venant des radiateurs ou des planchers chauffant hydrauliques. À noter que dans le cas des immeubles le circuit comprend un bouclage permettant de disposer plus rapidement de l'eau chaude sanitaire



Maison : représentation en échangeant sur l'eau (Voir la clé USB un exemple avec échange sur l'air)



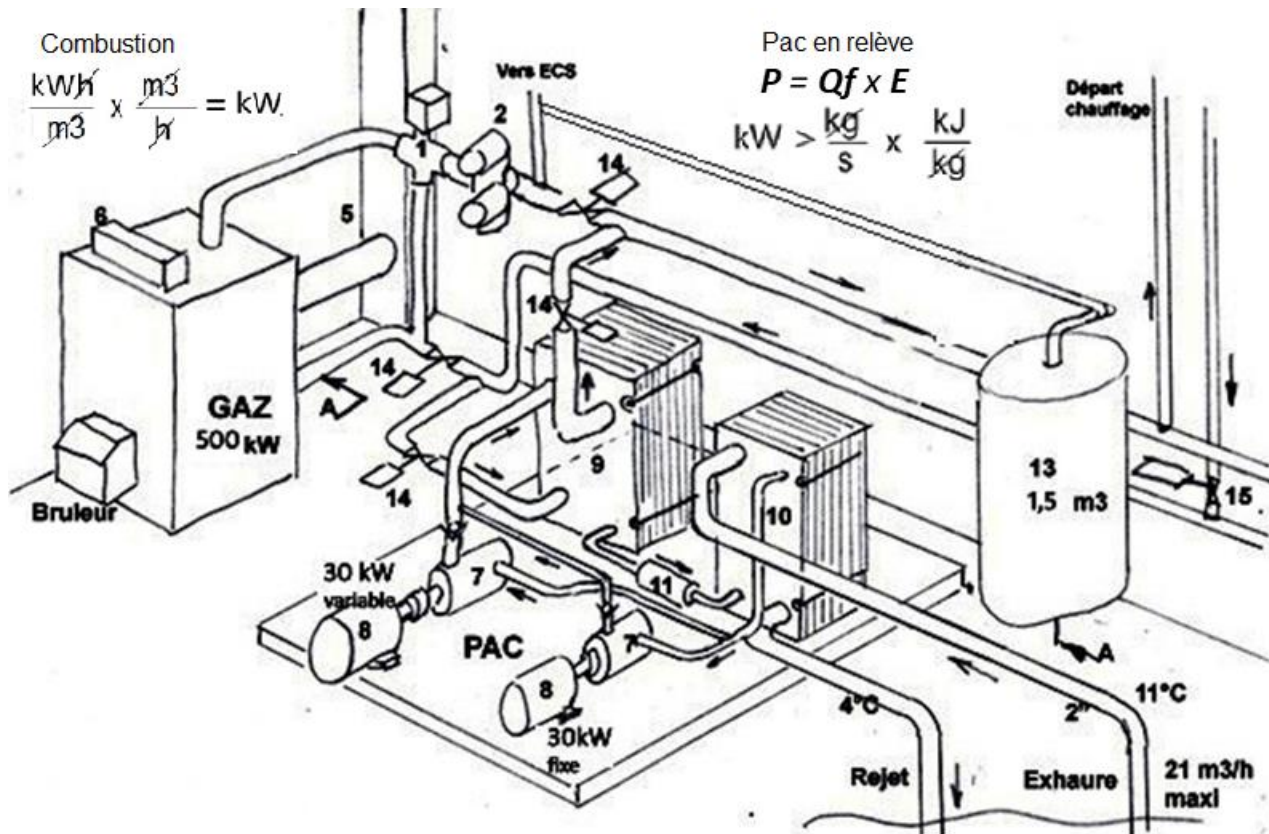
Immeuble : représentation en échangeant sur l'eau

[Mise en température de la colonne d'eau chaude](#)

Prévoir une température de départ vers les mitigeurs au moins égale à 50°C en raison de la légionellose

La chaufferie hybride gaz-électricité échangeant sur l'eau serait implantée dans le sous-sol des immeubles. Pour les puissances thermiques supérieures à 250 kW les groupes moto-pompes 7 qui symbolisent le compresseur de la pompe à chaleur seraient disposés horizontalement comme représenté ci-dessous. Pour les puissances inférieures, ils pourraient être disposés avantageusement à axe vertical plutôt qu'horizontal pour tenir compte du manque de place dans le sous-sol des immeubles (Technologie spirale Copeland)

Les deux échangeurs à plaques 9 et 10 constituant le condenseur et l'évaporateur de la pompe à chaleur seraient naturellement capotés thermiquement pour supprimer les déperditions thermiques.



Vue en perspective ce que pourrait être, dans le cas de l'immeuble où j'habite à Boulogne-Billancourt, la chaufferie hybride associant le gaz et l'électricité. Le compresseur pourrait être composé de GMP à axe vertical pour réduire l'encombrement au sol

On ne peut pas dire à propos de cet immeuble que nos radiateurs soient à basse température mais cette température étant malgré tout raisonnable, (Voir page 31) j'ai essayé de convaincre ma copropriété pour réduire les charges chauffage de commuter vers une chaufferie hybride à l'occasion de l'abandon de la chaufferie fioul. Ceci sans y parvenir complètement. Il a seulement été décidé :

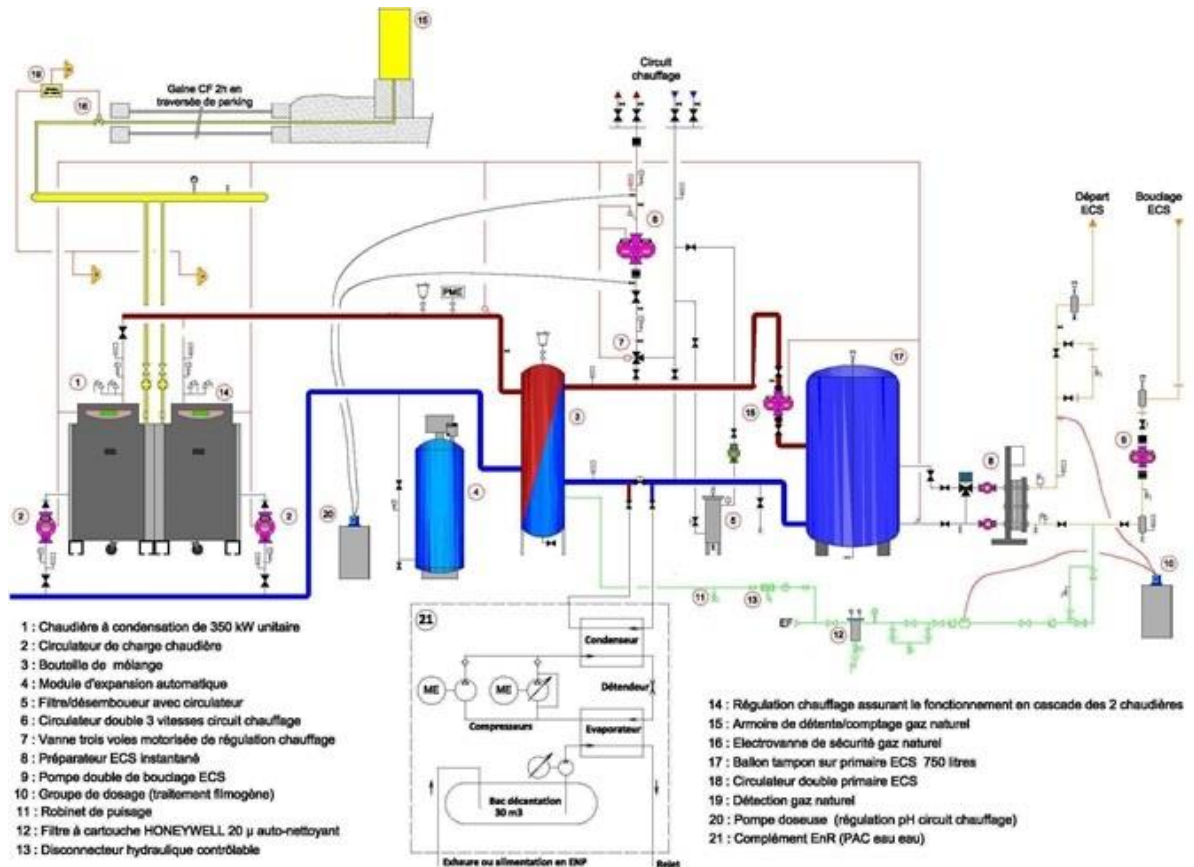
- de concevoir un circuit gaz autorisant cette évolution
- de mettre en place les 2 connexions de la PAC sur le circuit de retour du circuit chauffage
- de conserver le réservoir fioul enterré dans le jardin avec un additif antirouille aux fins d'utilisation comme bac de décantation en amont de l'évaporateur. Il faut noter à ce sujet que lors de l'établissement du schéma hydraulique de la page qui suit il y a une petite dizaine d'années, un mail resté sans réponse a été envoyé au centre de recherche VEOLIA pour attirer son attention sur le fait qu'il est possible de donner une seconde vie à nos anciens réservoirs à fioul en ville. Ceci en les réutilisant dans le cadre des chaufferies hybrides gaz-PAC aquathermique comme réservoir de décantation sur le circuit d'alimentation en eau des évaporateurs plutôt que de les laisser mourir dans le sous-sol de nos cités. Cela pour régénérer l'eau de nos rivières qui en ont bien besoin.

Schéma hydraulique et photo de notre chaufferie

Chiffres clés : 800 000 kWh annuel, 5000 m² habitables, 60 appartements

A noter principalement la partie 21 correspondant à la partie PAC eau-eau.

A noter que le terrain relativement grand sur lequel est implanté notre immeuble dispose de terrain en pleine terre ce qui permettrait d'utiliser l'eau de la nappe libre en limitant la profondeur du forage à une cinquantaine de mètres (Voir page suivante)



Les deux orifices permettant de connecter le condenseur de la pompe à chaleur aquathermique sont prévus sur le circuit retour des radiateurs (voir à droite de la photo)

Cabinet Christian Boissavy
35, boulevard de Magenta 75010 Paris
01 42 39 30 89 Bureau
00 377 6 78 63 37 56 Mobile
christian.boissavy@orange.fr

Monsieur Jean Marc Lenoir
15 rue Vauthier
92100 Boulogne-Billancourt

A l'attention de Messieurs Lenoir et Grossmann

Paris le 9 février 2013,

**Objet: Proposition d'étude géothermique pour le site de la copropriété
au 15 rue Vauthier à Boulogne-Billancourt (Hauts de Seine)**

Messieurs,

Ce courrier fait la suite à la visite du site effectuée le vendredi 8 février, pour lever l'incertitude quant à la possibilité de réaliser un doublet de forages géothermique sur l'emprise foncière de votre copropriété. Je vous prie de bien trouver ci-joint ma meilleure proposition pour l'étude des ressources géothermiques basse température et cela en vue d'exploiter les ouvrages à un débit prévisionnel compris entre 20 et 30 m³/h. Dans un premier temps, une approche rapide a permis d'envisager une puissance de 250 kW pour la pompe à chaleur, mais ces éléments thermiques et en particulier la puissance maximum appelée en pointe (chaud et ECS) devront être validés, avec plus de précision, par un bureau d'étude thermique que vous aurez mandaté. La visite du site permet donc d'envisager la réalisation du doublet de forage directement depuis la surface ou en alternative depuis le parking enterré qui offre une hauteur sous plafond de l'ordre de 3,5m.

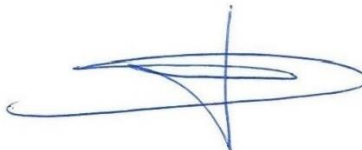
Cette étude comprendra les éléments décrits ci- après :

- 1 Généralités
- 2 Géologie et hydrogéologie
 - 2.1 Contexte général
 - 2.2 Etude géologique
 - 2.3 Hydrogéologie et qualité des eaux
- 3 Faisabilité et risques techniques
- 4 Description des ouvrages de production
 - 4.1 Doublet de forages
 - 4.2 Implantation et calcul de l'espacement nécessaire
 - 4.3 Equipements hydrauliques et électriques
 - 4.4 Tête de puits et systèmes de pompage
- 5 Evaluation économique prévisionnelle
 - 5.1.1 Investissements (P4)
 - 5.1.2 Evaluation des consommations énergétiques du doublet et estimation des coûts d'entretien et de maintenance (P1 - P2 - P3)
- 6 Aspects administratifs
- 7 Synthèse
- 8 Planning et délais de réalisation

Nous pouvons réaliser cette étude pour un montant forfaitaire de 4500€HT. Notre prestation comprend : le rapport, la visite du site (déjà réalisée) et la participation à une réunion de présentation avec le conseil syndical de votre copropriété. Le délai de réalisation de cette étude est de 4 semaines à compter de la réception de votre ordre de service. Le paiement s'effectuera par chèque bancaire à réception de facture.

Dans l'attente de votre ordre pour cette étude, veuillez recevoir nos salutations distinguées.

Christian Boissavy



SIRET N° 411 225 543 00023- CODE APE 742 C- Coordonnées bancaires : Banque Populaire RIVES DE PARIS – 18 Place
Bonsergent – BPBRIVESBONSERGERENT 75010 PARIS- France- Account Number : 04175053630
IBAN : FR76 1020 7000 7504 1750 5363 021- BIC : CCBPFRPPMTG

Faisabilité d'un forage vers nappe libre en région parisienne

Boulogne-Billancourt 92100 point de départ de la SWE ?

La Seine qui entoure Boulogne Billancourt est une opportunité qu'il serait dommage de ne pas saisir. Il faut espérer que les boulonnais vont prendre conscience que 3 doublets géothermiques (les 3 cercles) réalisés selon les techniques décrites au chapitre 3 devraient être suffisants pour assurer le chauffage de leur commune avec l'apport thermique de la Seine. Ceci en implantant 3 stations de pompage SP1 à SP3 à l'emplacement de ces 3 doublets géothermiques pour assurer la distribution d'un réseau d'eau non potable à la température de 15° à l'emplacement des 3 gros points noirs. Cette commune pourrait ainsi disposer à moindre coût d'une énergie thermique annuelle voisine de $3 \times 14\,000 \times 8760 = 368\,000\,000$ kWh pour une température moyenne de la Seine variant entre 5 et 15°. La population de cette commune étant selon l'INSEE de 117 282 habitants avec une densité de population proche de celle de Paris intramuros cela correspond sensiblement à 3 150 kWh thermique par boulonnais proche du nouveau besoin de 3600 kWh (voir figure 27 précédente). Ces travaux permettraient de généraliser le chauffage urbain pour l'habitat existant dans cette commune moyennant une amélioration (après accord du BRGM) du débit d'eau chaude géothermique qui a été limité par sécurité à 200 m³/h par doublet. Ceci sans desservir les habitants d'Issy les Moulineaux des avantages de leur centrale de combustion des ordures. De tels travaux auraient pu être mieux contrôlés que ne l'a fait jusqu'ici l'entreprise française IDEX qui a déjà réalisé à proximité d'Issy les Moulineaux un début de réseau ayant permis à quelques habitants de Boulogne situés coté Issy les Moulineaux de bénéficier des avantages du chauffage urbain. Il apparait toutefois que l'intérêt de cette société est d'évoluer vers l'intérêt général et un réseau hydraulique comme celui proposé dans le cadre de la SWE.

Pour mémoire Boulogne Billancourt c'est :

Population 117 282 habitants (source : INSEE) sur une surface de 6,2 km².

Soit une densité de population de 17 662 habitants au km².

Cela revient à dire que chaque boulonnais occupe une surface au sol voisine de 50 m² comme celle de Paris intramuros.



Pour clore ce chapitre je constate au travers de mon proche environnement que l'individu arrive parfois à solutionner intelligemment le problème du chauffage de sa maison en tirant profit de l'énergie thermique contenu dans l'air ou dans l'eau qui l'entoure alors que la collectivité peine à faire de même avec ses immeubles. Les efforts de notre ancien responsable du conseil syndical pour avancer ainsi que le courrier ci-dessous d'un de ses membres tous les deux décédés en sont la preuve.

Monsieur Yves LE LOUARN
15, rue Vauthier
92100 - BOULOGNE-BILLANCOURT

BOULOGNE, le 26 février 1984

au information

Monsieur JOURDAN
Syndic

Objet : Coupure du chauffage
la nuit.

Monsieur,

Je viens de répondre par la négative à votre enquête sur l'affaire citée en objet. Je vous assure que j'ai beaucoup hésité avant de répondre, étant donné les problèmes relationnels toujours regrettables qui semblent exister au sein du Comité de Surveillance d'une part (malgré la bonne volonté de chacun de ses membres), et le caractère fallacieux, d'autre part, de l'amalgame fait dans l'enquête entre économie de combustible et coupure de chauffage, étant entendu qu'en tout état de cause on vise une température donnée (20° C).

Je voudrais bien qu'on m'explique, toutes choses égales par ailleurs, comment la recherche d'une température bien déterminée n'est pas directement liée à la seule quantité de combustible utilisée. En fait, si on coupe le chauffage la nuit, cela oblige la chaudière à fonctionner plus longtemps à la remise en service du chauffage qu'elle ne l'aurait fait si le chauffage avait été maintenu, c'est-à-dire que pendant la journée on redépense sans doute le combustible économisé la nuit. La question que vous posez risque donc fort d'être un faux problème.

Par contre, ce qui est certain, c'est que la coupure du chauffage la nuit fatigue l'installation (chaudière et tuyauterie) par les dilatations thermiques différentielles que cela entraîne.

Il est sans doute difficile de chiffrer ce que cela nous coûte, mais la durée de vie de l'installation s'en trouve réduite de quelques années.

J'espère que ces quelques considérations ramèneront le débat actuel à sa juste valeur.

Par contre, je crois que pour répondre au souci louable, que nous avons tous, de faire des économies d'énergie tout en conservant le confort de l'immeuble, il serait temps de passer en revue, et donc de chiffrer, les moyens qui s'offrent à nous, aujourd'hui, pour réduire la facture de combustible. Ces moyens, je me permets de vous le rappeler, sont de deux ordres : isolation thermique et choix du combustible.

Pour ce qui est de l'isolation, il y a deux domaines qui peuvent être améliorés :

- Isolation thermique des terrasses.
- Isolation thermique des fenêtres (doubles vitres et joints).

Pour ce qui est du combustible, il y a deux améliorations possibles :

- Remplacement du fuel par le gaz nettement moins onéreux (20 %).
- Adjonction d'une pompe à chaleur en soutien de chaudière ce qui réduit environ de moitié la facture chauffage.

Les 4 solutions ci-dessus peuvent s'additionner, elles supposent un effort d'investissement persévérant et important. Cet effort me paraît indispensable pour conserver à notre immeuble vieillissant son confort et sa valeur.

En espérant que les considérations ci-dessus sont de nature à faciliter votre tâche et en vous priant de croire qu'elles ne constituent nullement une critique de qui que ce soit et surtout pas des bonnes volontés qui constituent le Comité.

Sentiments distingués.

Copies aux membres du
Comité de Surveillance : MIE GUIGUEN
MME FAUVET
MME SIMON
M. JULIEN
M. LENOIR
M. CHAMBRIER
M. LEPETIT

Yves LE LOUARN

Peut-être faudrait-il pour avancer que le maire soit associé au terme « collectivité »

3 Production de l'énergie électrique

Les plus mauvaises

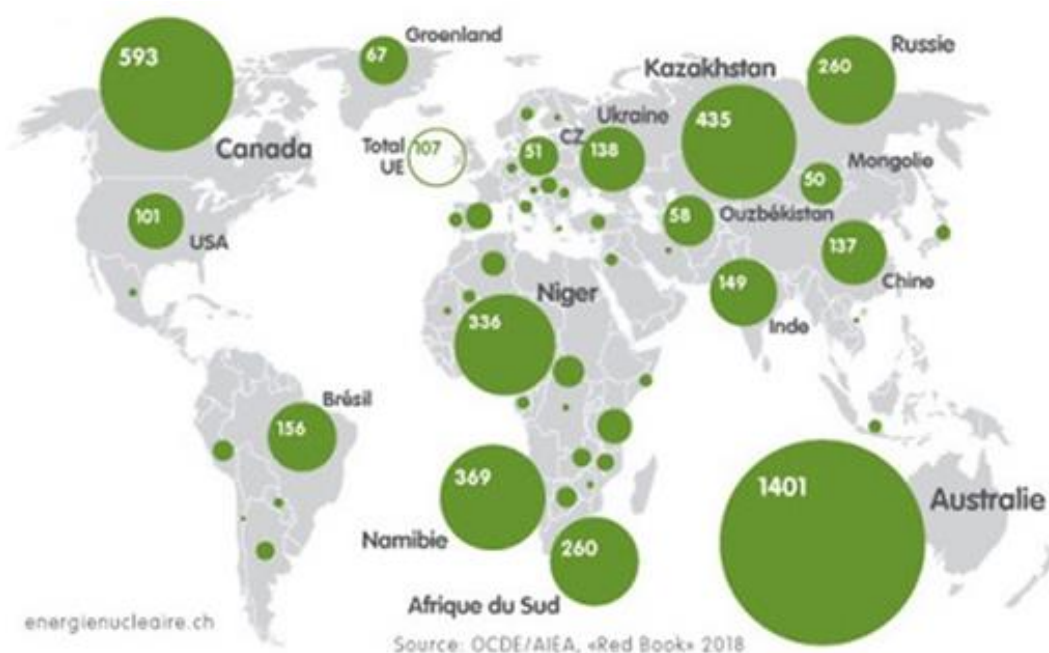


31 Le nucléaire

Initié par le général de Gaulle à la fin de la 2^{ème} guerre mondiale, le nucléaire associé à la fission de l'atome et au militaire ne sauvera pas le climat, pire il condamne la planète.

La fission

On pourrait croire que les réserves mondiales d'uranium sont, comme le charbon, importantes. Dans la pratique, il n'en est rien, l'uranium comme le pétrole est loin d'être inépuisable.



Réserves mondiales d'uranium en 2017 exprimées en tonnes

Les USA sont aussi de gros consommateurs d'uranium mais si tous les pays du monde consommaient autant d'uranium que la France, à savoir environ 9500 tonnes pour 60 millions d'habitants, il n'y en aurait pas pour bien longtemps compte tenu de la population mondiale actuelle de 7 milliards d'homo sapiens.

Consommation		Réserves	
USA	19000	Australie	1400000
France	9500	Canada	593000
Chine	8290	Kazakhstan	435000
Russie	5380	Namibie	369000
Corée du sud	4730	Niger	336000
Ukraine	1940	Russie	260000
Royaume-Uni	1770	Afrique du sud	260000
Canada	1590	Brésil	156000
Allemagne	1480	Indes	149000
Espagne	1280	Chine	137000
54 960 tonnes		4 095 000 tonnes	

La consommation annuelle d'uranium pour un réacteur de 1 000 MW produisant environ 7 Twh/an s'il est 20% du temps à l'arrêt pour entretien étant voisine de 150 tonnes et vu qu'il y avait une cinquantaine de réacteurs de ce type en fonctionnement dans l'hexagone, si tous les pays imitaient la France la consommation mondiale d'uranium serait égale à $[(150 \times 50) / 60] \times 7\,000 = 875\,000$ tonnes et il en aurait vu les réserves mondiales de 4 095 000 tonnes pour moins de 5 ans

En 2018, plus de la moitié de la consommation mondiale annuelle d'électricité dans le monde a été celle de 3 pays : la Chine (6 880 TWh), les États-Unis (4 288 TWh) et l'Inde (1 309 TWh). Ceci alors que les réserves d'uranium localisées principalement en Australie, au Canada, Kazakhstan, Namibie, Niger, Afrique du Sud et en Russie sont très excentrées par rapport aux pays consommateurs. La fission nucléaire est complexe et extrêmement coûteuse alors que grâce au rayonnement solaire de 390 watt /m² associé au voltaïque et vu la surface de notre planète (terre + océans) proche de 500 millions de km² une infime partie de cette surface serait suffisante pour assurer notre besoin en électricité.

La fusion

Lorsque la décision a été prise il y a une quinzaine d'années d'installer en France à Cadarache le réacteur expérimental nommé ITER basé sur la fusion nucléaire pour assurer notre approvisionnement en énergie le responsable du CNRS de l'époque avait donné sa démission estimant ce projet trop complexe et sujet à une issue trop incertaine vu l'urgence qu'il y a à agir. À l'aube du réchauffement climatique comment ne pas émettre des doutes sur le bien-fondé d'une chaîne énergétique passant par les très hautes températures pour solutionner nos problèmes d'énergie. Et ceci même si nous arrivions à confiner magnétiquement la chaleur. De plus prétendre comme Goodplanet que le numérique pourrait aider à contrôler les instabilités de la fusion nucléaire ne me semble pas très raisonnable en ce qui concerne la sécurité.

L'EDF et le nucléaire

En France 80% de notre électricité est produite par des réacteurs pilotables de +/-30% en une ½ heure en adéquation avec la demande du réseau. Le principal combustible est l'uranium.

Un rapport concernant l'énergie a été établi par l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) créé il y a 36 ans par l'OCDE. Ce rapport appuyé par le président de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) ainsi que par une association de polytechniciens regroupée sous le sigle "Révolution énergétique" commence à faire autorité et vient au secours de la Solar Water Economy (SWE). En établissant que la satisfaction du besoin en énergie des Français peut être satisfait à 100 % par des chaînes énergétiques associées aux énergies renouvelables moins coûteuses et moins dangereuses que le nucléaire. Il n'est pas trop tard pour l'EDF qui est tombé voilà quelques décennies dans le piège de l'effet Joule pour assurer le chauffage de l'habitat de se ressaisir et d'adapter une structure européenne moins énergivore grâce à la "Solar Water Economy". Cela en consommant moins grâce au soleil et à l'eau pour assurer notre confort afin de ne pas avoir à produire plus. Le projet Hercule consisterait à scinder EDF en trois parties :

- un premier pôle serait chargé de la production nucléaire et thermique (EDF bleu),
- un deuxième aurait la charge des concessions hydroélectriques (EDF Azur)
- un troisième (EDF vert) regrouperait tout le reste, notamment le solaire, l'éolien et la gestion des réseaux :

Il semble évident que pour former un système cohérent, ces 3 pôles - en supposant qu'ils prennent place - devront collaborer étroitement et bien évidemment ne pas entrer en concurrence les uns avec les autres. Les actions que vont devoir prendre chacune de ces trois parties sont complémentaires et étroitement associés. Chacun de ces pôles devra en effet avoir conscience du rôle que l'on attend de lui :

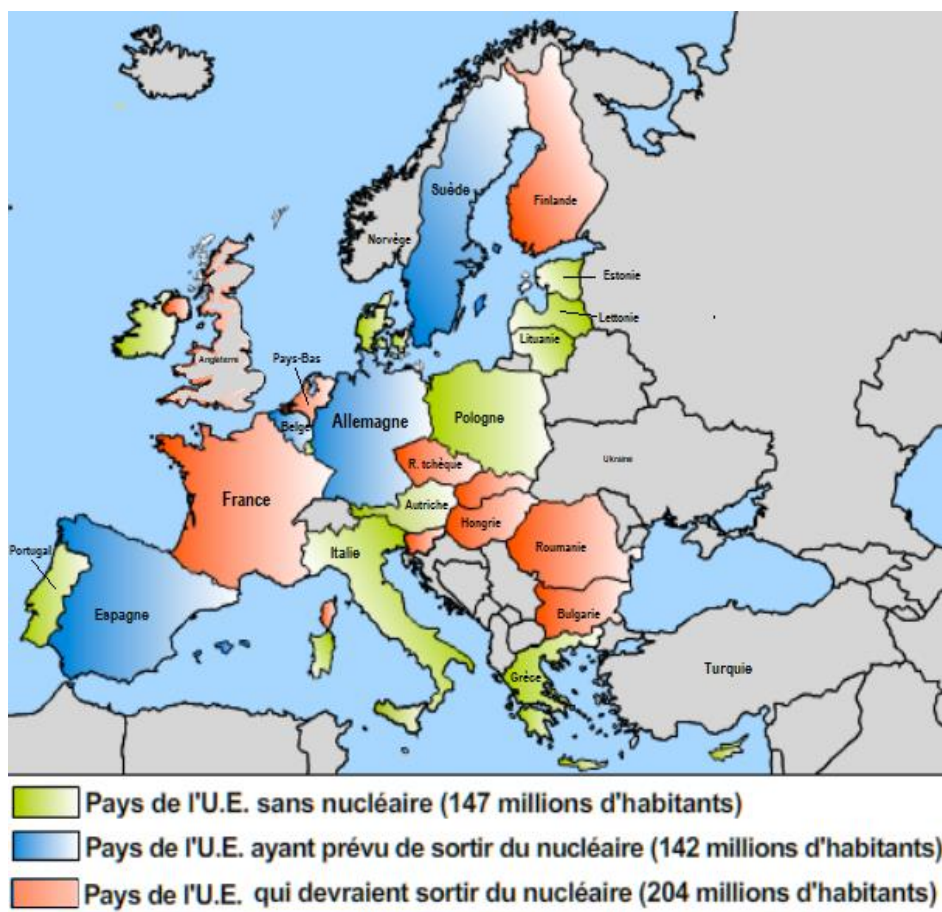
- le premier prendre conscience qu'il faut remettre à sa place l'énergie thermique et abandonner l'effet Joule pour la générer
- le deuxième concentrer son action sur le stockage de masse de l'énergie électrique
- le 3ème qui a vocation à devenir le pôle le plus important et le plus utile pour notre devenir énergétique.

Dans la mesure où le prix de revient du kWh électrique renouvelable obtenu avec les nouvelles techniques évolue régulièrement à la baisse, l'avenir de ce troisième pôle étant tributaire des deux premiers.

Voilà près de 10 ans qu'EDF se plaint d'être obligé par l'UE de vendre l'électricité qu'elle produit à ses concurrents. Ceci dans le cadre de la loi NOME et à un prix de 42 € le MWh (4,2 centimes d'€ le kWh) probablement inférieur au prix de revient une partie de l'électricité produite par ses 58 réacteurs nucléaires. Un prix qui se trouve être sensiblement 3 fois plus faible que celui facturé à l'utilisateur c'est-à-dire vous et moi. Concernant les inconvénients des réacteurs nucléaires pour produire l'électricité, Greenpeace appelle à une transition énergétique sans nucléaire.

L'Europe et le nucléaire

La commission européenne qui vient malgré les protestations justifiées de nombreuses ONG d'accorder un label « vert » au nucléaire et au gaz ferait bien de balayer devant sa porte. Persister à l'heure du réchauffement climatique avec les chaînes énergétiques actuelles passant par les hautes températures telles que la combustion des produits fossiles ou le nucléaire pour satisfaire les besoins en énergie de notre habitat comme nous le faisons encore en Europe est suicidaire. Cette décision passe sous silence la dangerosité du nucléaire en raison de la radioactivité ainsi que le coût très élevé de l'électricité qu'elle génère en raison de la complexité de la chaîne énergétique qui lui est associée. On peut parler de mesure antisociale. Le pire qui puisse arriver est que les pays européens encore un peu attachés au nucléaire (en rouge sur la figure) abandonnent les réacteurs type EPR pour utiliser des réacteurs à neutrons rapides à sels fondus malgré les contraintes métallurgiques imposées par les hautes températures. Quant au gaz naturel qui émet moins de gaz carbonique dans l'atmosphère que le fioul ou l'essence, la décision de le conserver ne peut se justifier que le temps de mettre en place le stockage de l'électricité grâce à l'hydrogène.



Le Lutin thermique que je suis approuve Yannick Jadot concernant son opposition à l'énergie nucléaire pour la production électrique. Il lui donne raison à la fois concernant la dangerosité des réacteurs et le fait que développer le nucléaire "ne sauvera pas le climat". Il l'approuve à propos du risque de prolifération de la

radioactivité en raison de la production des déchets radioactifs. Yannick Jadot a eu raison de critiquer Nicolas Hulot sur son report dans le temps de l'objectif de baisse à 50 % du nucléaire dans le mix électrique. Il a de plus eu raison, selon moi, d'estimer qu'il faut « mettre le paquet sur les énergies renouvelables » pour améliorer nos conditions sociales vu que l'électricité associée au couple voltaïque-hydrogène est sensiblement deux fois moins cher que le nucléaire. De plus assurer la sécurité avec un mode de production de l'énergie électrique type EPR oblige les acteurs de cette chaîne énergétique à vendre l'électricité à l'utilisateur à un prix socialement inabordable. La sécurité et les frais d'entretien (voir les soudures à Flamanville) peut par la suite coûter effectivement très cher. Le déséquilibre de prix par rapport à l'énergie électrique solaire et son stockage grâce à l'hydrogène, aux piles, et aux STEP pourrait bien, avec le passage par les hautes températures et ses conséquences en ce qui concerne le réchauffement climatique, condamner la fission nucléaire sur le moyen terme. A ceux qui estiment qu'il ne faut pas mettre tous les œufs dans le même panier, une énergie nucléaire basée sur les réacteurs à neutrons rapides à sel fondus avec 700 degrés centigrades (973°K) à la source chaude et 100 degrés (373°K) à la source froide mérite toutefois examen malgré les problèmes métallurgiques. Mais ceci uniquement si cette technologie est associée à parts sensiblement égales avec l'hydrogène pour satisfaire l'intermittence hivernale du voltaïque.

La dangerosité du nucléaire

Il y a le [modeste rendement de cette chaîne énergétique qui affecte encore un peu plus le réchauffement climatique](#) mais pour l'essentiel la dangerosité du nucléaire c'est pour l'essentiel :

Celle des déchets radioactifs

La Finlande est pour l'instant le seul pays à avoir construit dans le granit un site profond de stockage des dangereux déchets radioactifs devançant la Suisse ainsi que la Suède qui envisagent de le faire également dans le granit. Le projet français *Cigéo* de Bure qui envisage de le faire dans l'argile en remplacement du stockage actuel en surface est fortement contesté. Force est de constater que malgré la dangerosité des déchets radioactifs et après plus de soixante ans d'exploitation de l'énergie nucléaire en France, il n'existe toujours pas de solution durable et sûre de stockage dans notre pays.

Selon l'organisme *Orano*, les déchets radioactifs « à vie longue » qui ne représentent que 10 % du stock total de déchets radioactifs concentrent 99,9 % de la radioactivité totale et demeurent actifs pendant plus de 300 ans voire des milliers d'années pour les plus radioactifs.

Suite à la catastrophe de Fukushima au Japon est-il besoin de rappeler qu'en raison de la radioactivité la dangerosité du nucléaire est associée au risque sismique ?

Les réacteurs à neutrons rapides à sels fondus avec une durée de vie des déchets radioactifs limitée à une cinquantaine d'année seraient une solution pour ce qui concerne la dangerosité. Ils seraient également une solution également intéressante en termes de performance avec une température à la source chaude élevée voisine de 700 degrés centigrade (voir chapitre Consommation) mais très contraignante en ce qui concerne les problèmes métallurgiques en raison de cette température élevée.

Celle du militaire

Selon l'Institut international de recherche sur la paix de Stockholm, l'énorme arsenal nucléaire russe et américain constitué pendant la guerre froide a été divisé par plus de cinq depuis son record absolu de 1986. Avec plus de 70.000 têtes nucléaires Moscou et Washington contrôlaient en effet à l'époque 90% de l'armement nucléaire mondial. Les neuf nations dotées actuellement de « la bombe » (Russie, Etats-Unis, Royaume-Uni, France, Chine, Inde, Pakistan, Israël et Corée du Nord) ne détiennent plus selon cet organisme "que" 12.705 têtes nucléaires. Suite à la guerre en Ukraine on peut craindre que cette ère de désarmement dévoilé par le centre de recherche suédois ne cesse. Le nucléaire « militaire » et ses graves

inconvenients en ce qui concerne la sécurité est quoiqu'on en dise étroitement associé au nucléaire « civil » et ses centrales qui produisent de l'électricité en réchauffant nos rivières. Le nouveau réacteur nucléaire français de Flamanville, qui lui va réchauffer la mer sous le contrôle de l'ASN est l'aboutissement du processus imaginé par les USA pour leurs réacteurs à eau pressurisée type PWR, le CEA ayant proposé des modifications en fonction des incidents. Pour la liste des accidents nucléaires par niveaux de gravité on peut se reporter à Wikipédia et à UNSCAR. Le réacteur de Tchernobyl (MBK) était une unité soviétique difficile à piloter et l'accident a été traité à la soviétique. Quant aux réacteurs japonais de Fukushima à eau bouillante BWR, une vidéo de l'ASN explique le déroulement de l'accident, les difficultés, les erreurs et les conséquences.

La dangerosité du nucléaire comme le rappelle *Bernard Laponche* depuis bien longtemps est double :

- celle du nucléaire civil en raison de la radioactivité des déchets et la difficulté de leur stockage
- celle du nucléaire militaire avec selon un institut international de recherche sur la paix basé à Stockholm : la Russie qui dispose de 6.255 têtes nucléaires, les États-Unis de 5.550, contre 350 pour la Chine, près de 300 pour le parc français et une vingtaine de bombes atomiques pour l'arsenal nord-coréen.

Heureusement, le nucléaire c'est aussi :

Le scientifique avec l'étude des composants du noyau des atomes : CERN, CEA, CNRS

La datation par la mesure de la décroissance de la désintégration des noyaux : Carbone 14

Le médical : radiothérapie, traçage, stérilisation, indicateur SIVERS, ...

Le contrôle non destructif : voir à l'intérieur de la matière

La radioprotection : détecte les anomalies des rayonnements ionisants : ASN et IRSN

L'inquiétude générée en France par le **projet européen Hercule** à propos de l'EDF

Un peu d'histoire

La catastrophe nucléaire majeure de la centrale de Tchernobyl qui a explosée il y a plus de 50 ans en augmentant dangereusement la radioactivité en Europe a été provoquée par une gouvernance russe autoritaire et inadaptée. Ceci du temps de la république socialiste soviétique d'Ukraine en URSS. Cette autorité excessive de la nation russe actuelle n'est pas totalement éteinte et atteint son point culminant avec l'invasion militaire de l'Ukraine. Ceci sous l'autorité d'un Président Russe qui pourrait bien prochainement se trouver contraint de négocier.



32 Le charbon

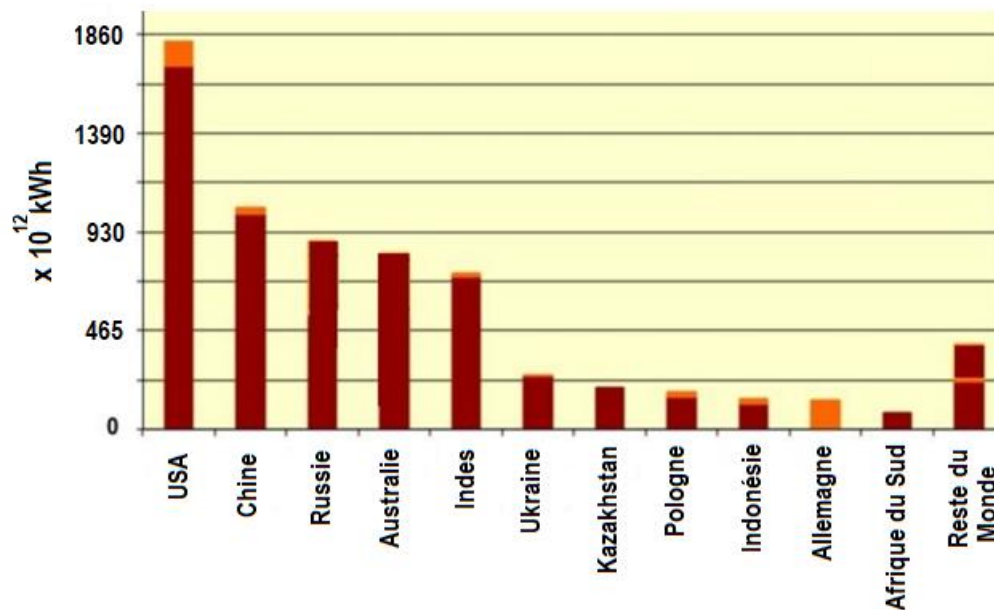


Le plus inquiétant serait que la transition énergétique ne se fasse pas maintenant et que pour satisfaire ses besoins en énergie homo sapiens décide de s'orienter vers le charbon, là où les réserves seraient encore significatives, particulièrement pour des pays à forte population comme la Chine et l'Inde.

Quant aux USA deuxième producteur de gaz à effet de serre derrière la Chine, on ne peut, vu ses réserves importantes de charbon, qu'être rassuré par la mise en place de la nouvelle présidence américaine favorable aux accords de Paris sur le climat et son intention d'investir 2000 milliards d'€ pour atteindre un peu avant la Chine la neutralité carbone en 2050.

Pour chaque kWh produit avec le charbon, c'est grosso modo 4 fois plus de gaz carbonique qu'avec le gaz et 2 fois plus qu'avec le pétrole.

Si un pays en voie de développement comme les Indes, pays qui n'est pas démunis en termes de réserve comme le montre la figure ci-dessous et qui se situe en 2ème position dans le monde en termes de consommation de charbon derrière la Chine prenait exemple sur les américains en consommant par habitant autant de charbon qu'eux, la consommation d'énergie fossile dans le monde serait sensiblement multipliée par 3. Ceci par le fait que ce pays est sensiblement 4 fois plus peuplé que les Etats-Unis d'Amérique.



Une dizaine de pays concentrent environ 90% des réserves mondiales de charbon
La couleur en rouge plus clair concerne du charbon de moins bonne qualité que l'antracite

Consommation

Les Indes (12%) en sandwich entre la Chine (52%) et les USA (7%)

La moins mauvaise : l'hydro-électricité

L'hydroélectricité, l'énergie renouvelable la plus utilisée au monde représente environ 16% de la production mondiale d'électricité assez loin devant le nucléaire (10%) et l'éolien (8%)

En raison d'une bonne hydrologie et d'un relief favorable [l'hydro-électricité française](#) assure encore sensiblement 10% de notre besoin en électricité ce qui compense en partie le fait que la mise en œuvre du voltaïque dans notre pays est pratiquement inexistante sur le plan collectif.

C'est la Chine qui a construit sur le fleuve sur Yangtzé et contre l'avis des USA les deux plus puissants barrages au monde, [celui des 3 gorges](#) de 22 GW et celui de Baihetan de 16 GW situé dans la partie amont du Yangtzé sur la rivière Jinsha

En 3^{ème} position arrive le Brésil qui s'est associé au Paraguay lors de construction du barrage d'Itaipu de 14 GW sur le rio Parana.

Tous ces barrages chinois et brésilien ont été particulièrement critiqués en raison de leurs impacts environnementaux.

Pour donner l'échelle de telles réalisations, il faut savoir que la surface de la retenue du barrage brésilien est 130 000 fois plus importante que celle de Serre-Ponçon, le plus grand barrage français sur la Durance



Les bonnes méthodes

33 Le soleil



Pour comprendre l'importance que va prendre le soleil pour la production d'énergie, il est important de savoir que :

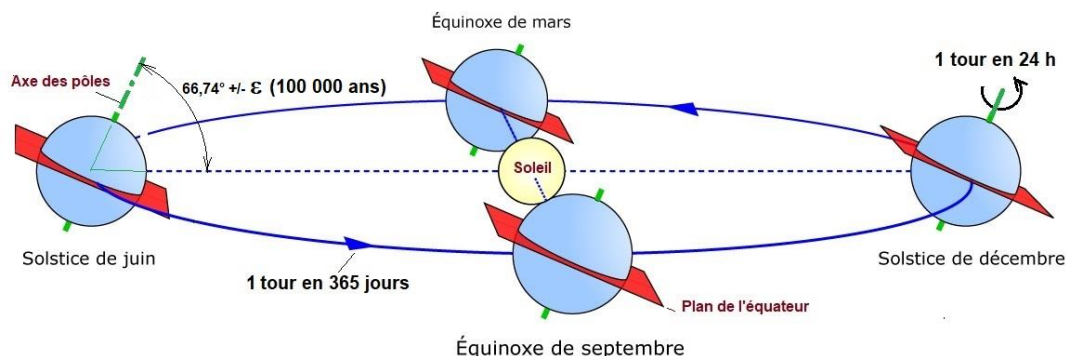
- le soleil libère plus d'énergie en une seconde que toute l'énergie consommée par l'humanité depuis son origine.
- notre maison "la terre" reçoit du soleil en un jour une quantité d'énergie égale à ce qu'Homo sapiens consomme en 1 an.
- La combustion du charbon est la grande responsable du réchauffement climatique de notre planète

Selon Wikipédia, et mon ami Georges polytechnicien, la puissance du rayonnement solaire reçu par les couches les plus élevées de l'atmosphère est environ 340 Watt/m² en moyenne soit une énergie thermique reçue annuellement par m² égale à environ 3000 kWh (0,34x 8760). Cela alors que nos besoins annuels après mise en œuvre de la SWE on l'a vu au chapitre précédent sont du même ordre de grandeur (Voir page 36). Cela est réconfortant dans la mesure où le problème de la satisfaction de nos besoins lorsque les énergies non renouvelables seront épuisées, ce qui ne va plus tarder ne devrait pas trop poser problème. Cela est d'autant plus réconfortant que le préoccupant réchauffement climatique qui pointe son nez serait stoppé grâce au voltaïque. Il est maintenant confirmé que la quantité d'énergie naturelle qui nous vient du soleil est considérablement supérieure au besoin moyen proche de 15 000 kWh de chaque homo sapiens (voir la page 22 du chapitre 2)

Il n'est bien sûr pas question de recouvrir Paris d'une grosse bulle voltaïque pour assurer son besoin en électricité, il serait plus simple d'adjoindre quelques centrales voltaïques en Beauce. Une surface de panneaux solaires égale à 25 m², deux fois plus faible que la surface disponible au sol par parisien, disposés en Beauce à une distance raisonnable de la capitale par rapport à Flamanville, permettrait de générer annuellement une quantité d'énergie électrique voisine de 2500 kWh proche du nouveau besoin global de 2800 kWh tel que cela a été défini au chapitre 2 consommation

Solstices et équinoxes

L'équinoxe correspond aux 2 moments de l'année où le soleil se trouve au zénith à l'équateur terrestre. La terre se trouve alors à angle droit (en prenant les pôles) avec les rayons du soleil. Le jour et la nuit ont alors la même durée. En opposition à l'équinoxe, les solstices correspondent aux 2 moments de l'année où l'inclinaison de l'axe des pôles par rapport à l'équateur est maximum. La différence entre la durée de jour et de nuit est alors maximale. Ceci alternativement et de façon opposée entre les hémisphères nord et sud.



L'angle de Milankovic

L'angle que fait l'axe autour duquel la terre tourne sur elle-même et son plan de rotation par rapport au soleil que l'on doit à Milankovic en ce qui concerne sa compréhension joue un rôle important sur les alternances jour-nuit et été-hiver.



Panneaux solaires et biodiversité

Les parcs voltaïques font bon ménage avec la biodiversité.

Cette possible récupération de l'eau par le panneau voltaïque éviterait les routes glissantes lorsqu'il pleut et serait sur certaines autoroutes l'occasion de suppléer au manque d'eau et à l'agriculture dans certaines régions françaises.



Quant aux technologies pour assurer la production d'électricité, elles diffèrent entre la cellule photovoltaïque monofaciale classique et le panneau solaire biface utilisant l'albédo. Une technologie qui peut, en diminuant le coût du mégawattheure, accroître la productivité en énergie électrique de 25 à 40 %. L'albedo (grandeur sans dimension inférieure à 1) est le pouvoir réfléchissant d'une surface, c'est-à-dire le rapport de l'énergie lumineuse réfléchie à l'énergie lumineuse incidente.

Albédo de différente surface

- Corps noir parfait 0
- Sol sombre 0,05 à 0,2 (cultures, forêt)
- Surface de l'eau 0,02 à 0,04 (lacs, mer)
- Sable sec 0,35
- Glace environ 0,60
- Neige fraîche environ 0,8
- Miroir parfait 1.

La production électrique des panneaux solaires

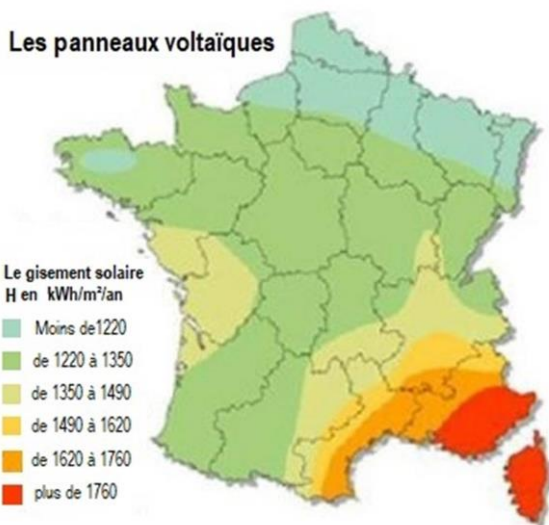
On a du mal avec internet à se faire une opinion de ce que peut apporter à l'année une surface de panneau voltaïque de 1 m² en termes d'énergie électrique exprimée en kWh. Je suis tout de même parvenu à me faire une opinion à ce sujet en aidant une voisine ayant commandé un peu rapidement des panneaux solaires pour implantation sur le toit de sa maison située en Seine et Marne. Ce que l'on peut dire, c'est qu'en divisant par 10 la valeur de H de l'ADEME exprimée en kWh/m²/an du panneau on obtient sensiblement la production électrique à l'année exprimée en kWh de ce m² de panneau. Ceci sachant que la nuit il n'y a pas de production, que l'inclinaison du panneau et son orientation par rapport au sud influe sur la production, et qu'il faut tenir compte des performances de l'onduleur qui convertit le courant continu fourni par le panneau en courant alternatif compatible avec le réseau.



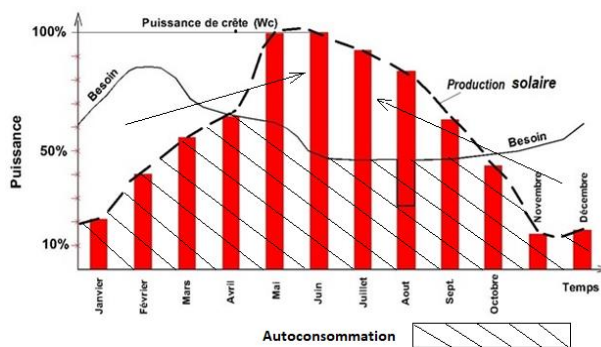
Quand on conduit sous la pluie ça glisse et on voit mal

Il est réconfortant de savoir que le soleil sera capable de satisfaire quantitativement nos besoins en énergie sur le long terme lorsque les énergies non renouvelables issus de combustion des produits fossiles seront épuisées, ce qui ne va plus tarder avec le triste constat que si les autres pays imitaient la fission nucléaire française il en serait de même avec l'uranium

Le fait que la quantité d'énergie naturelle qui nous vient du soleil soit considérablement supérieure au besoin moyen de chaque homo sapiens proche de 15 000 kWh est réconfortant (voir le 2^{ème} chapitre), mais plutôt que de recouvrir Paris d'une grosse bulle voltaïque pour assurer son besoin en électricité, il serait plus simple de construire quelques centrales voltaïques dans la périphérie de la région IDF sur des terrains désaffectés. En y implantant 25 m² de panneaux, une surface sensiblement deux fois plus faible que la surface disponible au sol par parisien, on rendrait service aux agriculteurs et on générerait annuellement une quantité d'énergie électrique voisine de 2500 kWh proche du nouveau besoin global de 2800 kWh tel que cela a été défini au 2^{ème} chapitre



Source Ademe



Production et besoin

Cette figure permet de comprendre que la puissance fournie par le panneau (en rouge) varie de façon importante selon la saison. Elle permet aussi de comprendre que c'est plutôt lorsque le besoin est important à savoir pendant la saison hivernale que la production du panneau est la plus faible.

Satisfaire le besoin grâce au stockage

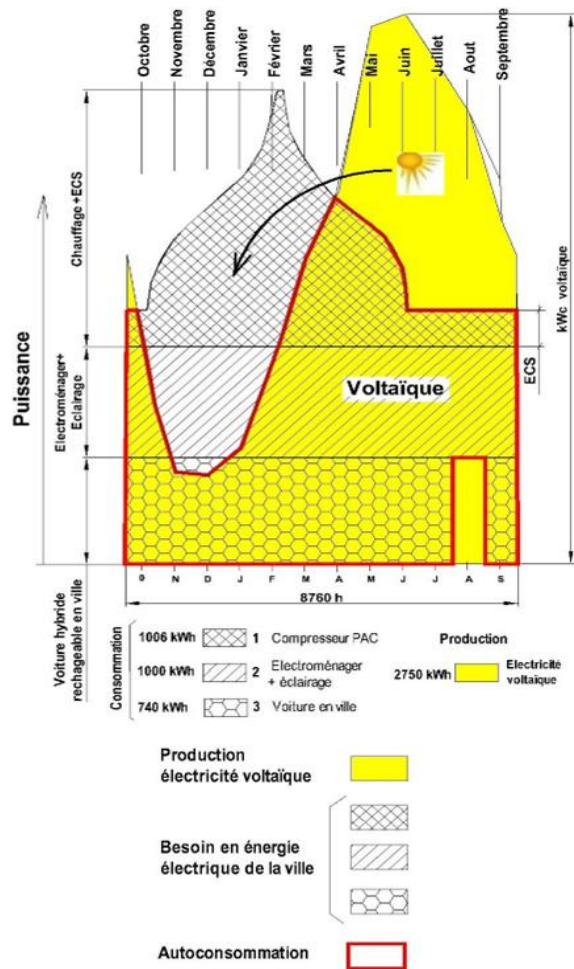
On voit sur la figure de la page qui suit qu'il devrait être possible grâce à l'autoconsommation délimitée par un gros trait rouge) de satisfaire le besoin en énergie électrique de la ville à partir du soleil et pendant une bonne partie de l'année.



Et ceci pour les besoins confondus du chauffage thermodynamique, de l'éclairage + électroménager, avec en sus une voiture hybride rechargeable. On examinera par la suite toutes les solutions qui s'offrent à nous pour limiter les transferts d'énergie afin de satisfaire le besoin en hiver. On comprend en voyant ces courbes qu'il nous faudra imaginer des dispositifs de stockage de l'électricité pour satisfaire le besoin en hiver.

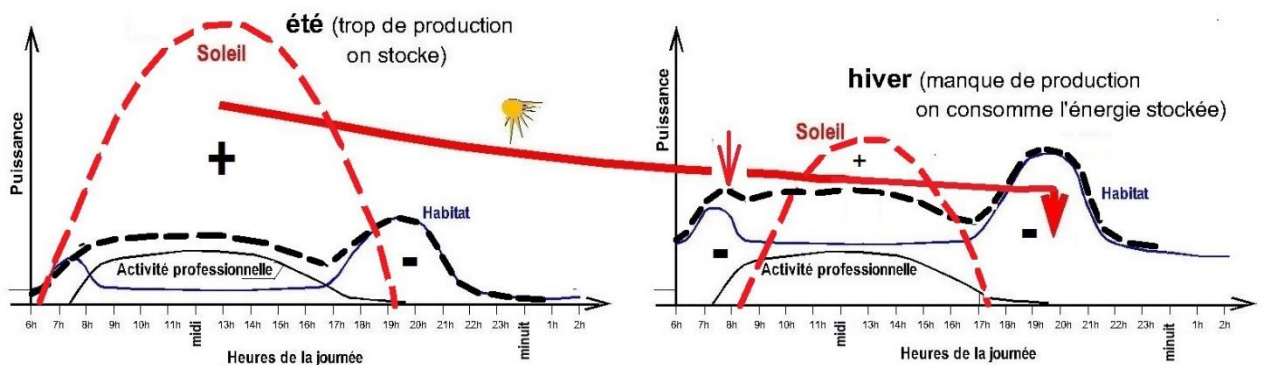
La promotion des énergies renouvelables d'origine solaire associée à l'électricité d'origine voltaïque est freiné actuellement en France par des obstacles à l'autoconsommation. La technologie de l'onduleur convertissant le courant continu fourni par le [panneau voltaïque](#) en courant alternatif compatible avec le réseau est pourtant bien maîtrisée et performante. Il s'agit vraisemblablement d'obstacles d'origine financière, chaque partie située sur la chaîne énergétique de production et de livraison souhaitant mettre à son profit la différence importante entre le prix de revient élevé de l'électricité nucléaire et celui beaucoup plus bas d'origine solaire. Ceci quitte à compliquer le dispositif de comptage au détriment du social et de l'utilisateur final.

La réglementation et la législation de l'autoconsommation pour les systèmes basse puissance sont encore pour ces raisons pratiquement inexistantes. Ont tout de même été mises en place quelques tentatives d'autoconsommation dans le cadre du tertiaire (mairie, école...) et de l'industrie



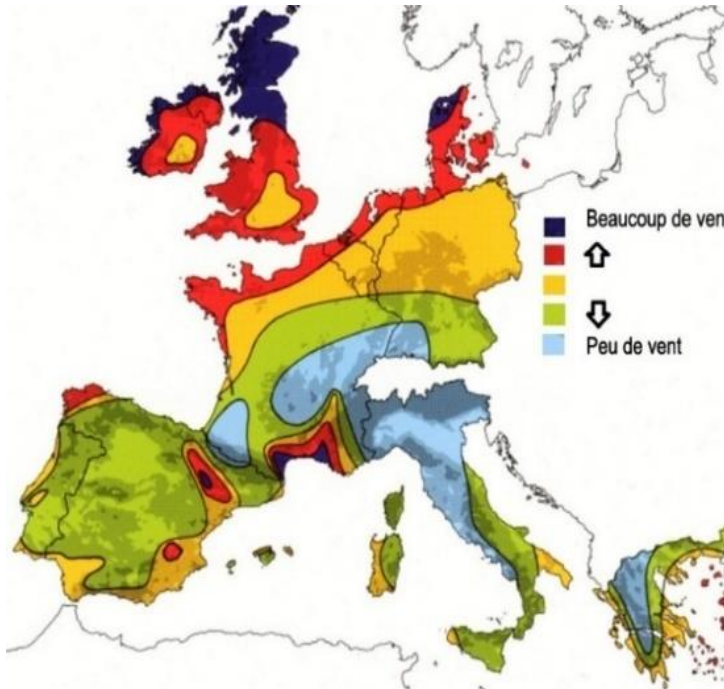
Examinons maintenant la satisfaction de besoin sur la journée et non sur l'année avec une base de réflexion 365 plus faible que la précédente : le cycle jour-nuit au lieu d'été-hiver. Comme précédemment, seule l'électricité solaire voltaïque a été prise en considération pour la génération mais il a été ajouté au besoin de l'habitat l'énergie associée à l'activité professionnelle (industrie + agriculture). On remarque, sur la partie gauche de la figure, que pendant la période estivale, avec des quantités d'énergie produites journalièrement par les panneaux solaires supérieures aux besoins quotidiens, un stockage sur un cycle de 24 heures ne pose pas de difficultés particulières compte tenu des quantités concernées.

Cependant en période hivernale et en l'absence de production d'énergie d'origine nucléaire ou de produits fossiles, les besoins sont supérieurs aux possibilités de production d'énergie voltaïque ce qui pose un problème de stockage de masse de l'électricité vu les quantités importantes concernées.



34 L'éolien

Heureusement, grâce au vent, la production d'énergie électrique renouvelable obtenue avec les éoliennes est complémentaire de la production voltaïque. On observe que le potentiel éolien sur le continent européen est surtout en Angleterre et dans le nord de l'Europe.



L'évolution vers le [gigantisme des éoliennes](#) tri-pales est impressionnant. Il est justifié par les effets de parois que nous avons évoqués à la fin du chapitre précédent pour l'eau et qui est aussi valable pour l'air.

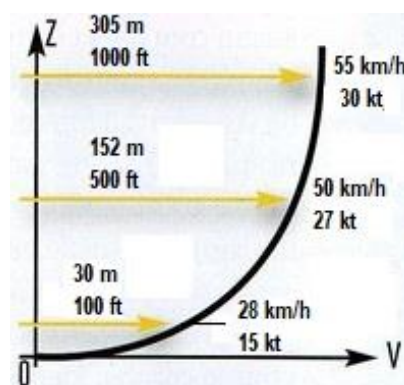
Le site éolien de Fécamp sera pour l'instant le seul site éolien français équipé de fondations gravitaires en béton. Un navire-grue battant pavillon de complaisance panaméen, embarque ces mastodontes de 5 000 tonnes pièce en construction depuis plus d'un an dans le port du Havre par lot de 3 pour les déposer à 13 km des côtes Normandes sur un lit de gravier préalablement aménagé sur le fond marin. Ces fondations du type gravitaires d'un diamètre de 31 m pour 48 à 54 m de haut selon la profondeur présentent l'avantage de ne pas nécessiter de fixation et sont simplement posées sur un fond de graviers préalablement aménagé, leur masse énorme suffisant à stabiliser l'éolienne. L'installation de ces 71 mastodontes une fois achevée à la fin du printemps 2023 ce sera la mise en place sur leur socle des turbines électriques d'une puissance unitaire de 7 MW et une mise en service prévue pour fin 2023 avec une production électrique annuelle estimée à 1,8 TWh.



L'amélioration des performances de l'éolienne lorsque sa taille augmente s'explique par le fait que la vitesse du vent augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne du sol ou de la mer comme l'indique la figure ci-après.

Les éoliennes génèrent des ondes infrasonores basse fréquence à plus de 15 km de la source. Ces ondes inaudibles, sont nuisibles pour le corps humain. Pour cette raison, il est probable que l'éolien maritime va prendre petit à petit la place de l'éolien terrestre.

Les viscosités de l'air et de l'eau sont certes très différentes mais lorsqu'un fluide se déplace le long d'une paroi (qu'il s'agisse de l'eau ou de l'air), la vitesse du fluide augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la paroi et est nulle au contact de celle-ci. Ces effets de paroi et les pertes d'énergie qui en résultent sont donc autant valables pour l'eau circulant dans une tuyauterie que pour l'air circulant à la surface de la terre (figure de droite). Il en résulte également que les pales des éoliennes ne doivent pas être trop proche de la surface de la terre vu que la vitesse du vent augmente au fur à mesure que l'on s'éloigne du sol.



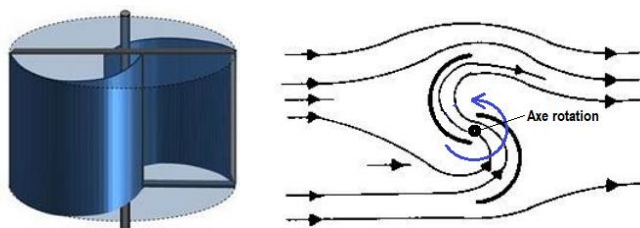
Paradoxalement, bien que le potentiel en énergie électrique issu du voltaïque devance celui de l'éolien, c'est ce dernier qui remporte actuellement la palme en Europe selon le site *Révolution énergétique* en assurant 17% du besoin avec une production de 240 TWh alors que celle du voltaïque n'est que de 130 TWh.

L'éolien individuel ?

Le soleil et le vent sont étroitement liés. Associer l'énergie du vent à celle du soleil comme envisagé de le faire la start-up lilloise *Unéole* avec ses éoliennes urbaines sera-t-elle une combinaison gagnante ?

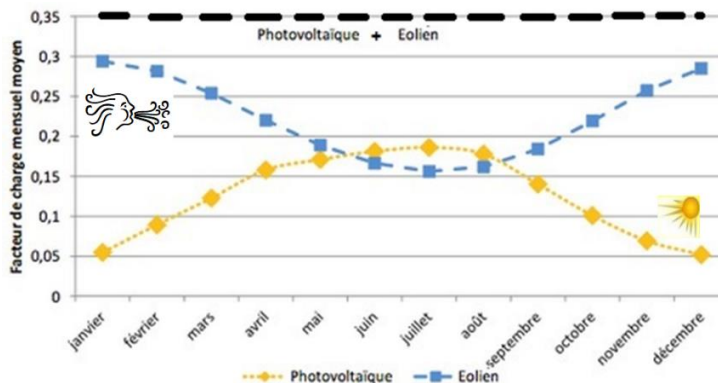
Elle a compris que pour être performante une éolienne urbaine doit être installée au minimum entre 15 et 20 m au-dessus du toit des immeubles pour éviter les turbulences et tenir compte des effets de parois. Une turbine *Unéole individuelle* de type Savonius à 3 étages et axe vertical, haute de 4 mètres et de diamètre égal à 2 mètres produirait environ 1.200 kWh par an pour un coût proche de 5.000 euros. Malgré les efforts du constructeur leur retour sur investissement (RSI) risque bien d'être déraisonnable compte tenu du prix de revient du kWh des grosses *éoliennes tri-pales*. Quoiqu'il en soit l'objectif du promoteur est de concevoir une machine urbaine plus silencieuse, moins encombrante, plus écologique que les éoliennes tripales que l'on ne peut pas installer en milieu urbain. Les turbines *Unéole* comportent plusieurs godets demi-cylindriques vrillés autour de l'axe de rotation. Le concept permet ainsi une prise au vent continue.

Va-t-on voir les éoliennes domestiques à axe vertical se multiplier sur les toits des maisons et des immeubles ? Vu les difficultés techniques en termes d'arrimage et de poids des fondations cela n'est pas garanti. Quant à la rentabilité, le RSI avec le prix actuel de l'électricité à 15 centimes d'euro le kilowattheure semble bien long. L'idée du fabricant d'augmenter le rendement global en combinant l'éolienne à des panneaux photovoltaïques semble être à priori judicieuse puisque l'installation produira de l'énergie en hiver lorsque le zéphyr souffle et en été lorsque le soleil darde ses rayons.

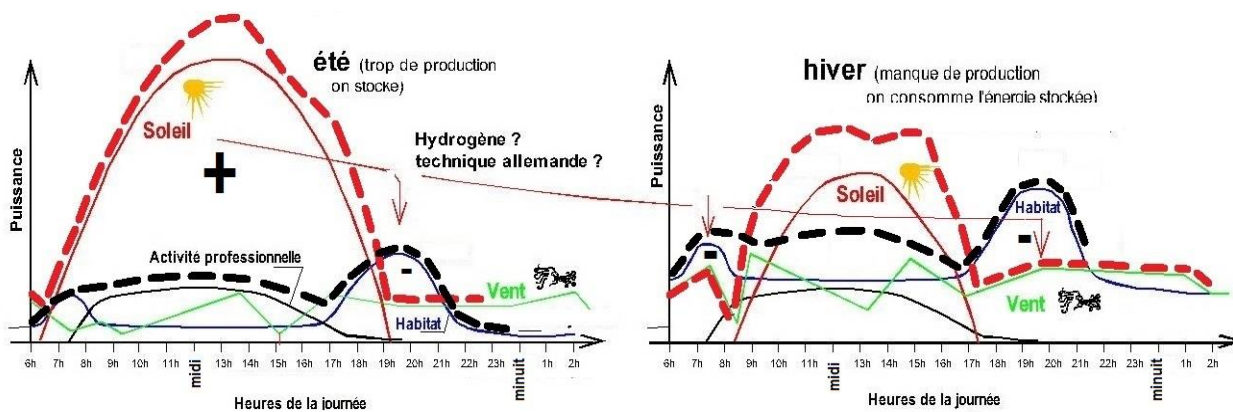


Complémentarité éolien-voltaïque

Cette figure, idyllique, montre que si l'on ajoute à la production d'électricité solaire la production électrique de l'éolien, ces deux techniques sont complémentaires particulièrement en hiver lorsque le soleil fait défaut.

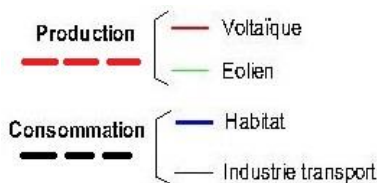


Plus proche de la réalité la figure qui suit compare à nouveau la production conjuguée de l'éolien et du soleil au besoin, en tenant compte des saisons et en prenant à nouveau les mois comme base de temps. Elle permet de comprendre que les quantités d'électricité devant être stockées pour satisfaire le besoin deviennent faibles du fait de la complémentarité entre les deux techniques.



Les quantités d'énergie électrique devant être stockées restent certes importantes mais ne sont plus démesurées comme elles l'étaient avec le voltaïque seul. Pour éviter des coupures de courant extrêmement graves, la production doit être en permanence légèrement supérieure à la consommation. Les STEP hydrauliques aident à satisfaire cette exigence mais seulement sur une échelle de temps limitée sensiblement inférieure à la semaine. Les techniques de régulation sont complexes mais grâce à l'électronique et aux prises d'informations sur machines, Homo sapiens commence à comprendre les technologies qui doivent être mise en œuvre pour assurer la régulation de tels systèmes de telle sorte qu'ils fonctionnent correctement. Selon le centre de réflexion *Ember* (European Multimedia Bioinformatics Educational Resource) plus de 10% de l'électricité mondiale proviennent en 2021 du couple solaire + éolien.

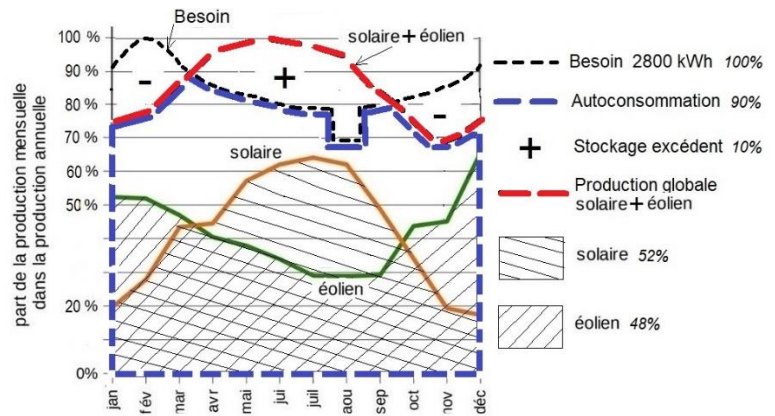
La figure qui suit donne également une vision de la complémentarité vent + soleil en ce qui concerne la satisfaction du besoin électrique



Le solaire voltaïque produit en été au moins 3 fois plus d'électricité qu'en hiver

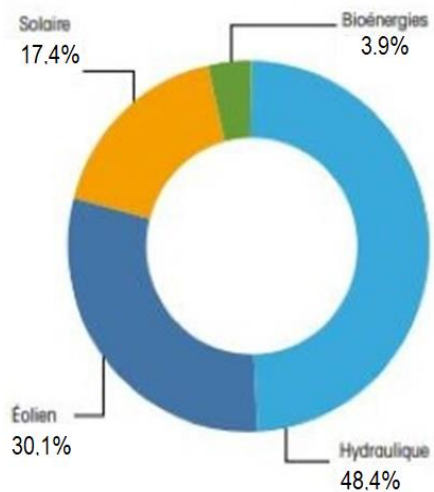
L'éolien produit environ 2 fois plus en hiver qu'en été

Stockage été-hiver environ 10% du besoin total, soit sensiblement 280 kWh / parisien (voir page 25)



La production d'électricité verte en France

Cette production seule, voisine de 11% du besoin total français se répartit comme indiqué sur la figure ci-contre. Une considération importante est le fait que le prix de revient du kWh électrique issu du vent ne peut qu'être supérieur à celui du soleil en raison de la complexité de la chaîne énergétique avec présence de boîtes mécaniques, d'alternateurs et de couteuses pales en matériaux stratifiés. De plus, protéger nos paysages en éloignant la source de production électrique de nos habitations va à l'encontre de l'intérêt qu'il y a de rapprocher la source de production du lieu d'utilisation. Un facteur aggravant est celui du risque de casse en zone cyclonique.



Electricité renouvelable en France en 2019

Le potentiel éolien « on shore » de l'Europe est peut-être comme le pense le blog "révolution énergétique" plus important que l'estimation qui en avait été faite jusqu'à présent mais prétendre que cette chaîne énergétique pourrait, à elle seule, satisfaire l'ensemble des besoins en électricité de l'Europe en oubliant le Soleil et en ne faisant appel ni au nucléaire ni aux centrales thermiques n'est assurément pas la solution.

Il est anormal dans le contexte d'urgence énergétique provoqué entre autres par la guerre en Ukraine que la France détienne le record européen de lenteur en ce qui concerne le solaire voltaïque, d'autant plus que le voltaïque pourrait, selon le syndicat des professionnels du solaire, se déployer en France bien plus rapidement et plus économiquement que le nucléaire en fournissant en 2 à 3 ans l'équivalent en énergie d'un à deux réacteurs nucléaires. La part des énergies renouvelables en France est encore bien faible et éloignée de l'objectif européen de neutralité carbone. Ceci particulièrement si on la compare à la consommation globale d'énergie (fossile + nucléaire). La décision de Jean Castex, notre premier ministre, de faire en sorte que l'axe prioritaire de notre stratégie en matière d'énergie renouvelable électrique soit la mise en place d'investissements dans le voltaïque à hauteur des 2/3 comparativement à l'éolien est une bonne décision. Particulièrement si cette mesure concernant la production électrique est associée à deux autres mesures :

- celle du stockage de ce type d'énergie grâce à l'hydrogène
- celle associée à une diminution de la consommation électrique grâce à l'eau comme cela est envisageable avec la "Solar Water Economy".

Il va falloir mettre les bouchées doubles pour que l'objectif visé en termes de production électrique « verte » représente un pourcentage significatif de la consommation actuelle d'électricité en France métropolitaine voisine de 510 TWh. Il faut bien sûr considérer que dans ce genre d'action il y a un début à tout.

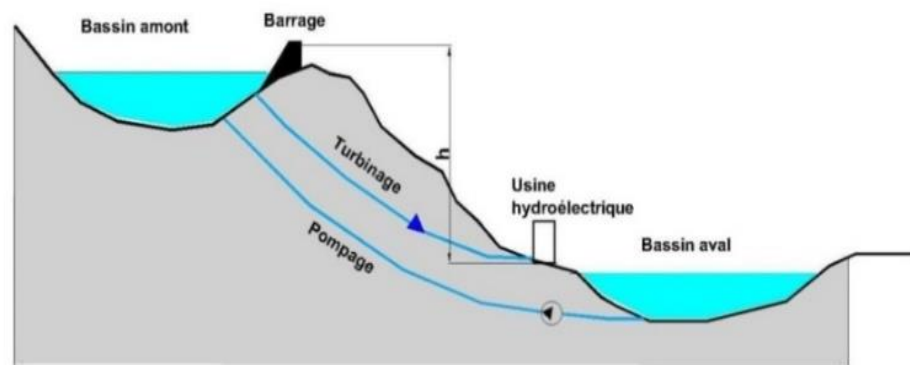
35 Stockage de l'énergie

351 De l'électricité

Au travers de ce qui précède le lecteur a compris que la complémentarité du soleil et du vent est imparfaite en ce qui concerne la satisfaction du besoin. Un stockage de masse va devoir être mis en place : deux solutions se présentent

Les stations de Transfert d'Énergie par Pompage (STEP)

Encore relativement peu nombreuses dans nos régions, on peut citer : *Grandmaison* en France et *Linthal* en Suisse



L'hydrogène $\overset{\text{H}}{\text{---}} \overset{\text{H}}{\text{---}}$ 75 pm

L'hydrogène, premier élément du tableau périodique des éléments de Dimitri Mendeleïev vu au 1er chapitre est l'élément le plus léger et le plus abondant dans l'univers. La minuscule molécule de dihydrogène (75 picomètres) est composée de deux atomes d'hydrogène (H) qui n'existent pratiquement pas à l'état naturel sur terre.

L'atome d'hydrogène est en fait associé à d'autres éléments, par exemple dans l'eau avec l'oxygène (H_2O) ou dans le méthane avec le carbone (CH_4). Il serait même associé à la matière vivante ce qui pourrait l'impliquer dans les problèmes sanitaires actuels. Il pourrait aussi, en composant isolé et autonome, devenir le combustible de demain. Une nouvelle chaîne énergétique utilisant la pile à combustible pourrait, lorsqu'il est utilisé sous cette forme, générer à la demande de l'électricité ou de la chaleur. Dans les applications industrielles actuelles, on utilise trop souvent les produits fossiles comme source d'énergie pour produire l'hydrogène. Ceci alors qu'il est possible de l'extraire de l'eau par électrolyse en utilisant l'énergie électrique solaire en été lorsque cette dernière excède le besoin. Une fois extrait de l'eau par électrolyse le dihydrogène se présente sous la forme d'un gaz inodore et incolore qui a la particularité d'être énergétique. Ce gaz, de très faible densité massique, doit toutefois être refroidi à très basse température ou comprimé à très haute pression afin qu'il contienne dans un volume raisonnable une quantité d'énergie que l'on puisse stocker et transporter. Les fuites d'hydrogène étant selon les scientifiques climatologues du GIEC 200 fois plus néfastes pour le climat que le CO_2 , il faudra probablement le transporter à l'état liquide et à très basse température dans des conteneurs parfaitement isolés et à la pression atmosphérique. Le stockage à grande échelle de l'énergie électrique sous forme d'hydrogène sera probablement difficile à mettre en œuvre mais l'enjeu est considérable.

Stocker de l'hydrogène c'est stocker de l'énergie électrique

A basse température

Pour stocker dans un volume restreint et à la pression atmosphérique une masse maximum d'hydrogène, on transforme l'hydrogène en liquide en le refroidissant à très basse température (-253 degrés centigrade). Cependant, même à l'état liquide, l'hydrogène occupe à masse égale un volume environ 10 fois plus important que le kérosène. Cela pourrait inciter le secteur aéronautique à s'orienter vers la construction d'ailes volantes à profil épais pour stocker le carburant. Il a alors une masse volumique proche de 71 kg/m^3 sensiblement 10 fois plus faible que le kérosène. Il peut alors être stocké à l'état liquide et à la pression atmosphérique dans des réservoirs sous réserve que ces derniers soient parfaitement isolés thermiquement*. Cette technologie est réservée actuellement aux hautes technologies comme la propulsion spatiale. Les réservoirs de la fusée Ariane, conçus et fabriqués par Air Liquide, contiennent 28 tonnes d'hydrogène liquide qui alimente son moteur central. Ces réservoirs véritable prouesse technologique ne pèsent que 5,5 tonnes à vide et leur paroi est très mince. Dans un réservoir de 300 m^3 comme celui de l'airbus on ne pourrait stocker que $300 \times 71 = 21\,300 \text{ kg}$ d'hydrogène liquide. Mais compte tenu du fait que le pouvoir calorifique de l'hydrogène en phase liquide, proche de $115\,000 \text{ kJ/kg}$ (ou 33 kWh/kg), est sensiblement 3 fois plus élevé que celui du kérosène voisin de 12 kWh/kg , la quantité d'énergie stockée avec de l'hydrogène dans ce même réservoir $21\,300 \times 33 = 702\,900 \text{ kWh}$ serait sensiblement 4 fois inférieure à la quantité d'énergie stockée avec le kérosène ($300\,000 \times 0,8 \times 12 = 2\,880\,000 \text{ kWh}$). Le réservoir d'hydrogène, à énergie emmagasinée équivalente, sera sensiblement 4 fois plus volumineux mais par contre 3 fois plus léger. Cet état de fait pourrait justifier l'utilisation de profils d'aile épais. Reste l'étude complexe du profil de l'aile volante pour assurer la portance ainsi que l'accélération au décollage.

* Le vide qui a une masse nulle et qui est parfaitement isolant semble parfaitement adapté comme isolant thermique pour l'aéronautique.

A haute pression

L'hydrogène peut aussi être comprimé et stocké sous forme gazeuse. On peut ainsi en augmentant sa pression augmenter sa densité à température constante. Ainsi, à 700 bar, l'hydrogène possède une masse volumique de 42 kg/m^3 contre $0,090 \text{ kg/m}^3$ à la pression atmosphérique. Il peut alors restituer une quantité d'énergie voisine de $5\,700 \text{ kJ/litre}$ ($1,6 \text{ kWh/litre}$) pratiquement égale à l'énergie thermique dégagée par le gaz naturel ($6\,300 \text{ kJ/litre}$). Le réservoir soumis à des pressions intérieures élevées est alors plus lourd et subit des contraintes mécaniques importantes. Aujourd'hui la majeure partie des constructeurs d'automobiles a retenu la solution du stockage sous forme gazeuse à haute pression. Cette technologie permet de stocker la quantité d'hydrogène nécessaire à une voiture alimentée par une pile à combustible pour parcourir de 500 à 600 km entre chaque plein. Un premier exemple : la mise en place suite à la COP21, il y a maintenant presque six ans, des taxis *Hype* conçus par Toyota



Complément technique sur l'hydrogène

Homo sapiens est à la recherche d'un dispositif de stockage de masse de l'électricité d'origine renouvelable. Les [deux facettes de l'hydrogène](#) sont au cœur de la réflexion européenne qui a dans un premier temps cherché à s'en servir pour produire l'électricité et qui compte maintenant sur elle pour son stockage. Pour combattre l'alternance du couple éolien-voltaïque stocker de l'hydrogène revient au même que de stocker de l'énergie électrique. De plus sur les très grandes distances, il est très probablement préférable de transporter l'énergie électrique condensée dans l'hydrogène plutôt que dans les interminables, coûteuses, et inesthétiques liaisons filaires aériennes actuelles. Grâce à l'hydrogène on pourrait en effet consommer

l'énergie électrique sur un emplacement situé à grande distance par rapport à l'endroit où on l'a produite en supprimant les pertes d'énergie en ligne. Il est très probablement préférable de transporter l'énergie potentielle contenue dans l'hydrogène plutôt que de construire des lignes électriques sur des grandes distances. C'est cette forme de raisonnement qui a conduit la chancelière allemande à conclure des accords avec le Kazakhstan malheureusement avortée suite à la guerre en Ukraine. (Voir le chapitre cartographie de la clé USB).

Arrivé à ce stade de l'évolution de nos chaînes énergétiques une étude comparative des dommages causés éventuellement à notre environnement par les dispositifs de stockage de l'énergie électrique tels que l'hydrogène et les batteries mérite examen. Pour garantir l'équilibre entre production et consommation afin d'éviter les coupures de courant lors des pointes de consommation journalières et saisonnières, plusieurs solutions sont possibles :

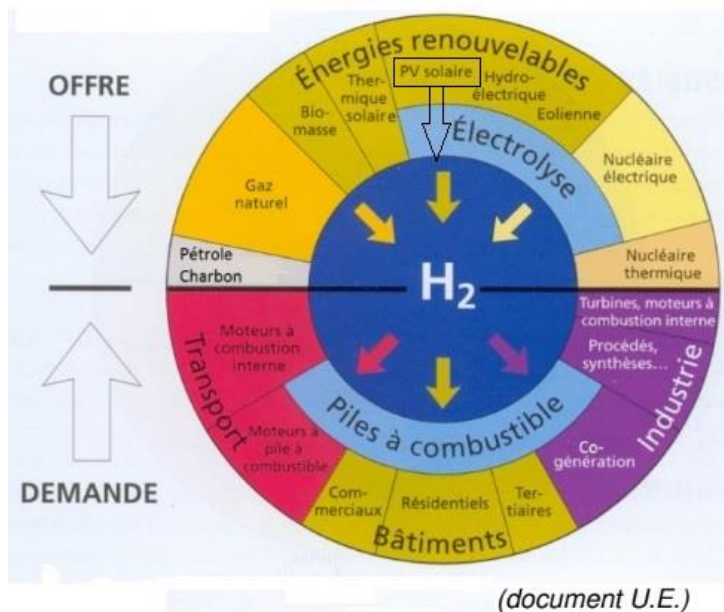
- la plus coûteuse, celle qui consiste à accroître les moyens de production en construisant de nouvelles centrales nucléaires dites "modulables" qui ne fonctionnent qu'un nombre limité d'heures par jour ou même par an lors des pics de consommation.

- la deuxième solution qui consiste, en cas de déséquilibre entre l'offre et la demande, à réduire temporairement la consommation d'un site industriel ou d'un groupe de consommateurs temporairement le temps que la filière hydrogène se mette en place. C'est ce qu'on appelle *l'effacement*. Également appelé « *gestion active de la consommation* », l'effacement permet donc de piloter à distance la consommation pour maintenir l'équilibre du réseau et garantir ainsi une tension constante, sans devoir recourir à des centrales "modulables" qui sont la plupart du temps alimentées par des combustibles fossiles. Centrales qui sont non seulement fortement émettrices de CO₂, mais plus coûteuses pour l'utilisateur dans la mesure où elles sont sollicitées au moment où le prix du mégawattheure est le plus élevé. Des marchés se mettent ainsi petit à petit en place principalement avec l'industrie. Il ne s'agit pas ici de se priver mais d'arrêter la fabrication des produits finis sur les chaînes de production lors des pointes de consommation et de l'accroître en bénéficiant d'un prix du mégawattheure plus attractif lorsque la demande en électricité est plus faible.

Pour ce qui concerne l'Europe, nous pourrions mettre en place des accords entre pays comme celui signé entre la Norvège et le Danemark pour assurer l'approvisionnement en électricité lorsque le vent fait défaut. Ou pour raisonner plus généralement, approvisionner le pays en déficit d'énergie à partir d'un pays voisin qui produit plus que ses besoins propres.

Multiplier les systèmes de stockage qui « emmagasinent » localement l'électricité lorsque la production excède la consommation et la restitue dans le cas contraire est la solution que le bon sens nous recommande de mettre en place au sein de l'UE. L'Allemagne a annoncé mi 2020 son ambition de devenir le « fournisseur et producteur numéro 1 » d'hydrogène dans le monde. Quant à la France son ambition pourrait être de concevoir en complément des trains à hydrogène (Alstom), des véhicules au sol type camions et cars ainsi que des avions neutres en carbone propulsés à l'hydrogène dès 2035.

La figure ci-contre représente ce vers quoi l'Europe à probablement intérêt à s'orienter pour solutionner le problème de stockage de masse de l'électricité. La pile à combustible qui peut générer à la fois chaleur et électricité grâce à l'hydrogène pourrait bien être un complément de chaîne énergétique au chauffage thermodynamique de l'habitat.



Ceci pour aider les énergies renouvelables telles que le solaire voltaïque et l'éolien à assurer le chauffage de l'habitat au plus froid de l'hiver. Cette modification en profondeur de nos chaînes énergétiques actuelles serait bénéfique à notre environnement dans la mesure où elle rejette de l'eau et non des gaz brûlés dans l'atmosphère pour assurer son fonctionnement. Notre intérêt pour protéger nos écosystèmes est donc assurément de développer intensément la recherche afin d'améliorer ces technologies. La molécule de dihydrogène est en effet particulièrement énergétique : la "combustion" d'un kg d'hydrogène libère environ 3 fois plus d'énergie qu'un kg d'essence, et ne produit que de l'eau en lieu et place des gaz brûlés.

...



Pour que cette nouvelle technologie puisse assurer les besoins en énergie de l'habitat et du transport il y a toutefois à cela au moins 3 conditions :

- Obtenir un prix de l'hydrogène raisonnable et améliorer les technologies permettant de le stocker sous la forme la plus adaptée.
- Ne pas se servir de la combustion des produits fossile pour fabriquer cet hydrogène en utilisant l'énergie solaire voltaïque pour assurer l'électrolyse de l'eau. Et ceci même si les performances de l'électrolyse ne sont pas très élevées. La fourniture de documents attestant l'origine de l'hydrogène acheté assurant qu'il s'agit bien d'hydrogène vert commence à se mettre en place. Le fait que la technique de production par électrolyse ne représente aujourd'hui en France que 1 % de l'hydrogène produit est la résultante d'une fiscalité inadaptée. Une fiscalité adaptée au besoin qui fasse que l'hydrogène produit par vaporeformage du méthane soit plus onéreux que celui obtenu par électrolyse de l'eau est à mettre en place.
- Prendre conscience que pour être conservé à l'état liquide et à la pression atmosphérique, l'hydrogène doit être maintenu à une température de -253°C encore plus froide que celle du gaz naturel liquéfié (GNL) contenu dans les méthaniers et proche de -160°C . Cette température très basse implique que les citernes de stockage de l'hydrogène utilisent un isolant thermique de grande qualité (peut-être le vide) pour que l'hydrogène soit maintenu à l'état liquide.

L'abandon du nucléaire et des produits fossiles pour ces nouvelles technologies est possible mais il faut prendre conscience que l'abandon des chaînes énergétiques actuelles ne se fera par la force des choses que progressivement. Cela va prendre du temps, une voire deux générations ? Il faut en effet se rendre à l'évidence que Paris ne s'est pas fait en un jour et qu'il y aura nécessairement une période transitoire pendant laquelle " l'hybride " à savoir l'association de l'électricité « verte » avec la combustion des produits

fossiles va prendre place. Et ceci qu'il s'agisse du chauffage de l'habitat ou de la voiture individuelle. Il n'est pas irréaliste de penser pour les raisons évoquées ci-dessus que ces technologies se développent aussi dans l'aéronautique. Pour les long-courriers actuels, la masse de kérosène étant équivalente à celle des passagers, on peut imaginer tout l'intérêt qu'il y a à réduire la masse de combustible au profit du nombre de passagers. L'évolution de la chaîne énergétique utilisant les moteurs à hydrogène pourrait semble-t-il prendre 2 formes.

- soit un fonctionnement comme un moteur à combustion interne raccordé à un réservoir en utilisant l'hydrogène comme combustible en lieu et place du kérosène, de l'essence ou du gasoil. Ce moteur devrait toutefois être revu et corrigé en diminuant si possible son poids pour ce qui concerne l'aéronautique (Voir le chapitre 5)
- soit en passant par la pile à combustible pour le chauffage de l'habitat en hiver. Une solution qui présente l'avantage de générer non seulement de l'électricité mais aussi de l'énergie thermique.

Les batteries

On pensait en raison de leur poids que les batteries ne seraient pas utilisées pour le stockage de masse mais uniquement pour des quantités d'énergie raisonnables à l'échelle de l'alternance jour-nuit.

La Belgique, pays européen, vient cependant de mettre en marche une puissante batterie en cellules lithium-ion. Dotée d'une capacité de stockage de 100 MWh elle est capable de fournir une puissance d'injection de 50 MW pendant 2 heures et est à l'échelle de la régulation en fréquence du réseau électrique européen.

Le cobalt baptisé "or bleu" et plus récemment le lithium sont des minerais recherchés pour la fabrication des batteries alimentant les portables et les voitures électriques. Alors que 60 % de la production mondiale de cobalt se fait en République Démocratique du Congo, un pays qui posséderait 50 % des réserves mondiales, le lithium pourrait bien faire son apparition au Portugal. Les réserves de lithium au nord du Portugal sont à l'échelle du besoin européen et pourraient bien être exploitées dès 2026. La rareté de ces produits motive toutefois la recherche qui est en passe de trouver une alternance au lithium avec la batterie rechargeable à poudre moins encombrante et plus légère ou encore vers le sodium, un composant existant en grande quantité dans l'eau de mer qui pourrait devenir le matériau des batteries de demain en laissant le plomb loin derrière.

35 De la chaleur

Les allemands seront les premiers et avant les pays bas à stocker de l'énergie thermique dans la banlieue berlinoise en utilisant la chaleur spécifique de l'eau contenue dans une énorme cuve cylindrique en inox de 56 000 m³ et de 45 m de hauteur. L'eau contenue dans la cuve sera chauffée par des résistances alimentées par de l'électricité provenant de centrales solaires et d'éoliennes lorsque la production est plus forte que la demande.

Il ne s'agit pas d'un stockage à l'échelle d'une saison mais d'un stockage à court termes (une quinzaine d'heures) qui cesse de fournir l'énergie lorsque la demande devient plus forte que la production.

La puissance thermique importante proche de 200 MW permettra de satisfaire 10% des besoins de l'habitat berlinois durant l'hiver.

Le facteur de charge

Le facteur de charge d'une unité de production électrique est le ratio entre l'énergie qu'elle produit sur une période donnée et l'énergie qu'elle peut produire durant cette même période si elle fonctionne à puissance nominale. Le facteur de charge varie d'une unité de production à une autre, notamment en fonction :

- de la source d'énergie qui est intermittente ou non
- du niveau d'utilisation de l'unité de production (ex : arrêt forcé ou production limitée si la demande d'électricité est trop faible ou en cas de maintenance) ;
- de sa localisation (ex : ensoleillement de la zone pour les panneaux solaires, vitesse du vent pour les éoliennes).

La période de temps généralement considérée pour calculer un facteur de charge de référence est une année. Celui-ci s'exprime généralement en pourcentage. Prenons, par exemple, une éolienne de 2 MW de puissance nominale. Sachant qu'une année correspond à 8 760 h, cette éolienne pourrait, en théorie, produire au maximum : $8\,760\text{ h} \times 2\text{ MW} = 17\,520\text{ MWh}$ (soit 17,52 GWh). Si l'éolienne considérée produit 4 000 MWh en un an, son facteur de charge est égal à : $4\,000 / 17\,520 = 22,8\%$.

En 2015, le parc nucléaire français a eu un facteur de charge avoisinant 75% (selon RTE).

Les énergies renouvelables ont un facteur de charge qui se situe en moyenne autour de 15% pour les installations solaires photovoltaïques et de 24,3% pour les parcs éoliens en France. Les centrales électrohydrauliques style Grandmaison et l'hydrogène ont un facteur de charge élevé et ont vocation à satisfaire la demande électrique lors des pics de consommation.

36 La géothermie

On a vu au 1^{er} chapitre sur l'eau que lorsque l'on s'enfonce dans le sol, la température s'accroît sensiblement de 3°C par 100 m de profondeur en raison de l'interaction nucléaire faible. Les eaux souterraines que constituent les aquifères profonds tels que le dogger parisien sont naturellement réchauffées et prennent alors la température du sous-sol.



Tête de forage du doublet géothermique

```
DOSBox 0.74-2, Cpu speed: 3000 cycles, Frameskip 0, Program: LIN

<ENTREES>

diamètre intérieur de la tuyauterie= 200 mm
débit= 5000 l/mn
viscosité du fluide= .5 centistokes
longueur de la tuyauterie= 250 m
densité du fluide= 850 kg/m3
nombres de coudes à 90°...= 0
nombres de coudes arrondis= 2

<SORTIES>

vitesse du fluide= 2.641966 m/s
écoulement turbulent
nombre de reynolds= 1056786
longueur équivalente totale= 258 mètres
perte de charge totale= .7543159 bar

puissance perdue= 6.166532 kw

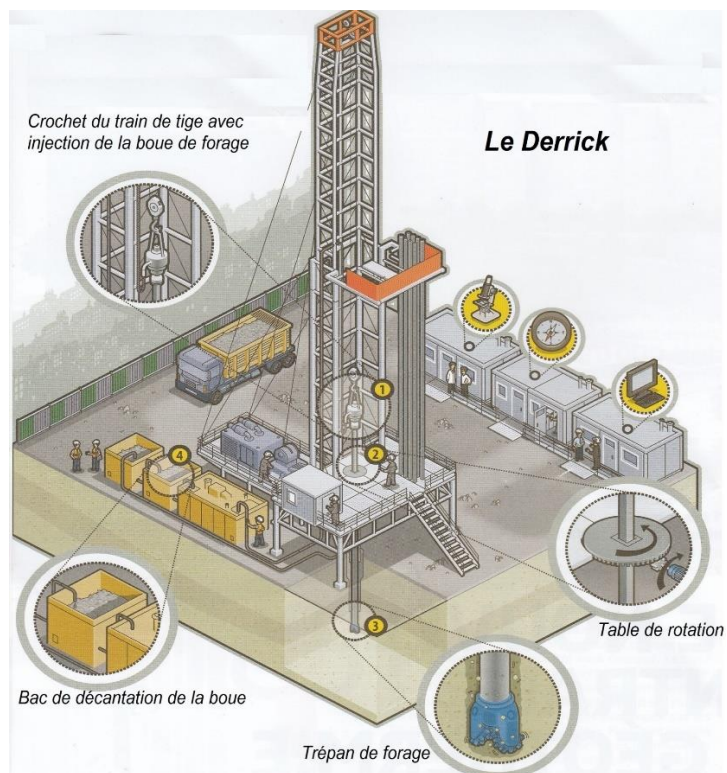
voulez-vous imprimer le résultat sur votre imprimante?
```

Un débit Q de 300 m³/h avec une chute de température DT de 50°C c'est une puissance thermique P disponible de

$$P = 1,16 \times Q \times DT = 1,16 \times 300 \times 50 = 17400 \text{ kW}$$

Construire un doublet géothermique : un projet d'ampleur.

La réalisation d'une centrale de géothermie a été rendu possible grâce à l'expérience acquise par des sociétés comme Schumberger dans les forages pétrolier. Elle passe par de nombreuses étapes. On analyse tout d'abord le contexte local, densité de logements, volonté des élus locaux puis on réalise les études techniques et économiques. Commencent ensuite les démarches administratives : demande de permis de forer, étude d'impact environnemental, enquête publique. Enfin on passe à la réalisation du forage puis la construction de la centrale, le déploiement du réseau et la création des sous-stations. La réalisation d'un tel projet prend plusieurs années

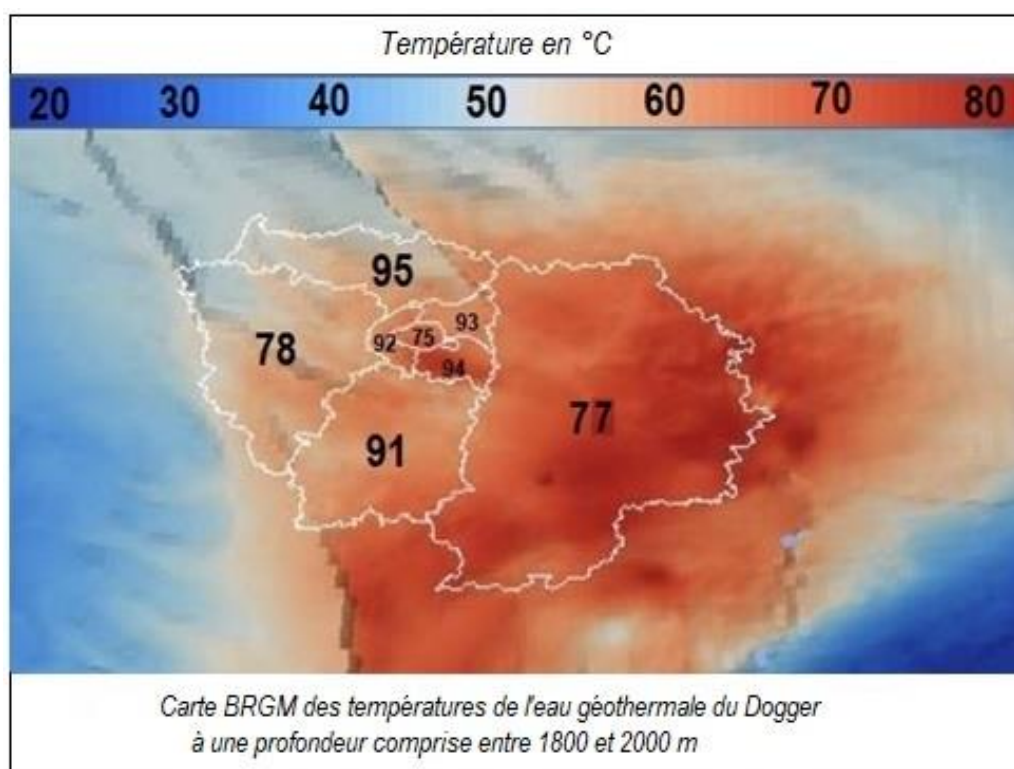


Le principe du forage Rotary

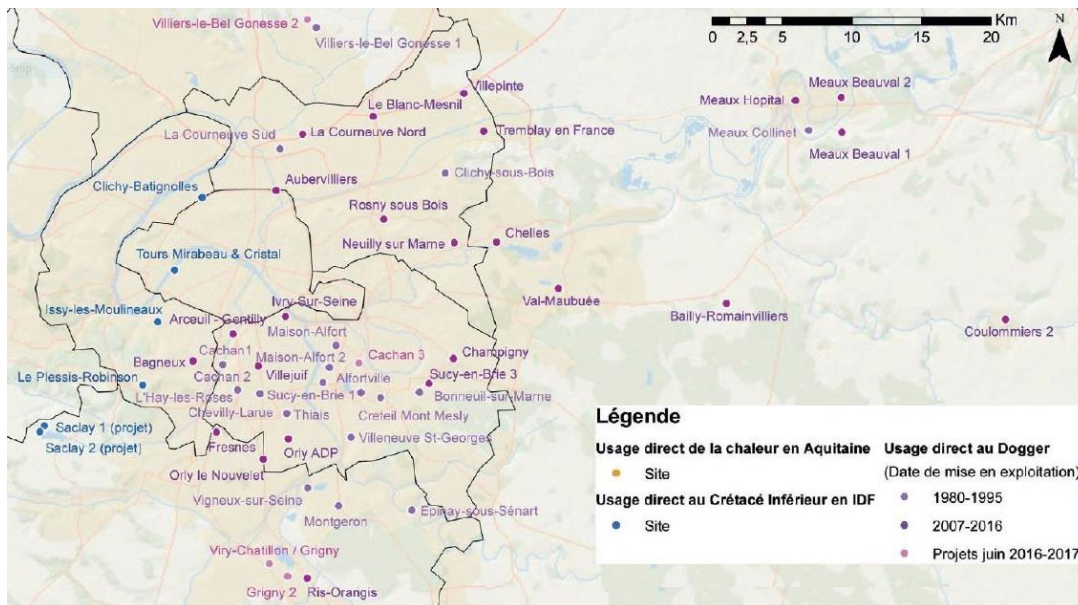
Avant de construire la centrale de géothermie en surface, il faut forer le puits de production qui permet de pomper l'eau chaude et le puits de réinjection qui renvoie l'eau refroidie dans la nappe d'origine : c'est le doublet géothermal. Les puits sont forés selon une technique éprouvée issue de l'industrie pétrolière : le forage Rotary. Le trépan fixé à l'extrémité d'un train de tige est suspendu à un derrick pendant que les tiges tournent sur elles-mêmes. Les trois roues dentées du trépan sont entraînées par la pression de la boue de forage injectée par l'intérieur du train de tige. L'ensemble grignote ainsi la roche lentement la boue remonte les résidus de forage par la périphérie du train de tiges. Elle est ensuite filtrée puis réinjectée en circuit fermé. Le train de tige est allongé au fil de l'avancement et plusieurs diamètres de forage sont utilisés successivement en allant du plus gros vers le plus petit (26'' à 9''). A chaque changement de diamètre, les tubes sont scellés dans le puit formant alors sa structure interne. Lors du forage les deux puits peuvent être déviés progressivement vers l'horizontal grâce à la technologie issue du gaz de schiste jusqu'à ce que chaque extrémité soit éloignée d'environ 1500 m de telle sorte que l'eau de rejet ne vienne pas refroidir l'eau géothermale.

L'eau géothermale en Ile de France

L'eau géothermale est l'eau des nappes profondes captives qu'il ne faut pas confondre avec les nappes libres superficielles qui s'écoulent vers la mer comme la rivière. La région parisienne commence à tirer profit de l'eau géothermale.



Les réalisations géothermiques en région IDF

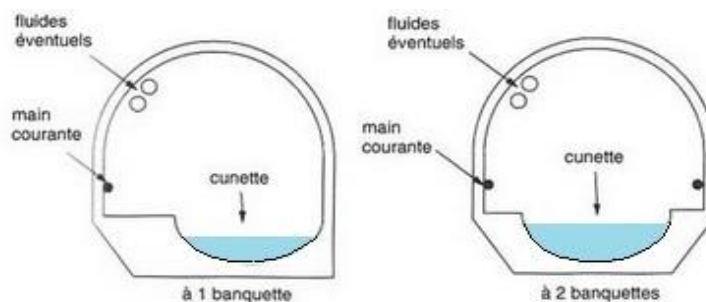


En 2017, le chauffage urbain en région parisienne comprenait déjà une petite cinquantaine de puit géothermiques

Les réseaux souterrains et les égouts de Paris

Le sous-sol parisien est très chargé. Il abrite :

- l'ancien métro ancien et de celui du « Grand Paris » à venir
- des réseaux embryonnaires de chauffage urbain, certains associés à la combustion des ordures et d'autres tel celui de Villejuif utilisant uniquement l'eau géothermale.
- le réseau d'eau potable
- le réseau d'eau non potable d'assainissement et de drainage associé aux égouts de Paris. Long de 2 500 km, il a pour fonction de collecter et d'évacuer la pluviométrie ainsi que les eaux usées produites par les différentes activités humaines. Souvent décrits comme un lieu obscur et nauséabond (notamment dans « Les Misérables » où Jean Valjean se perd en 1832), les égouts de Paris ont fortement évolué depuis les travaux entrepris par le préfet Haussmann et l'ingénieur Eugène Belgrand, tous deux à l'origine du réseau contemporain. Sous leur impulsion, toutes les rues de la capitale ont en effet été doublées d'une galerie en sous-sol, faisant alors de Paris l'une des villes les plus modernes au monde à ce sujet. Les égouts de Paris sont du type gravitaire. Ils permettent d'évacuer vers la Seine après passage par les stations d'épuration un débit important proche de 300 m³/s correspondant à la pluviométrie d'un violent orage. Ils sont interconnectés selon la hiérarchie suivante :
 1. branchements particuliers de chaque immeuble,
 2. égouts élémentaires de 1,30 m de large sous chaque rue,
 3. collecteurs secondaires de 3 m de large avec cunette de 1,20 m
 4. collecteurs principaux de 5 à 6 m de large avec cunette de 3,50 m, en général sous les boulevards et enfin les émissaires (égouts ronds de 2,50 à 6 m de diamètre, non visitables qui transportant les eaux usées vers les stations.



La “Solar Water Economy” dans Paris et sa banlieue ?

Malgré une concentration urbaine particulièrement dense, les chiffres prouvent que les potentiels énergétiques naturels du dogger et de la Seine confondus devraient nous permettre de réussir notre transition énergétique en région IDF. Comme l'explique Jean-Marc Jancovici, il est exact que l'énergie thermique contenue à l'état latent dans un litre de pétrole, voisine de 10 kWh, est beaucoup plus importante que celle contenue dans un litre d'eau lorsque sa température varie de 10 degrés. (Dans la pratique mille fois plus importante). Ceci dans la mesure où il faut, compte tenu de la chaleur spécifique de l'eau une énergie sensiblement équivalente à 10 kWh pour élever un mètre cube d'eau de 10 degrés. Ce qu'il est important de réaliser c'est qu'avec un débit moyen de 300 m³/s un fleuve comme la Seine charrie en une heure environ un million de mètres cubes d'eau. Si l'on refroidit ce volume de 10 degrés en hiver on dispose en une heure d'une énergie thermique pour chauffer l'habitat égale à 10 millions de kWh ce qui correspond, vu la population de 10 millions d'habitants pour Paris et sa banlieue, à une puissance disponible de 1 kW pour chaque Parisien et une énergie thermique disponible annuellement de 8760 kWh à comparer au besoin de 3600 kWh évoqué à la page 33. Pour information une déperdition de 200 kWh par m² habitable qui correspond sensiblement à l'habitat parisien existant mal isolé, on arrive à une surface habitable par habitant supérieure à 40 m² ce qui n'est pas négligeable.

En mettant en place un chauffage thermodynamique échangeant sur l'eau avec un modeste COP de 5 et n'utilisant que 80% du potentiel naturel, la consommation annuelle en énergie finale électrique serait limitée à environ 1400 kWh/ habitant, consommation électrique sensiblement 3 fois plus faible que ce qu'elle est actuellement en France (Voir figure 27 page 99 pour compréhension), Une diminution de la consommation électrique à ce point significative par rapport à ce qu'elle est actuellement, laisserait suffisamment d'électricité disponible pour alimenter la voiture hybride rechargeable. Les chiffres qui précèdent relèvent de l'essentiel étant donné que la Seine n'est pas toujours à 10 degrés comme l'est la nappe libre en communication avec elle. À l'heure des télérelevés, il est surprenant qu'aucune information ne soient disponible sur internet sur la façon dont la température de la Seine varie au cours de l'année. Quoi qu'il en soit lorsqu'elle est à 5°C ou moins au plus froid d'un hiver rigoureux, son potentiel ENR pour le chauffage thermodynamique est nul. Heureusement on a vu précédemment que les deux potentiels *eau superficielle / eau géothermale* peuvent être ajoutés l'un à l'autre avec les échangeurs à plaques et que la chaufferie hybride peut aussi venir au secours du chauffage thermodynamique pour assurer le confort.

Nota

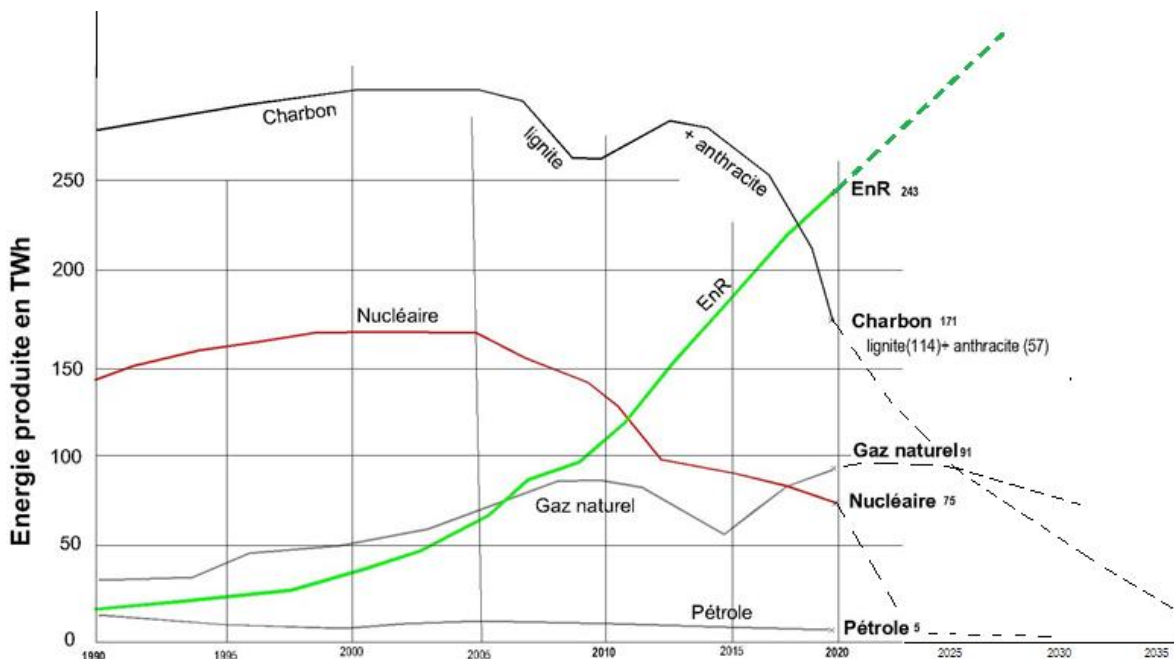
Avec 20 000 habitants au km² chaque parisien ne dispose que de 50 m² au sol ce qui n'est pas grand-chose. On pourrait justement estimer qu'un doublet géothermique, qui nécessite une surface au sol voisine de 2 km² serait bien incapable d'assurer le besoin de 40 000 citoyens. Ceci par le fait qu'en fournissant un débit d'eau au plus égal à 300 m³/h à 70 degrés cette dernière étant rejetée à 20 degrés dans le puits de rejet, la puissance disponible par parisien est limitée à 0,375 kW (300 x 50)/40 000). Il faudra bien sûr concevoir des échangeurs à plaques cumulant l'énergie géothermique à celle de la rivière mais cela devrait être plus simple que de mettre l'EPR de Flamanville en production.

Un exemple : le couple franco-allemand ?

Lorsque qu'il a décidé d'abandonner le nucléaire en 2011 en raison de sa dangerosité, notre voisin allemand a pris la décision d'assurer temporairement son besoin avec la combustion du charbon. Tendance qui s'est aggravée avec la guerre en Ukraine. Avant cette guerre, plus de la moitié du gaz utilisé en Allemagne était importé de Russie alors que notre voisin espère pouvoir se passer totalement du gaz russe d'ici 2024.

Le prix de revient du kWh électrique avec le charbon étant bas, cela lui a permis, en vendant à l'utilisateur allemand le kWh électrique deux fois plus cher que celui qui est consenti par EDF à l'utilisateur français, de faire des économies et d'investir dans le renouvelable. Quant au pourcentage d'EnR en Allemagne, il connaît grâce à sa puissance industrielle une forte progression et est maintenant sensiblement supérieur à 40%. Il serait temps, à l'aube du réchauffement climatique que la France réalise qu'elle ne peut continuer de faire cavalier seul en passant par une chaîne énergétique qui réchauffe notre environnement en passant par les hautes températures et en perdant sous forme thermique sensiblement deux fois plus d'énergie que celle produite sous forme électrique.

Les énergies renouvelables (EnR) allemandes devraient représenter 80 % de la production d'électricité en 2030. (Courbe verte en pointillé). Notre voisin s'est résolument engagé dans la voie de l'éolien qui fournissait sensiblement en 2021 le cinquième de ses besoins en électricité. Force est de constater que les EnR français qui proviennent pour l'essentiel de la construction des barrages sur nos rivières, une chaîne énergétique qui est loin d'être irréprochable, sont en pourcentage sensiblement 2 fois plus faibles sur l'hexagone.



Alors que l'énergie électrique produite en France par le nucléaire représente les 3/4 du besoin, voire plus on observe que les allemands ont commencé leur conversion vers les renouvelables

Le potentiel considérable de la filière voltaïque montre le bout de son nez en Europe et il faut espérer que la France va suivre le mouvement grâce à un essor de l'autoconsommation

On constate en effet que la production électrique française de cette filière pendant le dernier trimestre 2021 a été équivalente à celle de toute l'année 2020 précédente. Conséquence de ce rebond, cette filière de production électrique achève son exercice 2021 avec une production sensiblement 3 fois supérieure à celle de 2020.

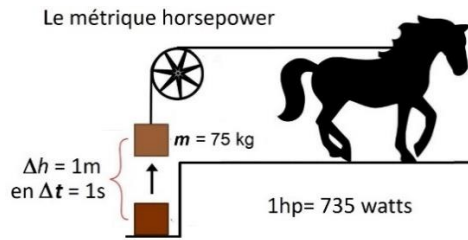
Le Rhin, à l'image de ce qui vient d'être proposé en région parisienne avec la Seine, pourrait être le vecteur d'une collaboration franco-allemande dans le domaine de la consommation et de la production de l'énergie.

4 Les chiffres

La « Solar Water Economy » est plus orientée vers les chiffres et les images que vers le texte. Elle est étroitement associée aux sciences physiques : kilowatt-heure, NB d'habitants au km², tonnes de CO2 ou de denrées alimentaires, m² de terres arabes ou de surfaces habitées, NB de voitures... etc

Elle privilégie [le système international d'unité](#) au détriment des anciens systèmes tel que le MKSA.

Ceci dit le cheval (vapeur), entorse au système international d'unités pourrait nous rendre encore bien des services sous sa forme animale. Quitte à dire des banalités si on met émet une puissance thermique de 1 kW pendant 10 heures c'est une énergie de 10 kWh qui a été développée



Les chiffres, c'est aussi les nombres imaginaires. C'est également l'aspect financier avec les monnaies et l'€ qui sont abordés au chapitre 7 traitant de la finance

Exemple avec la vitesse et le temps

Réduire sa vitesse de 10 km/h en voiture c'est environ 1 litre de carburant économisé pour 100 km parcourus. On pourrait aussi, en comparant la vitesse de circulation de l'eau dans une tuyauterie à la vitesse de circulation de l'information grâce à l'électricité parler d'infiniment petit et d'infiniment grand. Avec la première, la puissance transmise avec l'eau circulant dans un tuyau peut être de l'ordre de 2 m/s alors que la vitesse de circulation de l'électricité dans un circuit cuivre transmettant l'information c'est environ 200 000 km/s, une vitesse 100 millions de fois plus élevée.

En conclusion, il va falloir faire confiance aux chiffres et aux exponentielles. Avec une [croissance économique](#) annuelle de 4 % pendant 75 années consécutives, le temps qui sépare 3 générations de 25 ans du grand père à son arrière-petit-fils, c'est, si l'on ne change pas de méthode, presque 20 fois plus de porte-conteneurs. C'est du moins ce qu'il ressort du calcul scientifique

Les équations aux dimensions

Ne pas confondre le temps t et la température T dans les équations aux dimensions

La température T qui s'exprime en degré Kelvin (K), en degré Celcius (°C) ou en degrés fahrenheit (F) est un nombre sans dimension.

On a : Fahrenheit C = 5/9(F-32) avec 0°C = 32°F
 Kelvin K = °C+273 avec 0°C = 273K

M	L	t
masse	longueur	temps
kg	mètre	secondes

Puissances de 10



*Une tonne équivalent pétrole(tep) équivaut à 11 600 kWh

1€





5 Le temps qui passe et :

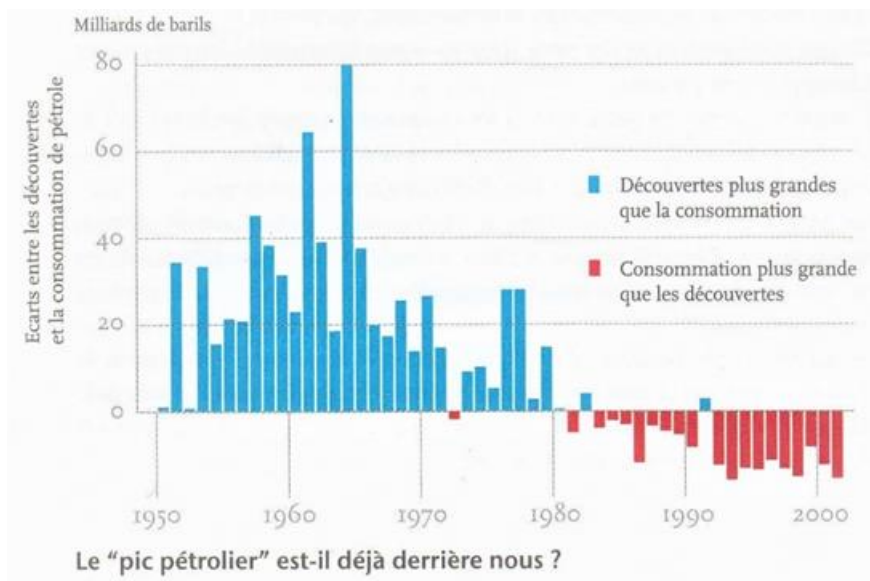
Il n'est pas possible de passer sous silence les pages qui suivent sur le temps qui passe. Ceci en raison de leur importance. Elles font en effet intervenir à la fois les notions de temps et de potentiel énergétique des corps. La puissance et l'énergie, notions reliées entre elles par « le temps qui passe » sont en effet deux notions très proches l'une de l'autre.

La formation du charbon

Le charbon, roche sédimentaire combustible riche en carbone, s'est formé extrêmement lentement à partir de la dégradation de la matière organique et des végétaux. L'homme (particulièrement les Indes et la Chine) est en train de "brûler" en une centaine d'années ce que la nature a mis des centaines de millions d'années à créer. Il ne faut donc pas s'étonner que la combustion du charbon, matériau riche en carbone, soit la cause principale du réchauffement climatique

L'exploitation du charbon représentait en 2018 environ 27% des besoins énergétiques mondiaux juste derrière le pétrole 33% et devant le gaz. Cette consommation mondiale de charbon devrait malheureusement, selon un rapport publié fin 2021 par l'Agence internationale de l'énergie (AIE), continuée à augmenter jusqu'en 2024

L'épuisement de nos ressources non renouvelables



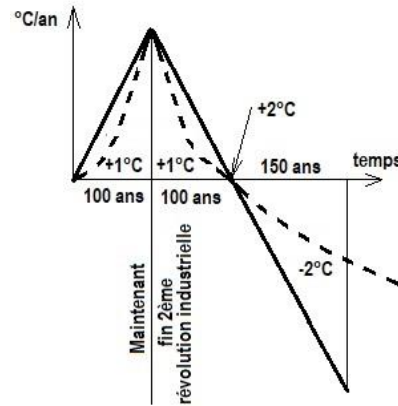
A défaut de prouver que le pic pétrolier est derrière nous les prospectives de l'OCDE et de « Shift Project » sur ce sujet établissent que nous sommes entrés dans une nouvelle période. Celle en rouge dans laquelle la consommation est plus grande que les découvertes

La seule chose vraiment rare : le temps. Jacques Attali

Les gaz à effet de serre (GES)

On sait en 2022 que la température sur terre a déjà augmenté d'au moins 1°C depuis le début de l'industrie. On sait aussi que la durée de vie du gaz carbonique (CO₂) dans l'atmosphère est voisine de 100 ans. Quoique l'on fasse la machine est donc lancée et le dérèglement climatique est sur des rails les 3 générations qui viennent !

Les propos tenus par WIKI à propos des GES et ceux tenus en ce qui concerne les pompes à chaleur et leur environnement prouvent qu'il faudra attendre une centaine d'années pour que la tendance s'inverse.



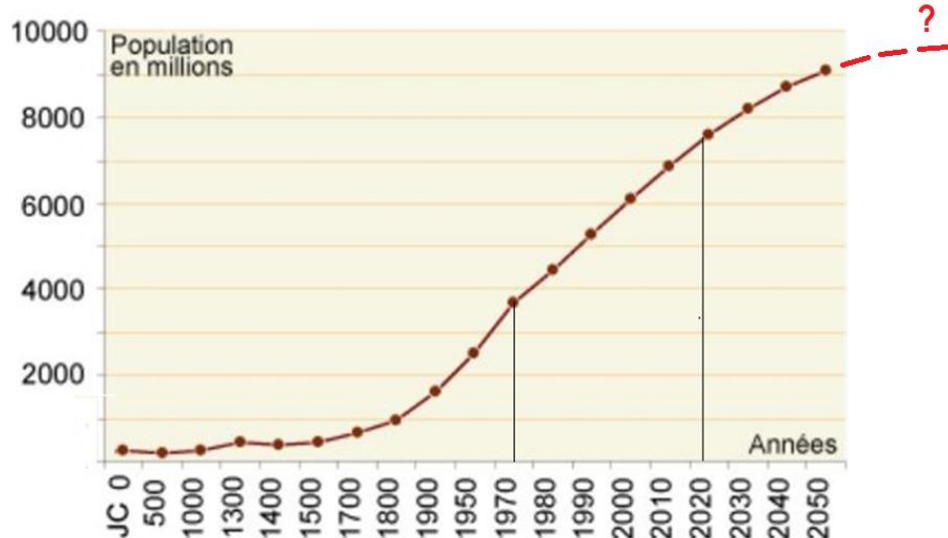
La population mondiale

Le problème est qu'en l'espace d'un millénaire la population mondiale a pratiquement été multipliée par 20. Plus récemment, entre 1970 et 2020 on constate un doublement de la population avec une courbe qui peine à s'incurver vers le bas après cette période. Une organisation non gouvernementale basée au Royaume-Uni, Carbon Disclosure Project (CDP) collectant des données d'impact environnemental estime que la moitié des grandes métropoles internationales n'ont pas de plan pour s'adapter aux défis posés par le changement climatique. Ce sont principalement les zones urbaines qui devront faire face dès 2030 à la montée des menaces telles que inondations, vagues de chaleur et pollution. En raison de la croissance urbaine, cet organisme estime que d'ici 2030 environ 400 millions de personnes vivront dans des villes mal préparées à ces menaces. Le nombre de villes participant au rapport annuel de CDP, au nombre de 48 pour la première étude en 2011, était de 812 en 2020. Ce mouvement est conforté par l'aspect financier dans la mesure où selon la Banque mondiale, le coût annuel moyen des dommages causés par les événements climatiques et autres désastres dans les villes qui s'élevait déjà à 314 milliards de dollars en 2015 pourrait atteindre plus de 400 milliards en 2030. Face à ces menaces certaines localités telles que le comté de Santa Fé aux États-Unis, le grand Manchester au Royaume-Uni et Penambang en Malaisie auraient déjà décidé selon CDP de passer à l'action.

Population de JC à aujourd'hui

La population mondiale a doublé entre 1970 et 2020.

L'étalement urbain quant à lui varie d'une façon importante selon les pays. Voir à ce sujet la clé USB et son fichier sur la cartographie donnant la répartition de la population selon les pays.



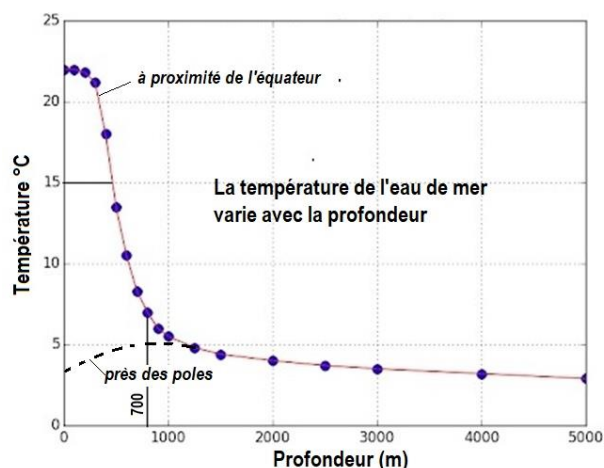
La montée des océans

Comparons la quantité d'énergie thermique que l'homme émet annuellement sur terre pour assurer ses besoins avec la quantité d'énergie thermique provenant du soleil et reçue par la terre pendant la même période. A raison des 20 000 kWh par habitant, les 7 milliards d'habitants peuplant la terre consomment en moyenne en une année environ $1,4 \cdot 10^{15}$ kWh. Pendant la même période, compte tenu de la surface de la terre de 510 millions de km^2 (océans plus surface terrestre) et de la puissance de radiation solaire de $0,3 \text{ kW/m}^2$, la terre reçoit du soleil : $510\,000\,000 \times 1\,000\,000 \times 0,3 \times 8760 = 1,34 \cdot 10^{18}$ kWh. On s'aperçoit que ce que l'homme consomme est sensiblement 1000 fois plus faible ce qui est rassurant en termes de potentialité voltaïque. Inquiétant est par contre le fait que si les 4 millions de km^3 de glace du Groenland (glace reposant sur sa surface terrestre) devaient fondre complètement nous serions confrontés à une augmentation du volume des océans de près de 0,3 % ce qui est loin d'être négligeable. Ceci compte tenu du volume des océans proche de 1400 millions de km^3 (voir la figure 1 du premier chapitre). Cela ne nous laisse pas beaucoup de temps pour agir. Pas facile de calculer de combien le niveau va monter. Mais si l'on se réfère à ce qui s'est passé au XX^{ème} siècle, on observe que le niveau des océans a augmenté de 20 cm depuis 1900 et qu'il s'élève actuellement au rythme de 3,5 mm par an.

La surface couverte par la banquise de l'Antarctique, qui semblait jusqu'à présent mieux résister au changement climatique que l'Arctique, diminue significativement. Heureusement, contrairement à la fonte de la glace du Groenland et de nos glaciers constitués d'eau douce congelée, la fonte de la banquise formée par congélation de l'eau salée n'a heureusement pas d'impact sur le niveau de la mer.

Il y a aussi la dilatation, augmentation de volume d'un corps quand sa température augmente, qui s'explique par l'augmentation de l'agitation thermique des particules qui le constituent. (Voir Clausius page 46 du 1^{er} chapitre).

Cette dilatation explique également pourquoi le niveau des océans augmente selon le GIEC encore plus vite maintenant qu'au XX^{ème} siècle. Ceci compte tenu du $\Delta V/V$ volumique de quelque 0,24 pour mille pour une augmentation de 4° lorsque l'eau de mer est à une température avoisinant les 14°



"Il faut laisser le temps au temps" disait François Mitterrand. Pas trop tout de même estime le CSLT

Le bain en 10 minutes

Compte tenu de la chaleur spécifique de l'eau, il faut environ* 1 kWh pour augmenter 1 m³ d'eau de 1 degré. (Voir page 32). Il faut donc une quantité d'énergie égale à 0,2 x 25 = 5 kWh si l'on fait couler un bain de 0,2 m³ à la température de 35 degrés avec de l'eau froide initialement à 10 degrés. Cela signifiant également que si l'on souhaite que son bain soit prêt en 10 min (0,166 heure), la puissance thermique requise pour obtenir ce résultat est de $P = W / t = 5 / 0,166 = 30$ kW et est égale à celle qui est nécessaire pour chauffer la maison au plus froid de l'hiver. Si l'on utilise une pompe à chaleur ayant un coefficient de performance (COP) de 5 pour produire l'eau chaude sanitaire et chauffer la maison, en coupant le chauffage pendant 10 mn, la chute de température dans la maison ne sera pas significative compte tenu de la constante de temps thermique du système logement-chaufferie voisine de plusieurs dizaines d'heures. L'énergie électrique requise pour assurer la fourniture de l'eau chaude du bain et le chauffage est limitée à 720/5 = 145 kWh**, la différence de 580 kWh étant prélevée dans l'environnement. Une fois installé, un tel dispositif de chauffage est capable d'assurer le besoin chauffage plus fourniture de l'eau chaude sanitaire dans les meilleures conditions sans faire appel au solaire thermique

*En fait 1,16 kWh

** Le besoin en électricité est nettement plus faible qu'avec la chaîne énergétique du type effet Joule. Un travail d'équipe guidé par la réflexion individuelle de quelques individus d'exception, des connaissances approfondies en électronique et en programmation vont être nécessaires pour assurer le besoin en période hivernale probablement au travers d'un compromis géothermie profonde, électrolyse de l'hydrogène

La période de chauffe hivernale

La période de chauffe de l'habitat en région parisienne s'échelonne entre mi-octobre et mi-avril ce qui correspond à une période de chauffe voisine de 4500 h. Le besoin en énergie renouvelable thermique par parisien pendant cette période après mise en œuvre de la SWE étant quant à lui proche de 3600 kWh (Voir page 36)

Avec un débit moyen proche de 400 m³/s pendant cette période (voir page 124) la seine, charrie un volume d'eau égal à 400 x 3600 x 4500 = 6,5 x 10⁹ m³. Ce volume d'eau douce mettant à disposition de la région IDF pour une chute de température de 10°C, une énergie thermique sensiblement égale à 6,5 x 10¹⁰ kWh. Soit avec une région IDF de 15 millions d'habitants un potentiel thermique par parisien de 4 333 kWh supérieur au besoin.

$$P = 1,16 \cdot Q \cdot \Delta T$$

kW *m³/h* °C

Formule donnant la puissance thermique *P* disponible avec l'eau, un débit *Q* en m³/h et une chute de température sur l'eau en °C égale à ΔT

$$P \cdot \text{temps} = 1,16 \cdot \underbrace{Q \cdot \text{temps}}_{m^3} \cdot \Delta T$$

kWh *m³* °C

Formule donnant l'énergie thermique produite en kWh par un volume d'eau (m³) qui voit sa température chuter de ΔT en °C

La mise en température d'une maison

Si l'on quitte sa maison pendant plusieurs semaines en période hivernale et que l'on coupe le chauffage en partant pour économiser l'énergie, la température à l'intérieur de la maison décroît lentement. Inversement si l'on remet le chauffage au moment où l'on revient on constate qu'il faut environ 24 heures voire plus pour obtenir une température de confort à l'intérieur de celle-ci. Il est possible connaissant la puissance de la chaufferie ainsi que l'épaisseur et la chaleur spécifique des matériaux constituant l'enveloppe de la maison de calculer les temps de mise en température. On parle alors de constante de temps, de fonction de transfert et cela demande des connaissances en mathématiques.

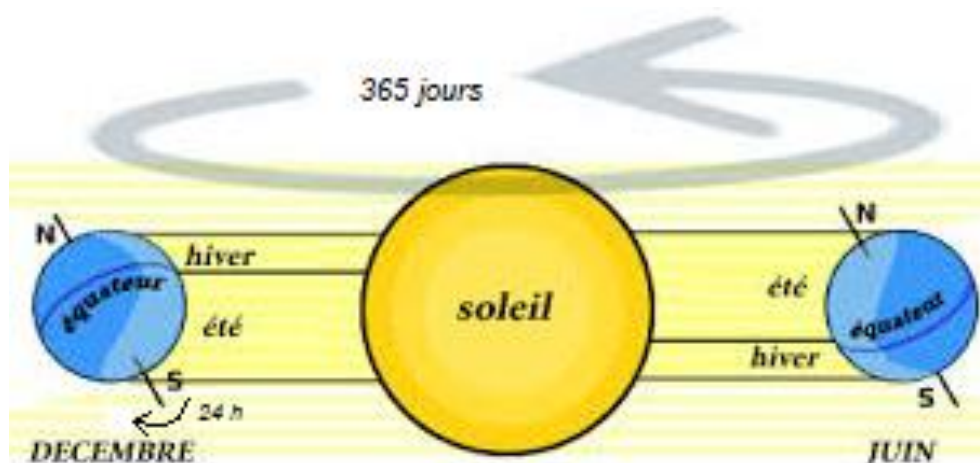
Voir à ce sujet http://www.infoenergie.eu/riv+ener/LCU_fichiers/LT-conservation-energie.pdf

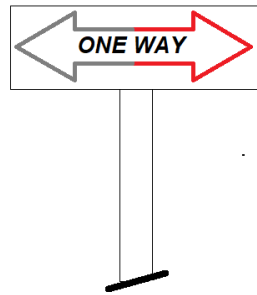
L'alternance jour-nuit

La production d'énergie solaire est discontinuée du fait de l'alternance jour-nuit de 12h. En raison de leur capacité à stocker l'électricité, les batteries pourraient bien malgré leur poids devenir les composants électriques de demain pour assurer le besoin en électricité pour les petites quantités d'énergie. Elles pourraient en palliant principalement l'alternance jour-nuit de la production solaire due à la rotation de la terre assurer notre besoin. Leur apparition dans les voitures hybrides rechargeables pourrait bien être le catalyseur de leur développement pour l'alimentation du compresseur des pompes à chaleur dans l'habitat.

L'alternance été-hiver

Est-t-il besoin de rappeler que l'alternance été-hiver de la production solaire en raison de la rotation de la terre autour du soleil est de 8760 heures. Pendant la période estivale la production est supérieure au besoin alors qu'elle est inférieure pendant la période hivernale. Il s'agit cette fois de quantités d'énergie très importantes. Dans l'état actuel des réalisations mondiales, les dispositifs de stockage de l'électricité pouvant emmagasiner les plus grosses quantités d'énergie sont à l'image de la Station de Transfert d'Énergie par Pompage (STEP) française de Grandmaison. Ces STEP ayant des difficultés pour satisfaire le besoin sur le plan quantitatif, l'hydrogène et la pile à combustible pourraient bien, pour des raisons relevant de la protection de nos écosystèmes être les outils qui vont se mettre en place dans les 2 décennies qui viennent pour solutionner le problème du stockage de masse de l'électricité.





Tout et son contraire

Tout

L'effet de serre a été mis en évidence dès le XIX siècle par d'éminents scientifiques comme Joseph Fourier ou la famille Arrhenius. Depuis cette époque ce mécanisme a fait l'objet de travaux complexes prouvant que la distribution verticale des gaz joue un rôle capital dans l'effet de serre. Les différents modèles élaborés mondialement montrent tous une corrélation entre concentration en gaz carbonique dans l'atmosphère et température terrestre et ils prédisent tous un réchauffement de la terre à cause des émissions humaines de CO₂. S'il y a encore débat sur l'ampleur de ce réchauffement son principe s'appuyant sur la photosynthèse ne fait maintenant plus aucun doute.

Conscient des périls qui le menace homo sapiens va tenir deux conférences sur le climat fin 2022. La 1^{ère} en Égypte suivi par la très attendue conférence sur la biodiversité qui se déroulera elle au Canada sous présidence chinoise.

Qui plus est, le gaz carbonique étant plus lourd que l'air, environ 25% du gaz carbonique émis par la combustion des produits fossiles est absorbé par les océans au lieu de rejoindre les couches supérieures de l'atmosphère ce qui augmente son acidité et nuit à la vie aquatique

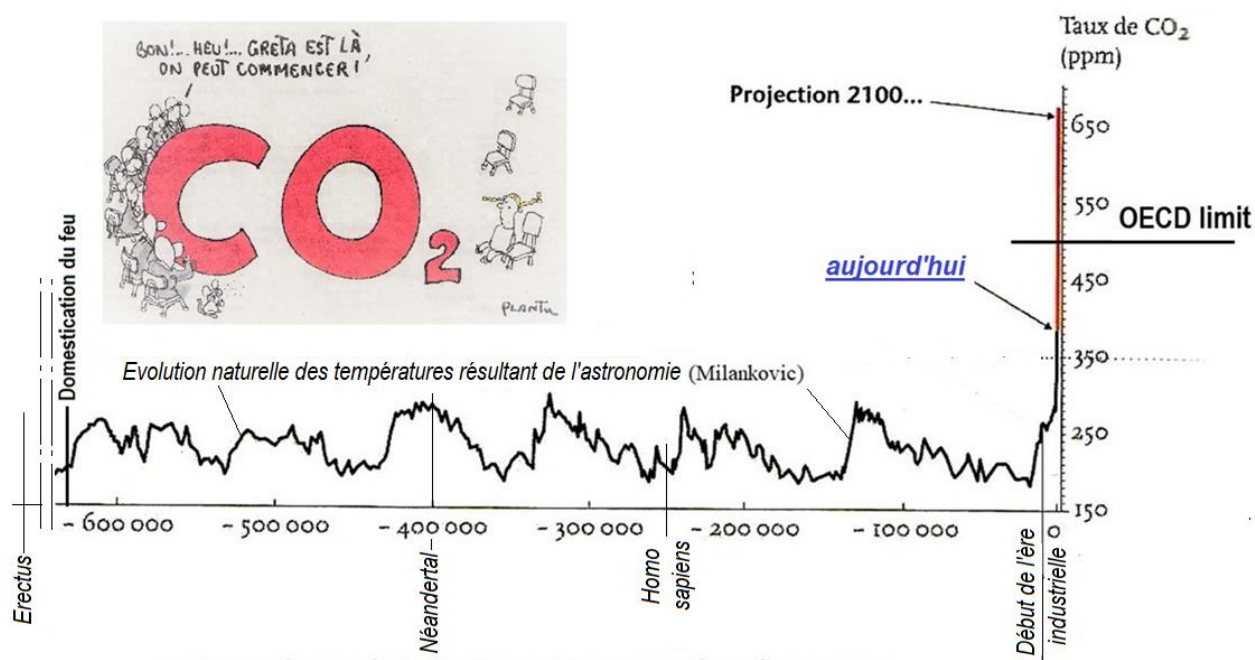
Son contraire

Le Sahara, si verdoyant il y a 15 000 ans avec lacs et étangs étant devenu un désert bien avant l'ère industrielle, on peut se demander si c'est l'homme qui est responsable du réchauffement climatique en cours. A l'appui de cela le journal anglais, le *Ampshire-Advertiser* du 17 juillet.....1852 qui a fait en les listant, l'examen du calendrier des canicules et des sécheresses catastrophiques subies par l'homme et ayant entraîné des centaines de milliers de morts entre 1160 et juin 1850. On ne comprend pas bien cette relation CO₂ – température que l'*EDF* et *Goodplanet* nous assènent comme étant un dogme indiscutable alors qu'elle ne ferait l'objet d'aucune démonstration (sic). De plus, sans CO₂ plus de photosynthèse, donc plus de plancton, donc plus de poissons.... A quoi jouent celles et ceux qui font tout pour nous faire peur ?

La courbe de *negaWatt* avec ses cycles réguliers de 100 000 ans est-elle à ce point modifiée en fin de parcours comme représentée sur la figure qui suit ? On peut se poser la question.

Le réchauffement climatique

Un exemplaire récent de la revue Nature permet de comprendre que ce sont les variations de l'orbite de la terre autour du soleil qui ont provoqué les grands changements climatiques et les migrations des premiers humains depuis environ 1 million d'années. Mais l'image qui suit, (issue principalement des travaux de l'organisme *négaWatt*) confirme toutefois qu'il n'y a pas en ce qui concerne l'évolution du climat que ces cycles de réchauffement et de refroidissement résultant des mouvements relatifs de la terre par rapport au soleil. Ces mouvements décrits par *Milutin Milankovic* (Voir le début du chapitre 3) et le cycle de l'ordre de 100 000 ans subit par homo erectus, par l'homme de Néandertal puis par homo sapiens ne peuvent toutefois pas expliquer à eux seuls l'évolution actuelle du climat montrée sur la partie droite de la figure. C'est dès 1896 que le suédois *Svante August Arrhenius*, prix Nobel de chimie a proposé une première estimation de l'impact du niveau de dioxyde de carbone sur les températures terrestres. Il estime qu'un doublement de la quantité de dioxyde de carbone devrait augmenter de 4 °C la température moyenne. Conscient que notre planète n'est plus tout à fait ce qu'elle était, un organisme scientifique international constitué par des associations d'experts scientifiques (GIEC) a travaillé pendant plusieurs décennies sur ce sujet afin de prévoir l'évolution du climat sur terre.



Quitte à le redire on sait maintenant qu'en raison de l'activité humaine l'énergie réfléchiée par la terre devient plus faible que l'énergie reçue par radiation du soleil. Ce phénomène provoque une augmentation de la température sur terre. Malgré la gravité de cette situation, il y a peu d'avancées et la question du "comment faire" pour atténuer le réchauffement climatique, question pourtant essentielle est trop souvent passée sous silence. Je suis heureux d'avoir l'occasion de vous exposer ici, à la demande de l'IESF ce qui pourrait être fait dans notre grande métropole Paris et qui pourrait devenir le point de départ d'une prise de conscience mondiale de ce qui nous attend si nous ne faisons rien. Au moment où notre parc nucléaire prend de la bouteille et va connaître de nombreux arrêts pour entretien du fait des visites de contrôle de l'ASN associées à l'autorisation ou non de fonctionner 10 années supplémentaires, nous avons pris du retard en matière d'efficacité énergétique afin de diminuer le besoin en électricité et en produits fossiles. Ceci particulièrement dans le secteur du bâtiment existant, un secteur dans lequel les performances de nos chaînes énergétiques sont actuellement nettement en retrait de ce qu'elles devraient être. Entre le [climato-sceptique Claude Allègre](#) et le climato-réaliste *Jean Jouzel*, il y a la réalité des faits : un climat qui se dégrade rapidement avec des conséquences financières et humaines parfois catastrophiques. Il nous faut considérer notre planète comme notre 2^{ème} maison et réaliser que si l'on

améliore l'isolation, la température augmente progressivement dans la mesure où l'on ne change pas le réglage sur la chaudière. Le climatologue *Jean Jouzel* a eu raison de nous alerter, il y a 5 ans, en ce qui concerne le réchauffement climatique. L'incendie de plusieurs milliers d'hectare de forêt en Corse en février 2019 prouve qu'il avait raison. Heureusement malgré une croissance économique mondiale de 2,9%, l'AIE nous apprend que les émissions de gaz carbonique aux Etats-Unis ainsi que dans l'Union européenne seraient en baisse par rapport aux années précédentes. Quoiqu'en dise l'AIE il est peu probable que les émissions mondiales soient stabilisées en 2019 en raison des émissions qui ont augmenté de 400 millions de tonnes en Asie en raison des centrales à charbon. Quoiqu'il en soit, nous allons devoir nous préoccuper activement de ce qu'il va falloir faire pour atténuer le réchauffement climatique. L'équilibre de température dans un bâtiment est atteint lorsque l'énergie émise par la chaufferie est égale à l'énergie dissipée dans les parois du bâtiment. Ce qui rentre est alors égal à ce qui sort. Si on améliore l'isolation du bâtiment sans modifier la puissance de la chaufferie, la température à l'intérieur du bâtiment augmente. On a vu que l'on pouvait définir la courbe de variation de la température dans la maison en fonction du temps en calculant la fonction de transfert d'un immeuble et de sa chaufferie. C'est un peu ce qui se passe actuellement avec notre planète terre, la puissance de la chaufferie à savoir la radiation qui nous vient du soleil reste constante à l'échelle d'une dizaine de génération mais du fait de la combustion des combustibles fossiles et des gaz à effet de serre qu'elle génère dans les couches supérieures de l'atmosphère, la quantité de chaleur réfléchie diminue. Ceci ayant pour effet de provoquer une augmentation de la température moyenne sur terre et les dérèglements du climat que nous constatons actuellement. Un climatologue aura peut-être plus de facilité pour quantifier le phénomène dans le cas de la terre comme je l'ai fait pour la maison page 57. Toujours est-il que le phénomène peut aussi se comprendre en assimilant notre planète à notre maison et sa chaufferie. Lorsque la puissance dissipée à travers les murs diminue alors que la puissance émise par la chaufferie reste constante la température augmente progressivement dans les pièces de vie. Avec notre planète, c'est un peu la même chose, moins le rayonnement solaire est réfléchi vers le cosmos du fait de l'augmentation de la teneur en gaz à effet de serre plus la surface de la terre se réchauffe.

La transition ?

Le plus inquiétant serait que la transition énergétique ne se fasse pas maintenant et que pour satisfaire ses besoins en énergie homo sapiens décide de s'orienter vers le charbon, là où les réserves sont encore significatives, particulièrement pour des pays à forte population comme la Chine et l'Inde.

Quant aux USA deuxième producteur de gaz à effet de serre derrière la Chine, on ne peut, vu ses réserves très importantes de charbon, qu'être rassuré par la mise en place de la nouvelle présidence américaine favorable aux accords de Paris sur le climat et son intention d'investir 2000 milliards d'€ pour atteindre un peu avant la Chine la neutralité carbone en 2050. Nous trébuchons trop souvent sur le long chemin qui mène à la transition énergétique. Nous sommes même en passe de basculer dans le vide avec l'Australie et son projet d'implantation d'une nouvelle centrale à charbon. Il faut se rendre à l'évidence : le conservatisme, l'ignorance, le mensonge, les fiscalités inadaptées, l'appât du gain, voire l'obscurantisme sont au cœur de nos problèmes. Il semblerait bien que la courbe d'augmentation de la teneur en gaz carbonique dans l'atmosphère pendant la deuxième révolution industrielle soit exponentielle comme le laisse supposer l'examen de la figure 48. De là à dire que la courbe de l'augmentation de la température à la surface de notre planète pourrait l'être aussi ... La catastrophe climatique n'est peut-être pas encore là mais il semblerait bien que nous n'ayons que 2 à 3 générations devant nous pour faire le travail ceci impliquant qu'il ne faut pas traîner vu le travail important qui reste à faire. S'endormir comme la grenouille d'Al Gore serait la pire des attitudes. Je vais tenter d'expliquer pourquoi. On constate sur cette figure que la très faible période de temps de l'ordre du siècle correspondant à la 2^{ème} révolution industrielle qui suit les cycles de *Milankovic* et la 1^{ère} période industrielle, a vu la température sur terre augmenter de 1°C. La machine est lancée. L'Antarctique nous laisse pour l'instant tranquille mais certains organismes associés au GIEC prévoient que c'est +3°C sur terre à l'horizon 2100

On parle beaucoup dans les réunions internationales de la neutralité carbone en 2050. Dans la pratique cette neutralité consiste pour un pays ou un continent tel que l'Europe à ne plus émettre de gaz à effet de serre, responsable du réchauffement climatique à cette échéance. Diminuer chaque année de 7 % les émissions de gaz carbonique jusqu'en 2030 c'est diviser par 2 la quantité de gaz carbonique émise annuellement à cette échéance. Continuer à ce rythme jusqu'en 2050 c'est diviser par 9 les émissions par rapport à ce qu'elles sont en 2022 et c'est probablement vu la capacité naturelle d'absorption du carbone par la terre la neutralité carbone à cette échéance. Force est de constater que l'inaction de l'Europe accentuée par la durée de vie approximative d'une centaine d'années du gaz carbonique (CO₂) qui se trouve déjà dans l'atmosphère, il faut se faire à l'idée que même si nous arrivions à supprimer dès à présent les émissions de gaz à effet de serre en fermant brutalement toutes les centrales à charbon et à pétrole de la Chine des Indes et des USA, ce qui est naturellement impossible, la quantité de gaz à effet de serre déjà contenues dans l'atmosphère arrêterait certes d'augmenter mais la température sur terre continuerait malgré tout d'augmenter, comme pour une maison dans laquelle on maintiendrait la puissance de chauffe constante en améliorant l'isolation.

Pour l'instant on constate "heureusement" que ce sont uniquement les glaces de l'océan Arctique coté Pôle Nord et Groenland, qui fondent à un rythme accéléré alors que côté Pôle Sud la calotte glacière de l'Antarctique ne nous a pas encore trop inquiétés. Il faut toutefois savoir que le chercheur brésilien *Carlos Schaeferd* a enregistré dans l'île Seymour (au large de la péninsule de l'Antarctique) une température record de plus de 20°C en février 2020. Ce chercheur a beau nous dire que cette température anormalement élevée n'est pas un signal lié au réchauffement climatique on ne peut que s'en inquiéter. Si l'action de l'homme devenait prépondérante comparativement au mouvement naturel de la terre par rapport au soleil décrit par *Milankovic* on pourrait parler cette fois non plus de réchauffement climatique mais de chaos climatique. Malgré ses prouesses technologiques l'homme est bien petit devant les forces de la nature et ne devrait pas mésestimer les dangers du réchauffement climatique

L'épuisement de nos ressources non renouvelables

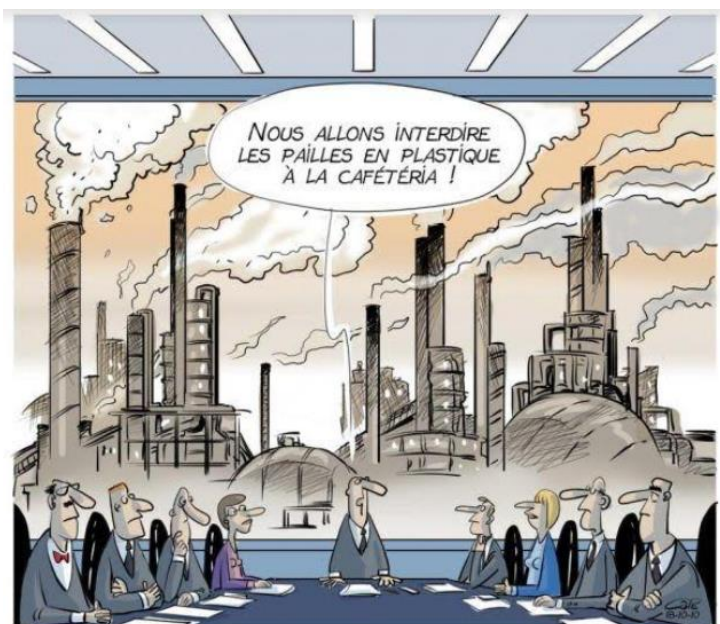
Négawatt et l'OCDE nous ont expliqué que le monde du pétrole va bientôt être derrière nous. Le pic du « pétrole conventionnel » a été franchi selon l'Agence International de l'Energie en 2008 ce qui annonce l'effondrement progressif du secteur pétrolier. Quant à l'Europe, elle va être confrontée à la nécessité impérieuse de se passer des énergies fossiles. Quant aux Américains c'est à eux qu'il revient de prendre en compte qu'ils sont dans la mauvaise voie avec le feu de paille du pétrole de schiste. Les États-Unis ne nagent plus dans un océan d'hydrocarbure et à force de presser le citron avec le pétrole de schiste il n'y aura bientôt plus de jus. Les découvertes qui étaient plus grandes que la consommation ne le sont plus. Les prévisions de *Delphine Batho* lorsqu'elle était ministre de l'écologie vont se réaliser à moyen terme et il est peu probable que les États-Unis, qui ont importé le pétrole de l'OPEP pendant plusieurs décennies, vont exporter leur gaz de schiste. Comble de l'inconscience, plusieurs pays comme le Canada, le Brésil, la Norvège, ainsi que l'Australie seraient en passe de lancer en 2020 l'exploitation de nouveaux champs. L'année fatidique au cours de laquelle il sera constaté une baisse du volume d'hydrocarbure produit avec l'augmentation dramatiques des prix et les conséquences sociales que l'on peut imaginer n'est donc pas encore atteinte.

L'AFPAC qui tient des statistiques sur le nombre de pompes à chaleur installées sur le territoire français a dévoilé que le nombre de réalisations de ce type est passé d'environ 1 500 avant 1997 à 70 000 réalisations en 2007, soit 13 ans plus tard. Cela correspond à une progression annuelle de 35% ($1,35^{13} = 50$). Cela signifie que si cette progression de 35 % se poursuit les 20 années qui viennent tous les Français qui vivent en ville soit presque la moitié d'entre eux pourraient être équipée d'une pompe à chaleur en 2040 ($1,35^{20} = 400$). Il faudra toutefois tenir compte du fait que la généralisation de la climatisation avec l'air n'est pas envisageable en ville.

Les lois et l'impuissance du Leader

On aborde ici les causes qui expliquent le retard de l'action et du non-respect de notre loi française la LTECV. La cause principale étant probablement l'impuissance du Leader à se faire entendre. Il faut dire à ce sujet qu'il n'est pas toujours aidé par les journalistes. Les hommes politiques français manquent parfois de cohésion ce qui rend difficile la mise en place d'un modèle économique adapté aux circonstances. En se groupant, les écologistes français et allemands ont parfois réussi à se faire entendre collectivement et leurs revendications directes ont parfois été couronnées de succès. A ce sujet je réponds ici à Jennifer Morgan directrice générale de l'ONG Greenpeace qui, lors de la COP 25 cherchait en vain le "Leader" et s'inquiétait de la fracture qui existe entre ce qui se passe entre les murs de toutes ces COP et ce qui se passe dans la pratique à l'extérieur. En France, le "Leader" c'est le petit "vers solitaire" qui essaye sans y parvenir de convaincre son entourage et qui tente de remonter le millefeuille français en traversant sa commune, son intercommunalité, son canton, son arrondissement, son département, sa région afin d'atteindre l'exécutif et l'Etat, voire l'Europe pour prendre avec elle les actions qui s'imposent.

Domage que des leaders tels que Nicolas Hulot ou le porte-parole du CSLT n'aient pas véritablement réussi à se faire entendre en France. Cela aurait permis de réduire les inégalités trop criantes qui comme chacun sait sont le ferment qui provoque la radicalisation des mouvements sociaux actuels. Pour justifiée qu'elle soit, cette radicalisation doit cependant avoir ses limites et ne doit pas incorporer des actions qui puissent nuire aux personnes en état de handicap telles que des coupures d'électricité au niveau des hôpitaux et des écoles, qui arrêtent les ascenseurs électriques et condamnent le fonctionnement des équipements et des systèmes de chauffage. On peut comprendre à ce sujet que des sanctions soient envisagées à l'encontre de ceux qui sont responsables de ces coupures volontaires. Ceci dit, on pourrait aussi inverser le raisonnement et considérer que l'exécutif ne faisant aucun effort à la hauteur du besoin peut, être tenu pour responsable, par le fait qu'il se refuse à admettre qu'il va falloir changer de chaîne énergétique pour éviter de se placer dans une situation dangereuse avec risque de provoquer des coupures de courant. Ceci par le fait qu'il persiste par exemple à utiliser le chauffage électrique individuel à effet joule, une chaîne énergétique d'un autre âge pour assurer le chauffage des bâtiments existants en allant à l'encontre de ses résolutions lors des accords de Paris sur le climat. Ceci dans la mesure où cette chaîne énergétique associale qui accroît la douloureuse de fin de mois entraîne aussi une consommation électrique inacceptable pour notre réseau au plus froid de l'hiver. Une consommation qui pourrait être 5 à 7 fois plus faible qu'actuellement de telle sorte qu'une STEP comme celle de Grand-Maison devienne significative en termes de satisfaction du besoin.

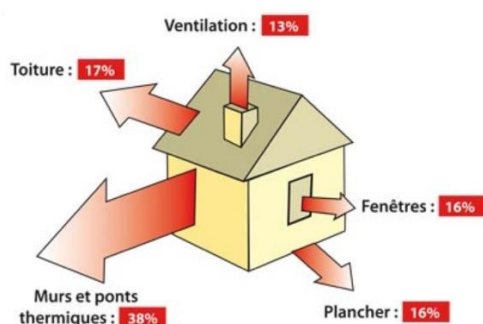


6 L'urgence du changement

Nous allons maintenant aborder un chapitre important. Un chapitre qui concerne le fait que le temps qui passe joue contre nous et qu'il va falloir que nous agissions significativement sans tarder en ce qui concerne l'évolution de nos chaînes énergétiques

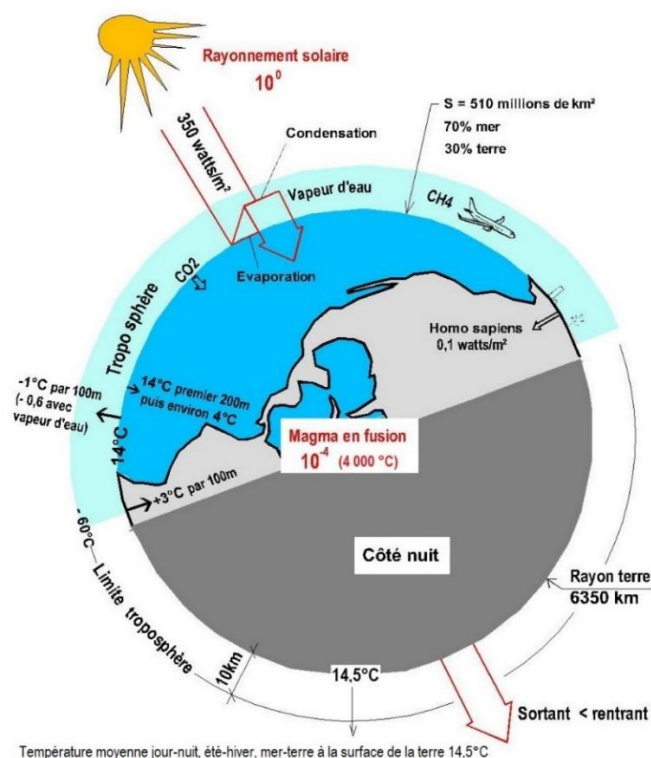
61 Nos deux maisons

Nous avons dans la pratique, avec la terre, deux maisons. En les comparant, il n'est pas trop difficile d'expliquer et de comprendre pourquoi la terre se réchauffe. Ces deux systèmes reçoivent en effet l'un et l'autre de l'énergie et la dissipent. Pour la maison de l'énergie entrante avec le dispositif de chauffage et sortante en raison des déperditions. Pour la terre, l'énergie entrante est celle qui vient du soleil par radiation alors que la sortante est celle réfléchiée par notre planète. Cette dernière devient plus faible en raison de l'effet de serre résultant des gaz émis par la combustion, principalement du charbon. La terre naturellement très chaude en son sein en raison de la radioactivité (voir les différentes formes d'énergie) se réchauffe légèrement en surface du fait de la réduction de l'énergie réfléchiée.



La fonction de transfert maison chauffée permet de calculer comment les températures se modifient à l'intérieur de la maison en régime transitoire.

Quant aux dérèglements climatiques futurs de notre planète bleue provoqués par l'effet de serre voir la clé USB



Les actions pour le climat :
c'est maintenant

62 Moins de pollution

La voiture

Une voiture à essence qui consomme 6 litres au 100 fait 16,6 km avec 1 litre d'essence et vu le prix de l'essence dépense maintenant pour cela plus de 2 €. Une voiture hybride rechargeable est capable avec sa batterie de 10 kWh de parcourir en ville 50 km en mode électrique, sans polluer l'atmosphère et en dépensant sensiblement la même somme. On constate que pour une même dépense on parcourt 2 à 3 fois plus de km en mode électrique qu'en mode essence.

En résumé lorsqu'une voiture hybride rechargeable fonctionne en mode électrique en ville, le prix du km parcouru est environ trois fois moins onéreux qu'en mode essence et ceci avec une voiture silencieuse qui ne pollue pas l'environnement.

La voiture purement électrique arrive mais ayant étudié au 2^{ème} chapitre une chaufferie hybride associant le gaz et l'électricité je ne peux rester insensible à une motorisation elle aussi hybride ?



Utilisateur d'une C5 Citroen diesel, j'observe que la Chine commercialise la voiture électrique la moins chère au monde : La petite *Hong Guang mini EV* à 3700 € qui pourrait servir de modèle sur le plan international en ce qui concerne la petite voiture urbaine. Ce pays est en effet en passe d'assurer une production de masse en limitant la taille et la puissance du véhicule électrique par rapport à ce qui se fait outre-Rhin en baissant le prix de vente du véhicule urbain pour le rendre accessible à tous.

Il n'est probablement pas trop tard pour l'exécutif européen d'exploiter un autre créneau en ce qui concerne la mobilité routière dite longue, celui de la voiture hybride associant l'électricité et l'essence avec un partenariat entre des sociétés comme Audi, Mercedes, Volkswagen pour l'Allemagne et des sociétés comme Peugeot Renault et Citroën pour la France.

Le train

La société Alstom a annoncé le 21 mai 2019 qu'elle allait fournir d'ici 2022 27 trains motorisés à hydrogène à Fahma, une filiale du réseau de transports en commun allemand Rhein-Main-Verkehrsverbund (RMV). Munis de piles à combustible, ils utilisent de l'hydrogène pour produire de l'électricité. Consommée pour la traction ou les équipements à bord, celle-ci peut être stockée dans des batteries lithium-ion qui récupèrent aussi de l'énergie au freinage.

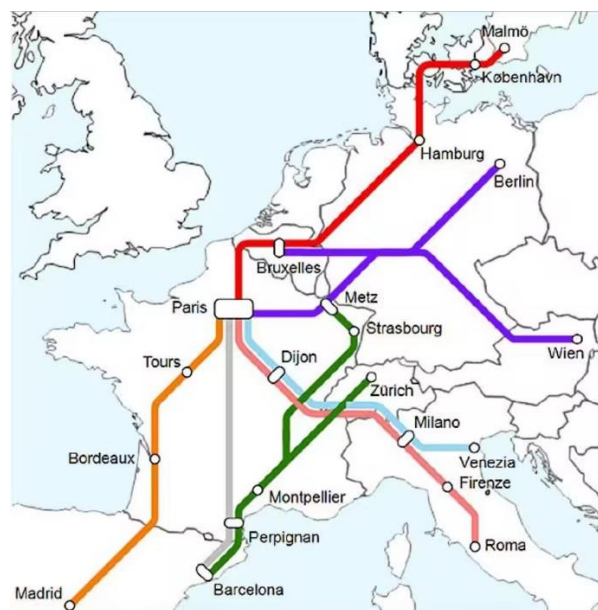


Avec du retard sur l'Allemagne, la SNCF vient enfin de commander en avril 2021 quatorze rames Coradia. Les premiers essais sont prévus fin 2023 et l'abandon du diesel en 2035. Avec 160 places assises et une vitesse maximale de 140 km/h, le train Coradia iLint a, selon Alstom, une autonomie pouvant aller jusqu'à

1 000 km avec un seul plein. Située sur le toit de la rame, une pile à combustible est alimentée par de l'hydrogène stocké sous forme gazeuse (voir 71). La réaction dans la pile à combustible, qu'il ne faut pas confondre avec la chaîne énergétique totalement différente de la pompe à chaleur dénommée aussi PAC, libère de l'eau sous forme liquide ou gazeuse et produit de l'électricité qui alimente la traction ou les équipements à bord. Des batteries lithium-ion stockent le surplus d'électricité produit par la pile à combustible et l'énergie récupérée au freinage. Le train pollue nettement moins l'atmosphère que l'avion, particulièrement le train à hydrogène, le tourisme international pourrait utilement évoluer vers le ferroviaire plutôt que vers l'avion.

Le train ou l'avion hybride ?

Il va devenir important avec « le temps qui passe » de prendre en compte que le réchauffement climatique en cours pourrait être réduit en utilisant le train plutôt que l'avion pour les déplacements inférieurs à 400 ou 800 km voire sur des distances plus importantes avec les trains de nuit. Ceci le temps que l'avion propulsé avec un moteur à hydrogène prenne place. A ce sujet, les opérateurs ferroviaires autrichien (ÖBB), allemand (Deutsche Bahn), suisse (CFF) et français (SNCF) prenant conscience que le train est actuellement moins énergivore que l'avion, ont annoncé la création de liaisons de nuit européennes à partir de début 2022. L'union européenne pourrait prendre en compte l'intention du gouvernement français d'interdire les vols intérieurs courts.



Avec l'aéronautique telle que nous la connaissons actuellement, c'est surtout l'extrados qui assure la portance en raison de la dépression qui règne à la partie supérieure de l'aile. Avec le nouveau concept à effet de sol à mi-chemin entre l'hydroglisseur et l'avion, ce serait la suppression sur l'intrados à la partie inférieure de l'aile qui aurait la prédominance.

Pour les déplacements intercontinentaux de grande longueur devant s'effectuer à plus grande vitesse va probablement se mettre en place une nouvelle motorisation basée sur l'hydrogène gazeux en remplacement des turbines actuelles utilisant la combustion du kérosène. Ceci compte tenu de la légèreté de l'hydrogène et le fait qu'il est préférable de transporter des passagers plutôt que du combustible.

Les trains les plus rapides

Les trains à sustentation magnétique seront probablement capables d'atteindre des vitesses comparables à celle des vols longs courrier actuels. On distingue actuellement :

1 Le Maglev japonais à sustentation magnétique avec sa vitesse maximale de 603 km/h est le train le plus rapide au monde. Il reliera Tokyo à Nagoya dans les années 2027



2 Le Transrapid chinois lui aussi magnétique avec sa vitesse maximale de 581 km/h qui assure déjà une petite liaison vers l'aéroport international de Shanghai



3 Le TGV français sur rails avec sa vitesse maximale de 575 km/h lors des essais en 2007 sur la ligne Paris Strasbourg et ses nombreuses liaisons sur l'hexagone

4 Le KTX train express coréen avec sa vitesse maximale de 421 km/h qui relie Séoul aux aéroports internationaux

5 L'AVE espagnol avec sa vitesse maximale de 404 km/h et un réseau qui s'étend sur plus de 3000 km

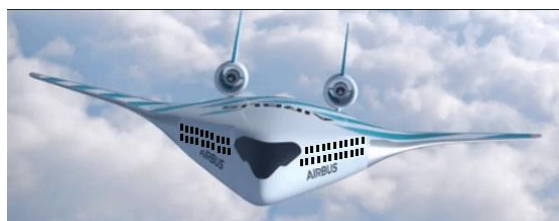
L'avion à hydrogène,

On évoque rarement le fait qu'il serait possible de construire des ailes volantes adaptées au tourisme et au transport du fret moins polluantes que les avions actuels. La plus importante compagnie aérienne au monde *United Airlines* basée à Chicago envisage de décarboner ses vols régionaux inférieurs à 1000 km avant la fin de la décennie. Ceci en remplaçant les turbines actuelles qui utilisent la combustion du kérosène et émettent du gaz carbonique dans l'atmosphère par des moteurs à hydrogène. Dès 2028 ces avions "verts" équipés de moteurs de 2 MW à 5 MW et construits grâce à sa collaboration avec la société ZeroAvia pourraient être mis en service

L'étude traitant de la production de l'énergie à partir des caractéristiques de l'hydrogène liquide faite au 3^{ème} chapitre permet de comprendre que la masse d'hydrogène qui remplacerait le kérosène embarqué sur les long-courriers actuels étant sensiblement 3 à 4 fois plus faible, l'avantage serait de transporter des passagers plutôt que du combustible. Les moteurs à hydrogène pourraient être logés à l'arrière d'une aile volante à profil épais ou à leur emplacement actuel. « On est absolument convaincu que c'est faisable », explique le patron du géant Airbus Guillaume Faury. Ceci avec un deuxième avantage : celui d'une chaîne énergétique qui ne génère que de l'eau en lieu et place des gaz brûlés. Le fait que l'espace de stockage de l'hydrogène serait sensiblement quatre fois supérieur à celui du kérosène va nécessiter l'usage de profils d'aile ou de coques centrales plus volumineuses laissant un volume disponible suffisant pour les passagers et leurs bagages. Ces dernières pourraient être réalisées en matériaux composites moins denses que les métaux. Il existe actuellement des stratifiés particulièrement résistants et peu denses déjà utilisés actuellement dans l'aviation et la construction de coques de canoës et de kayaks de compétition ayant une grande résistance (du type carbone - kevlar - résine époxy ou autre) qui pourraient constituer la structure de ces ailes volantes. Les passagers seraient logés dans la zone centrale de l'aile volante sur deux ou 3 niveaux. Pour limiter la puissance on peut penser que la vitesse de ces structures volantes sera très inférieure à celle du Concorde. Même limitée à 500 km/h, cette vitesse assez faible serait malgré tout nettement supérieure à celle pouvant être obtenue avec les bateaux sur foils.

Le gouvernement français a annoncé début juin 2020 le développement d'un « avion neutre en carbone » fonctionnant à l'hydrogène qui devrait voir le jour dès 2035.

Quelques barrières technologiques restent à lever au niveau du réservoir d'hydrogène liquide concernant l'isolation sous vide. Plutôt que d'embarquer la pile à combustible qui produit de l'électricité pour alimenter des moteurs électriques, la bonne solution pourrait être, afin de limiter les pertes d'énergie thermique et d'alléger la structure, d'utiliser directement l'hydrogène comme carburant moyennant une modification des moteurs existants.



?



Une centrale à charbon située à Meyreuil dans les Bouches-du-Rhône va être prochainement transformée afin de produire de l'hydrogène et des carburants de synthèse dit "vert", à partir d'électricité d'origine renouvelable et de la biomasse. Ce projet de produire du e-kérosène baptisé « Hynovera », est porté par le propriétaire tchèque du site, Gazel Energy, et le producteur allemand d'hydrogène Hy2gen. Concernant l'aviation et le réchauffement climatique, on peut raisonnablement se demander quelle est la différence entre la combustion du e-kérosène et du kérosène conventionnel. On peut toutefois parler de prudence sur le long terme dans le cas où la mise au point de l'avion à hydrogène serait plus longue que la pérennité du kérosène conventionnel.

La nourriture

Une personne sédentaire a besoin de 0,8 gramme de protéine par kg de poids et par jour (soit 60 grammes de protéine si elle pèse 70 kg)

On prend conscience que le plastique, très utilisé pour emballer la nourriture est un danger pour la faune et la flore et doit être abandonné à moins d'être recyclé

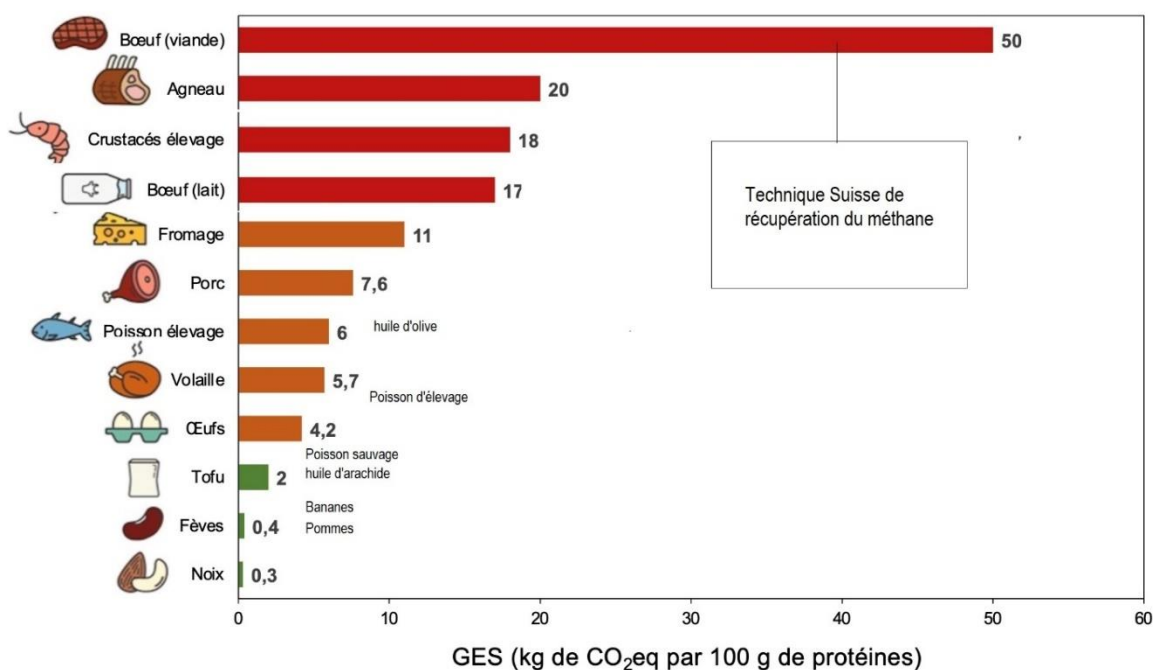


Tableau pour une nourriture mieux adaptée ?

63 Les pays émetteurs de GES

Si l'on comptabilise les émissions lors du transport des aliments, l'alimentation représente en France selon l'Ademe environ le quart des émissions de gaz à effet de serre (GES)

Quant aux émissions mondiales, elles ont atteint en 2019 un record : 52,4 milliards de tonnes (Soit 7 tonnes de CO₂ par homo sapiens)

- La Chine, qui représente avec ses 1,4 milliard d'habitants environ 18 % de la population mondiale a émise en 2019 près de 14 milliards de tonnes de CO₂, soit 29 % du total mondial (10 tonnes de CO₂ par Chinois)
- Les Indiens avec une population proche de 1,4 milliard d'habitants, sont presque aussi nombreux que les chinois mais ils émettent beaucoup moins de gaz à effet de serre par habitant (1,8 tonne)
- Les Américains émettent presque deux fois plus de CO₂ par habitant que les Chinois mais ils sont 4 fois moins nombreux
- Quant aux Européens qui émettent annuellement environ 3,5 milliards de tonnes, ils sont dans la moyenne mondiale avec 7 tonnes de CO₂ par habitant

Il est surprenant de constater que dans notre monde qui comprend selon l'ONU un total de 197 pays, deux pays seulement, la Chine et les USA émettent près de la moitié des émissions mondiales de GES

Démolition-reconstruction ou rénovation ?

En ville, lorsque la vétusté d'une habitation impose la démolition en raison du risque, l'aménagement d'un espace libre avec plantation éventuelle de végétaux plutôt que la reconstruction d'un immeuble est la bienvenue. Mais cela devrait être l'exception. Le bon sens nous commande plutôt de considérer toute démolition des bâtiments existants comme une aberration écologique, économique et sociale. La pénurie de matériaux qui secoue le secteur du bâtiment en ce début 2022 sonne comme un avertissement. Le gaspillage d'énergie, de matières premières et le problème du relogement pendant la période de démolition-reconstruction sont là pour nous rappeler tous les inconvénients de la démesure. L'impact social négatif de la démolition-reconstruction peut même être assimilé à un acte de violence lorsque l'on considère son coût. Nous allons devoir nous suffire d'une architecture moins dispendieuse, orientée vers la rénovation et plus attentive à ceux à qui elle est destinée.

Il ressort de ce chapitre que pour relever le défi climatique et limiter le réchauffement climatique en cours il va à l'évidence devenir préférable et urgent d'abandonner pendant quelques générations les chaînes énergétiques actuelles telles que la combustion ou le nucléaire qui passent par les hautes températures et le moteur thermique au profit d'une chaîne énergétique qui chauffe l'intérieur de l'habitat en refroidissant l'extérieur, le contraire du frigo en quelque sorte et comme cela a été expliqué au chapitre 2 (Voir page 38)

7 La finance et les acteurs

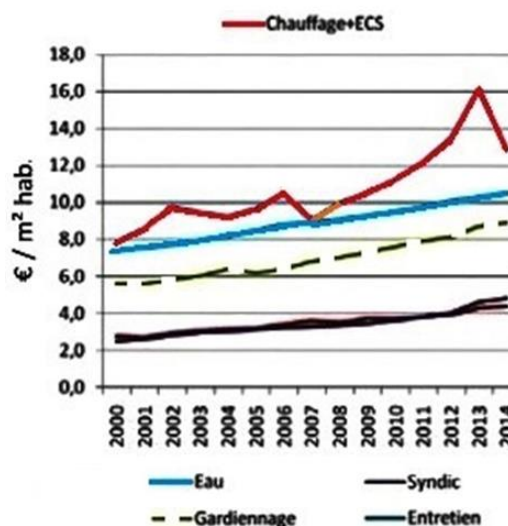
71 Le modèle financier

En observant les images de Laurent Fabre ci-après on devine pourquoi nos responsables politiques européens hésitent pour des raisons financières et une fiscalité inadaptée à se lancer vers une modification de nos chaînes énergétiques ! Ils pourraient pourtant y être contraints suite à l'avertissement lancée par leurs chefs spirituels incarnés par les secrétaires généraux de l'ONU et de l'OCDE. Ces images qui font peut-être sourire sont trompeuses en ce sens que les réserves mondiales de pétrole qui diminuent et le conflit ukrainien provoquent une envolée des prix plus importante que les précédentes qui rend inutile l'accroissement de la fiscalité sur ces produits. Cette envolée qui rapproche le prix du kWh gaz de celui du kWh électrique nous éloigne des produits fossiles ce qui va dans le bon sens à l'heure des dérèglements climatiques engendrés par leur combustion. Il va falloir que nos responsables politiques commencent à se faire à l'idée qu'il y a urgence à agir et qu'il leur faut prendre garde que la manne financière que représentait l'importation des produits fossiles est derrière nous.



Pour réduire la douloureuse chauffage en fin de mois sans affecter notablement notre économie, il serait temps de réconcilier la science et l'économie en incitant l'utilisateur, c'est-à-dire vous et moi, à évoluer vers la chaleur renouvelable que l'on peut prélever dans notre environnement. Ceci par exemple en rééquilibrant pour des raisons sociales les prix de vente de l'électricité et du gaz. Ou encore, comme envisage de faire Berlin sur recommandation de la Commission européenne, en baissant massivement la taxe sur les énergies renouvelables. Ceci en taxant cette dernière à 3,7 centimes par kWh en 2022 au lieu des 6,5 centimes mise en place par l'Allemagne en 2000.

Cette figure de l'UNPI montre que même dans un immeuble pourtant moins énergivore qu'une maison, les charges chauffage sont les plus importantes. Pour cette raison, baisser le prix de l'énergie thermique rendue dans les pièces de vie de son logement principal, préoccupation bien légitime de beaucoup de français devrait être aussi celle de l'exécutif. Sur la base de mon immeuble chauffé par une chaudière gaz à condensation consommant à l'année 800 000 kWh de gaz naturel, regardons ce que pourrait être l'incitation financière des occupants vers les énergies renouvelables. Ceci dans le cadre d'un projet de chaufferie hybride* gaz-électricité tel que défini au chapitre 2.



Avec un prix du gaz de ville à 5 cts d'€ le kWh 3 fois moins cher et déséquilibré par rapport à celui de l'électricité à 15 centimes :

- la dépense en gaz pour la copropriété avant modification est de 800 000 kWh x 0,05 = 40 000 €. Ceci alors que les dépenses individuelles cumulées dans le cas d'un chauffage électrique par effet joule seraient 3 fois plus élevée (120 000 €).
- la dépense de la copropriété avec la chaufferie hybride serait de 10 000 € de gaz et de 18 000 € d'électricité soit au global 28 000 € avec une économie annuelle sur les charges limitée à 12 000 € en partant du gaz. Ceci alors qu'elle serait de 92 000 € en partant de l'électricité

En supposant que l'investissement à consentir pour ajouter la pompe à chaleur eau-eau en relève de chaudière à gaz soit de 300 000 €, l'amortissement sans aide fiscale particulière serait assuré en 25 ans avec une incitation financière faible. L'incitation financière à l'investissement en partant d'un immeuble chauffé à l'électricité serait beaucoup plus forte.

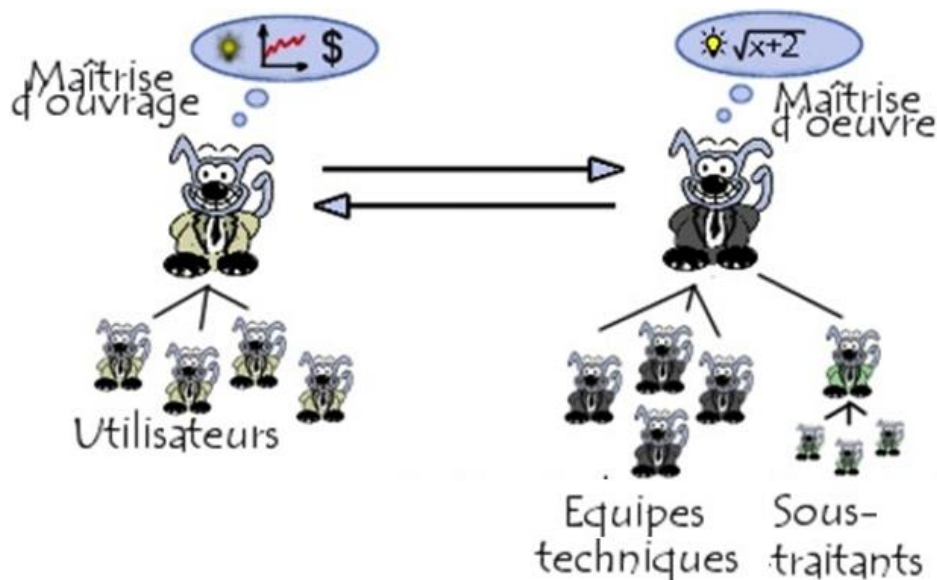
Pour réduire la douloureuse chauffage en fin de mois sans affecter notablement notre économie, il serait temps de réconcilier la science et l'économie en incitant l'utilisateur, c'est-à-dire vous et moi, à évoluer vers la chaleur renouvelable que l'on peut prélever dans notre environnement. Ceci par exemple en rééquilibrant pour des raisons sociales les prix de vente de l'électricité et du gaz. Ou encore, comme envisage de faire Berlin sur recommandation de la Commission européenne, en baissant massivement la taxe sur les énergies renouvelables. Ceci en taxant cette dernière à 3,7 centimes par kWh en 2022 au lieu des 6,5 centimes mise en place par l'Allemagne en 2000.

72 Les acteurs

Le Maître d'ouvrage et le Maître d'œuvre sont les acteurs principaux de la transition énergétique. Ils ont pour objectifs de s'entendre sur un contrat de performances du genre

Montant de l'investissement – Aide fiscale	=	RSI < 10ans
Economie réalisée annuellement sur l'achat des combustibles		

Le maître d'ouvrage est un acteur intérieur le plus souvent intérieur à la copropriété alors que le Maître d'œuvre est un acteur extérieur à la copropriété qui assure la liaison avec les constructeurs



Intérieur à la copropriété

1. Le maître d'ouvrage
2. Le syndic
3. La commission technique (Leader ?)
4. Le conseil syndical (CS), ce dernier fixe des objectifs de performances raisonnables
4. Les copropriétaires (syndicat des ...)

Extérieur à la copropriété

Le maire

En raison de sa proximité avec le citoyen le maire, semble être le seul individu qui puisse, avec l'aide de sa municipalité, améliorer la vie quotidienne du citoyen en agissant sur la modification de nos chaînes énergétiques. Il est en effet souvent habité par une passion sincère et quasi charnelle pour sa cité et il rêve parfois de rester maire pour l'éternité. Et cela tombe bien vu que dans ce domaine, avec des normes parfois mal conçue et changeantes, il faut beaucoup de persévérance et de temps pour faire avancer les choses. Mais, comme le dit Woody Allen, « l'éternité, c'est long, surtout vers la fin ». Pour cette raison le maire a besoin pour devenir l'homme de la situation d'un minimum d'encouragement et de confiance de la part du préfet et des classes dirigeantes constitués du préfet de département et des ministres. Quelques Maires français(es) responsables et conscient(es) de leur rôle se sont déjà manifesté(e)s au travers du journal « le Monde » du 21 aout 2020.

Le préfet et les ministres

Force est de constater en observant l'immobilisme actuel que jusqu'à présent, même des mairies de haut vol, comme Lille, Bordeaux, Lyon, Marseille n'ont pas été valablement aidés sur leur parcours par le préfet de département bien qu'il soit pourtant en charge du PREH. Quant à notre plus grande métropole son intérêt ne serait-il pas de tenir compte de la célèbre phrase du secrétaire général de l'OCDE : "Il vaut mieux faire partie de ceux qui établissent les règles que de se compter au nombre de ceux qui font le choix de les adopter ". Pour montrer l'exemple de ce qu'il faut faire aux autres métropoles mondiales, le préfet et les ministres en charge de Paris vont devoir reconsidérer notre modèle économique et être ceux qui décident de la partie collective dans l'habitat ancien existant. Ceci en prenant en compte que c'est avec ce qu'il gagne que le Parisien pourra se payer les outils assurant sa transition énergétique. Il leur faudra rééquilibrer les choses, laisser de côté les phrases du genre "qui nourrira les pauvres s'il n'y a plus de riches ", prendre en compte que c'est avec ce qu'il gagne que le Parisien pourra se payer les outils assurant sa transition énergétique.

Les organismes

1. Le BRGM et la Drire sociétés orientées vers notre sous-sol
2. L'ADEME généraliste de l'énergie
3. L'AFPAC et le CPCU
4. Les espaces info énergie (EIE), énergie partagée
5. Le bureau d'étude
6. La municipalité
7. Une supervision européenne (EHPA, EEA, FEDER)



8. Les banques (La Deutch e Bank leader ?)
9. Les écoles (Tritech, Sodhyp, Tecsol..)

Les corps de métier

Ils sont nombreux. On peut citer : l'ingénieur en génie climatique, le frigoriste, le chimiste, l'électronicien, l'hydraulicien, l'architecte, le pneumaticien, le mécanicien, le métallurgiste, l'acousticien, le programmeur et le sociologue...

Les fabricants

de chaudières : De Dietrich, Viessmann, Frisquet, Carrier, Buderus, Saunier-Duval, Chappée, Atlantic, Elm-Leblanc

de pompes à chaleur (PAC) : CIAT, ATLANTIC, Stiebel Eltron, SOFATH, Honeywell, Bosch, Daikin, Waterkotte, Enthalpie, Dimplex, Carrier....

de composants tels que valves, échangeurs thermiques : Oilgear, Honeywell, Danfoss, Copeland, Alfa Laval

Le mille-feuille

Au sommet notre gouvernement. Juste en dessous, le préfet et son PREH qui a, on l'espère, compris les fondements de notre transition écologique. Placé au cœur du dispositif de rénovation thermique de l'habitat il a reçu pour mission de l'état français d'enclencher la décision de rénovation par l'accompagnement des particuliers. Ceci en :

- Organisant le financement de la rénovation
- Mobilisant les professionnels afin de garantir la qualité de la rénovation

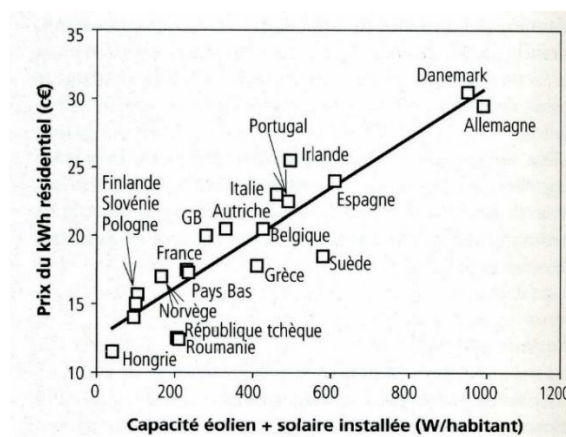
Une lourde tâche, vu la multitude d'organismes concernés, à savoir :

- des comités de pilotage et de normalisation (MEDDE, METL, DUHP, DGEC, AFNOR...)
- des associations (ARF, ADF, ADCF, AMF, PBD, ACERMI, AFPAC, AFIG, ARC)
- des agences et unions (AIEA, ALE, ANAH, ANDRA, GPSO, UNPI, UNIS, UNPI, USH)
- des organismes de formation, d'assistance et de conseil (FEEBAT, COSTIC, IFFEN, BATIACTU, AMO, CSLT, CSTB, FEEBAT, FFB, GTB, OCDE, ONEMA, OPAC, OPEE, OPEP, OPECST.....)
- des collectivités territoriales (ARF, SRCAE, PDALPD, FSL, CLE.....)

- des commissions, experts et conseils supérieurs (GIEC, CRE, CSCEE)
- des organismes d'état (DDAS, DDEA, DE, DGCCRF, DGEMP, DHUP, DRIRE, MEDAD, ONG)
- des syndicats, instituts et fondations (ENERPLAN, FDM, INED, INES, INRA, INSA, INSEE, MEDEF)

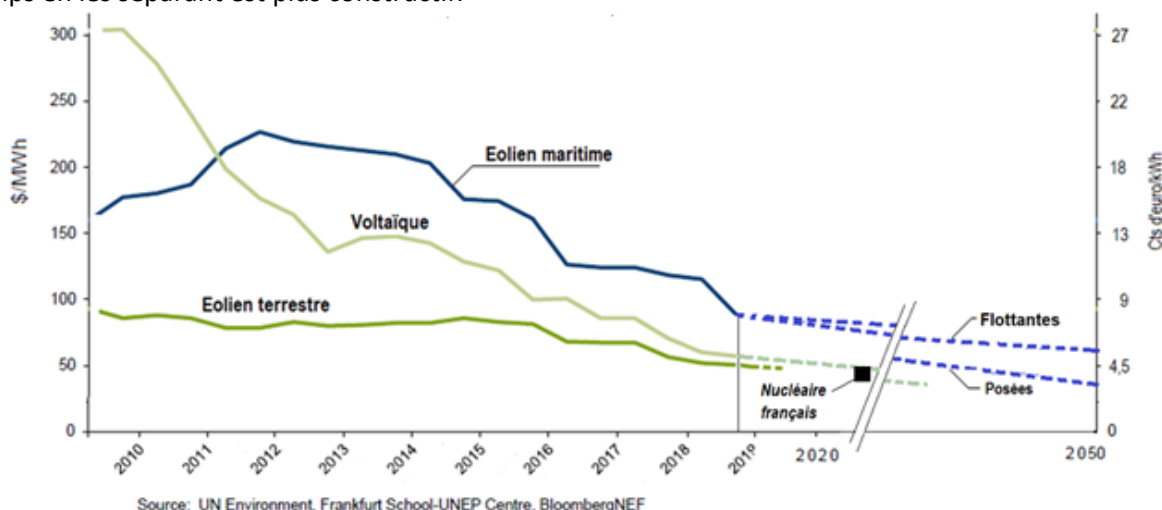
73 Les prix de l'énergie électrique

Mettre l'éolien et le solaire voltaïque dans le même panier pour estimer le prix du kWh électrique d'origine renouvelable comme cela est le cas dans la figure ci-contre est un non-sens. Le fait que le prix du kWh électrique allemand et danois soit pratiquement le double de ce qu'il est en France ne signifie pas nécessairement que le prix du kWh électrique d'origine solaire est aussi élevé. Une décision qui ne sera pas on peut l'espérer générateur de déceptions amères sur le plan social.



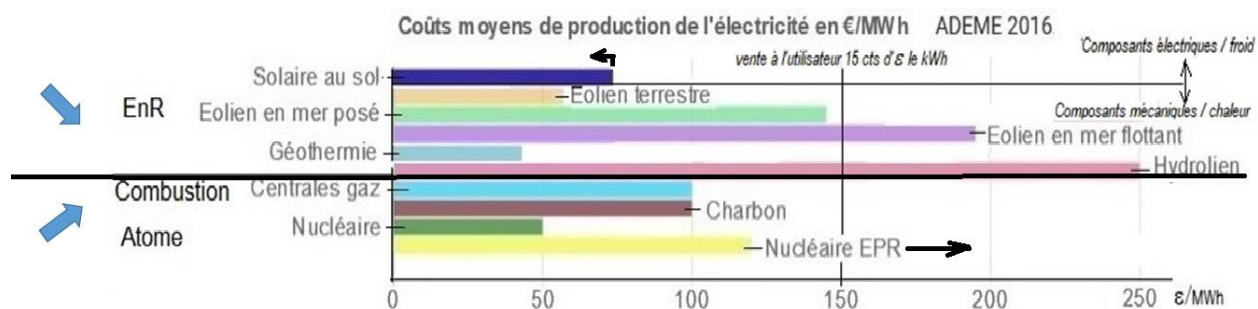
La France, jusqu'ici à la traîne sur le plan mondial pour le photovoltaïque vient de prendre une décision sur le plan parlementaire incitant aux renouvelables qui devrait diviser par deux la fiscalité sur le voltaïque. De cet allègement pourrait résulter une multiplication par cinq de la puissance photovoltaïque installée en France selon la Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE). Cette puissance passerait à 44,5 GW en 2028. Cela ne signifie naturellement en aucun cas que la production voltaïque sera équivalente à celle d'une trentaine de centrales nucléaires de 1500 MW vu que la puissance délivrée n'est pas constante comme le nucléaire mais on commence à percevoir comme le souhaitait Nicolas Hulot un "changement d'échelle"

La figure ci-dessous qui examine comment les prix de revient avec l'éolien et le voltaïque évoluent au fil du temps en les séparant est plus constructif.



Coût de l'électricité d'origine renouvelable

L'avenir du nucléaire français est à la peine en raison du prix de revient élevé du kWh produit avec cette chaîne énergétique. La figure ci-dessous établi par l'ADEME, le généraliste de l'énergie en France confirme ce point.



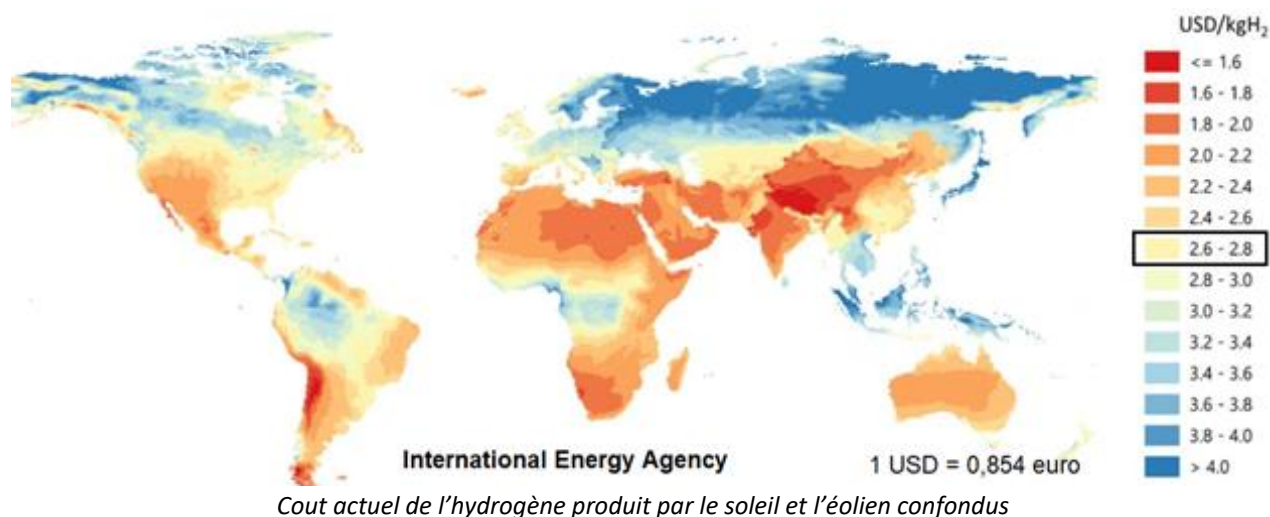
Par contre, le prix de revient du kWh électrique renouvelable obtenu avec les nouvelles techniques évolue régulièrement à la baisse. Un récent rapport de l'IRENA (Agence Internationale des énergies renouvelables) révèle qu'en seulement dix ans, le coût de l'électricité a baissé de 85 % pour le photovoltaïque industriel, 68 % pour le solaire thermodynamique, 56 % pour l'éolien terrestre et 48 % pour l'éolien offshore. Nous arrivons sur notre territoire français à un point de rupture pour l'électricité d'origine nucléaire qui rend difficilement explicable le projet de construction de nouvelles centrales nucléaires.

Certes, le couple éolien-voltaïque étant imparfait en ce qui concerne la satisfaction du besoin une comparaison nucléaire-renouvelable objective nous oblige à examiner quel est le coût de l'hydrogène. Ce dernier lorsqu'il émane de nos deux* énergies renouvelables essentielles, le soleil et le vent, dépend de la région du monde où il est produit comme le montre cette carte mondiale de l'IEA. Ceci dans la mesure où l'ensoleillement et la force des vents varient selon les contrées. Les chiffres de l'IEA indiqués dans le petit rectangle indiquent que le coût moyen mondial d'un kg d'hydrogène produit avec l'électricité d'origine renouvelable (solaire + éolien) est voisin de 2,7\$ (USD) ou 2,3€ le kg. Lorsque l'on sait que la combustion de ce kg d'hydrogène liquide libère environ 33 kWh** on observe un coût moyen du kWh thermique provenant de la combustion de l'hydrogène voisin de 7 cts d'€.

Un taux très probablement plus élevé que celui consenti aux compagnies aériennes mais qui reste raisonnable vu les avantages environnementaux.

On mesure ici l'avantage qu'il y a de créer l'avion à hydrogène. Une évolution freinée par les accords internationaux qui dispensent les compagnies aériennes de toute taxe sur le kérosène, le seul combustible d'origine fossile à être dispensé de taxe.

Le coût de l'hydrogène, lorsqu'il émane de nos deux énergies renouvelables essentielles, le soleil et le vent, dépend de la région du monde où il est produit comme le montre cette carte mondiale de l'IEA. Ceci dans la mesure où l'ensoleillement et la force des vents varient selon les contrées comme cela a été évoqué au chapitre 3. Les chiffres de l'IEA indiqués dans le petit rectangle indiquent que le coût moyen mondial d'un kg d'hydrogène produit avec l'électricité d'origine renouvelable (solaire + éolien) est voisin de 2,7\$ (USD) ou 2,3€ le kg. Lorsque l'on sait que la combustion de ce kg d'hydrogène liquide libère environ 33 kWh* on observe un coût moyen du kWh thermique provenant de la combustion de l'hydrogène voisin de 7 cts d'€



Un taux très probablement plus élevé que celui consenti aux compagnies aériennes mais qui reste raisonnable vu les avantages environnementaux. On mesure ici l'avantage qu'il y a de créer l'avion à hydrogène. Une évolution freinée par les accords internationaux qui dispensent les compagnies aériennes de toute taxe sur le kérozène, le seul combustible d'origine fossile à être dispensé de taxe.

* Un chiffre à comparer aux quelques 12 kWh délivrés par la même masse de kérozène

La justice climatique

Voilà près de 10 ans qu'EDF se plaint d'être obligé par l'Union européenne de vendre à ses concurrents et à bas prix une partie non négligeable de l'électricité produite par ses 58 réacteurs nucléaires. Ceci dans le cadre de la loi NOME et à un prix fixe de 42 € le MWh (4,2 centimes d'€ le kWh) Un prix probablement inférieur au prix de revient et qui se trouve être sensiblement 4 fois plus faible que celui facturé à l'utilisateur c'est-à-dire vous et moi. Les contribuables commencent heureusement à prendre conscience que ce sont eux qui vont passer à la casserole et payer la différence. Ceci en remboursant à l'état qui est majoritaire à 70% chez EDF, un établissement transformé en société anonyme en 2004. Quant à cette différence, si nous ne mettons pas fin à cette débauche, elle va par la force des choses grossir maintenant rapidement en raison des frais d'entretien qui vont être décuplés en raison de la vieillissement de notre parc nucléaire

L'incitation au changement

Homo sapiens organise périodiquement des forums gigantesques ayant pour thème l'urbanisation de la planète. Lors de ces réunions des milliers de participants essayent de s'entendre des *objectifs de développement durables* (ODD) qu'il conviendrait d'adopter pour l'urbanisation de la planète. Côté français et dans le même temps le journal « *le Monde* » estime que les villes consomment les deux tiers de l'énergie mondiale et produisent 70% des émissions de gaz carbonique. On peut se demander à cette occasion le rôle que va jouer la France, organisatrice il y a bientôt 6 ans des accords de Paris sur le climat. Le vrai problème qui se pose n'est-il pas d'être le plus efficace possible afin de lutter contre la précarité énergétique ? Ce devrait être principalement ceux en qui homo sapiens a placé sa confiance, à savoir l'exécutif de définir des *objectifs de développement durables* réalistes et atteignables. Le Lutin thermique que je suis estime qu'une suite logique aux accords de Paris sur le climat serait que notre grande métropole montre l'exemple de ce qu'il convient de faire pour assurer le chauffage de l'habitat dans de meilleures conditions. Elle pourrait à ce sujet prendre en compte :

- l'inefficacité de tous ces processus complexes d'aides fiscales qui grèvent inutilement le budget de l'état sans aider le Maître d'œuvre.
- le ridicule de tous les organismes administratifs qui se disputent la compétence et le monopole au travers du mille feuilles français et d'innombrables labels inconsistants.
- les formations ridiculement courtes au contenu simpliste des artisans labellisés RGE
- les guerres de clochers sur le choix d'outils informatiques le plus souvent inutiles pour la rénovation de l'existant.
- le manque de résultats en termes de performance

Il y a de toute évidence le mauvais et le bon COP un peu comme il y a le mauvais et le bon cholestérol.

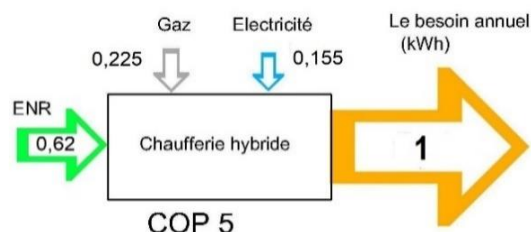
Le "*mauvais COP*" étant l'enfer du "consommer plus", illustré par toutes ces voyages internationaux convergeant vers le pays organisateur. Un enfer pavé de bonnes intentions certes, mais absent de pragmatisme qui nous entraîne années après années vers l'aggravation de notre empreinte écologique. Quand on sait que le poids du kérosène embarqué au décollage par un long courrier est voisin de 50 tonnes alors que sa masse totale à pleine charge est voisin de 200 tonnes on réalise que le poids des passagers avec leurs bagages est équivalent à celui du kérosène embarqué. Cela revient grosso modo à dire que si une COP de 25 000 participants est supprimée c'est quelque 25 000 m³ de kérosène de brûlés en moins.

Quant au "*bon COP*", celui du rapport entre l'énergie thermique qui arrive dans le logement et l'énergie électrique nécessaire pour produire cette énergie thermique, c'est celui du "consommer moins" associé à la pompe à chaleur et au fait qu'elle diminue nos charges chauffage en améliorant la qualité de l'air que nous respirons. Notre transition énergétique ne pourra se faire qu'en mettant en place une incitation fiscale forte vers ces technologies de telle sorte que la médecine pulmonaire et le médiateur de l'énergie dans nos cités ne soit plus qu'un mauvais souvenir.

Le Maître d'ouvrage préoccupé par la rénovation thermique de son immeuble du genre « passoire thermique » a compris qu'atteindre 75% d'économies d'énergie en agissant uniquement sur son isolation est un leurre. Il est convaincu que pour atteindre un tel pourcentage d'économie en énergie primaire, il faudra nécessairement qu'il modifie les chaînes énergétiques qu'il utilise actuellement pour chauffer l'habitat. Diviser par 2,5 la consommation d'énergie finale française pour assurer cette fonction est maintenant envisageable. Ceci de telle sorte qu'un peu d'énergie électrique soit disponible pour sa voiture hybride rechargeable. Il est convaincu que pour assurer le chauffage de l'habitat dans de meilleures conditions il va falloir que se mette en place la "*Solar Water Economy*" de l'enthalpie. Cela grâce à une fiscalité nouvelle sur les produits fossiles et l'électricité qui réduise les inégalités entre ces deux types d'énergie et qui l'incite à investir vers les énergies renouvelables et un mode chauffage thermodynamique performant échangeant sur l'eau. Ceci en se faisant à l'idée que grâce à l'autoconsommation et au stockage de l'énergie électrique voltaïque, il n'est pas inenvisageable de penser qu'à termes, le soleil associé à l'eau

suffira à nos besoins. Si ce qui suit ne permet pas d'évaluer quel sera le retour sur investissement (RSI), il permet en revanche de définir quels seront les économies réalisées annuellement sur l'achat des combustibles pour la copropriété par rapport à une situation antérieure. Ceci selon que les prix de vente à l'utilisateur de l'énergie électrique et gaz est déséquilibré ou non. Il faut entendre par déséquilibré un prix du kWh électrique à l'extrême 3 fois plus élevé que celui du gaz et par équilibré un prix de ces deux fluides égal à la moyenne arithmétique entre les deux prix précédents. La bonne évolution dans le temps du prix de l'électricité et du gaz sera celle qui nous éloignera de la coûteuse électricité nucléaire en nous rapprochant du voltaïque

L'échange sur l'air n'étant pas envisageable en ville nous évoquerons uniquement la chaîne énergétique décrite au chapitre 2 à savoir la chaîne énergétique de chaufferie hybride avec PAC eau eau en relève de chaudière à gaz.



La fiscalité pratiquée par l'exécutif dans la colonne 1 du tableau ci-dessous sur les prix du gaz et de l'électricité crée la confusion. Une fiscalité comme celle de la colonne 2 du tableau est plus équilibrée et plus clair pour le Maître d'ouvrage. Que son immeuble soit chauffé avec des radiateurs électriques ou au gaz l'incitation au changement vers la chaufferie hybride et les renouvelables est la même. Et cela qu'il s'agisse du chauffage des bâtiments tertiaires ou des logements (maisons individuelles et immeuble). La motivation d'achat est on le comprend basée sur une comparaison du prix du kWh thermique rendue dans les pièces de vie avant (état antérieur) et après modification de la génération thermique

	1	2
<i>Etat antérieur</i>	Avec une disparité importante entre les prix des kWh gaz (5 cts d'€) et de l'électricité (15 cts d'€)	Avec égalité des prix des kWh gaz et électrique à 10 cts d'€
Gaz	Dépense divisée par 1,43	Dépense divisée par 2,6
Effet joule	Dépense divisée par 4,3	Dépense divisée par 2,6

Concernant le confort thermique dans l'habitat, la différence actuelle importante entre le prix de revient du kWh électrique d'origine nucléaire associé à l'effet joule et celui résultant de la combustion des produits fossiles ne pourra perdurer. De même que ne pourra perdurer le labyrinthe bureaucratique du mille-feuille de toutes ces administrations évoquées dans ce chapitre qui compliquent la tâche du maître d'œuvre. Ce dernier.

Concernant le calcul du retour sur investissement (RSI) final le maître d'œuvre va devoir valider en accord avec les constructeurs un coefficient de performances (COP) raisonnables.

$$\frac{\text{Montant de l'investissement} - \text{Aide fiscale}}{\text{Economie réalisée annuellement sur l'achat des combustibles}} = \text{RSI} < 10\text{ans}$$

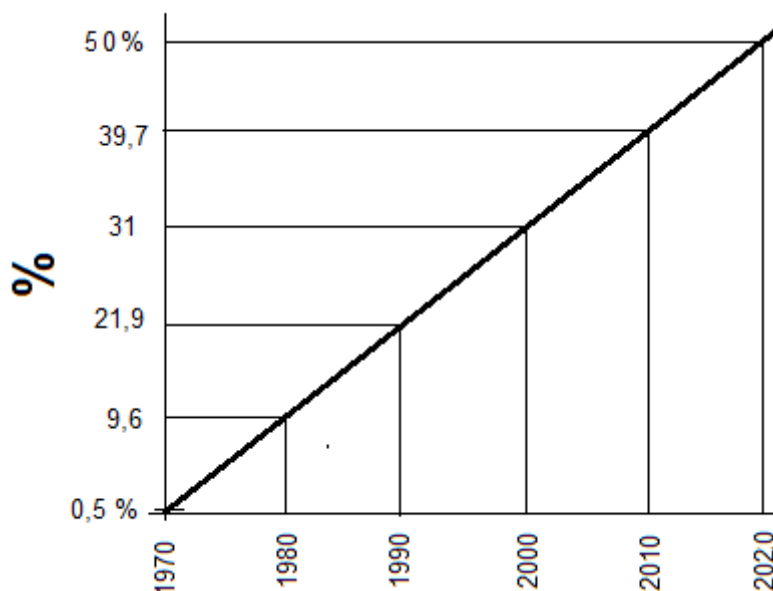
Il souhaiterait que l'aide fiscale complexe à calculer, souvent promise et pas toujours respectée soit supprimée et remplacée par un prêt bancaire à taux zéro pour financer l'investissement de telle sorte que le pouvoir d'achat du « client qui paye » ne soit pas modifié pendant la période de remboursement de l'emprunt et amélioré ensuite.

Le dépassement

L'[empreinte écologique](#) qu'humano sapiens, glouton énergivore inflige à sa 2^{ème} maison, la terre, s'aggrave maintenant rapidement. Ceci dans la mesure où il consomme plus que les capacités de régénération naturelles des écosystèmes que la nature met à sa disposition. Il ne va pas pouvoir pour cette raison continuer à vivre à crédit encore bien longtemps en se développant à ce rythme. Le dépassement (ou *overshoot day*) mis en évidence par l'organisation non gouvernementale *Global Footprint Network (GPN)* est l'image de cette glotonnerie qui se traduit par le fait que la consommation humaine excède la capacité de régénération naturelle de la planète de plus en plus tôt dans l'année calendaire :

- 29 décembre en 1970
- 4 novembre en 1980,
- 11 octobre en 1990
- 23 septembre en 2000,
- 7 août en 2010.
- 28 juillet en 2022

A partir des années 70 l'humanité a en effet commencé à vivre à crédit en piochant sur les ressources naturelles de notre planète terre de plus en plus tôt et ceci ne cesse de s'aggraver depuis une cinquantaine d'années comme le montre la figure ci-dessous issue des chiffres *GPN*



Dans un monde où le dépassement persiste et à force de vivre à crédit, le risque de ne pas disposer de ressources suffisantes devient de plus en plus important et l'on peut se demander ce qui advenir du genre humain si l'on continue à ce rythme pendant une cinquantaine d'années.

8 Le complément

81 Le lexique

La défense et la valorisation du patrimoine de l'eau vive passe par une bonne compréhension des termes techniques de la rivière. Ce lexique des termes techniques de la rivière et de l'énergie passe en revue environ 500 termes en rapport avec la rivière son sous-sol alluvionnaire, l'énergie hydroélectrique et la pratique du Canoë-Kayak sur celle-ci : Termes en rapport avec l'écosystème constitué par la rivière, type de barrages ou d'ouvrages artificiels rencontrés sur la rivière, maladies en rapport avec l'eau, écoles de la pagaie et manœuvres, termes en rapport avec les embarcations naviguant sur le bas cours des rivières, etc..) Certains termes liés à l'implication du fleuve dans son rapport avec la mer dans laquelle il se jette ou la présence d'aquifères peu profond dans les alluvions qui constituent son sous-sol sont également évoqués. Nos voisins allemands sont en avance par rapport à nous dans leurs rapports avec la rivière et la défense de leur environnement et il est important que nous puissions nous comprendre pour profiter de leur avance. Enfin les échanges européens s'intensifiant, un lexique multilingue est en préparation. Il a vocation à faciliter ces échanges et à promouvoir une meilleure défense de notre environnement. Certains termes sont donc traduits en anglais ou en allemand. Des difficultés peuvent se présenter dans la traduction de certains termes techniques et ce serait une erreur de supposer qu'il existe nécessairement un terme correspondant dans une langue étrangère. La raison en est que chaque pays a ses propres particularités. Il est en effet logique que la France, avec ses chaînes montagneuses glacières du Mont Blanc et des Ecrins, ait par exemple développé plus de termes et d'expressions techniques se rapportant à ces sujets que dans des pays où ils n'existent pas. Certains termes ont paru particulièrement importants à l'auteur du fait de leur rapport avec l'énergie. Les termes scientifiques associés à l'énergie renouvelable pouvant provenir du proche sous-sol alluvionnaire de nos rivières en raison de la présence d'eau dans le sous-sol ont été évoqués. Ces termes sont la plupart du temps soulignés et un lien renvoie le lecteur vers la page du site traitant plus particulièrement de ce sujet. On n'imagine pas assez leur importance pour l'avenir de nos rivières et la satisfaction de nos besoins énergétiques. Notre besoin insatiable en énergie est en effet tel que cet avenir dépend des autres formes de production d'énergie, incluant plus particulièrement l'énergie nucléaire, les énergies du vent et des courants marins qui pourraient se substituer petit à petit à celle fournie par les barrages hydroélectriques au fur et à mesure que les technologies progressent.

Certaines abréviations peuvent aussi être utiles à une bonne compréhension de ce qui lie la rivière à l'énergie.

Bibliographie

Grand Larousse 5 volumes et Dictionnaire Hachette, Dictionnaire technique par Kettridge (imprimé en Angleterre par Unwin Brothers Limited)

Glossaire aide-mémoire du chauffage [de Jatech](#).

		A
Abattage	Action consistant à retirer les aiguilles d'un barrage à aiguilles pour laisser passer le courant	
Abattre	Action consistant à abaisser un barrage mobile (par exemple un barrage à clapets) afin de libérer complètement le passage de l'eau	
Adiabatique	Lorsqu'un système se transforme sans échange de chaleur avec l'extérieur on dit que la transformation est adiabatique.	
Aéraulique	Un circuit ou un équipement aéraulique qualifie une installation destinée au traitement ou au transfert de l'air.	
Aérotherme	Appareil de chauffage comprenant un ventilateur, un radiateur à ailette et un circuit d'eau chaude. Utilisé pour chauffer de gros volumes tels que usines, dépôts etc..)	

Affluent	Cours d'eau qui se jette dans un autre. Il y a une notion de hiérarchie l'affluent perdant son nom au confluent pour prendre celui de la rivière dans laquelle il se jette. (la Marne est tributaire de la Seine)
Affouillement	Un ouvrage quelconque installé sur une rivière à tendance à perturber l'écoulement et il se crée souvent à son aval un tourbillon creusant localement une cavité. C'est l'affouillement qui, en s'élargissant, peut emporter le radier sur lequel repose l'ouvrage et le déstabiliser. Pour éviter ce phénomène on construit un parafouille
Aï	Enfoncement du rivage qui se forme derrière un obstacle naturel (rocher, souche..) dans lequel se crée un contre-courant
Aiguilles	Technique ancienne consistant à utiliser des poutres de bois à section carrée (aiguilles) que l'on plaçaient difficilement à la main les unes à côté des autres pour former un barrage à aiguilles.
Algues	L'appareil végétatif des algues est rudimentaire, il comprend aussi bien des êtres unicellulaires que des formes aux thalles géants et très ramifiés. Les algues génèrent de la chlorophylle, et sont pourvues de pigments assimilateurs. D'après la couleur de ces pigments, on les classe en algues rouges, algues vertes, algues brunes (varech pouvant alimenter le bétail) et algues bleues (Spiruline).
Amer	Point fixe très visible servant de repère une berge
Alluvion	Particules de terre provenant de l'érosion et entraînées par la rivière. Une <i>alluvion fluviale</i> profite parfois au propriétaire riverain en raison de l'accroissement de terrain qui peut résulter de l' <i>alluvionnement</i> . Il peut aussi en subir les conséquences parce que ces terrains sont souvent inondables.
Amont	C'est le côté de la rivière entre le point où l'on se trouve et sa source
Anthropocène	L'anthropocène est une notion géologique popularisée au début des années 2000 et qui reconnaît la capacité de l'espèce humaine à modifier les grands équilibres planétaires. Lorsque l'on observe que l'espèce humaine est en train de brûler en deux siècles le charbon qui a mis des millions d'années à se former on ne peut que valider le bien-fondé de cette notion
Anticlinal	On parle de pli anticlinal pour qualifier un pli dont la convexité est tournée vers le haut. (par opposition à synclinal)
Appontement	Construction flottante ou sur pilotis qui permet l'accostage des bateaux.
Aquatique	Ce qui vit dans l'eau ou au bord de l'eau. On parle de flore aquatique et de faune aquatique en parlant de l'écosystème constitué par la rivière et ses berges
Aquathermie	En raison de sa chaleur spécifique élevée l'eau est un fluide très utilisé comme véhicule thermique. Nos vieilles locomotives à vapeur utilisaient l'eau pour les transferts thermiques permettant de générer des puissances mécaniques importantes.
<u>Aquathermie profonde</u>	Elle utilise la chaleur interne de la terre et l'eau à haute température (environ 150°C) contenue dans les aquifères captifs et profonds (150 m) pour générer de l'énergie thermique utilisable directement pour le chauffage des bâtiments.

<u>Aquathermie superficielle</u>	L'action du soleil sur notre proche sous-sol et dans les lacs permet d'utiliser la chaleur interne de l'eau contenue dans les aquifères libres peu profonds (10 à 20 m). Il est ainsi possible de générer de l'énergie thermique utilisable indirectement pour le chauffage des bâtiments à l'aide des pompes à chaleur aquathermiques modernes. Ce type de pompe à chaleur assurera de plus en plus le chauffage économique de nos habitations en utilisant ces aquifères dits "à nappe libre" Les deux aquathermies profondes et superficielle sont de <u>nature différente</u>
Aqueduc	Canal construit pour le transport de l'eau. Par extension ouvrage d'art affectant la forme d'un pont et permettant de franchir une vallée
Aquifère	<u>Nappe souterraine qui contient de l'eau</u> . On distingue : <ul style="list-style-type: none"> • Les aquifères à nappe libre, peu profonds reposants sur une couche très peu perméable. Ils sont surmontés d'une zone non saturée en eau. • Les aquifères captifs plus profonds (ou à nappe captive) dans lesquelles l'eau souterraine est confinée entre deux formations très peu perméables. Lorsqu'un forage atteint une nappe captive, l'eau remonte dans le forage.
Arbre	Lorsque la rivière est mal entretenue, il peut constituer un danger grave lorsque tombé en travers de la rivière à la suite d'une tempête, il obstrue le passage.
Argile	Roche sédimentaire terreuse appelée également <i>glaise</i> formant une pâte imperméable lorsqu'elle est imprégnée d'eau. Alors que la France en utilisant le 49-3 et la loi Macron envisage le stockage des déchets radioactifs provenant du nucléaire en couche géologique profonde argileuse (Bure), la Finlande a choisi de le faire dans le granit (Onkalo) En tout état de cause vu la capacité de l'eau à transmettre la radioactivité il est de toute évidence préférable de stocker ces déchets extrêmement dangereux sur le très long terme en couches profondes plutôt que de le faire à proximité de la rivière
Artésien	Qualifie un forage exploitant une nappe captive dont la surface piézométrique se trouve au-dessus du sol et qui fournit donc de l'eau jaillissante. Ce mot vient de l'Artois, province du nord de la France, où dès le début du XIXe siècle, des puits « artésiens » avaient été forés.
Assainir	Rendre plus sain, purifier
Assécher	Action de mettre à sec le lit d'une rivière. Le fonctionnement des microcentrales ou des barrages ne doit pas "assécher" complètement le lit de la rivière pour permettre le passage des embarcations et assurer la survie des poissons.
Autochtone	Se dit des populations originaires des pays qu'elles habitent. Exemple: Les autochtones au Canada se répartissent en Amérindiens et en Inuits
Autocratie	Régime politique en opposition avec la démocratie dans lequel un individu détient à lui seul le pouvoir. On parle alors de pouvoir personnel et absolu
Aval	C'est le côté de la rivière entre le point où l'on se trouve et l'embouchure ou le confluent. Le sens de l'écoulement va généralement vers l'aval mais peut s'inverser sur les parcours maritimes avec l'action de la marée, plus rarement avec un affluent en crue.
<u>Azéotropique</u>	Se dit d'un fluide frigorigène qui change d'état à température rigoureusement constante

Ballon tampon	Réserve de stockage d'eau chaude destinée à accumuler l'énergie fournie par la pompe à chaleur ou la chaudière d'une chaufferie afin de la restituer vers l'utilisation.
<u>bar</u>	Unité de pression. Un bar est un mot invariable. L'unité de pression du système international est le Pascal qui correspond à la pression exercée par une force de un N sur une surface de un m ² . Un bar correspond à une pression de 10 ⁵ Pascal ce qui équivaut sensiblement à un daN/cm ² ou à la pression exercée par 10 mètres de colonne d'eau
<u>Barrage</u>	Ouvrage construit dans le lit de la rivière pour aménager son niveau. Il existe de nombreux type de barrage. (mobile ou fixe)
Barrage à aiguilles	Ancien modèle de barrage construit à partir de 1834 constitué d'une juxtaposition de madrier en bois appelé aiguille appuyés sur des structures métalliques escamotables sous l'eau; les fermettes. Pour laisser passer une crue les aiguilles étaient démontés à la main les unes après les autres pour être remontées après le passage de la crue ! . Le débit pouvait être réglé en fonction du nombre d'aiguilles. Ce type de barrage est encore fréquents sur l'Yonne, l'Aisne et le Cher
<u>Barrage à clapet</u>	Le plus récent et le plus courant des barrages mobiles. C'est aussi le plus simple des barrages à vannes : un volet métallique (le clapet) mu le plus souvent par des vérins hydrauliques pivote sur le fond (en pratique sur un radier) et peut retenir jusqu'à 7m d'eau sur une portée de 20 à 30m. <u>Il est extrêmement dangereux</u> et souvent mortel en raison du rappel qu'il engendre lorsqu'il est entr'ouvert.
Barrage à cylindre	Barrage à vanne constitué par un gros ½ cylindre roulant sur 2 crémaillères inclinées.
Barrage à fermettes	Ancien modèle de barrage à vannes(Boulée) ou à volets(Caméré)
Barrage à hausses	Barrage mobile comprenant un clapet motorisé par un dispositif de conception ancienne.
Barrage à vannes	Barrages consistant en une plaque verticale pouvant descendre ou monter dans son logement (Pertuis). Selon la taille du barrage à vanne la plaque est manoeuvrée manuellement ou électriquement.
Barrage fixe	A l'origine les premiers barrages de navigation établis pour maintenir le niveau des rivières étaient fixes. En période de crues, ils devenaient des obstacles à l'écoulement de l'eau et provoquaient des inondations en amont.
Barrage mobile	Par opposition aux anciens barrages dit fixes, ces barrages peuvent laisser passer librement le débit de la rivière en période de crues et soutenir l'étiage en période de basses eaux.
Barrage-poids	Contrairement au barrage-voûte qui en raison de sa forme reporte la poussée des eaux sur les deux berges de la rivière le barrage poids, aussi haut que large à sa base, résiste à la poussée des eaux par sa masse. (Exemple barrage de Serre Ponçon)
Bassin versant	Zone géographique correspondant à l'aire de capture et de drainage des précipitations. (ou bassin hydrographique appelé aussi par simplification bassin)

Batardeau	Digue provisoire qui isole une partie d'un cours d'eau pour pouvoir travailler à sec sous le niveau de la rivière.
Bateau	Nom générique des embarcations susceptibles de naviguer sur les voies intérieures ou en mer.
Bathymétrie	Mesure précise du fond de la rivière. Ces relevés permettent de contrôler la profondeur d'un chenal navigable.
Berge	Bord de la rivière.
Bief	Le bief est la portion de rivière calme située en amont d'un barrage ou d'un rapide naturel.
Bief de partage	Le bief des partages est situé au sommet du relief que peut avoir à franchir un canal. Lorsqu'un canal traverse la ligne de séparation des eaux le bief de partage est alimenté en eau. (Par exemple, le canal du midi, lorsqu'il traverse la ligne de séparation des eaux atlantique méditerranée est alimenté par le massif des montagnes Noires.
Bilame	Ensemble constitué par 2 rubans métalliques collés l'un sur l'autre et ayant des coefficients de dilatation très différents. Ceci dans le but de provoquer une déformation et une fermeture de contact électrique lorsque la température change
Biogaz	C'est le gaz produit par la fermentation de matières organiques naturelles animales ou végétales. Il peut être aussi produit à partir des déchets industriels, agricoles ou ménagers dans les centres de stockage et leur méthaniseurs ou encore récupérés dans les boues des stations d'épuration.
Biomasse	Lorsqu'elle est solide, la biomasse désigne principalement le bois et ses dérivés (Pellet, granulés) ainsi que toute ressource ligneuse comme les résidus des récoltes tels que la bagasse de la canne à sucre, les grappes de maïs...
Bois	Le bois est un bon isolant thermique
Boucle	Méandre d'un cours d'eau. (Exemple : Les boucles de la Seine)
Bras	Chacune des parties de la rivière lorsque celle-ci se sépare en plusieurs parties.
Brûleur	Sous-ensemble d'une chaudière comprenant une soufflante par qui développe une flamme à partir de la combustion d'un comburant (fioul ou gaz naturel)
By-pass	Circuit en dérivation permettant de remplacer ou de nettoyer plus commodément certains éléments d'une installation (par exemple un filtre) ou le comportement d'un circuit hydraulique

C

Calorie	Ancienne unité de quantité de chaleur. Une calorie est la quantité de chaleur nécessaire pour élever un gramme d'eau de un °C. L'équivalent mécanique de la calorie: 4,18 joules
Calorifuge	Matériaux qui réduisent les déperditions de chaleur. On doit par exemple prévoir le "calorifugeage" des canalisations de chauffage et d'eau chaude sanitaire dans les locaux non chauffés.
Canal d'amenée	Canal assurant le transport de l'eau jusqu'à l'usine hydroélectrique, le moulin ou plus généralement le lieu d'exploitation. En anglais on utilise le même terme (<i>feeder</i>) pour le <i>canal de restitution</i> ramenant les eaux turbinées dans la rivière en aval de l'usine hydroélectrique.
Canal d'irrigation	Canal servant à conduire et à répartir les eaux d'irrigation jusqu'aux cultures.
Canal de dérivation	Le canal de dérivation permet aux bateaux de court-circuiter une portion de rivière non navigable. (exemple le canal de Chalifert dans les boucles de la Marne)
Canal de drainage	Canal destiné à éliminer l'excès d'eau d'un sol (par exemple les fuites latérales d'un canal de navigation).
Canal de fuite	Canal de restitution des eaux turbinées en aval de l'usine hydroélectrique.
Canal de navigation	Voie navigable artificielle comprenant une série de biefs séparés par des écluses. On parle de <i>canal latéral</i> lorsqu'il suit la vallée d'un cours d'eau naturel en se substituant à la non navigabilité de ce dernier.
Canal de jonction	Canal joignant deux cours d'eau navigables. Exemple canal de la Marne au Rhin.
Canal latéral	Canal utilisant la vallée d'une rivière non navigable. (Exemple canal de la Marne au Rhin)
Canyon	Fissure étroite et profonde dans la roche au fond de laquelle la rivière a fait son lit.
<u>Capillaire</u>	Long tube très fin servant d'organe de détente
Captage	Prélèvement de l'eau dans une rivière ou une retenue d'eau pour alimenter un canal.
Chemin	Un chemin longeant la rivière peut être bien pratique lorsqu'il existe pour faciliter un portage lorsque qu'un passage infranchissable se présente lors de la descente
<u>Chaleur latente</u>	Quantité de chaleur nécessaire pour transformer un corps liquide à l'état gazeux ou inversement. Cette transformation se fait à température constante. Elle est exothermique ou endothermique selon le sens de la transformation. Chaleur latente de l'eau dans le sens de la vaporisation : 539 kcal/kg ou 625 Wh

<u>Chaleur massique (ou spécifique)</u>	Quantité de chaleur nécessaire pour élever un kilogramme d'un corps de un °C Exemple pour l'eau : 1 kcal/kg/°C ou 1,16 Wh/kg/°C
<u>Chaudière</u>	Générateur de chaleur
Chauffage central	Procédé de chauffage dans lequel la chaleur est transportée par des canalisations contenant un fluide caloporteur (Généralement de l'eau) depuis la chaudière où le condenseur de la pompe à chaleur jusqu'aux pièces à chauffer
Chauffage collectif	Un ou plusieurs générateurs de chaleur (Chaudières ou PAC) produisant de la chaleur pour l'ensemble des logements d'un ou de plusieurs immeubles. Parfois même pour un quartier entier dans le cas du chauffage urbain.
Chaufferie	Local technique abritant les chaudières ou plus généralement des générateurs de chaleur. Une chaufferie peut être collective ou individuelle. Elle peut utiliser un seul combustible, le gaz le fioul du bois ou l'électricité. Elle peut aussi utiliser plusieurs combustibles différents au mieux des saisons. On parle alors de <u>chaufferie hybride</u>
Chenal naturel	Le chenal naturel est la partie du lit mineur d'un cours d'eau dans laquelle l'eau circule préférentiellement
Chute	Différence de niveau entre l'amont et l'aval. Une chute peut être d'origine naturelle lorsque la rivière passe entre deux rochers, artificielle lorsque l'eau entraîne les turbines d'une usine hydroélectrique. On parle d'usines à haute chute dans le cas des turbines Pelton ou de basse chute dans le cas des turbines Kaplan. Pour bénéficier de hautes chutes, produisant plus d'énergie à moindre débit, l'EDF n'hésite pas, lorsque la topologie le permet, à creuser des tunnels assurant des transferts d'une vallée haute vers une vallée basse. L'EDF conçoit aussi des barrages permettant de <u>stocker l'énergie électrique</u> .
Circuit primaire	Partie amont du circuit hydraulique comprenant la chaudière
Circuit secondaire	Partie aval du circuit hydraulique comprenant les émetteurs thermiques Les notions de circuit primaire, circuit secondaire est important pour comprendre les notions de <u>circuit ouvert et fermé</u> associé à la sécurisation de nos centrales nucléaires
Clapet anti-retour	Il autorise la circulation du fluide dans un seul sens
Cluse	Coupure transversale d'un anticlinal, mettant en communication deux vallées, typique du relief jurassien. (Exemple : la cluse de Nantua)
Cogénération	Elle consiste à produire, à partir d'une même installation, de l'énergie thermique (chaleur) et de l'énergie mécanique. L'exemple le plus parlant de la cogénération est la récupération de la chaleur dégagée par les turbines d'une centrale électrique ou celle dégagée par le moteur à explosion d'une voiture pour réchauffer l'intérieur du véhicule.
Collapsologie	Courant de pensée récent qui étudie les risques d'un effondrement de la civilisation industrielle actuelle et ce qui pourrait lui succéder.

Composite	Utilisés entre autre pour la construction des coques d'embarcation, les matériaux composites sont constitués de résines (polyester, époxy, vinylester..) renforcées de fibres synthétiques tissées (verre, carbone, kevlar...) Ils résistent à la corrosion
<u>Compresseur</u>	Pompe électromécanique pouvant être à vis, à pistons, à membranes, à spirales pour comprimer un fluide à l'état liquide ou gazeux. Le compresseur est un élément constitutif d'une pompe à chaleur qui comprime le fluide caloporteur à l'état gazeux avant qu'il ne se condense dans le condenseur
Condensats	Eau issue de la condensation de l'air chaud et humide sur une surface froide. L'évaporateur provoque la condensation de l'air qui le traverse. Le condensat d'une chaudière à condensation doit être traité (neutralisé) avant d'être évacué vers les eaux usées
<u>Condenseur</u>	Echangeur de chaleur d'une pompe à chaleur situé coté source chaude dans lequel le fluide caloporteur passe de l'état gazeux à l'état liquide. Ce composant assure les transferts thermiques vers les émetteurs thermiques. Lorsque ces transferts s'effectuent avec l'eau, il peut prendre la forme d'un échangeur tubulaire à contrecourant dans lequel la réaction exothermique du fluide caloporteur lors de la condensation réchauffe le circuit des radiateurs ou des planchers chauffants
Conduction	Capacité d'un corps à transmettre ou non la chaleur. Les matériaux qui transmettent la chaleur sont les mêmes que ceux qui conduisent l'électricité. (Particulièrement les métaux par agitation moléculaire)
Convection	Mouvement d'un fluide provoqué par une différence de température. Par exemple de l'air près des radiateurs hydrauliques
Convecteur	Surface de chauffe ou émetteur thermique utilisant la convection pour le transfert thermique (Par exemple un radiateur hydraulique)
Confluent	Lieu de convergence de deux ou plusieurs cours d'eau
<u>Contre-courant</u>	Le terme contre-courant est évoqué lorsque le sens de circulation se fait dans des directions opposées. C'est le cas de la plupart des échangeurs de température. Le condenseur et l'évaporateur d'une pompe à chaleur aquathermique ne sont autres que des échangeurs de température à contre-courant
Cryogénie	Etude et production des basses température
Cryogénique	Les liquides cryogéniques sont des gaz liquéfiés conservés à l'état liquide à basse température. La Chine a en projet un train à très grande vitesse propulsé à l'azote liquide
Contrôleur de débit	Elément électrique détectant si le fluide est en circulation dans une canalisation
<u>COP</u>	Coefficient de performance. C'est souvent le COP thermique qui définit les performances d'une pompe à chaleur. $COP = \text{Puissance thermique restituée} / \text{Puissance électrique consommée}$
<u>Coup de bélier</u>	La fermeture brutale d'une valve dans un circuit hydraulique provoque une pointe de pression dans le circuit appelée « coup de bélier »

Crépine	Filter généralement à grande maille placée sur l'aspiration d'une pompe. Le circuit comprend généralement un clapet anti-retour pour éviter le désamorçage.
Craie	Roche calcaire à grain fin se désagrègeant facilement en laissant une trace blanche. Les couches superficielles du bassin parisien sont constituées de craie.
Crue	Montée anormale du niveau de la rivière suite à forte précipitation.
Culée	Appui d'extrémité d'un barrage voûte ou d'un pont sur les berges.
D	
Débarquer débarquement	Action consistant à rejoindre la berge et à sortir de son embarcation.
Débit	Volume d'eau (m ³) passant dans un circuit hydraulique en une seconde. Le débit est un paramètre important qui caractérise la capacité d'un circuit hydraulique à transmettre de la puissance hydraulique ou thermique. En liaison avec la pression dans le premier cas et avec la température dans le deuxième cas.
Défluent	Chenal se séparant du cours d'eau principal sans restitution.
Dégazeur	Organe qui permet de séparer l'air de l'eau dans une installation hydraulique. Il peut être utilement surmonté d'un purgeur automatique.
Démocratie	Forme de gouvernement en opposition avec l'autocratie dans lequel la souveraineté appartient au peuple
Dérivation	Action consistant à dévier un cours d'eau. L'implantation d'une dérivation peut être motivée par l'irrigation, l'alimentation en eau d'une ville ou la production électrique. L'eau est restituée à la rivière plus en aval. Une dérivation ne dévie que très rarement la totalité du débit de la rivière, une partie, souvent insuffisante, est laissée dans le lit majeur de la rivière pour assurer la survie de l'écosystème constitué par la rivière.
Dérochement	Enlèvement des roches dans une rivière pour l'approfondir ou dégager le passage.
<u>Dénivellation</u>	Différence de niveau.
<u>Déperdition</u>	Les déperditions calorifiques représentent les pertes thermiques à vaincre pour chauffer un local. Ces déperditions varient en fonction de la conductibilité des matériaux utilisés
Désydratation	Manque d'eau
Détendeur	Il permet de réduire la pression d'un réseau aval par rapport à la pression plus élevée d'un réseau amont (on parle aussi de réduction ou de régulateur de pression) Le circuit hydraulique fermé d'une pompe à chaleur comprend <u>un détendeur disposé entre le condenseur et l'évaporateur</u>
Déversoir	Ouvrage artificiel par lequel s'écoule le trop plein d'une retenue. Le déversoir comprend souvent deux parties, le déversoir proprement dit ou seule, l'eau s'écoule, et le pertuis destiné au passage des bateaux quand la hauteur d'eau le permet.

Diagramme de Mollier	Ce diagramme décrit le cycle thermodynamique d'une machine frigorifique.
Digue	Ouvrage servant à contenir les eaux de la rivière lorsqu'elle est en période de crue.
Dilatation	Augmentation du volume d'un corps sous l'action de la chaleur. Les métaux ont des coefficients de dilatation plus faibles que les plastiques tels que le PVC ou le polyéthylène. Un volume d'eau se dilate environ de 4% entre 0 et 99°C
Disconnecteur	Rendu obligatoire dans toutes les installations de chauffage, il permet de séparer le circuit chauffage du circuit d'eau sanitaire, du réseau public au réseau privé
DJU	Les degrés jour unifiés permettent d'évaluer la sévérité du climat. Pour chaque jour de la période de chauffage (environ 232 jours) la différence entre la température intérieure (18°C) et la température moyenne extérieure est notée. L'addition des 232 valeurs donne le DJU.
Doigt de gant	Fourreau destiné à recevoir une sonde afin de mesurer une température
Domanial	Qui appartient à un domaine, en particulier à l'État. Exemple, forêt ou rivière domaniale.
Domanialiser	Annexer au domaine de l'État. Domanialiser une forêt ou une rivière.
Dragage	Travail de la drague.
Drague	Engin destiné à enlever le gravier, le sable ou la vase du fond de la rivière.
Droit de passage	Ce droit a fait l'objet d'une loi concernant la rivière et l'eau
E	
Eau blanche	Eau moins porteuse que l'eau courante. Par exemple au pied d'une chute d'eau ou d'un barrage il y a formation d'eau blanche en raison de l'air en émulsion dans l'eau. <i>Archimède nous a appris que << tout corps immergé dans un liquide reçoit une poussée verticale dirigée de bas en haut égale au poids du liquide déplacé >></i> on comprend que l'eau blanche soit dangereuse car tout "corps" immergé dans de l'eau blanche est moins poussée vers la surface.
Eau courante	L'eau qui s'écoule dans une rivière est par nature de l'eau courante en raison de la pente du lit de la rivière. L'eau courante est souvent mieux oxygénée que l'eau morte des lacs ou des étangs en raison du brassage de l'eau dans les rapides.
Eau morte	Peut se dire d'une réserve d'eau mal oxygénée
Eau plate	Dans les lacs par temps calme
Eau vive	Celle des torrents

<u>Echangeur</u>	Un échangeur thermique est un appareil à double circuits séparés qui permet à partir d'un fluide primaire de réchauffer ou de refroidir une fluide secondaire (échangeur à plaque, tubulaire, à serpentin..etc). Il fonctionne généralement à contrecourant.
Echelle limnimétrique	Echelle graduée servant à visualiser la hauteur d'eau et permettant d'évaluer le débit de la rivière On parle aussi d'échelle hydrométrique.
Echouage	Action de s'échouer.
Ecluse	Ouvrage étanche, délimité par deux portes, une dalle de fond et des parois latérales, permettant à un bateau le passage d'un bief à un autre.
Ecocide	Le crime d'écocide y est défini comme une action concertée et délibérée tendant à causer directement des dommages étendus, irréversibles et irréparables à un écosystème.
Ecologie	Science qui étudie les conditions d'existence d'un être vivant dans son environnement naturel. L'écologie appliquée moderne traite de l'ensemble des problèmes relatifs à la protection de la faune et de la flore et à la survie du milieu naturel, à la notion de chaîne alimentaire, ainsi qu'aux préoccupations relatives à l'environnement humain.
Ecologique	Qui respecte la nature et l'environnement
<u>Ecosystème</u>	Ensemble écologique constitué par un milieu naturel et les êtres vivants dans celui-ci. La rivière avec sa flore aquatique et ses poissons constitue un écosystème..
Ecoulement	Déplacement d'un fluide, en particulier de l'eau, par effet gravitaire. Un écoulement peut se faire en restant à la surface du sol (ruisseau ou rivière) ou vers le sous-sol (infiltration). S'il rencontre une couche de terrain imperméable il peut former une rivière souterraine.
Effet Joule	Chaleur dégagée par un courant électrique traversant un conducteur (résistance électrique) La connaissance de la loi d'Ohm permet de connaître la puissance thermique dégagée par un radiateur électrique ou perdue dans une liaison électrique. Elle est égale à UI ou RI^2 , U étant la chute de tension en volt, R la résistance du conducteur en Ohm et I les courant circulant dans le conducteur en Ampère
Elagage	Action de couper les branches d'un arbre en lui conservant une charpente équilibrée.
Embouchure	Point ou une rivière se jette dans la mer ou un lac
Emulsion	On dit qu'un liquide est émulsionné lorsqu'il contient de l'air. L'eau en aval d'un barrage est très souvent émulsionnée et de ce fait nettement moins porteuse.

Endothermique	<p>Ont dit qu'une réaction est endothermique lorsqu'elle génère du froid. Inversement une réaction est dite exothermique lorsqu'elle génère de la chaleur. A titre d'exemple, lors de la détente du fluide caloporteur de l'évaporateur d'une pompe à chaleur aquathermique la réaction est endothermique. Elle génère du froid ce qui refroidi la rivière et augmente sa teneur en oxygène pour son plus grand bien.</p>
Endurance	<p>Capacité de résister à la fatigue</p>
Energie fatale	<p>La chaîne énergétique utilisée pour produire une énergie sous une forme utile à l'homme à partir d'une forme d'énergie qui ne correspond pas à son besoin n'est jamais parfaite. Des dissipations d'énergie se produisent lors du processus de transformation. On parle d'énergie fatale pour quantifier l'énergie inutilisée lors d'un processus de production. L'énergie fatale est donc une énergie perdue dans des flux incontrôlés considérée parfois à tort comme inutilisables. L'énergie fatale est la plupart du temps de l'énergie thermique.</p> <p>Deux exemples :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'énergie perdue dans les gaz brûlés de la combustion qu'il s'agisse du moteur à explosion ou d'une chaudière. - L'énergie thermique perdue lors de la production de l'électricité nucléaire. <p><i>*Le moteur à cylindrée variable energine est un moteur thermique sans carburant qui produit de l'énergie mécanique à partir d'une source de chaleur externe du type air ou gaz chaud dont la température est supérieure à 150°C. Lorsque ce moteur est accouplé à un alternateur, il peut produire de l'énergie électrique</i></p>
<u>Energie finale</u>	<p>Il s'agit de l'énergie payante livrée au consommateur « en aval » (Essence, gaz, fioul, électricité du réseau EDF, bois). D'après l'organisme <i>NégaWatt</i> seulement 65 % de l'énergie primaire produite est aujourd'hui utilisée en énergie finale. Ceci en raison des pertes dues au stockage, au gaspillage, au transport et à la production. On estime que ce rendement pourrait atteindre 82 % si des mesures d'efficacité énergétique étaient prises.</p>
Energie grise	<p>L'énergie grise d'un matériau ou d'un système est la quantité d'énergie nécessaire pour assurer sa fabrication et son démantèlement. Elle s'exprime en kWh/m³</p> <p>Pour évaluer les performances d'un dispositif produisant précisément de l'énergie on compare cette énergie grise avec celle produite par le système pendant son cycle de vie. A titre d'exemple l'énergie grise consommée pour la fabrication des panneaux solaires est faible. On considère selon l'ensoleillement et l'orientation du panneau qu'il faut en règle générale un fonctionnement de 1 à 5 ans à un système genre photovoltaïque pour délivrer l'énergie qu'il a consommé pour sa fabrication. Ceci alors que sa durée de vie est supérieure et peut atteindre 25 ans voire plus. (Attention toutefois au vent.)</p> <p>Cette notion prend beaucoup d'importance par le fait que notre modèle économique actuel est principalement basé sur le prix de l'énergie.</p> <p>Elle est surtout évoquée dans le BTP gros consommateur d'énergie et également dans le cas des éoliennes</p>
Energie primaire	<p>L'énergie primaire est une forme d'énergie disponible dans la nature en amont avant toute transformation et transport.</p> <p>Le pétrole, l'uranium sont des énergies primaires, le bois non coupé, le vent, le soleil, les marées également</p>

Energie renouvelable (EnR)	<p>Une énergie renouvelable est une source d'énergie se renouvelant suffisamment rapidement pour être considérée comme inépuisable (Elle dure de nombreuses générations) Les énergies renouvelables sont issues de phénomènes naturels réguliers ou constants provoqués par les astres, principalement le Soleil (rayonnement), mais aussi la Lune (marée). Le pétrole, le gaz naturel et le charbon ne sont pas des énergies renouvelables car il faudra des millions d'années pour reconstituer les stocks d'énergie fossile que l'on consomme actuellement. De même, l'énergie nucléaire actuelle, issue de la fission des atomes d'uranium, ne peut pas être considérée comme une énergie renouvelable, la réserve d'uranium disponible sur Terre étant limitée. Seuls les réacteurs à fusion, en cours d'expérimentation, dont le carburant (des isotopes de l'hydrogène présents dans l'eau des océans de façon quasi illimité à l'échelle humaine), seraient des moyens de productions d'énergie utilisant une énergie renouvelable. Certains experts estiment que l'énergie géothermique profonde de la terre provenant de la radioactivité n'est pas renouvelable les puits de forage devant être déplacés périodiquement.</p>
Enrochement	Protection des berges par la pose de blocs en béton ou de rochers.
<u>Enthalpie</u>	<p>Fonction d'état de la thermodynamique mettant en évidence l'énergie thermique généré par un fluide lorsqu'il passe de l'état gazeux à l'état liquide.</p> <p>L'énergie reçue par le système est égale à sa variation d'enthalpie.</p> <p>Ce changement d'état s'effectue après compression préalable du fluide et est à la base du fonctionnement des pompes à chaleur modernes.</p>
Erosion	Phénomène résultant de l'action mécanique de l'eau qui arrache des particules de terre constitutives de la berge entraînant sa dégradation.
Estuaire	Endroit où le fleuve arrive à la mer.
Etiage	Niveau des basses eaux.
Etroit	Rétrécissement de la rivière pouvant provoquer un coincement de l'embarcation. On parle aussi d'étroiture
Eutrophie	État normal de développement, de vitalité, de nutrition d'un organisme ou d'une partie d'un organisme.
<u>Eutrophisation</u>	Dégradation d'un milieu aquatique provoqué par un excès de matières organiques telles que des résidus d'engrais provoquant la pullulation de petits êtres vivants, une carence en oxygène, la production d'algues et de vase avec opacification de l'eau. Ce phénomène aggravé par les rejets d'eau chaude, peut, au-delà de certaines limites, rompre l'équilibre entre les espèces, végétales ou animales, au profit de certaines d'entre elles.
Evaporateur	Composant d'une pompe à chaleur situé coté source froide assurant les transferts thermiques avec l'environnement lorsque le fluide caloporteur passe de l'état liquide à l'état gazeux. Lorsque ces transferts s'effectuent avec l'eau, il peut prendre la forme d'un échangeur à plaques dans lequel la réaction endothermique du fluide frigorigène refroidi l'eau de la rivière ou de la nappe phréatique libre.

Exothermique	<p>On dit qu'une réaction est exothermique lorsqu'elle génère de la chaleur. Inversement une réaction est dite endothermique lorsqu'elle génère du froid. A titre d'exemples la réaction de polymérisation des résines lorsque l'on fabrique des canoës et les kayaks en stratifiés est exothermique. (passage de l'état liquide à l'état solide)</p> <p>De même qu'est exothermique la réaction de <u>condensation du fluide caloporteur</u> d'une pompe à chaleur. (Passage de l'état gazeux à l'état liquide)</p>
F	
Falaise	Paroi rocheuse verticale.
Fascines	Fagots de branches fixés par des pieux pour assurer la protection des berges.
Faucardage	Couper les herbes dans le lit d'une rivière.
<u>Fleuve</u>	<p>Au sens strict et technique un <i>fleuve</i> est un cours d'eau qui se jette dans la mer. Il peut avoir ou non des affluents. L'Aa, long de 80 km est un fleuve aussi bien que l'Amazone qui fait 7000 km de long. La rivière par opposition au fleuve est un cours d'eau qui se jette dans un autre cours d'eau et elle peut avoir ou non des affluents.</p> <p>La Saône (480 km) est une rivière aussi bien que la Sorgue (35 km)</p> <p>Au sens usuel Le fleuve est un cours d'eau important par sa longueur et son débit alors que la rivière est un cours d'eau de moyenne ou de faible importance par sa longueur ou son débit</p> <p>Par ordre d'importance décroissante: Fleuve > Rivière > Ruisseau > Ru</p>
Flore	Ensemble des espèces végétales d'un milieu naturel. Par exemple la flore aquatique de la rivière
<u>Fluide caloporteur</u>	Communément utilisé pour désigner un fluide véhiculant de la chaleur
Fluvial	En rapport avec le fleuve.
Fluviographe	Appareil enregistrant le niveau d'un cours d'eau (appelé aussi limnigraphe ou limniphone lorsqu'un message oral est délivré par l'appareil)
Flysch	Formation sédimentaire constituée par des alternances de grès et d'argile plus ou moins schisteuse
<u>Force</u>	Dans un champ gravitationnel de $9,81 \text{ m/s}^2$, une force d'un Newton est la force nécessaire agissant sur une masse de 1 kg de 1 m/s en une seconde. L'accélération de la pesanteur sur la terre est telle qu'une masse d'un kilogramme est soumise à une force égale à 9,81 Newton
Fosse de dissipation	Située en aval d'un ouvrage situé dans le lit de la rivière la fosse permet de dissiper l'énergie de l'eau et d'éviter les affouillements.
Fonte	La neige représente une bonne partie des précipitations. Au printemps les rivières à régime nival sont alimentées par la fonte des neiges
Fouille	Excavation faite dans la terre afin de construire ou de réparer un ouvrage. Lorsque la fouille est réalisée dans le lit de la rivière elle doit être étanchée, par exemple par des pales planches, pour éviter que l'eau ne rentre à l'intérieur.
Fragile	Facilement périssable, délicat. (L'écosystème constitué par la rivière est fragile)

Frayère	Lieu de ponte des poissons.
Frigorigène	Se dit d'un fluide caloporteur que l'on fait évoluer dans un cycle frigorifique pour prendre de la chaleur dans un milieu à basse température et la rejeter dans un milieu à température plus élevée.
G	
Gabion	Cage en treillis métallique rempli de blocs de pierre utilisée pour protéger les berges ou comme soutènement des terres.
Gabionner	Action de poser des gabions.
Générateur	Appareil produisant de la chaleur à partir de la combustion (chaudière) ou de l'énergie électrique (effet Joule ou chauffage thermodynamique)
<u>Géothermie</u>	Etude de la chaleur de l'écorce terrestre et de son utilisation comme source d'énergie. (élévation moyenne de la température de 1°C par 30 m de profondeur) La présence d'aquifères superficiels dans les nappes phréatique souvent proches de nos rivières favorisent beaucoup les échanges thermiques. A tel point que la terminologie " <i>géothermie basse énergie</i> " (sous-entendu <i>basse profondeur</i>) perd sa signification.
Gicleur	Un gicleur, organe essentiel d'un brûleur fioul, est un petit orifice en paroi mince. Son diamètre et sa forme est fonction de la pression en amont du gicleur et du débit de combustible nécessaire pour assurer le besoin thermique. Sa forme permet de pulvériser le fioul selon un cône de pulvérisation donné (30, 45, 60°...) permettant de régler la longueur de la flamme
Glaciaire	Provenant de la fonte des glaciers. Peu nombreuses, les rivières à régime glaciaire telles que l'Arve, l'Isère ou l'Arc sont des rivières de haute montagne dont les hautes eaux sont atteintes en juillet-août
<u>Glacier</u>	Accumulation de glace issue de la transformation de la neige et soumise à écoulement lent . (125 m/an pour la mer de glace) Glace de glaciers Glacier alpin
Glaise	voir <i>argile</i>
Gradient géothermal	Elévation de la température du sol avec la profondeur. Il est voisin de 3°C par 100m de profondeur sous la surface terrestre.
Grain	Averse brutale et intermittente
Gravière	Lieu d'extraction du gravier pouvant provoquer un obstacle lors de la descente. On parle aussi de grille rocheuse pour évoquer un passage particulièrement encombré de rochers
Grès	Roche sédimentaire perméable constituée de grains de nature variable (silice cristallisée tel que le quartz, silicate double tel le feldspath, carbonate de calcium tel le calcaire)

Greenwashing	Le terme anglo-saxon greenwashing (ou « éco-blanchiment », ou encore « verdissage » est une méthode de marketing trop souvent utilisée par l'industrie pétrolière consistant à communiquer auprès du public l'argument écologique d'une manière trompeuse. Ceci pour améliorer son image et faire croire aux consommateurs que les produits fabriqués et vendus par l'entreprise sont respectueux de l'environnement
H	
Halieutique	Exploitation des ressources vivantes aquatiques. Ceci avec la pêche et l'aquaculture en mer et en eau douce des espèces vivantes végétales ou animales
Hauteur de retenue	Dénivellation entre le bassin amont et le bassin aval d'un barrage.
Hauteur libre	Hauteur de passage libre entre la surface de l'eau et le tablier du pont. On parle aussi de tirant d'air. Lors de la descente de la rivière il faut se méfier des passerelles basses ayant une hauteur libre trop faible pour permettre le passage.
Haut fond	Surélévation du fond de la rivière
Hélophyte	Plante semi-aquatique (pied dans l'eau, tige et feuilles dans l'air)
Hybride	Système composé d'éléments de différentes natures. Par exemple voiture hybride fonctionnant à l'essence et à l'électricité ou chaufferie hybride fonctionnant au gaz et à l'électricité
Hydraulique	Le mot hydraulique est surtout perçu comme une notion concernant l'énergie mécanique ou thermique pouvant être transmise par un fluide sous sa forme liquide.
Hydrographie	Aspect cartographique traitant de l'eau à la surface de la terre: bassin versants, courants marins, estuaires, lacs, zones humides telles que tourbières étangs marais.
Hydrologie, Hydrogéologie	Science de la terre relative au cycle évaporation condensation de l'eau dans l'atmosphère et son écoulement sur la surface terrestre et dans son sous- sol. Ceci en relation avec le traitement de l'eau, de ses propriétés ainsi que de son utilisation alimentaire, agricole, industrielle ou médicale.
Hydrologue	L'Hydrologue est un spécialiste de l'étude du cycle de l'eau à la surface de la terre. Il exerce son métier entre un laboratoire et le terrain. Ceci pour le compte de grandes sociétés d'équipement, de bureaux spécialisés, de la collectivité ou d'organismes de recherche.
Hydrométrie	Branche de l'hydrologie concernant la mesure du débit des rivières et de leurs nappes libres. On calcul dans la pratique le débit dans la rivière à partir d'une mesure de sa hauteur d'eau

Hydronymie	Branche de l'onomastique qui étudie l'origine du nom des cours d'eaux, en tenant compte de l'environnement historique, géographique et social.
Hydrothermie	Science qui relève de l'énergie thermique potentielle contenue dans l'eau en raison de sa chaleur spécifique importante. Ceci dans l'optique du prélèvement de la chaleur contenue dans les nappes libres ou captives ainsi que dans la mer ou les rivières.
IJK	
Ile	Partie de terre entourée par plusieurs bras de rivière.
Individualisation	Notion consistant pour un individu à s'approprier sa vie et à ne pas dépendre des autres. Il y a l'idée de "chacun pour soit" dans le mot individualisation
<u>Infiltration</u>	Passage lent d'un liquide à travers les interstices d'un corps solide
Inondation	Lorsque la rivière sort de son lit mineur suite à forte précipitation.
Interdiction	Action de défendre à quelqu'un de faire quelque chose. Par opposition à autorisation. Le stockage des déchets chimiques dans le sous-sol des rivières, même dans des containers étanches devrait faire l'objet d'une interdiction. Le touriste nautique débutant doit admettre que l'on ne peut en effet interdire d'interdire, ce serait en effet dans certain cas autoriser n'importe quoi.
<u>Joule</u>	Le Joule est la quantité de travail nécessaire pour soulever une masse d'un kilogramme de un mètre (Un joule = 1kgmètre = 0,239 calorie)
Jusant	Marée basse
K	Kelvin. Unité de mesure de la température absolue. 0 K = - 273 °C ou 27°C = 300 K
<u>Kevlar</u>	Fibre légère à haute résistance
KWh	Unité d'énergie correspondant à une puissance de un KW développée pendant une heure. Le KWh est utilisé aujourd'hui pour facturer l'énergie que nous consommons <i>Un kWh est égal à 3600 kiloJoules</i>
L	
Lâchure (lâcher d'eau)	Evacuation malheureusement souvent trop brutale d'une retenue d'eau pouvant être nécessaire pour : <ul style="list-style-type: none"> • Assurer le curage d'un cours d'eau • Réaliser un soutien d'étiage en période de basses eaux afin d'assurer la navigation. • Vidanger la retenue d'eau en amont d'un barrage.

Large	Lorsque le lit d'une rivière est large il faut un débit plus important pour assurer la flottabilité et les risques de maigres sont plus importants.
Limnigraphe	Appareil enregistrant le niveau d'un cours d'eau. (ou Limnimètre)
Lit	On parle du lit de la rivière pour décrire sa partie habituellement immergée. On dit qu'une rivière sort de son lit à l'occasion d'une crue entraînant une élévation anormale du niveau de la rivière en temps de crue, on parle aussi dans ce cas de lit majeur par opposition au lit mineur correspondant au niveau habituel de la rivière.
<u>Loi d'eau</u>	Se dit d'une régulation de température de l'eau de chauffage asservie sur la température extérieure selon une pente réglable
M	
Maigre	Partie d'un cours d'eau où l'eau est peu profonde et où l'on risque donc de s'échouer.
Maître Bau	Largeur maximum du bateau
Manomètre	Permet de mesurer la pression (hauteur manométrique) d'une installation
Marée	Variation périodique du niveau de la mer provoquée par la position relative de la terre, de la lune et du soleil
Marnage	Différence de niveau de la mer entre les marées haute et basse ou plus généralement variation de la hauteur d'un plan d'eau.
Marmite	Mouvement d'eau tourbillonnaire à la limite du courant et du contre-courant
Masse volumique	La masse volumique ou la densité d'un corps représente le rapport entre la masse d'un corps et son volume. L'eau est prise comme référence et a une masse volumique de 1 : une masse de un kg d'eau occupe un volume de 1 dm ³ .
Matériel	Ensemble de l'équipement et des objets que l'on utilise dans une activité
Méandre	Sinuosité du lit d'un fleuve ou d'une rivière. (Exemple : méandres d'Ambialet sur le Tarn)

Méditerranéen	Pour définir la typologie des rivières on parle des rivières de type méditerranéen pour cataloguer toutes ces rivières et ces fleuves côtier du sud de la France au régime fantasque devant supporter sur leur bas cours un été chaud et sec avec des précipitations parfois violentes au printemps et à l'automne sur la montagne toute proche.
Métamorphique	Se dit d'une roche (généralement profonde) qui a subi une transformation de sa texture
Micro algue	Une micro algue comprend en moyenne 1% de vitamine, 6% de minéraux, 13% de lipides, 15% de sucres, 60% de protéines, 5% autres
Microcentrale	Petite centrale de production d'électricité au fil de la rivière, la microcentrale, lorsqu'elle est installée sur les petites rivières touristique n'est pas aimée des descendeurs de rivière et des pêcheurs; elle peut assécher le lit de celle-ci sur une certaine longueur pour un bien piètre résultats en terme de kWh.
Mouille	Trou naturel creusé par un tourbillon permanent. C'est en quelque sorte le contraire du haut fond. Une mouille aggrave le danger d'un barrage à rappel car la profondeur étant plus importante à cet endroit on ne peut plus prendre appui sur le fond. Voir Eau blanche
<u>Moulin</u>	Construction ancienne réalisée en bordure de rivière qui tirait son énergie du courant (roue à aubes) pour moudre le grain.
Mouton	Sorte de très gros marteau pneumatique et mécanisé servant à enfoncer les pales planches
N	
Nappe alluviale	Nappe contenue dans le terrain situé de part et d'autre d'une rivière et contenue dans les alluvions de celle-ci. Les eaux de ces nappes peuvent être en liaison hydraulique directe avec les eaux du cours d'eau associé
<u>Nappe phréatique</u>	Nappe libre souterraine proche de la surface. C'est une nappe d'eau souterraine contenue dans un aquifère, limitée vers le bas, et éventuellement, latéralement
Non navigable	Inapte à la navigation
Navigation	Action de naviguer. Pour des raisons de sécurité, la navigation sur une rivière est parfois interdite par arrêté préfectoral.
Naviguer	Action consistant à se déplacer sur l'eau avec une embarcation. Une embarcation trouée n'est plus en état de naviguer.

Newton	Le célèbre physicien anglais Isaac Newton a donné son nom à l'unité de force du système international d'unités : Le Newton ou N En l'absence de frottement, un effort de un Newton agissant sur une masse de 1 kg est capable d'accélérer cette masse de 1 m/s ² (La vitesse augmente de 1 m/s chaque seconde)
Nival	Qui résulte de la fonte des neiges. Les rivières à régime nival sont nombreuses ; Ce sont des rivières de type montagnard ou le niveau augmente au printemps à la fonte des neiges.
Niveau (d'eau)	Caractérise la hauteur de la surface libre de l'eau et permet d'évaluer le débit de la rivière.
O	
Obstacle	Il s'oppose à la progression lors de la descente de la rivière. Ils sont naturels ou artificiels selon les cas. Une tentative de franchissement d'un obstacle artificiel est généralement plus dangereuse.
Orage	Précipitation brutale survenant en période chaude.
PQ	
Paleplanche	Profilé en métal enfoncé verticalement dans le sol pour protéger les berges et assurer l'étanchéité.
Parafouille	Rideau étanche placé sous un ouvrage situé dans le lit de la rivière et évitant l'affouillement.
Pascal	Le célèbre physicien français Blaise Pascal a donné son nom à l'unité de pression du système international Le pascal est la pression exercée par une force de un Newton sur une surface de 1 m ² (Un bar équivaut à 10 ⁵ Pascal)
Passe	Passage prévu dans un barrage pour le passage des poissons ou des bateaux lorsque le niveau le permet (aussi appelé pertuis) ; Passe à canoë kayak, à poissons, etc...
Passerelle	Petit pont destiné aux piétons ou aux animaux.
<u>PCB</u>	Produit chimique (polychlorobiphényle) provenant des anciens transformateurs électriques et affectant gravement la qualité des eaux et la santé des poissons
Pédologie	Etude scientifique de l'origine des constituants du sol.

<u>Pente</u>	<p>Inclinaison du lit de la rivière par rapport à l'horizontal.</p> <p>Exprimé en ‰ la pente moyenne d'une rivière est le paramètre qui caractérise bien la difficulté de celle-ci.</p> <p>Une pente de 30 ‰ correspond souvent à une rivière de classe IV voir V selon le niveau d'eau alors qu'une pente de 10 ‰ une rivière de classe II à III selon niveau.</p> <p>Une pente de 10 ‰ entraîne une perte de niveau de 10m par km parcouru.</p>
<u>Perméable</u>	<p>Qui peut être pénétré ou traversé par un liquide.</p> <p>Les rivières qui coulent sur des terrains perméables sont généralement moins en eau en raison des infiltrations qui pénètrent dans le sous-sol.</p>
Perré	<p>Mur incliné en pierres maçonnées ou non assurant la protection des berges.</p>
Perte	<p>Il peut arriver, dans les terrains perméables ou par suite de fissures souterraines, que la rivière disparaisse dans le sous-sol pour réapparaître en aval (exemple : les pertes de la Valserine)</p>
<u>Perte de charge</u>	<p>Lorsqu'un fluide circule dans une canalisation ou au travers d'un orifice il se crée des frottements qui entraîne une perte d'énergie qui se traduit par une chute de pression aussi appelée perte de charge.</p>
Pertuis	<p>Ouverture prévue dans un barrage pouvant parfois être utilisée pour le passage des bateaux.</p>
<u>Pesticide</u>	<p>Produit qui empêche le développement des animaux ou des plantes nuisibles, ou qui les détruit. Ce produit est maintenant reconnu comme dangereux pour la santé.</p>
Photosynthèse	<p>Processus par lequel les plantes vertes absorbent le gaz carbonique de l'air en rejetant l'oxygène</p>
<u>Phréatique</u>	<p>Qualifie une nappe d'eau souterraine, permanente ou temporaire, alimentée par les eaux d'infiltration..</p>
<u>Phytoplancton</u>	<p>Organisme fascinant de taille microscopique d'origine végétale vivant principalement à la surface des océans. Le phytoplancton a besoin de lumière pour survivre.</p> <p>Il est le premier maillon de la chaîne alimentaire, produit environ 80% de l'oxygène que nous respirons et absorbe 30% du gaz carbonique (CO₂) que nous rejetons participant ainsi à la diminution de l'effet de serre.</p>
Phytoremédiation	<p>Mot à l'étymologie venant à la fois du grec "phyto" qui signifie plante et du latin. "remedium" qui se rapporte au rétablissement de l'équilibre.</p> <p>Depuis quelques siècles on a découvert les capacités épuratoires des plantes pour le traitement de l'eau superficielle contenue dans notre nappe phréatique.</p> <p>(Diminution des taux en pesticides et en nitrates)</p>
<u>Phytosanitaire</u>	<p>Destinés à protéger les cultures des insectes ravageurs et des mauvaises herbes les produits phytosanitaires tels que les pesticides les fongicides et les herbicides se retrouvent dans les rivières et nos nappes phréatiques par ruissellement et infiltrations affectant parfois comme en Bretagne gravement la qualité de l'eau.</p>
<u>Ph</u>	<p>Le Ph mesure l'acidité d'un liquide.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si le Ph < 7, le liquide est acide - Si le Ph = 7, le liquide est neutre - Si le Ph > 7, le liquide est basique

Pile	Ouvrage de maçonnerie planté dans la rivière pour supporter les arches d'un pont.
PK	Abréviation de point kilométrique.
Plancher chauffant	Emetteurs thermiques à basse température constitué de tubes noyés dans une dalle en béton
Plagniol (planiol)	Partie de rivière sans courant avant un barrage ou un rapide
<u>Plancton</u>	Etre vivant de petite taille, voir microscopique. Il peut être d'origine animal : zooplancton ou végétale : phytoplancton.
Plenissimum flumen	Se dit du niveau maximum de la rivière avant débordement général.
Pleureur	Lorsque l'eau passe par-dessus un rocher
Point de rosée	Température à laquelle la vapeur d'eau contenue dans les gaz de combustion (ou dans l'air) va se condenser en eau (Environ 50°C). Si le combustible comprend du soufre les gouttelettes sont agressives ce qui peut entraîner la destruction du générateur ou du conduit d'évacuation des gaz brûlés)
Polder	Marais endigué et asséché. Paradoxalement les polders en bordure de Rhin sont des zones réservées à l'expansion des crues.
<u>Pollution</u>	Dégradation d'un milieu naturel par des déchets. La pollution est la pire des menaces qui pèsent sur nos rivières.
<u>Polyester</u>	Résine synthétique servant à l'imprégnation des tissus de verre dans la construction des bateaux en stratifié.
<u>Polyéthylène</u>	Matière plastique obtenue par polymérisation de l'éthylène utilisée pour la construction des embarcations de rivière sportive.
Pompe Thermopompe	Le terme <i>pompe</i> est le plus souvent utilisé pour décrire une machine mettant un fluide en mouvement (eau, huile, essence..) De grosses pompes à eau alimentent certains bassins d'eaux vives artificiels. On parle aussi de <i>pompe à main</i> pour le CK/mer. Egalement de <i>thermopompe</i> ou, ce qui revient au même, de <i>pompe à chaleur</i> . Les <i>pompes à chaleur</i> produisent de la chaleur à partir de l'énergie gratuite puisée dans l'environnement. L'eau, excellent vecteur de transmission (aquathermie), emmagasine en effet une chaleur inépuisable, propre, sans cesse renouvelée par le soleil et l'eau de pluie. C'est cette énergie prélevée gratuitement dans la nature qui peut servir à chauffer votre logement à un coût très avantageux. !
Pompe aquathermique	Les <i>pompes à chaleur</i> aquathermiques utilisent l'eau pour puiser l'énergie gratuite dans notre environnement. Les transferts thermiques se font en réinjectant l'eau pompée directement dans la rivière, dans un lac (non fermé pour des question de durabilité) ou le plus souvent dans le proche sous-sol des rivières à une température plus froide. La <i>pompe à chaleur</i> aquathermique, solution performante, est appelée à jouer un rôle important dans la production d'énergie thermique destinée au chauffage des bâtiments.

Pont	Ouvrage d'art traversant la rivière. Partie supérieure de l'embarcation,
<u>Pont thermique</u>	Partie de la structure d'une paroi dans laquelle les déperditions calorifiques sont plus importantes. Un pont thermique est source d'humidité et peut générer une condensation importante
Ponton	Plateforme flottante reliée à la terre servant à l'embarquement ou au débarquement des embarcations.
Porosité	La pédologie définit la porosité d'un sol comme étant le rapport du volume des espaces du sol non occupés par des éléments solides au volume total du sol. Ce rapport peut atteindre 0,5 à 0,6
Potentiel	Le mot potentiel ne doit pas être seulement associé à l'électricité (c'est-à-dire au volt mais plus généralement associé à la notion de ressource et de capacité énergétique. La matière comprend en son sein un potentiel d'énergie associé à sa température. Le potentiel énergétique de la matière et en particulier de l'eau est nul lorsque sa température est égale à 0 °K (-273°C)
Poupe (la)	Pointe arrière de l'embarcation
Pouvoir calorifique	Le pouvoir calorifique d'un combustible est la quantité de chaleur produite par la combustion. Il s'exprime en PCS ou PCI selon que l'on récupère ou non la chaleur latente de l'eau contenue dans les gaz brûlés. La différence entre ces deux valeurs est de l'ordre de 10%. On estime que la combustion de un litre de fioul ou de un m ³ de gaz naturel délivre une quantité de chaleur ou d'énergie correspondant à 10 KWh
Presse-étoupe	Joint constitué de différents éléments (tresse, téflon, torique) assurant l'étanchéité entre une partie en rotation (Par exemple l'axe d'entraînement d'une pompe) et le corps de pompe.
<u>Pression</u>	Rapport d'une force sur une surface donnée. La pression s'exprime le plus souvent en bar. Un bar correspond à un effort de 10 daN agissant sur une surface de un cm ²
Pressostat	Sonde signalant un changement de pression
Protéiforme	Qui change fréquemment de forme. Rien n'est plus protéiforme qu'une rivière. Selon son débit, le vent ou le ciel, les travaux que l'homme lui inflige, son cours change souvent de visage. Parfois calme et rassurant son cours peut devenir capricieux, inconstant et irrégulier.
<u>Puissance</u>	C'est une énergie par unité de temps qui s'exprime le plus souvent en KW. Un KW est la puissance nécessaire pour fournir une énergie de un KiloJoule en une seconde ou celle nécessaire pour élever une masse de 100 kg en une seconde
Purgeur	Appareil destiné à éliminer l'air d'un circuit hydraulique
Quartz	Variété de roche composée essentiellement de silice

R

Rabattement	Abaissement du niveau piézométrique d'un aquifère engendré par un pompage.
<u>Radiateur</u>	Emetteur thermique qui fonctionne par rayonnement et par convection
Radier	Base sur laquelle repose un ouvrage situé dans le lit de la rivière.
Rampe de mise à l'eau	Aménagement de la berge pour l'embarquement.
Raviner	Lorsque l'eau coule sur un terrain en pente en entraînant de la terre par érosion.
Réchauffeur	Elément chauffant monté sur le circuit d'alimentation du gicleur d'un brûleur de chaudière. La régulation interdit de démarrer le brûleur si le fioul n'a pas atteint une certaine température (environ 75°C). Ceci dans le but d'améliorer la combustion et de réduire les imbrulés (système breveté INPI Rudy Laurès 8814972)
Régime	Le régime caractérise l'écoulement de la rivière. Il peut être nival (fonte de neige), glaciaire (fonte des glaciers) pluvial (pluie) On parle aussi de régime laminaire ou turbulent pour caractériser la nature de l'écoulement de l'eau dans une tuyauterie
<u>Régulation</u>	Système qui permet de d'obtenir une température donnée en fonction d'un certains nombres de paramètres
Remous	Tourbillon provoqué dans le courant par le refoulement de l'eau au contact avec un obstacle (champignon)
Renard	Ecoulement sous un barrage pouvant provoquer une érosion souterraine.
<u>Rendement</u>	La notion de rendement un peu vieillotte est maintenant remplacée par celle de performance
<u>Résine</u>	Liquide à 2 voire 3 composants pouvant durcir par effet de catalyse. Il y a 3 principaux types de résine, polyester, vinylester et époxy. Les résines sont utilisées dans la construction plastique pour imprégner les tissus synthétiques.
Restitution	Ce terme désigne le retour dans la rivière des eaux venant d'un canal de dérivation .
Résurgence	Source particulièrement importante provenant d'une rivière souterraine. Les trois résurgences les plus importantes en France sont la <u>Fontaine de Vaucluse</u> sur la Sorgue, Les <u>sources de la Touvre</u> en amont d'Angoulême et les sources de la <u>Loue du Jura</u> .
Retenue	Etendue d'eau plate et sans courant caractérisant la partie amont d'un barrage.
Rigole d'alimentation	Alimente en eau le canal à partir du réservoir (rivière, lac ou étang)

Ripisylve	Formations végétales qui croissent le long des cours d'eau.
Rive	Ce terme permet de distinguer le côté droit du côté gauche dans une rivière lorsque l'on se place face à l'aval, c'est à dire généralement dans le sens de l'écoulement.
Rive droite	Côté droit de la rivière lorsque l'on se place face à l'aval (abréviation RD)
Rive gauche	Côté gauche de la rivière lorsque l'on se place face à l'aval (abréviation RG)
Rivière	Une rivière se jette dans une autre rivière (par opposition au fleuve qui se jette dans la mer).
Rivière canalisée	Rivière aménagée pour permettre la navigation commerciale.
Robine	Canal de communication d'un étang salé avec la mer
Robinet thermostatique	Monté à l'entrée du radiateur, il permet de réguler la température de la pièce en modulant le débit d'eau chaude alimentant le radiateur.
Rocher	Masse de pierre.
Ru ou Ruisseau	Petit cours d'eau.
Ruisseler	Lorsque l'eau coule sur un terrain en pente.
S	
Schiste	Les schistes sont des roches métamorphiques sous forme de strates qui se débitent en feuillets fins et parallèles. Elles se forment à fortes pression et à des profondeurs variant entre 4000 et 6000 m. Elles peuvent dans certains cas émerger au-dessus des roches sédimentaires comme sue le Salat.
Sédiment	Dépôt provenant en partie de la désintégration de roches transportées par les rivières et les fleuves. Les sédiments ne représentent que 5% en volume de l'écorce terrestre mais constituent 75% des terres émergées. L'épaisseur des sédiments qui recouvrent l'écorce terrestre est en moyenne de 2000m. Les argiles, les grès, et les calcaires représentent à eux seuls 99% des sédiments.
Sédimentaire	Une roche sédimentaire est constituée de sédiments qui n'ont subi que peu de transformation à la différence des roches métamorphiques
Sillage	Remous provoqué à l'arrière d'une embarcation lors de la propulsion
Siphon	Terme utilisé en rivière lorsque la rivière disparaît sous des rochers ou un éboulement.
Solastalgie	Détresse profonde avec stress qui survient lorsque le corps réagit à la perception de dangers à venir parfois perçus comme irréversibles de notre environnement. Les premiers symptômes, anxiété, insomnie, anorexie, dépression, peuvent perturber le système nerveux et entraîner des éruptions cutanées douloureuses (zona)

Sonde	Prise d'information qui relève une température, un débit ou une pression sur un point du circuit. Elle peut être extérieure ou intérieure au bâtiment, sur le retour ou le départ des circuits. A l'inverse des thermostats elles ne comportent pas d'organe mécanique de commutation mais seulement un élément sensible donnant une information analogique ou numérique de la valeur contrôlée pour les besoins de la régulation
Sorption	Je ne suis pas ingénieur chimiste mais ingénieur mécanicien admiratif. La sorption est sous toutes réserves un processus chimique par lequel une substance sous forme liquide ou gazeuse est <i>absorbée</i> (elle s'incorpore dans la totalité de son volume) ou <i>adsorbée</i> (elle adhère à sa surface). Et ceci à la demande dans ou sur une autre substance solide.
Souille	Tranchée aménagée au fond de l'eau et remplie de blocs de pierre afin de constituer l'appui de la protection des berges par enrochement.
Source	Arrivée d'eau par infiltration au point de départ d'un cours d'eau. Lorsque la source a un débit important on parle de résurgence.
Sous-sol	Ensemble des couches du sol situées au-dessous de la couche arable. L'exploitation du sous-sol constitué par les alluvions fluviales à proximité des rivières peut être une chance et une source de richesse pour les propriétaires riverains .
Souterrain	Sous la surface de la terre.
Soutien d'étiage	Pendant les périodes de basses eaux (étiage) on utilise les volumes d'eau stockés dans les retenues pendant l'hiver pour augmenter artificiellement le débit naturel de la rivière afin de maintenir la navigation en été.
Surgénérateur	Un surgénérateur est un réacteur qui produit plus d'isotopes fissiles qu'il n'en consomme
TU	
Tablier	Chaussée horizontale assurant la jonction à la partie supérieure d'un pont.
Talutage	Donner à la berge une inclinaison suffisante afin d'éviter qu'elle ne s'effondre.
Talweg (thalweg)	Ligne symbolique joignant les points les plus bas d'une vallée.
Tertiaire	Dans le bâtiment le <i>tertiaire</i> correspond aux édifices destinés à recevoir du public. A savoir les cafés/hôtels/restaurants, les écoles/lycées/université/pensionnat, les commerces, bureaux, hôpitaux, mairies et les infrastructures collectives destinées aux sports, aux loisirs et aux transports.
Thalassothermie	La thalassothermie est une chaîne énergétique permettant d'assurer notre confort thermique dans l'habitat. Elle est basée sur des échanges thermiques avec l'eau et ceci particulièrement avec l'eau de mer (thalasso), Cela en la refroidissant pour chauffer l'habitat en hiver et en la réchauffant pour le climatiser en été. C'est grâce à l'enthalpie du fluide caloporteur des pompes à chaleur qu'il est ainsi possible de tirer profit de la chaleur spécifique élevée de l'eau en minimisant notre consommation d'électricité et en abandonnant la combustion. (Voir page 40 de 2consommation.pdf)

<u>Thermodynamique</u>	Science qui traite du comportement thermique des corps et des transferts thermiques mis en jeu lorsque ces corps changent d'état
Thermographie	Technique permettant d'obtenir, au moyen d'une caméra appropriée, l'image d'une déperdition thermique observée dans le domaine spectral de l'infrarouge Cette caméra est particulièrement utile pour repérer les bâtiments les plus énergétivores. Les clichés aériens sont pris la nuit. Ils permettent de visualiser le rayonnement infrarouge normalement invisible en raison de sa faible longueur d'onde.
Tirant d'air	Espace vertical entre le niveau de la rivière et le dessous d'un pont.
Tirant d'eau	Espace vertical entre la ligne de flottaison d'une embarcation et le fond de celle-ci
Torrent	Rivière à forte pente.
Tourbillon	Masse d'eau tournant avec violence autour d'une dépression. (On parle aussi de marmite)
Tourillon	Pivot métallique.
Transparence	Lorsque l'on voit au travers (Translucide)
Tributaire	Adjectif permettant de comprendre la notion de hiérarchie en ce qui concerne les rivières. L'affluent est tributaire de la rivière dans laquelle il se jette lorsqu'il perd son nom et son identité.
Tunage	Système de protection des berges constitué par des fascines.
V	
Vague	Soulèvement local de la surface d'une étendue liquide dû à diverses forces naturelles (vent, courants, etc) creux de vague
Vanne	Organe mobile d'obturation d'un puits ou d'une écluse.
Vannelle (vantelle)	Petite vanne en métal coulissant dans un cadre et se manœuvrant avec un cric utilisée sur les canaux d'irrigation.
Veine d'eau	La zone centrale du courant en régime laminaire et non perturbé.
<u>Ventilo-convecteurs</u>	Emetteur thermique comprenant un ventilateur et un radiateur à ailettes dans lequel circule le fluide caloporteur (généralement de l'eau chaude)
<u>Vérin</u>	Organe de commande hydraulique (utilisé entre autre pour la motorisation des portes d'écluse et des barrages à clapets). <u>Une assistance technique gratuite</u> est fournie à partir de ce site pour le dimensionnement de ces vérins.

Viaduc	Pont très élevé ou très long permettant le franchissement d'une vallée par une voie ferrée ou par une route.
Volume balayé	Cylindrée utile d'un compresseur (hors volume mort) Contrairement aux compresseurs à piston les compresseurs scroll n'ont pas de volume mort ce qui explique en partie leurs meilleures performances
WZ	
Zone	On parle de zone inondable pour qualifier les superficies à l'intérieur du lit majeur de la rivière.
<u>Zone climatique</u>	3 zones climatiques ont été identifiées en France. La zone la plus froide H1, la zone de température intermédiaire H2, et une zone aux températures douces H3

82 Les abréviations

Vu l'immobilisme actuel on peut se poser une question : le dédale administratif et le labyrinthe bureaucratique actuel constitué par toutes ces administrations mentionnées **en GRAS** dans la colonne de gauche et proche de 150 ne serait-il pas le frein qui nous empêche d'évoluer plus rapidement en ce qui concerne nos chaînes énergétiques ? L'image du mille-feuilles administratif français en quelque sorte. Quant au « [monde du plastique](#) » [c'est plus de 200 abréviations](#) avec une grande nation les [USA qui n'est pas au top](#) à ce niveau

ABF	Architecte des Bâtiments de France
ACEA	Association des Constructeurs Européens d'Automobiles
ACERMI	Association pour la CERtification des Matériaux Isolants
ACS	Autorisation de Conformité Sanitaire
ADE	Assemblée des départements de France
ADCF	Association des Communautés de France
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
ADALE	Assemblée des Départements de France
AEE	Agence Européenne pour l'Environnement
AIEA	Agence Internationale de l'Énergie Atomique (IAEA)
ANDRA	Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs
ANR	Agence Nationale de la Recherche
AFIET	Association Française des Ingénieurs en Équipement Technique
AFNOR	Agence Française de Normalisation
AFPAC	Association Française pour les Pompes à chaleur
AFPG	Association Française des Professionnels de la Géothermie
ALUR	Accès au Logement et à un Urbanisme Rénové
AMO	Assistance à Maîtrise d'Ouvrage
ARENE	Agence Régionale de l'Énergie et de l'Environnement
ARF	Association des Régions de France
AIE	Agence Internationale de l'Énergie
AIEA	Agence Internationale de l'Énergie Atomique
AIFCK	Amicale des Internationaux Français de Canoë-Kayak
ALE	Agence Locale de l'Énergie (Pour exemple celle de la région lyonnaise)
AMF	Association des Maires de France

AMO	Assistance à Maître d’Ouvrage
ANAH	Agence Nationale de l’Habitat
ANDRA	Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs
ANSES	Agence Nationale de Sécurité Sanitaire
ANSM	Agence Nationale de Sécurité du médicament
APD	Aide Publique au Développement
APL	Aide Personnalisée au Logement
ARC	Association des Responsables de Copropriété
ASN	Autorité de Sûreté Nucléaire
ATEE	Association Technique Energie Environnement
Bâti	Abréviation concernant l’enveloppe d’un bâtiment qui délimite l’intérieur et l’extérieur
BBC	Bâtiments Basse Consommation (label)
BCE	Banque Centrale Européenne
BePOS	Bâtiment à Énergie POSitive
BES	Bilan Énergétique Simplifié
BET	Bureau d’Étude Technique
BFE	Bacterial Filtration Efficiency
BIRD	Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement
BIM	Bâtiment Information Modélisation
BNetzA	Bundesnetzagentur Agence fédérale de contrôle et de régulation des réseaux (Bohn)
Bq	Becquerel (unité de radioactivité)
BREEAM*	BRE Environmental Assessment Method
BRGM	Bureau de Recherche Géologique et Minière
BSID	Bordereau de Suivi des Déchets Industriels
BTP	Bâtiment et Travaux Publics
BTU	British Thermal Unit (environ 1 kJ ou 0,3 Wh)
BWR	Boiling Water Reactor
CAPEB	Confédération de l’Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment
CAO	Conception Assistée par Ordinateur ou Commission d’Appel d’Offres
CCC	Convention Citoyenne pour le Climat
CCE	Contribution Climat Énergie (ou taxe carbone)

CCHT	Courant Continu Haute Tension
CCI	Chambre de Commerce et d'Industrie et Centre du Commerce international
CCNUCC	Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CCS	Carbone Capture Stockage
CCTP	Cahier des Clauses Techniques Particulières
CDD	Contrat à Durée Déterminée
CDI	Contrat à Durée Indéterminée
CDOM	Combustible Dérivé des Ordures Ménagères
CDP	Carbon Disclosure Projet (ONG au Royaume-Uni sur l'impact environnemental)
CDQ	ChromoDynamique Quantique (ou en anglais Quantum ChromoDynamics)
CE	Commission Européenne
CEE	Certificat d'Economie d'Energie
CEA	Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives
CED	Catalogue Européen des Déchets
CEDRE	Centre de Documentation et de Recherche sur Pollutions Accidentelles des Eaux
CEE	Communauté Économique Européenne/Certificat d'Économie d'Énergie
CEEA	Communauté Européenne de l'Énergie Atomique (Euratom)
CEEDD	Centre d'Ecoute et d'Encadrement pour le Développement Durable
CEER	Conseil Européen des Régulateurs de l'Energie
CEESC	Commission d'Évaluation de l'Écotoxicité des Substances Chimiques
CELRL	Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres
CERN	Centre Européen de la Recherche Nucléaire
CESE	Conseil Economique, Social et Environnemental
CESI	Chauffe-Eau Solaire Individuel
CES	Conseil Économique et Social
CET	Centre d'Enfouissement Technique (désormais CSDU)
CFBR	Comité Français des Barrages et des Réservoirs
CFC	ChloroFluoroCarbone
CFDD	Commission Française de Développement Durable
CFDT	Confédération Française Démocratique du Travail
CGEDD	Commissariat Général de l'Environnement et du Développement Durable
CH₄	Symbole chimique du méthane (constituant principal du gaz naturel)

CIA	Central Intelligence Agency (Agence centrale de renseignement)
CIAT	Comité Interministériel d'Aménagement du Territoire
CIDD	Comité Interministériel pour le Développement Durable (CIDD = CIEN + CIES + CIPRNM)
CIJ	Cours Internationale de Justice
CIRED	Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement
CITEPA	Centre Interprofessionnel Technique d'Étude de la Pollution Atmosphérique
CLT	Cross Laminated Timber (bois lamellé croisé)
CNATP	Chambre Nationale des Artisans des Travaux publics et du Paysage
CNES	Centre National d'Études Spatiales
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
CO2	Gaz carbonique ou dioxyde de carbone
COP	Coefficient de Performance
COSTIC	Comité Scientifique et Technique de l'Industrie du Chauffage
CNOA	Conseil National de l'Ordre des Architectes
CNP	Conseil National du Paysage
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
CNTE	Conseil National de la Transition Écologique
CNTGI	Conseil National de la Transaction et de la Gestion Immobilière (Syndic de copropriété)
CNUED	Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement
CPCU	Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain
CPE	Contrat de Performance Énergétique
CPI	Cour Pénale Internationale
CQFD	Ce Qu'il Fallait Démontrer
CRE	Commission de Régulation de l'Énergie
CSCEE	Conseil Supérieur de la Construction et de l'Efficacité Energétique
CSDU	Centre de Stockage des Déchets Ultimes (type 1 dangereux, 2 ménagers...)
CSLT	Conseil Supérieur de la Législation Thermique
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
CUMAC	CUMuléACTualisé (se dit des kWh)
DAES	Département des Affaires Economiques et Sociales
DBO	Demande Biologique en Oxygène

DD	Développement Durable
DDASS	Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales de l'État
DDE	Direction Départementale de l'Équipement
DDEA	Direction Départementale de l'Équipement et de l'Agriculture
DDT	DichloroDiphénylTrichloéthane
DE	Direction de l'Eau
DGCCRF	Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et Répression des Fraudes
DGEC	Direction Générale de l'Énergie et du Climat
DGEMP	Direction Générale à l'Énergie et aux Matières Premières
DGSE	Direction Générale de la Sécurité Extérieure (Equivalent français du FBI aux USA)
DHUP	Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages
DJU	Degré Jour Unifié
DMS	Domaine Mail Server
Do	Dito (de même que)
DOE	Dossier des Ouvrages Exécutés
DPE	Diagnostic de Performance Énergétique
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DTU	Document Technique Unifié
DRIRE	Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
DUHP	Direction de l'Urbanisme de l'Habitat et des Paysages
DUP	Déclaration d'Utilité Publique
DV	Double Vitrage
ECS	Eau Chaude Sanitaire
EDF	Électricité de France
EE	Efficacité Énergétique
EEA	Agence Européenne de l'Environnement
EFSA	European Food Safety Authority (Autorité européenne de sécurité des aliments)
EGEC	European Geothermal Energy Council
EHPA	European Heat Pump Association
EIE	Espace Info Énergie
EJ	Effet Joule
EMBER	European Multimedia Bioinformatics Educational Resource

EnF	Énergie Finale
ENP	Eau Non Potable
EnR	Énergie Renouvelable
ENERPLAN	Syndicat des Professionnels de l'Énergie Solaire
EP	Énergie Primaire
EPAD	Etablissement pour Personnes Agées Dépendantes
EPOCA	Programme de Recherche sur l'Acidification des Océans
EPR	European Pressurized Reactor
ErDF	Électricité Réseau Distribution France
ESA	European Space Agency
ESR	Énergie Sans Rivière
ESSOC	(Loi pour un) Etat au service d'une société de confiance
EPTB	Établissement Public Territorial de Bassin
FAO	Food and Agriculture Organization
FCR	Fond Chaleur Renouvelable
FDM	Fondation Danièle Mitterrand
FEDER	Fond Européen de Développement Régional
FEE	Formation aux Économies d'Énergie
FEEBAT	Formation aux Économies d'Énergie des Entreprises et Artisans du Bâtiment
FFCK	Fédération Française de Canoë-Kayak
FFB	Fédération Française du Bâtiment
FLOT	Formation en Ligne Ouverte à Tous
FMI	Fond Monétaire International
FNAIM	Fédération Nationale de l'Immobilier
FNSEA	Fédération Nationale des Exploitants Agricoles
FNTP	Fédération Nationale des Travaux Publics
FOD	Fioul Domestique
FOPH	Fédération des Offices Publics de l'Habitat
FSE	Fond Social Européen
FSL	Fond de Solidarité Logement
GAFA	Acronyme des quatre géants du web, que sont Google, Apple, Facebook, Amazon.
GE	Génération Ecologie

GES	Gaz à Effet de Serre
GHE	Green Hydrogen Economy
GIEC	Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat
GPL	Gaz de Pétrole Liquéfié
GPSO	Agence locale de l'énergie pour le Grand Paris Seine Ouest
GrDF	Gaz réseau Distribution France
GTB	Gestion Technique du Bâtiment (domotique)
GWP	Global Warming Potential (effet de serre des fluides frigorigènes)
Ha	Hectare
HCFC	Hydrochlorofluorocarbures (exemple R22 GWP 1810)
HCR	Haut Commissariat des nations unis pour les Réfugiés
HFC	Hydrofluorocarbures (exemple R134a) GWP 1430
HFO	Hydrofluoroléfines (exemple HFO1234ze) GWP 6
HLM	Habitation à Loyer Modéré
HPE	Haute Performance Énergétique (label)
HQE	Haute Qualité Environnementale
HR	Hygrométrie Relative (%)
IDDRI	Institut du Développement Durable et des Relations Internationales
IDEMU	Institut de l'Écologie en Milieu Urbain
IDMC	Internal Displacement Monitoring Center (Genève)
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IESF	Ingénieurs Et Scientifiques de France
IFFEN	Institut Français de Formation en Énergétique
INED	Institut National d'Études Démographiques
INES	Institut National de l'Énergie Solaire
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique
INRAE	Institut de Recherche œuvrant pour un développement durable de l'Agriculture, l'Alimentation et de l'Environnement
INSA	Institut National des Sciences Appliquées
INSEE	Institut National de la Statistique et des Études Économiques
IRENA	Agence Internationale pour les Énergies Renouvelables
IRIS	Institut des Relations Internationales et Stratégiques

IRSN	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
ISR**	Investissement Socialement Responsable
ITE/ITI	Isolation Thermique par l'Extérieur/par l'Intérieur
ITER	International Thermonuclear Experimental Reactor
kWh	Kilowatt-heure
k€	milliers d'€uros
kgm	Kilogramme-masse
LCDM	Lambda Cold Dark Matter (Modèle cosmologique lambda matière noire froide)
LDD	Livret de Développement Durable
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design (HQE français aux USA)
LRE ***	Loi sur la Responsabilité Environnementale
LSCE	Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement
LTO	Light Tight Oil (Pétrole de schiste US)
M€	millions d'€uros
MdE	Maîtrise de l'Énergie
MEAE	Ministère de l'Europe et des Affaires Etrangères
MEDAD	Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement Durable
MEDEF	Mouvement des Entreprises DE France
MEDDE	Ministère de l'Écologie du Développement Durable <u>et de l'Énergie</u>
METL	Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MO	Main-d'œuvre
MOA	Maîtrise d'ouvrage
MOE	Maîtrise d'œuvre
MOP	Maîtrise d'Ouvrage Publique
MOX	Mélange d'Oxydes de plutonium et d'uranium appauvri
MTES	Ministère de la transition Ecologique et Solidaire
MWh	Mégawatt-heure
NDC	Nationally Determined Contributions
NF	Normes Françaises
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NOME	Nouvelle Organisation du Marché de l'Électricité (projet de loi)

OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Économique
OCES	Oilgear Computer Engineering Service
ODD	Objectif de Développement Durable
ODJ	Ordre Du Jour
OGM	Organisme Génétiquement Modifié
OIF	Organisation Internationale de la Francophonie
OIM	Organisation Internationale pour les Migrations
OMM	Organisation Météorologique Mondiale
OMS	Organisation Mondiale pour la Santé
ONEMA	Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques
ONG	Organisation Non Gouvernementale
ONU	Organisation des Nations Unies
OPAC	Office Public d'Aménagement et de Construction
OPEE	Organisation des Pays Exportateurs d'Électricité (prospective)
OPEP	Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole
OPECST	Office Parlementaire d'Évaluation des Choix Scientifiques et Techniques
OPQIBI	Organisme Professionnel de Qualification de l'Ingénierie Bâtiment Industrie
OPPBTP	Organisme Professionnel de Prévention pour le Bâtiment et les Travaux Publics
OTAN	Organisation du Traité de l'Atlantique Nord
PAC	Pompe à Chaleur ou Politique Agricole Commune
PAM	Programme Alimentaire Mondial
PBD	association en charge du Plan Bâtiment Durable
PCB	PolyChloroBiphényle)
PCI/PCS	Pouvoir Calorifique Inférieur et Supérieur
PDALPD	Plan Départemental d'Action pour Les Personnes Défavorisées
PEHD	PolyEthylène Haute densité
PELD	PolyEthylène Low Density (basse densité)
PET	PolyEthylène Téréphtalte
PGC	Plan Général de Coordination
pH	Pourcentage d'hydrogène (échelle d'acidité ou basicité d'une solution de 0 à 14)
PIB	Produit Intérieur Brut (Gross Domestic Product)
PIG	Programme d'Intérêt Général (au sens de la construction et l'habitat)

PLAGEPOMI	Plan de Gestion des Poissons Migrateurs
PLU(I)	Plan Local d'Urbanisme (Intercommunal)
PMR	Personnes à Mobilité Réduite
PNR	Parc Naturel Régional
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
PP	PolyPropylène
PPE	Programmation Pluriannuelle de l'Energie
PPP	Partenariat Public Privé
PREH	Plan de Rénovation Energétique de l'Habitat
PRG	Potentiel de Réchauffement Global (GWP)
PRP	Potentiel de Réchauffement Planétaire
PSE	Polystyrène Expansé
PTEF	Plan de Transformation de l'Economie Française
PTZ	Prêt à Taux Zéro
PV	Procès-Verbal
PVC	PolyChlorure de Vinyle
QHSE	Qualité, Hygiène, Sécurité, Environnement
QPC	Question Prioritaire de Constitutionnalité
R&D	Recherche et Développement
RCTA	Réunion Consultative du Traité sur l'Antarctique
RGPD	Règlement Général de Protection des Données
RGE	Reconnus Garants de l'Environnement
RMC	Radio Monté Carlo
RMI	Revenu Minimum d'Insertion
ROI	Return On Investment
RSA	Revenu de Solidarité Active
RSE	Rivière Source d'Énergie ou Responsabilité Sociétale des Entreprises
RSF	Réacteur à Sels Fondus
RSI	Retour sur Investissement
RT	Réglementation Thermique
RTE	Réglementation Thermique Environnementale ou Réseau de Transfert d'Electricité (EDF)
SC/SF	Source Chaude/Source Froide

SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (document)
SAV	Service Après Vente
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SDPC	Schéma Directeur de Prévision des Crues (bassin de la Loire + Bretagne)
SPS	Sécurité, Protection de la Santé
SEM	Société d'Économie Mixte (partenariat public-privé)
SER	Syndicat des Énergies Renouvelables
SFE	Société Française d'Écologie
SFEN	Société Française d'Énergie Nucléaire
SHAB	Surface HABitable
SHON	Surface Hors Œuvre Nette
SI	Système International (d'unités)
SNBC	Stratégie Nationale Bas Carbone
SNI	Syndicat National de l'Isolation
SRCAE	Schéma Régional Climat Air Energie
SRU	Solidarité et Renouvellement Urbain
SSB	Sahara Solar Breeder
STEP	Station de Transfert d'Énergie par Pompage où STation d'EPuration
SV	Simple Vitrage
SWE	Solar Water Economy
SWIFT	Society for Worldwide Interbank Financial Telecommunication
TC	Taxe carbone
TCE	Tous Corps d'Etat
Tep	Tonne équivalent pétrole
TFA	Acide TriFluoroAcétique
THC	TétraHydroCannabinol (cannabis)
THPE	Très Haute Performance Énergétique
TICPE	Taxe Intérieure de Consommation sur les Produits Énergétiques
TOR	Tout Ou Rien (mode de marche des anciennes chaudières)
TRI	(Troisième) Révolution Industrielle
TSMC	Taiwan Semiconductor Manufacturing Company
UE	Union Européenne

UFC	Union Fédérale des Consommateurs
UICN	Union Internationale pour la Conservation de la Nature
UIT	Union Internationale des Télécommunications
UNESCO	United Nations Educational Scientific and Cultural Organization
UNICLIMA	Syndicat des Industriels du Génie Climatique
UNIS	Union des Syndicats de l'Immobilier
UNPI	Union Nationale de la Propriété Immobilière (sa vision de l'audit énergétique)
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
UNU	Université des Nations Unies (branche universitaire de l'ONU créée au Japon en 1973)
USH	Union Sociale pour l'Habitat
VMC	Ventilation Mécanique Contrôlée
VNF	Voies Navigables Françaises (fret fluvial)
Wc	Watt crête
WEO	World Energy Outlook
WIKI****	Wikipédia (Encyclopédie libre)
WWF	World Wild Fund (Fond mondial pour la nature)
WWW	World Wide Web (toile d'araignée Mondiale internet)
YAB	Yann Arthus Bertrand
ZFE	Zone à Faibles Emissions

*BRE Environmental Assessment Method est la méthode d'évaluation du comportement environnemental des bâtiments développée par le « Building Research Establishment » (BRE), un organisme privé britannique de recherche en bâtiment. Il est l'équivalent des référentiels HQE

**Un investissement socialement responsable est selon les Lutins un investissement qui rend l'aide et le pétrole inutile

***La responsabilité environnementale (LRE) introduit le principe du « pollueur-payeur » dans le droit français qui reconnaît « pour la première fois, que la biodiversité a un prix et qu'elle rend des services à la collectivité »
Concernant la pollution des nappes d'eau souterraines et de la rivière, celui qui est en amont a du fait de cette loi une lourde responsabilité vis-à-vis de ceux qui sont en aval.

****Lancé en 2001 par les américains Jimmy Wales et Larry Sanger l'encyclopédie libre Wikipédia (WIKI) est devenu le cinquième site internet le plus visité au monde. Il a prouvé que les hommes aiment leur rivière.

83 Les citations

Albert Einstein

"Deux choses sont infinies : l'Univers et la bêtise humaine. Mais, en ce qui concerne l'Univers, je n'en ai pas encore acquis la certitude absolue"

Je crains le jour où la technologie surpassera les interactions humaines le monde connaîtra alors une génération d'idiots

La folie, c'est se comporter de la même manière et s'attendre à un résultat différent.

Il est plus facile de désintégrer un atome qu'un préjugé

L'Etat est notre serviteur et nous n'avons pas à en être les esclaves.

Le monde ne sera pas détruit par ceux qui font le mal, mais par ceux qui les regardent sans rien faire. »

L'imagination est beaucoup plus importante que l'intelligence

Jean Jaurès

L'histoire enseigne aux hommes la difficulté des grandes tâches et la longueur des accomplissements mais elle justifie l'invincible espoir

Le courage, c'est de chercher la vérité et de la dire

Il ne faut avoir aucun regret pour le passé aucun remords pour le présent et avoir une confiance inébranlable dans l'avenir

Quand les hommes ne peuvent changer les choses, ils changent les mots.

De Gaulle

Le patriotisme, c'est aimer son pays. Le nationalisme, c'est détester celui des autres.

Des chercheurs qui cherchent on en trouve, des chercheurs qui trouvent on en cherche

Jancovici

Il n'y a pas d'innovation sans contrainte

Winston Churchill

Il n'y a rien de négatif dans le changement, si c'est dans la bonne direction.

Il y a qu'une seule réponse à la défaite c'est la victoire

Jacques Attali

La seule chose vraiment rare : le temps.

Oscar Wilde

L'expérience est le nom que chacun donne à ses erreurs.

La fatalité veut que l'on prenne toujours les bonnes résolutions trop tard.

Mark Twain

L'homme qui est pessimiste à 45 ans en sait trop, celui qui est optimiste après n'en sait pas assez.

Il y a des gens qui, à propos de certains problèmes, font preuve d'une grande tolérance. C'est souvent parce qu'ils s'en foutent.

Paul Valéry

La guerre un massacre de gens qui ne se connaissent pas au profit de gens qui se connaissent mais ne se massacrent pas.

Un chef est un homme qui a besoin des autres

Yannick Jadot

Aujourd'hui, vous avez des énergies renouvelables, qui sont deux fois moins chères que le nucléaire et qui créent trois fois plus d'emplois

Balendard

Le véritable progrès en ce qui concerne l'énergie n'est pas seulement de produire différemment, c'est conjointement de consommer moins.

L'absence de concurrence est une plaie pour celui qui attend et une niche pour celui qui entreprend.

Pour assurer leur survie les animaux ont une intelligence collective supérieure à celle d'homo sapiens

Le monde comme le cerveau de l'homme est divisé en deux parties, l'une qui pense savoir et l'autre qui souhaite apprendre.

Pour réussir notre transition énergétique, il faudrait que ceux qui pensent savoir écoutent ceux qui souhaitent apprendre.

Ceci dit à partir du moment où ceux qui "souhaite apprendre" doute des capacités de ceux qui "pensent savoir" il me semble c'est le manque de confiance et ses conséquences.

Les amis de Balendard

Si réfléchir est de la masturbation intellectuelle, je pense que certaines personnes n'ont jamais eu d'orgasme... *Louis Trabut*

Divers

La démocratie, ce n'est pas la loi de la majorité, mais la protection de la minorité. *Albert Camus*

Qui ne doute pas acquiert peu. *Léonard De Vinci*

L'homme ordinaire est exigeant avec les autres. L'homme exceptionnel est exigeant avec lui-même. *Marc Aurèle*

Nos désaccords ne doivent pas nous désunir *Jo Biden*

Pour faire de grandes choses il ne faut pas être un si grand génie, il ne faut pas être au-dessus des hommes... Il faut être avec eux" *Montesquieu*

La vie est pièce de théâtre : ce qui compte, ce n'est pas qu'elle dure longtemps, mais qu'elle soit bien jouée. *Sénèque*

Le verbe « aimer » est difficile à conjuguer : son passé n'est pas simple, son présent n'est qu'indicatif et son futur est conditionnel *Jean Cocteau*

Ne regarde pas la cruche mais ce qu'elle contient *Proverbe chinois*

Le doute est la clé de toute connaissance *Proverbe persan*

Ce sont les lois de l'énergie qui gouvernent toute activité économique *Jeremy Rifkin*

La patience a beaucoup plus de pouvoir que la force *Plutarque*

Si dieu existe j'espère qu'il a une bonne excuse *Woody Allen*

L'intelligence est la capacité d'adaptation au changement *Stephen Hawkins,*

Si on arrive à se faire haïr, on sait que le boulot est bien fait *Charles Bukowski*

Ce qui me scandalise ce n'est pas qu'il y a des riches et des pauvres c'est le gaspillage *Mère Teresa*

La politique est l'art d'empêcher les gens de se mêler de ce qui les regarde *Paul Valéry*

L'amour et l'imagination sont les deux ressources renouvelables les plus précieuses *Yann Arthus-Bertrand*

Ce que l'on conçoit bien s'énonce clairement et les mots pour le dire arrivent aisément *Nicolas Boileau*

La violence est le dernier refuge de l'incompétence. *Isaac Asimov*

La meilleure façon de prédire l'avenir est de le créer. *Peter Drucker*

Dieu t'a offert 86 400 secondes aujourd'hui. En as-tu utilisée une pour dire merci *William Arthur Ward*

On apprend plus de ses propres défaites que des défaites des autres *Monica Seles*

Les malentendus sont toujours causés par l'incapacité à apprécier le point de vue d'autrui *Nicolas Tesla*

La terre est ma patrie et l'humanité, ma famille *Khalil Gibran*

On fait la guerre quand on veut, on la termine quand on peut *Machiavel*

Le repos de l'âme consiste à ne rien espérer *Proverbe oriental*

Une idée devient une force lorsqu'elle s'empare des masses *Karl Marx*

Il nous faut une nouvelle vision économique forte pour le monde et un plan pragmatique pour la concrétiser *Jeremy Rifkin*

« On ne peut pas rafistoler un modèle de société qui se base sur du toujours plus pour une minorité et toujours moins pour une majorité » *Pierre Rabhi*

L'expérience est un peigne que la nature nous donne une fois que nous sommes chauve *Proverbe Belge*

C'est l'ignorance et non la connaissance qui dresse les hommes les uns contre les autres *Kofi Annan*

La science la morale l'histoire se passe très bien de Dieu. Ce sont les hommes qui ne s'en passent pas. *Jean d'Ormesson*

Les opinions pèsent peu devant la toute-puissance des faits *Emile Zola*

La dette et une construction artificielle créée par les banques avec le consentement des états pour dépouiller les peuples et en faire des esclaves à leur solde. Les gouvernements sont au courant et ils laissent faire ! honte à eux *Michel Rocard*

Je n'aime pas l'expression devoir de mémoire. Le seul « devoir » c'est d'enseigner et de transmettre.
Simone Weil

Ne tenez pour certain que ce qui est démontré *Isaac Newton*

Il n'y a pas de place pour une influence religieuse dans l'état *Robert Badinter*

Il n'est pas de vent favorable pour celui qui ne sait pas où il va *Sénèque*

On parle parfois du changement climatique comme s'il ne concernait que la planète et non ceux qui l'habitent" *Ban Ki-moon*.

La terre n'appartient pas à l'homme c'est l'homme qui appartient à la terre *Sitting Bull*

Ne pas se repentir d'une faute en est une autre *Proverbe persan*

Le courage de la goutte d'eau c'est qu'elle ose tomber dans le désert *Lao She*

L'échec est la mère du succès *Proverbe chinois*

La liberté est le droit de faire ce que les lois permettent *Montesquieu*

Les honneurs je les méprise mais je ne déteste pas forcément ce que je méprise *Jean d'Ormesson*

Le maire : il peut changer la vie quotidienne de ses citoyens *Jean Claude Godin*

Il y a deux façons de se tromper : l'une est de croire ce qui n'est pas, l'autre de refuser de croire ce qui est
Soren Kierkegaard

Les calories sont des petits monstres, qui s'introduisent la nuit dans votre garde-robes, et qui rétrécissent vos vêtements *Pierre Desproges*

Le vrai plaisir de la dispute c'est la réconciliation *Guy Bedos*

Si vous voulez que vos rêves se réalisent, ne dormez pas ! *Citation juive*

Celui qui sait obéir saura commander *Confucius*

Il n'y a rien de plus permanent qu'un plan temporaire du gouvernement" *Milton Friedman*

Ma nature ne peut souffrir que l'on vive sans vieillir. *Proverbe français*

« Quand on ne peut revenir en arrière, on ne doit se préoccuper que de la meilleure façon d'aller de l'avant. » *Paulo Coelho*

Colère et intolérance sont les ennemis d'une bonne compréhension" *Gandhi*

Celui qui veut dire la vérité trouve les portes closes *Proverbe danois*

Le pessimiste se plaint du vent, l'optimiste espère qu'il va changer, le réaliste ajuste ses voiles
William Arthur Ward

De la hâte il ne reste que la fatigue *Proverbe vénézuélien*

Qui parle sème, qui écoute récolte *Pythagore*

La politique c'est l'Art de désintéresser les gens de ce qui les concerne *P. Valery*

L'art de la réussite consiste à savoir s'entourer des meilleurs *John Kennedy*

L'humour est la politesse du désespoir. *Kierkegaard*

L'ignorance mène à la peur, la peur mène à la haine et la haine conduit à la violence. Voilà l'équation". *Averroès*

Pour faire de grandes choses il ne faut pas être un si grand génie, il ne faut pas être au-dessus des hommes... Il faut être avec eux" *Montesquieu*

Le verbe « aimer » est difficile à conjuguer :

- son passé n'est pas simple
- son présent n'est qu'indicatif
- et son futur est conditionnel.

Jean Cocteau

Repose-toi d'avoir bien fait, et laisse les autres dire de toi ce qu'ils veulent. *Pythagore*

Il faut que je me défasse de la mauvaise habitude de vouloir toujours être écouté. *Victor Hugo*

L'homme devrait mettre autant d'ardeur à simplifier sa vie qu'il en met à la compliquer. *Henri Bergson*

"Comprendre pourquoi j'ai une opinion, c'est plus important que l'opinion que j'ai." *Albert Moukheiber*

Là où il n'y a le choix qu'entre lâcheté et violence, je conseillerai la violence. *Gandhi*

Étudier vaut mieux qu'ignorer *Proverbe québécois*

Il faut préférer l'utilité publique à celle privée *Proverbe latin*

Dans une avalanche, aucun flocon ne se sent responsable *Voltaire*

La réussite, c'est un peu de savoir, un peu de savoir-faire et beaucoup de faire-savoir. *Jean Nohain*

Les pays riches vont devoir oublier la croissance s'ils veulent stopper le changement climatique
The Guardian

La confiance ça se mérite ça ne se décrète pas *Dupont-Aignan*

La science, c'est ce que le père enseigne à son fils. La technologie, c'est ce que le fils enseigne à son papa.
Michel Serres

Le malin vit de l'imbécile et l'imbécile de son travail *Amérique latine*

Se réunir est un début ; rester ensemble est un progrès ; travailler ensemble est la réussite. *Henri Ford*

Pour faire de grandes choses il ne faut pas être un si grand génie, il ne faut pas être au-dessus des hommes... Il faut être avec eux" *Montesquieu*

L'ignorant affirme, le savant doute, le sage réfléchit *Aristote*

Un homme d'État est celui qui pense aux générations futures, et un homme politique est celui qui pense aux prochaines élections. *Abraham Lincoln*

La paix n'est pas l'absence de guerre, c'est une vertu, un état d'esprit, une volonté de bienveillance, de confiance, de justice. *Spinoza*

Nous n'héritons pas la terre de nos ancêtres, nous l'empruntons à nos enfants *Matthieu Martinelli*

L'éducation est l'arme la plus puissante qu'on puisse utiliser pour changer le monde. *Nelson Mandela*

Celui qui lutte n'est pas sûr de gagner, mais celui qui renonce à déjà perdu ! *Bertold Brecht*

Pensez à être moins curieux des hommes que de leurs idées *Marie Curie*

Il n'est pas de vent favorable pour celui qui ne sait pas où il va *Sénèque*

On parle parfois du changement climatique comme s'il ne concernait que la planète et non ceux qui l'habitent" *Ban Ki-moon*.

La terre n'appartient pas à l'homme c'est l'homme qui appartient à la terre *Sitting Bull*

Ne pas se repentir d'une faute en est une autre *Proverbe persan*

Le courage de la goutte d'eau c'est qu'elle ose tomber dans le désert *Lao She*

En politique on succède à des imbéciles et on est remplacé par des incapables *Georges Clémenceau*

En provenance d'auteurs inconnus

On ne construit rien de solide en ignorant le réel

To forget the temperature of the world drink warm tea and heat your house taking renewable energy in water

Seul on va plus vite, ensemble on va plus loin

Les idiots ignorent la complexité. Les génies la suppriment et les pragmatiques en souffrent. je fais partie de ceux-là

Il est plus difficile de faire simple que de faire compliqué

C'est un peu comme le canoéiste qui descend une "première" difficile et jonchée d'obstacles : il ne doit pas nécessairement être méfiant mais faire preuve à tous les instants d'une saine vigilance s'il veut arriver en bas de la rivière sans dommage en gardant un bon souvenir de la descente

Sœur Emmanuelle s'occupait des pauvres frère Emmanuel s'occupe des riches

On est en train de se foutre sur la gueule pour un bidule dont on ne connaît pas le contenu

Le travail est à la vie ce que le pétrole est à la mer

Il n'est pire sourd que celui qui ne veut pas entendre."

Il est inutile de chercher à convaincre quelqu'un qui ne veut pas entendre raison.

Il n'y a que les imbéciles qui ne changent pas d'avis

Le monde, comme le cerveau de l'homme, est divisé en deux parties : d'un côté ceux qui pensent savoir et de l'autre ceux qui souhaitent apprendre.

Pour réussir notre transition énergétique il faudrait que ceux qui pensent savoir écoutent ceux qui souhaitent apprendre

Le rire c'est comme les essuie-glaces, ça n'arrête pas la pluie mais ça permet d'avancer

Si l'on considère que la réussite c'est l'atténuation climatique alors les pays riches vont devoir oublier la croissance et le toujours plus

Celui qui ne combat pas a déjà perdu

L'ignorance mène à la peur, la peur mène à la haine et la haine conduit à la violence

Chien qui aboie ne mord pas.

Je suis responsable de ce que je dis, pas de ce que tu comprends

Une femme qui cherche à être l'égale de l'homme... manque simplement d'ambition !

C'est souvent compliqué de courir deux lièvres à la fois

"La faiblesse attise la haine"

La phrase "qui nourrira les pauvres s'il n'y a plus de riches" est un non-sens. Ce qui compte c'est ce que l'on peut acheter avec ce que l'on gagne

Quand tout sera privé on sera privé de tout

Les 2 théories de Cicéron. (55 Avant Jésus Christ)

« Les finances publiques doivent être saines, le budget équilibré, la dette publique réduite, l'arrogance de l'administration combattue et contrôlée, l'aide aux pays étrangers diminuée de peur que Rome ne tombe en faillite. Quant à la population elle doit encore apprendre à travailler au lieu de vivre de l'aide publique. »

La 2ème théorie de Cicéron :

- 1 – Le pauvre : Travaille,*
- 2 – Le riche : Exploite le 1,*
- 3 – Le soldat : Défend les deux,*
- 4 – Le contribuable : Paye pour les trois,*
- 5 – Le vagabond : Se repose pour les quatre,*
- 6 – Le poivrot : Boit pour les cinq*
- 7 – Le banquier : Escroque les six*
- 8 – L'avocat : Trompe les sept,*
- 9 – Le médecin : Tue les huit,*
- 10 – Le croquemort : Enterre les neuf,*
- 11 – Et le politique : Vit des dix.*

8 La clé USB

Ce livre de 170 pages que vous avez entre les mains est présenté sous la forme d'une petite encyclopédie au format A4. Il donne pour l'essentiel une vision des actions qui devront être prises avec nos nouvelles chaînes énergétiques afin de limiter le réchauffement climatique en cours en agissant sur le poste le plus lourd en termes de consommation d'énergie : celui de l'habitat.

Il est aussi accessible dans sa forme informatique sur la petite mémoire plate logée à l'intérieur de la page de couverture. Le lecteur estimant que le sujet développé dans une page de ce livre mérite approfondissement pourra grâce aux liens Microsoft mentionnés en bleu dans cette mémoire (fichier *SWE-avec liens.pdf*) accéder à l'approfondissement du sujet ayant retenu plus particulièrement son attention.

Il pourra aussi accéder grâce à internet visionner une [cartographie française, européenne et mondiale](#) orientée vers l'énergie et le dérèglement climatique.

Le site www.infoenergie.eu lui permettra également d'accéder à de nombreuses informations et à des compléments d'informations traitant du sujet qui l'intéresse plus particulièrement.

Cette petite mémoire plate permet aussi à l'auteur d'accéder aux échanges avec [Goodplanet](#) et [Batiactu](#).

Un projet de synthèse lui sera enfin proposé

Le livre la « *Solar Water Economy* » (SWE) est complémentaire au site sur l'énergie européenne www.infoenergie.eu et au livre « *La chaleur renouvelable avec la rivière* » édité par la société des écrivains.

Voir <https://www.societedesecrivains.com/la-chaleur-renouvelable-et-la-riviere.html/>

Les liens accessibles à partir de la mémoire

Pages	Liens
5	https://rivieres.info/patri/Pasteur-eau.pdf
7	infoenergie.eu/riv+ener/potentiel.htm
	http://www.infoenergie.eu/riv+ener/Sources%20potentielles.htm
	http://rivieres.info/patri/UN-OCEAN-POUR-LA-VIE.htm
9	http://rivieres.info/patri/Darcy.htm
	http://infoenergie.eu/formes.htm
11	http://rivieres.info/gpr/grosses4.pdf
	http://rivieres.info/patri/Introduction.htm
	Liens vers les 11 bassins versants de l'hexagone français
	http://rivieres.info/patri/propre.htm
14	http://www.infoenergie.eu/riv+ener/LCU_fichiers/LT-4-energies.pdf
15	http://www.infoenergie.eu/riv+ener/LCU_fichiers/RSE-eau-vehicule.pdf
16	http://infoenergie.eu/riv+ener/LCU_fichiers/LT-chaleur-specifique.htm
18	http://infoenergie.eu/riv+ener/chaines-energetiques-general.htm
20	https://www.dropbox.com/s/yc31clzca46ec6c/CO2-porte-conteneurs.xlsx?dl=0
22	https://www.dropbox.com/s/ddgh99pdzwmvwd2/Shift_Resilience__Tome1__A-IMPRIMER.pdf?dl=0
	https://www.dropbox.com/s/j1ynwpx00rapx2d/Shift_Resilience_Tome2__A-IMPRIMER.pdf?dl=0
	https://www.dropbox.com/s/qrgg4r6h4aivjuz/Shift_Resilience_Tome3__A-IMPRIMER.pdf?dl=0
	http://infoenergie.eu/riv+ener/energie-sans-riviere/voitures-electriques.htm
27	http://infoenergie.eu/riv+ener/moteur%20thermique.htm
29	http://infoenergie.eu/riv+ener/energie-sans-riviere/poele.htm
31	http://www.infoenergie.eu/riv+ener/LCU_fichiers/RSE-pac-et-environnement.pdf
32	http://infoenergie.eu/riv+ener/complements/Equilibrage%20hydraulique.htm
33	http://www.infoenergie.eu/riv+ener/LCU_fichiers/RSE-cop.pdf
37	http://www.infoenergie.eu/riv+ener/LCU_fichiers/WA-substitution-eau.pdf
39	http://infoenergie.eu/riv+ener/moteur%20thermique.htm
	https://www.societedesecrivains.com/la-chaleur-renouvelable-et-la-riviere.html/
42	http://infoenergie.eu/riv+ener/isolation-generalites.htm
57	http://infoenergie.eu/riv+ener/LCU_fichiers/ezgif.com-gif-maker2.gif
69	http://www.infoenergie.eu/riv+ener/LCU_fichiers/RSE-barrages.pdf
	http://rivieres.info/patri/energie-hydroelec.htm
73	http://infoenergie.eu/riv+ener/energie-sans-riviere/volta%C3%AFques.htm
74	http://www.infoenergie.eu/riv+ener/energie-sans-riviere/eolienne-grande-puissance.htm
78	http://infoenergie.eu/riv+ener/energie-sans-riviere/La%20fusion-nucleaire-controlee.htm
89	http://infoenergie.eu/oces/MLT.htm
	http://infoenergie.eu/riv+ener/LCU_fichiers/LT-croissance.htm
95	http://www.infoenergie.eu/riv+ener/LCU_fichiers/LT-conservation-energie.pdf
97	http://infoenergie.eu/riv+ener/climato-scepticisme.htm
116	http://www.rivieres.info/patri/empreinte-eco.htm
	https://www.yumpu.com/fr/document/read/4373404/glossaire-aide-memoire-du-chauffage-jatech-tm

Sommaire

INTRODUCTION : L'essentiel

	Chapitres	No page
1 L'eau		
11 L'eau sur terre.....		7
<i>Le fleuve Amazone</i>		8
<i>Le cycle évaporation-condensation</i>		9
<i>Les nappes libres et captives</i>		9
<i>Le ruissellement de surface</i>		10
<i>L'eau douce en France métropolitaine</i>		10
<i>Les grosses rivières, la pluviométrie, les zones humides et les bassins versants</i>		11
<i>Les aquifères superficiels et profonds</i>		12
<i>Les risques de sécheresse en France et dans le monde</i>		13
<i>L'eau, la boisson, l'électricité, et l'aquathermie</i>		14
12 L'eau formidable véhicule thermique		
<i>Capacité thermique de l'eau</i>		15
<i>Mélange et conductivité thermique</i>		16
<i>Introduction à l'enthalpie, mieux consommer et produire l'énergie</i>		17
<i>Au cœur de la matière</i>		18

2 Consommation de l'énergie	No page
21 Besoins actuels en énergie du citoyen	19
<i>Habitat</i>	19
<i>Voiture, nourriture</i>	20
<i>Agriculture locale, transport grandes distances, porte-conteneurs, avion</i>	21
<i>Consommation d'homo sapiens et</i>	22
- <i>en France</i>	
- <i>dans le monde</i>	23
22 Les chaînes énergétiques	
<i>Les mauvaises</i>	
<i>Le fioul et le gaz naturel</i>	26
<i>L'effet Joule et le moteur thermique</i>	27
<i>Le « pétrole »</i>	28
<i>L'acceptable</i>	
<i>Entre les mauvaises et la bonne : le bois</i>	29
<i>Le biogaz</i>	
<i>Introduction au chauffage thermodynamique</i>	30
<i>Le bon et le mauvais COP</i>	31
<i>Le diagramme de Mollier</i>	
<i>Chaud Froid Performances (CFP)</i>	33
<i>Le chauffage de l'habitat aujourd'hui et demain</i>	35
<i>La très bonne : la pompe à chaleur avec l'eau</i>	36
<i>Et si la France montrait l'exemple.....</i>	38
<i>Complément technique sur les chaînes énergétiques</i>	
<i>Sur les anciennes chaînes</i>	39
<i>Sur les nouvelles chaînes</i>	40

23 Passage à l'acte en région IDF ?

<i>Maintenant et après</i>	41
<i>Déperditions</i>	42
<i>Flux thermique sans mélange physique</i>	43
<i>Transferts thermiques dans une pompe à chaleur</i>	44
<i>Consommation dans l'habitat sans et avec voiture</i>	45
<i>Addition des potentiels superficielles et géothermales</i>	46
<i>Le potentiel thermique de la Seine à Paris</i>	49
<i>Paris intramuros et son environnement</i>	
<i>La chaufferie hybride</i>	50
<i>Les composants de la pompe à chaleur</i>	
<i>Le compresseur</i>	52
<i>Les échangeurs de température à plaques et à tubes</i>	53
<i>Le fluide caloporteur de la pompe à chaleur</i>	
<i>Les tuyauteries</i>	55
<i>La campagne ou la ville</i>	56
<i>Maison ou immeuble</i>	57
<i>Mon immeuble</i>	58
<i>Schéma hydraulique et photo chaufferie</i>	59
<i>Faisabilité d'un forage vers nappe libre</i>	60
<i>Boulogne-Billancourt 92100 point de départ de la SWE ?</i>	61

3 Production de l'énergie électrique

Les mauvaises méthodes

31 Le nucléaire

La fission	63
La fusion	64
L'EDF et le nucléaire	
L'Europe et le nucléaire	65
La dangerosité du nucléaire	66
Celle des déchets radioactifs	
Celle du militaire	
Heureusement le nucléaire c'est aussi...	67

32 Le charbon

Réserve et consommation	68
<i>La moins mauvaise : l'hydro-électricité</i>	69

Les bonnes méthodes

33 Le soleil

Solstices et équinoxes	70
L'angle de Milankovic	71
Panneaux solaires et biodiversité	
La production électrique des panneaux solaires voltaïques	
Stockage et autoconsommation locale ?	Faire modif

34 L'éolien

Collectif	74
Individuel ?	75
La complémentarité vent-soleil	76
Idyllique	
Réelle	
La production d'électricité verte en France	77

35 Stockage de l'électricité

<i>Les STEP</i>	78
<i>L'Hydrogène</i>	
<i>à basse température</i>	79
<i>à haute pression</i>	
<i>Complément technique sur l'hydrogène</i>	80
<i>Les batteries</i>	82
<i>Le facteur de charge</i>	83

36 La géothermie

<i>Le doublet</i>	84
<i>Le principe du forage rotary</i>	85
<i>L'eau géothermale en Ile de France</i>	
<i>Les réalisations géothermiques en IDF</i>	86
<i>Les réseaux souterrains et les égouts de Paris</i>	
<i>La « Solar Water Economy » dans Paris et sa banlieue ?</i>	87
<i>Le couple franco-allemand</i>	88

4 Les chiffres

<i>Les unités et le système international</i>	89
<i>Les équations aux dimensions</i>	

5 Le temps qui passe et :

<i>La formation du charbon</i>	91
<i>L'épuisement de nos ressources non renouvelables</i>	
<i>Les gaz à effet de serre</i>	92
<i>L'épuisement de nos ressources non renouvelables</i>	
<i>La population mondiale</i>	
<i>La montée des océans</i>	93
<i>Le bain ou la douche</i>	94
<i>La période de chauffe hivernale</i>	
<i>La mise en température d'une maison</i>	95
<i>L'alternance jour-nuit</i>	
<i>L'alternance été-hiver</i>	
<i>Tout et son contraire</i>	96
<i>Le réchauffement climatique</i>	97
<i>La terre notre deuxième maison</i>	
<i>Le changement climatique</i>	
<i>L'épuisement de nos ressources non renouvelables</i>	100
<i>Les lois et l'impuissance du Leader</i>	

6 L'urgence du changement

<i>61 Nos deux maisons</i>	103
<i>62 Moins de pollution</i>	
<i>La voiture</i>	104
<i>Le train</i>	
<i>Le train ou l'avion hybride</i>	105
<i>Les trains les plus rapides</i>	106
<i>L'avion à hydrogène</i>	
<i>La nourriture</i>	107
<i>63 Les pays émetteurs de GES</i>	108
<i>Démolition-reconstruction ou rénovation ?</i>	

7 La Finance et les acteurs

<i>71 Le modèle financier</i>	109
<i>72 Les acteurs</i>	110
<i>Intérieur à la copropriété</i>	111
<i>Extérieur à la copropriété</i>	
<i>Le maire, le préfet et les ministres,</i>	
<i>Les organismes, les corps de métier,</i>	112
<i>Les fabricants de chaudières, de pompes à chaleur, de composants</i>	
<i>Le mille-feuille</i>	
<i>73 Les prix de l'énergie électrique</i>	113
<i>La justice climatique</i>	115
<i>L'incitation au changement</i>	116

8 Le complément

Le lexique 119

Les abréviations 147

Les citations 159

9 La clé USB

La cartographie

Le projet de synthèse

Débit moyen des fleuves et rivières

- 20 à 100 m³/s
- 100 à 300 m³/s
- plus de 300 m³/s

ALTITUDES

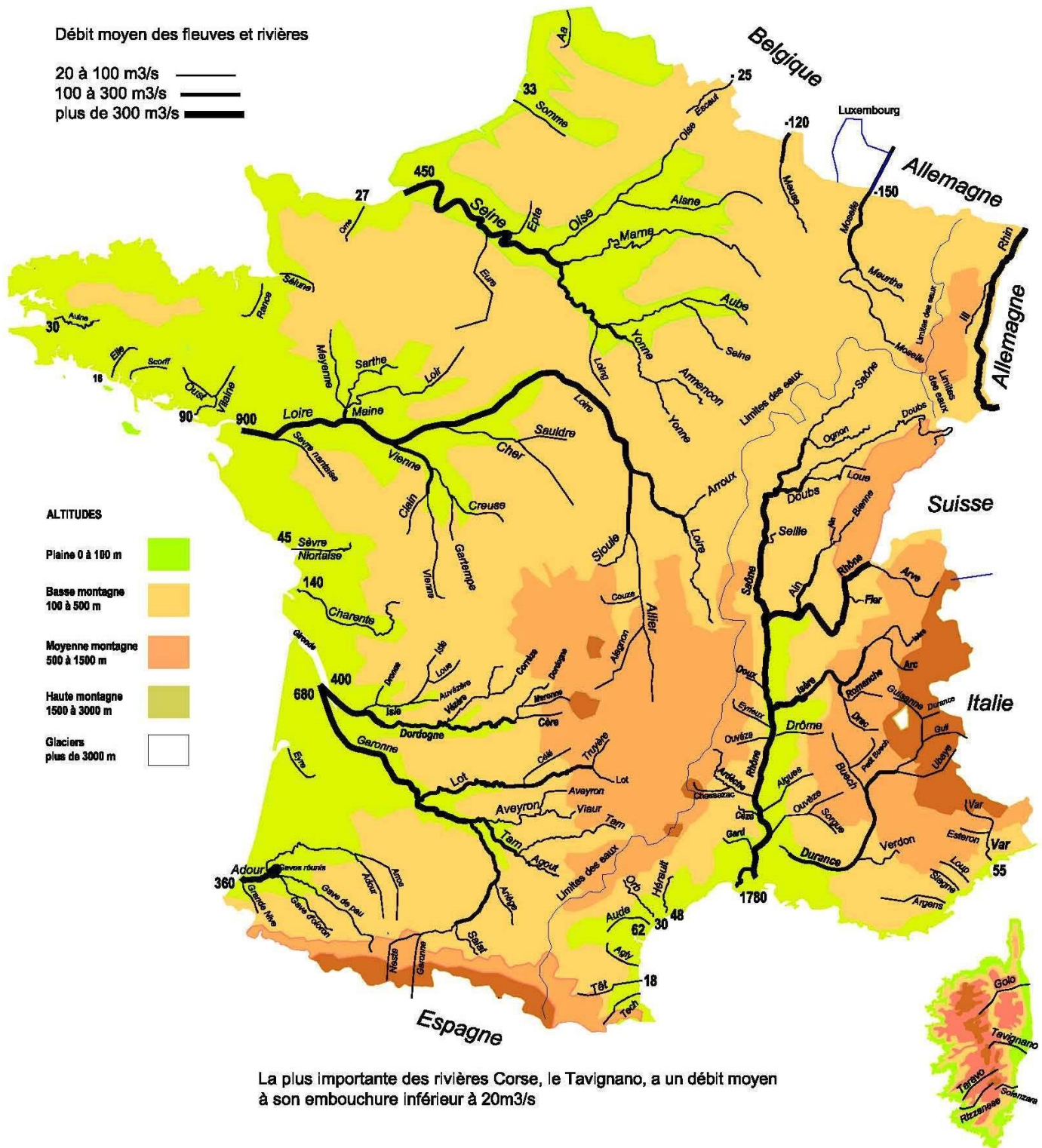
Plaine 0 à 180 m

Basse montagne 100 à 500 m

Moyenne montagne 500 à 1500 m

Haute montagne 1500 à 3000 m

Glaciers plus de 3000 m



La plus importante des rivières Corse, le Tavignano, a un débit moyen à son embouchure inférieur à 20m³/s