

**CONFERENCE**  
**de Jean Grossmann**  
**organisée par L'APPEM**



**L'eau réserve d'énergie thermique**

L'énergie thermique que contient l'eau est une source inépuisable.

Quel est l'état de l'art actuel ? Quelles technologies sont disponibles ? Quelle efficacité ?

**AOUT 2019 à 14h**

**SALLE DES FÊTES**

*La rivière en colère*

*Sa dépendance à l'énergie*

Je souhaite vous transmettre ici aux sources de la Loire un message d'espoir.

Ce message est le suivant: compte tenu des besoins énergétiques en France vous expliquez qu'il est réaliste de les satisfaire en minimisant voire en supprimant à terme l'usage des produits fossiles et du nucléaire au profit des énergies renouvelables. Ceci en mettant en évidence pourquoi, le soleil ainsi que les capacités thermiques de l'eau superficielle et celle de notre sous-sol sont mieux à même de les satisfaire que l'air et le vent. Ceci en abordant les changements de chaînes énergétiques que cela va impliquer et sans vous cachez les difficultés et les limites actuelles de ce changement.

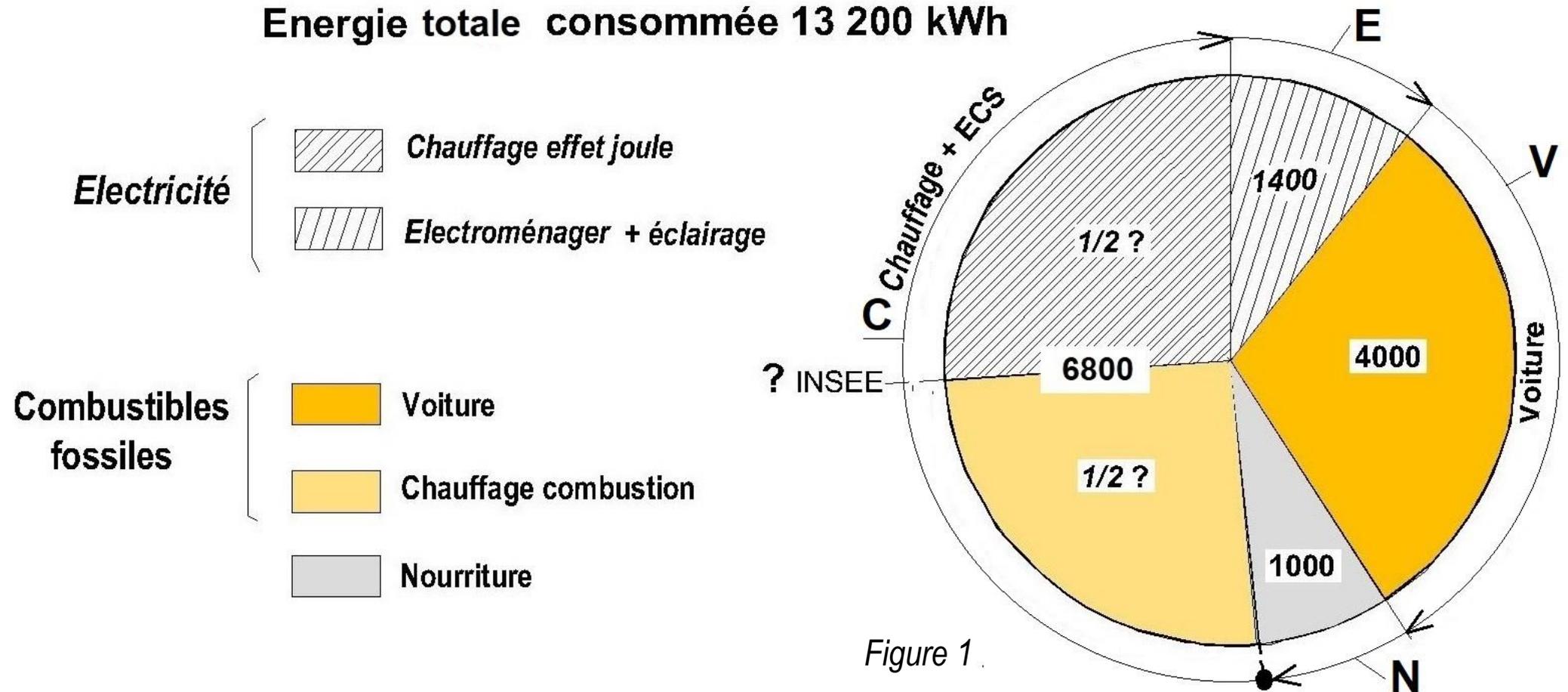
Nous allons aborder successivement:

1. **Les besoins du citoyen français en énergie** (Thermique, électrique, mécanique)
2. **Les chaînes énergétiques actuelles**  
Production: (nucléaire, hydroélectricité, OPEP avec le pétrole, gaz de schiste américain, gaz russe, charbon indien...)  
et consommation: (combustion du fioul et de l'essence, radiateurs électriques et effet joule, biogaz)
3. **Les chaînes énergétiques nouvelles**  
Comparaison avant-après  
L'eau (l'aspect thermique, les hauteurs de précipitation, le cycle de l'eau, les eaux superficielles et profondes  
Le soleil: production, autoconsommation, intermittence et stockage.  
L'air (pollution et santé) et le vent (irrégularité)  
La thermodynamique avec la pompe à chaleur puis les systèmes hybrides
4. **Les causes de l'urgence**
  - La satisfaction de nos besoins énergétiques à l'épuisement de nos ressources non renouvelables
  - Le dérèglement climatique et ses conséquences
5. **Et le Mézenc dans tout ça?**
6. **Synthèse**

S'il nous reste un peu de temps ce que j'espère vu qu'il est difficile de conclure sans aborder quelques points techniques complémentaires et l'aspect financier. Ces points avec la cartographie sont inclus dans le complément. Voir aussi [www.infoenergie.eu](http://www.infoenergie.eu) et [www.rivieres.info](http://www.rivieres.info)

# 1 Les besoins du citoyen français en énergie

Ceci en dehors du transport aérien de l'industrie et de l'agriculture



Comparaison déperditions maison / appartement voir P58

L'homme a besoin d'énergie pour se **chauffer**, s'éclairer, faire avancer sa voiture, manger.

Le type d'énergie diffère selon le besoin, 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 l'aliment elle est utilisée par homo sapiens d'une part sous forme d'énergie thermique pour maintenir son corps à 37 degrés vu que la température moyenne sur notre planète est voisine de 15 degrés centigrades et d'autre part sous forme d'énergie mécanique

- **C** Pour se chauffer, à savoir satisfaire ses besoins en énergie **thermique**, le français utilise actuellement deux chaînes énergétiques complètement différentes l'une de l'autre, d'une part la combustion du fioul ou du gaz et d'autre part l'effet joule, dans la pratique les radiateurs électriques. Le chiffre de **6800 kWh** est une prospective de ce que pourrait être la consommation moyenne assurant le chauffage de l'appartement d'un Français de l'hexagone habitant en ville. Le besoin en énergie du citadin français est en effet principalement le **chauffage** (Environ 50% du besoin total). Vivant en moyenne dans quelque 28 m<sup>2</sup> habitable dans un appartement qui dissipe quelque 250 kWh <sup>1</sup> par m<sup>2</sup> habitable, la quantité d'énergie thermique qu'il consomme annuellement pour se chauffer correspond sensiblement à 6800 kWh. Ce chiffre tient compte du fait que le besoin du citadin logé en appartement est plus faible par le fait que les surfaces de déperdition thermiques d'une maison sont très supérieures à celles d'un appartement. Cette orientation vers les immeubles et leurs appartements a été choisie pour donner une meilleure vision du futur et tenir compte d'un accroissement de la population urbaine qui va se faire progressivement au détriment de la population rurale <sup>2</sup>. Il n'y a pas encore à ma connaissance de statistique faisant la répartition combustion-chauffage électrique en France mais il a été estimé ici que la moitié des français se chauffe avec des radiateurs électriques et l'autre moitié avec la combustion. C'est peut-être un peu exagéré mais on ne devrait pas être trop loin de la réalité.
- **E** Le chiffre de **1400 kWh** correspond à **l'électroménager et à l'éclairage**
- **V** Pour satisfaire ses besoins en énergie **mécanique**, c'est-à-dire pour alimenter sa voiture, le français utilise actuellement presque exclusivement la combustion de l'essence et de ses dérivés. Ceci avec le moteur à combustion interne utilisant 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 chaîne énergétique, tout est malheureusement clair : mauvaises performances et pollution des villes avec les gaz de combustion (particules 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. Les 800 litres d'essence consommées annuellement par la voiture du couple fiscal homme-femme correspondent compte tenu du pouvoir calorifique de l'essence proche de 10 kWh par litre à une quantité d'énergie thermique de 4000 kWh pour chacun d'eux.

**N** Quant au dernier chiffre de **1000 kWh**, il correspond à des **aliments** consommés et produit localement. On sait qu'un individu a besoin en moyenne de 2500 calories par jour pour se nourrir. Ce chiffre étant majoré de 150 calories pour un individu actif et diminué de la même valeur pour un individu n'ayant aucune activité physique. Un grand sportif pouvant consommer jusqu'à 3250 calories. Mais attention il s'agit ici de la calorie alimentaire. Il faut dans la pratique multiplier ces chiffres par 1000 pour évaluer la consommation énergétique moyenne d'un individu si l'on raisonne dans le système d'unités international (Voir page 115). Cela si l'on tient compte de l'équivalent mécanique de la calorie égal à 4,18 joules selon l'anglais James Prescott. Cela revient à dire qu'un individu consomme en moyenne 2500 kilocalories par jour soit  $2500 \times 4,18 = 10\,450$  kilojoules par jour ou encore  $10\,450 \times 365 = 3\,815\,000$  kilojoules par an. Ou encore vu que 3600 kilojoules correspondent à 1 kWh sensiblement **1000 kWh annuellement**.

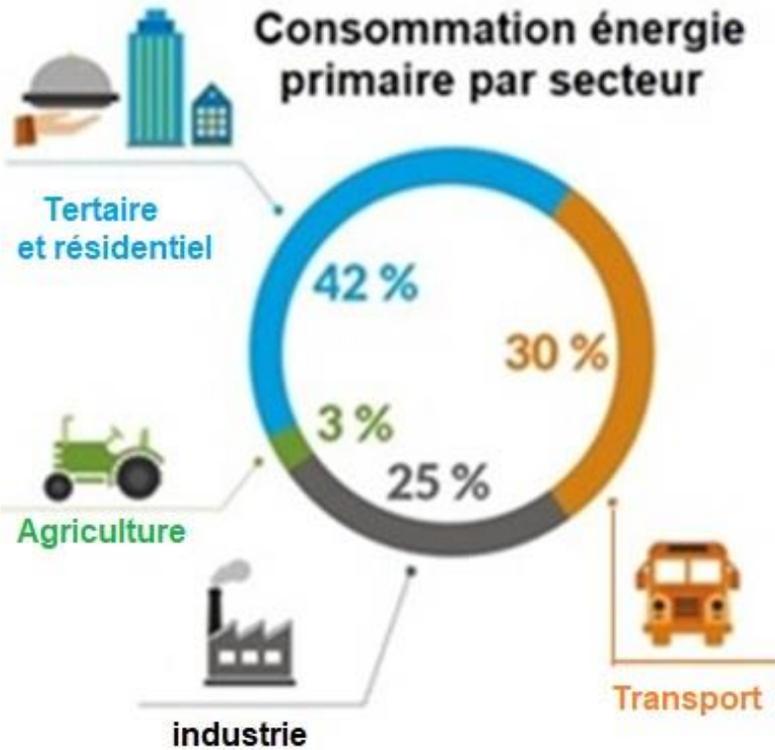
On observe donc sans crainte de se tromper et aussi incroyable que cela puisse paraître qu'homo sapiens consomme beaucoup plus d'énergie pour se chauffer et alimenter sa voiture que pour se nourrir. Il suffit pour cela de comparer les chiffres pour constater qu'il consomme en pratique environ 6 fois plus d'énergie pour se chauffer que pour s'alimenter. La différence étant un peu plus faible lorsque l'on fait la comparaison par rapport à la voiture.

Il faut toutefois faire la part des choses. Ce raisonnement n'est valable que si sa nourriture est produite localement. Il est tout autrement si homo sapiens fait venir sa nourriture des antipodes. L'énergie contenue dans l'aliment lui-même est souvent très inférieure à la quantité d'énergie qui a été consommée pour le transporter, ce qui est le cas du transport aérien et probablement encore plus le cas du transport maritime par porte-conteneurs en raison de la [résistance de vague](#). Une comparaison entre le poids de l'aliment et le poids de carburant qui a été nécessaire à son transport permet de dire que si cet aliment vient par exemple du Canada ces 2 poids sont sensiblement équivalents. Cela signifie que si 1kg d'aliment venant des antipodes parcourt 25 000 km par avion avant d'être consommé, il aura fallu brûler pratiquement plusieurs fois son poids en kérosène avant de pouvoir le consommer. Si l'on pousse plus loin le raisonnement on s'aperçoit que la quantité d'énergie qui a été consommée pour le transporter est selon la nature de cet aliment et son pouvoir nutritionnel sensiblement 180 à 18 fois plus importante que l'énergie contenue dans l'aliment lui même

Ces chiffres exorbitants devrait inciter :

- homo sapiens à cultiver et à manger local pour éviter le gâchis actuel du [toujours plus](#)
- un organisme comme l'ONU du bien fondé de taxer le kérosène pour l'aviation civile comme cela a souvent été évoqué dans Good Planet

# Ce qu' homo sapiens consomme selon les pays



*La France*

Figure 2

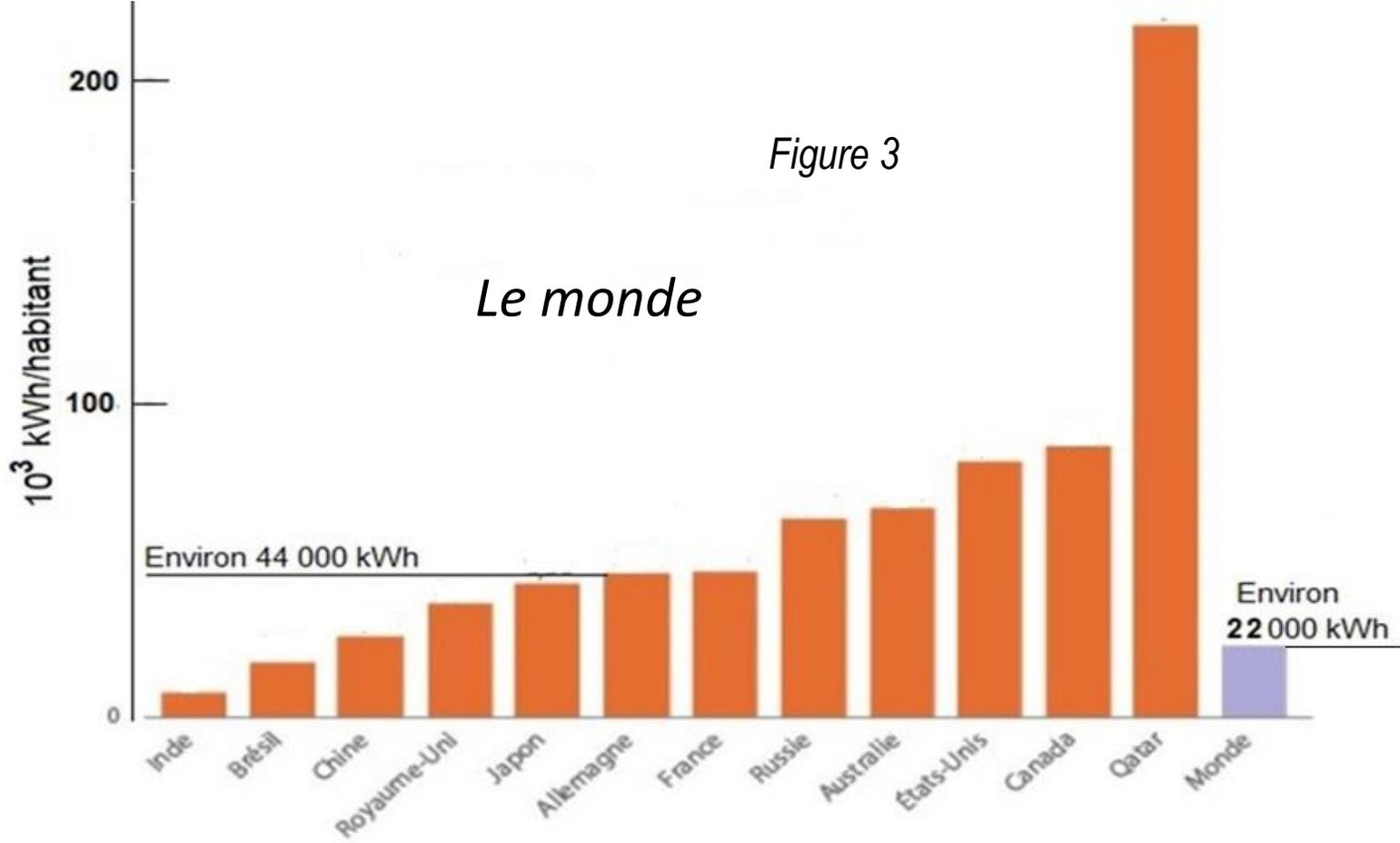


Figure 3

*Le Canada les USA l'Australie et la Russie sont les gloutons énergivores de la planète terre*

*L'énergie consommée par habitant varie considérablement selon les pays dans le monde (voir figure de droite).*

*La France se situe dans la moyenne (avec l'Allemagne).*

*On observe sur la figure 2 de gauche que la consommation d'énergie pour assurer le confort de l'habitat majorée de celle assurant le transport routier est presque 4 fois plus important que celle nécessaire pour satisfaire les besoins de l'industrie et de l'agriculture*

# 2 Les chaînes énergétiques actuelles

## L'électricité et les centrales nucléaires

*Production*



Figure 4

*La France produit 80% de l'énergie électrique qu'elle consomme avec le nucléaire. Notre pays est le seul pays au monde satisfaisant dans de telles proportions ses besoins en énergie électrique. Ceci alors que mondialement, l'énergie électrique d'origine nucléaire ne représente que 5 % de l'énergie primaire consommée. Cela signifiant que pour assurer le besoin mondial en énergie 90 % de l'énergie consommée est encore d'origine fossile !*

*Cette position singulière de la France fait suite à la décision du général de Gaulle à la fin de la deuxième guerre mondiale.*

*Environ  $\frac{3}{4}$  de nos besoins en électricité sont en effet assurés actuellement dans notre pays par une cinquantaine de centrales nucléaires en fin de vie disposées près des rivières. Ceci pour assurer le refroidissement des réacteurs. Il ne faut pas perdre de vue que ce refroidissement est indispensable en raison de leur rendement modeste voisin de 30%. Ceci un peu comme pour une voiture équipée d'un moteur à essence ayant des performances comparables avec un moteur qui casse s'il n'est pas refroidi. Cela signifie que sensiblement les 2/3 de l'énergie produite par la centrale nucléaire est perdue et dissipée en chaleur dans la rivière en élevant sa température et en affectant son écosystème. Dommage que Jacques Attali ait oublié de mentionner l'énergie thermique <sup>3)</sup> dans son livre 300 décisions pour la France.*

*Quant aux déchets radioactifs générés par nos centrales nucléaires, ils sont entreposés aux abords de la rivière avec les risques que cela comporte.*

*Une question se pose : la France aura-t-elle les capacités de remettre la nature à l'identique lors du démantèlement des centrales nucléaires en fin de vie ?*

*Les climatologues estiment que le réchauffement climatique est du à la présence de gaz à effet de serre dans notre atmosphère.*

*Ce que l'on peut dire aussi est le fait que si l'humanité devait assurer l'ensemble de ses besoins électriques avec le nucléaire cela pourrait affecter également le climat. Cela est dû on vient de l'évoquer à la performance relativement modeste de la chaîne nucléaire qui fait que sensiblement deux fois l'énergie électrique produite est dissipée sous forme de chaleur et en pure perte dans l'environnement.*

*De nombreux chercheurs dont Caroline Clason de l'Université de Plymouth se sont intéressés aux conséquences des essais nucléaires effectués à partir des années 1950 et 1960 ainsi que des catastrophes nucléaires comme celle de Tchernobyl. Ils ont mis en évidence qu'il n'y a pas que l'air qui véhicule la radioactivité. Quand des éléments radioactifs sont relâchés dans l'atmosphère, ils s'insèrent dans la vapeur d'eau qui s'y trouve et sont entraînés avec elle dans le cycle naturel évaporation à la surface des océans et condensation au-dessus de nos terres habitées ([Voir page 105](#)). Ils retombent ainsi sur terre sous forme de pluies acides qui sont absorbées par les plantes et le sol. Quand des éléments radioactifs tels que le césium tombent sous forme de neige sur nos montagnes, ils s'installent sur la glace en formant des sédiments plus lourds qui s'accumulent dans les glaciers. Cela est d'ailleurs une raison importante qui fait que la France en stockant ses déchets radioactifs issus de ses 50 centrales nucléaires près des rivières est sur la mauvaise voie en raison du risque de transmission vers l'aval et par l'eau de la radioactivité.*

*Quant à la combustion, nous ferions bien de prendre un peu plus en compte que notre d'intérêt est de laisser dans le sous-sol profond le carbone contenu dans les combustibles fossiles qui s'y trouvent. Il ferait bien aussi de réaliser qu'il est possible grâce aux échangeurs à plaques de prélever la chaleur incluse dans l'eau chaude des nappes captives profondes sans y prélever la radioactivité qu'elle contient*

*Le bon sens nous impose d'arrêter aussi rapidement que possible cette course en avant vers les combustibles fossiles et le nucléaire. Ceci afin de minimiser les déchets radioactifs entreposés aux abords de la rivière avec les risques que cela comporte <sup>4)</sup>*

*Il faut considérer la décision du général comme une décision prise dans l'urgence pour satisfaire nos besoins autrement vu l'incapacité de nos rivières de donner encore plus qui soit significatif en termes de volume. Cette décision ne deviendra une bonne décision que si la France a les capacités de remettre la nature à l'identique à l'emplacement des centrales nucléaires en fin de vie sans trop majorer le prix de l'électricité. Nous verrons par la suite que la seule chance de le faire semble bien être de passer au solaire voltaïque. Ceci particulièrement dans un monde où dans de nombreux pays et particulièrement aux indes les centrales à charbon sont loin d'être en fin de vie et vont pour cette raison fonctionner encore de nombreuses années.*

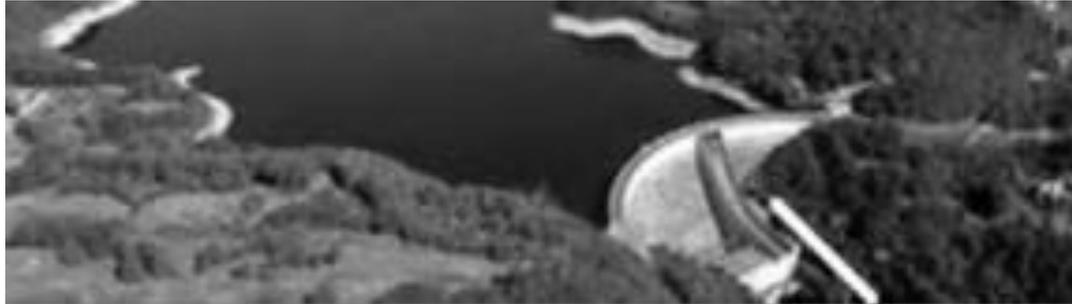
*La transition vers les énergies renouvelables pourrait malheureusement être bien longue et laborieuse. Ceci particulièrement si la seule motivation de fermer les centrales à charbon est le fait qu'elles sont trop vieilles et ne sont plus rentables comme cela est le cas aux USA qui vient de fermer une cinquantaine de ce type de centrales par décision du président Trump. La situation n'est guère plus réjouissante si l'on observe la guerre commerciale que se font actuellement sur le plan mondial les pays producteur de pétrole de l'OPEP avec les deux grands pays producteur de gaz que sont les USA et la Russie.*

*Pour ce qui nous concerne nous français, cette concurrence entre les pays producteur de gaz tire le prix du gaz vers le bas alors que le choix d'une technique couteuse comme le nucléaire tire en France le prix de l'électricité vers le haut (frais d'entretien associés à la complexité de la chaîne énergétique, stockage déchets radioactifs, frais d'assurance induites par la sécurité). Cela explique pourquoi le prix du kWh électrique est, pour nous utilisateurs, sensiblement 3 fois plus élevé que le prix du kWh gaz. Et ceci malgré une fiscalité à la limite du raisonnable sur les produits fossiles.*

*Le consommateur ayant tendance à aller vers le moins cher c'est-à-dire vers le pétrole pour équilibrer son budget on peut dire qu'on l'incite financièrement dans la pratique à s'orienter vers les combustibles fossiles! On observe qu'il y a quelque chose qui cloche dans le système actuel.*

[Areva pompier du Nucléaire](#)

# Les centrales hydroélectriques et l'écosystème rivière

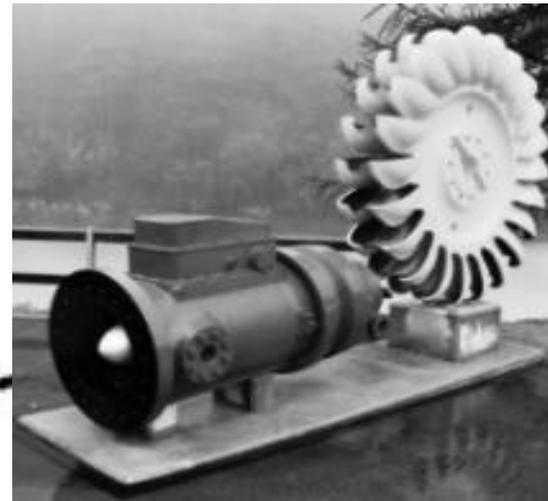


Turbine Pelton

Vitesse  $V$  à la buse

$$V = \sqrt{2gh}$$

$h(m)$



*Production*

*10% de l'électricité consommée en France provient des barrages*

*Figure 5*

# Les produits fossiles et la combustion



## *Production et importation*

Les Indes c'est le charbon

Les USA c'est le gaz de schiste

La Russie c'est l'exportation  
du gaz naturel ([vers l'Europe](#))

[La potentialité selon les formes d'énergie](#)

En France c'est souvent pour la consommation  
[le bois](#) ou le fioul à la campagne et le gaz en ville

*Mais la France n'a pas que des besoins en électricité. Bien que sa consommation en charbon soit heureusement faible elle s'approvisionne encore à grand frais comme la plupart des pays européens en énergies fossiles gaz et pétrole pour satisfaire ses besoins <sup>5)</sup>. Ceci principalement en raison de la mauvaise performance des chaînes énergétiques qu'elle utilise actuellement.*

*De nombreux pays particulièrement aux Indes ont encore des centrales à charbon qui sont loin d'être en fin de vie et qui vont fonctionner encore de nombreuses années voire quelques décennies pour les plus récentes.*

*Si on laisse de côté les pays producteurs de pétrole de l'OPEP, deux grands pays, les USA et la Russie se font actuellement une guerre commerciale pour exporter les produits fossiles exploités sur leur territoire. Le premier pays, les USA s'est engagé dans une voie consistant à exploiter le gaz de schiste par fracturation hydraulique <sup>6)</sup>. Le deuxième la Russie vu l'étendue de la Sibérie a probablement des réserves de gaz très importantes*

*Les USA pressent un citron qui n'a plus beaucoup de jus et ont semble-t-il peu de chance de gagner cette bataille contre la Russie. L'Europe à l'occasion d'un accord franco-allemand vient d'ailleurs de faire son choix récemment en officialisant la construction d'un gazoduc en mer baltique <sup>7)</sup>*

*Cette décision a probablement été prise en raison d'une perte de confiance de l'Europe sur l'avenir du nucléaire et la nécessité d'assurer à l'avenir le besoin en électricité pendant la période hivernale malgré le caractère intermittent des énergies renouvelables.*

*On a vu en page 8 que parmi les voisins de la France seule l'Angleterre semble vouloir faire bande à part et persister avec le nucléaire. On peut même penser que cette situation a un rapport avec le Brexit. L'Allemagne et la Suisse quant à elles ont stoppé le nucléaire. Les Pays bas, la Belgique, l'Italie restent en l'état. L'Espagne commence à démanteler. Quant à la France elle a pris la décision de ne démanteler Fessenheim que lorsque que Flamanville fonctionnera. Ce qui pourrait laisser supposer que si l'EPR de Flamanville est un échec elle prolongera encore quelque temps Flamanville.*

*Il faut se faire à l'idée que la transition vers les énergies renouvelables sur le plan mondial va être longue. (Voir [page 122](#) la citation de Jean Jaurès)*

[Les CET en France](#)

[Le charbon en France](#)

# La combustion du fioul

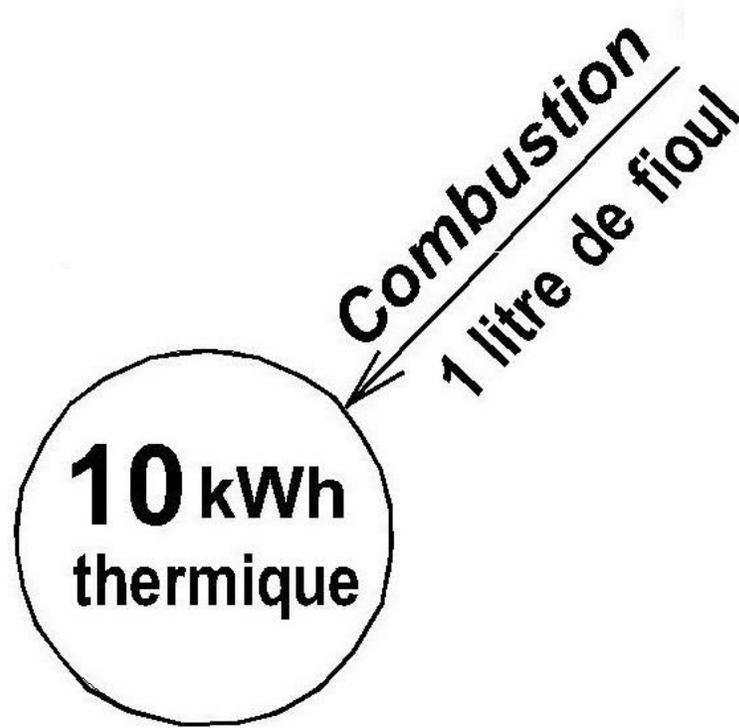


Figure 6

On a  $P = Qf \times PCI$       $\frac{\text{litre}}{h} \times \frac{\text{kWh}}{\text{litre}}$

# Consommation

50 litres de fioul c'est  
500 kWh thermique



La pollution aux particules fines

Nous venons d'examiner ce qui se passe au niveau de la production autant sur le plan français que sur le plan international.

Observons maintenant ce qui se passe en France au niveau de la **consommation** et des chaînes énergétiques utilisées par les français pour satisfaire ses besoins principaux en énergie.

*Pour la combustion la principale caractéristique d'un combustible est son **pouvoir calorifique**.*

*Lorsque le combustible est liquide, par exemple du fioul, il s'exprime en kWh par litre et est proche de 10 kWh/litre.*

*Il est facile de calculer la puissance **P** délivrée par le brûleur d'une chaudière : Il suffit de multiplier le débit de fioul qui circule dans le gicleur du brûleur par le pouvoir calorifique du fioul. À titre d'exemple si le débit qui circule dans le brûleur est de 2 litres/heure, la puissance délivrée par le brûleur est de 20 kW.*

*La combustion du gaz et particulièrement du fioul émet comme les voitures actuelles des particules fines en ville qui sont préjudiciables pour la santé.*

*On commercialise des capteurs qui compte le NB de particules par m<sup>3</sup> d'air. Particulièrement celles de 2 microns les plus dangereuses pour les poumons*

## Le chiffre 10

# La combustion du gaz

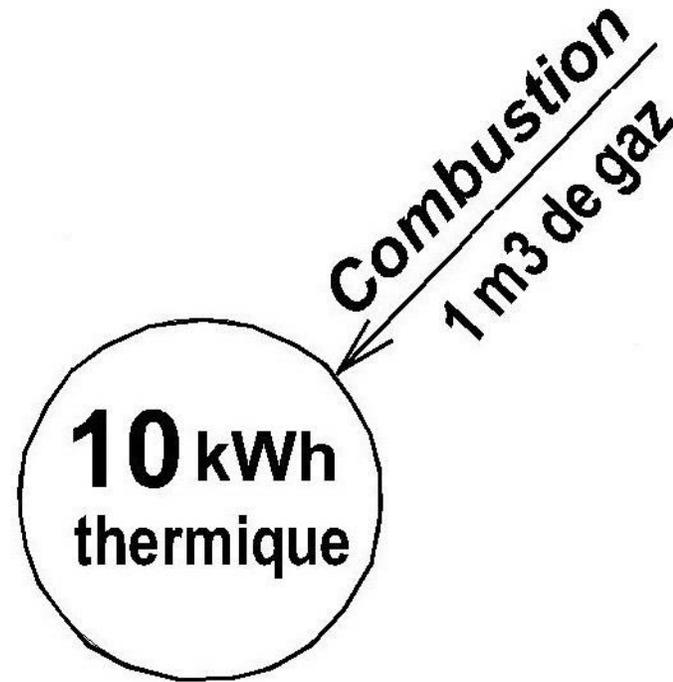


Figure 7

*Consommation*

Le biogaz 2 m<sup>3</sup> de biogaz c'est sensiblement 1 m<sup>3</sup> de gaz naturel (méthane)

*Quelques organismes mettent en avant les bio carburants sur le plan environnemental comme une alternative au fioul*

*Il ne faut toutefois pas perdre de vue qu'il faut rajouter selon l'Ademe 10 tonnes de fumier à 20 tonnes de paille de maïs pour produire 500 kWh électrique à partir du biogaz. Cela donne l'échelle ! Reste à espérer que l'on ne va pas tenter de produire de l'électricité avec du biogaz!*

*On compare dans la pratique environ 150 kg d'un combustible tel que le fioul à 20 000 kg de maïs + 10 000 kg de fumier!*

*Cela aussi et surtout comme nous allons bientôt le voir par le fait que ces 500 kWh électriques peuvent être délivrées chaque année en France par 5 m<sup>2</sup> de panneaux solaires avec une nouvelle chaîne énergétiques: le voltaïque. Et ceci pendant plus de 20 ans sans aucun ingrédients !*

## **Nota**

*Mon habitation principale, constituée par un appartement régi en copropriété est située dans la commune de Boulogne Billancourt (IDF 92100). Une commune qui vient de fêter en grande pompe ses 700 ans. Pour être franc avec son maire je me dois de lui signaler que sa commune n'aura pas l'occasion de faire de même pour ses 750 ans si son action vers les ENR se limite au biogaz. Cultiver le maïs dans les zones où il pleut le plus pour alimenter l'homme et l'animal pourquoi pas, brûler les ordures comme les suisses ou faire intervenir les cafards comme les chinois pour les résorber rien à redire, mais pour apaiser Ségolène Royal et lui éviter de cauchemarder pendant son sommeil, je peux vous dire que la construction du gazoduc franco-allemand en mer Baltique va la soulager. Et cela même si cette orientation va à contresens de l'espoir de l'ADEME d'obtenir le zéro GES en 2050. Elle prouve en tout cas la difficulté que nous allons avoir à sortir des deux guêpiers qui nous sont tendus, celui des énergies fossiles principalement en raison de la pollution de l'air dans les villes engendrée par leur combustion et celui du nucléaire <sup>8)</sup> en raison du prix de revient de son kWh électrique*

# Les radiateurs électriques

## Consommation

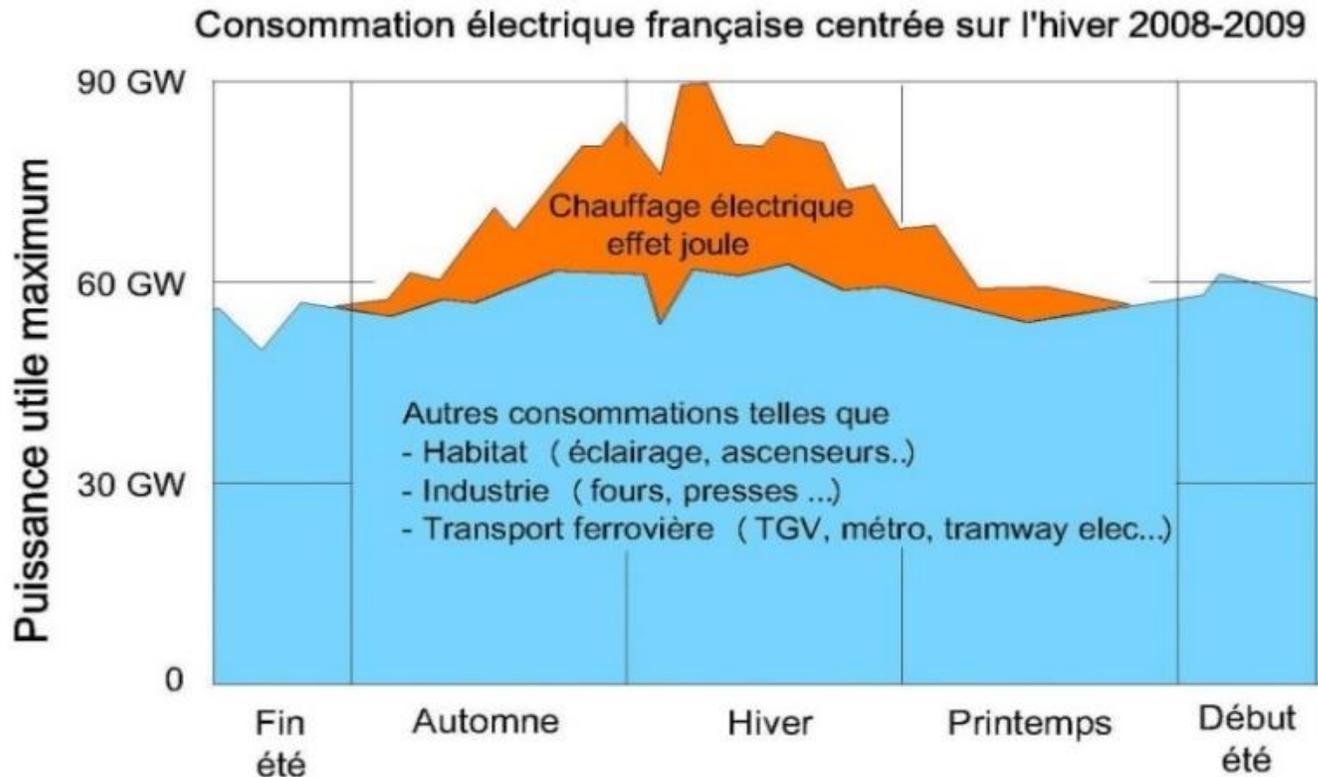
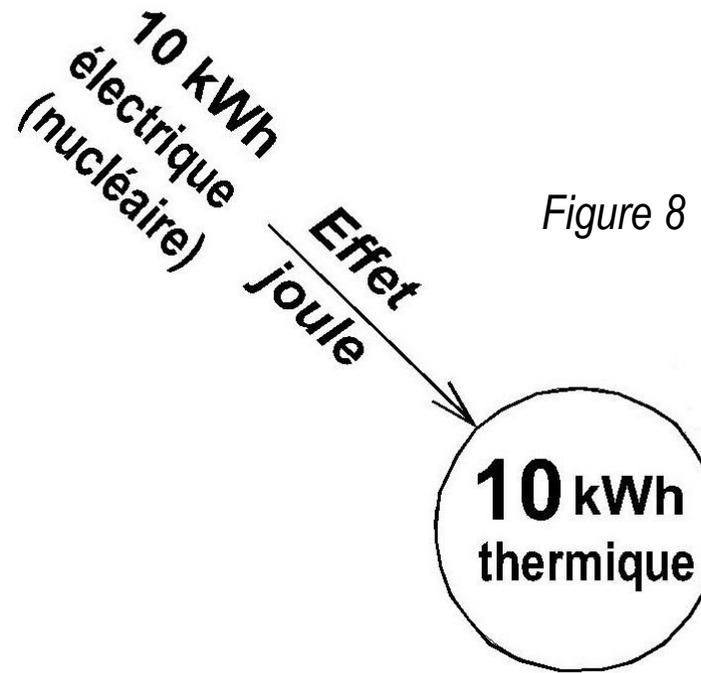


Figure 8bis



10 kWh électrique soit une dépense de 1,5 € ça permet soit :

- de faire environ 60 km avec la batterie de 8 kWh de la voiture hybride
- d'assurer le besoin journalier en eau chaude d'une famille de 3 personnes (culinaire + douches)
- de chauffer le logement en hiver pendant moins de 5h

*Dégrader à ce point en France une énergie noble et onéreuse comme l'électricité en se chauffant à l'électricité avec des radiateurs électriques style grille-pain est triste à constater et à subir pour celui qui a froid et qui a du mal à payer la douloureuse de fin de mois. Cette chaîne énergétique est d'un autre âge. Quoiqu'on en dise cette orientation irraisonnée vers l'effet joule surcharge dangereusement notre réseau électrique au plus froid de l'hiver comme indiqué sur cette figure et est une incitation au toujours+ et au nucléaire. C'est aussi une catastrophe sur le plan social en raison du prix anormalement élevé de l'électricité et des performances déplorables de cette chaîne énergétique (COP = 1 où ce qui signifie plus simplement que 1 kWh électrique c'est 1 kWh thermique rendu dans les pièces de vie, pas plus. Ceci alors qu'avec les nouvelles chaînes énergétiques que nous allons prochainement aborder c'est 5 voire 7 kWh thermiques disponibles. Quitte à me répéter, cette politique de prix consistant à commercialiser le kWh électrique 3 fois au dessus du kWh fossile est à l'évidence une erreur au moment où l'on projette d'abandonner ce dernier. On verra par la suite qu'il y a une parade*

**Nous allons maintenant examiner les nouveaux outils que nous pourrions utiliser dans un futur proche ou à plus long terme pour satisfaire nos besoins, leur incidence sur notre environnement et leurs performances.**

**Et ceci comme promis sans vous cachez les difficultés et les limites actuelles de ce changement.**

[Linky](#)

# 3 Chaînes énergétiques nouvelles

## Consommation par citadin

*L'énergie la plus chère est celle que l'on consomme mal.*

[Formes d'énergie et potentiel](#)

[Les voitures hybrides rechargeables](#)

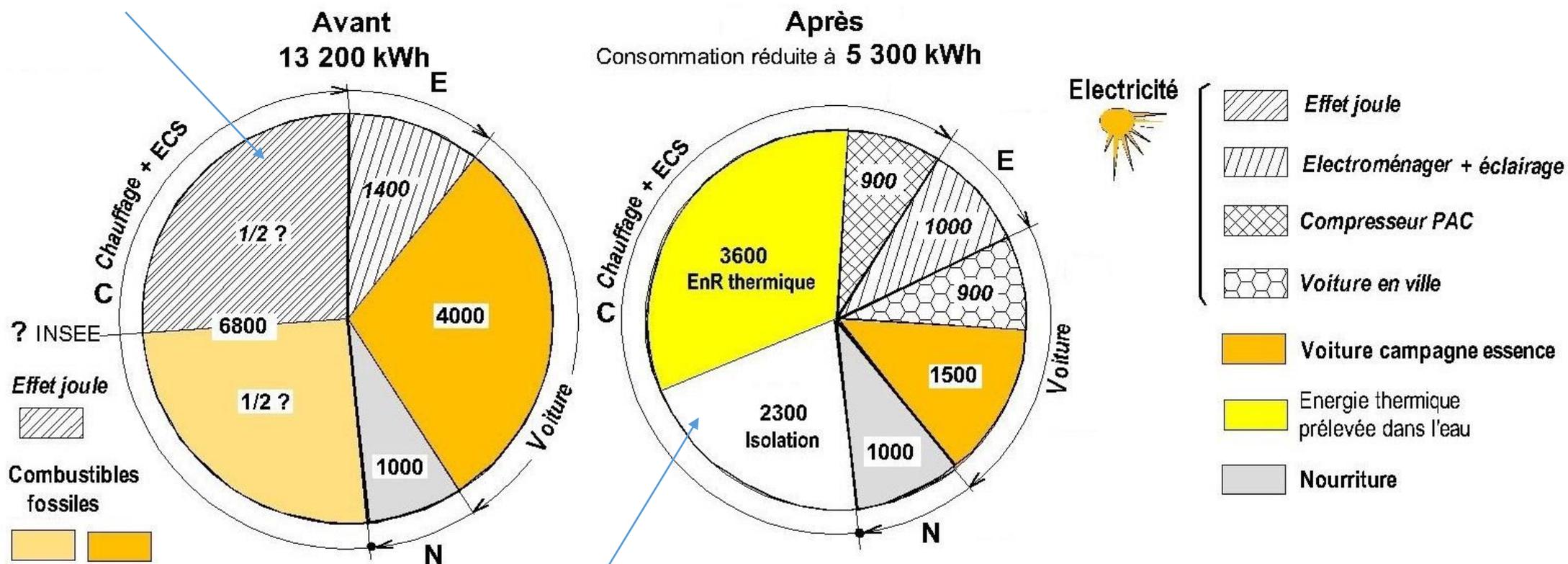


Figure 9

*L'énergie la moins chère est celle que l'on ne consomme pas*

## Nouvelle façon de satisfaire nos besoins énergétiques avec la « Solar WATER economy »

La comparaison des besoins en électricité avant et après mise en place des nouvelles chaînes énergétiques assurant la climatisation de l'habitat et la motorisation de la voiture individuelle est la suivante:

La figure de gauche montre comment l'on satisfait nos besoins en énergie avec les chaînes énergétiques utilisées actuellement et la figure de droite comment pourrait être satisfait le besoin en énergie avec le concept énergétique nommé « Solar Water Economy ». Un concept résumé dans la dernière partie de mon [ebook](#) dans lequel l'eau occupe une position centrale. Une position centrale par le fait que l'utilisation de l'eau au lieu de l'air minimise le besoin lié aux apports solaires électrique. Si nous procédons sans trop attendre, il ne semble pas trop tard d'espérer mettre en place ce nouveau concept sans remettre trop gravement en cause notre modèle économique. On va se rendre compte qu'avec ces nouvelles chaînes énergétiques on pourra préserver nos ressources grâce à l'eau et au soleil en consommant nettement moins d'énergie finale qu'actuellement. Ceci particulièrement pour le poste le plus lourd quantitativement celui du chauffage de l'habitat. Cette dernière équipée d'une motorisation hybride, la circulation en ville se faisant en mode électrique sur les petits trajets et les trajets plus long pendant le mois d'août et les vacances en mode conventionnel essence.

La nouvelle consommation en énergie d'un citoyen français après mise en place des nouvelles chaînes énergétiques que nous allons évoquer maintenant. devient égale à 5300 kWh au lieu de 13 200 avec des consommations pour chaque poste se répartissant ainsi.:

- **C** La zone colorée jaune représente **le chauffage**: 3 600 kWh d'énergie thermique gratuite prélevée dans l'environnement + 900 kWh électrique = **4500 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** inchangée représentant l'énergie contenue dans la **nourriture** produite localement
- **V** La nouvelle consommation pour la **voiture**. 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)

### Notas importants

- Il ne faut pas perdre de vue que l'étude ci-dessus ne tient pas compte des [besoins en énergie de l'industrie](#). Ceci alors que la consommation d'énergie de l'industrie française représente tout de même à elle seule environ 1/5 de sa consommation totale d'énergie finale. Malgré cela, les chiffres ci-dessus sont peu affectés par cette approximation. Ceci par le fait que seulement le 1/3 de ce pourcentage proche de 20% soit 7 % est de l'énergie électrique utilisée principalement pour entraîner les moteurs électriques

- On verra prochainement concernant l'énergie solaire que même dans une région surpeuplée comme celle de la région parisienne, région dans laquelle chaque parisien ne dispose que de 50m<sup>2</sup> au sol (20 000 habitants au km<sup>2</sup>) la moitié de cette surface de 50 m<sup>2</sup> en panneaux solaires voltaïques suffit à assurer le besoin annuel.

## Explication sommaire

### Chauffage :

Mes nombreux (on peut presque dire mes innombrables échanges avec BATACTU [9](#)) prouvent qu'il est difficile et onéreux d'isoler l'habitat existant après coup. Particulièrement pour les immeubles avec balcons. Il est pour cette raison vraisemblable, comme indiqué sur la figure de droite, que le gain en énergie payante consommée sera plus significatif du fait du chauffage thermodynamique qui prélève l'énergie thermique dans l'environnement (la partie jaune) que du fait de l'isolation (la partie blanche). L'étude a été faite avec un effort sur l'isolation de l'habitat existant limité à 33% ( $6800 \times 0,33 = 2300$  kWh) un pourcentage déjà relativement difficile à obtenir et un coefficient de performance (COP) de 5 relativement facile à obtenir avec une pompe à chaleur **eau eau**. Ce COP signifiant que pour 900 kWh électrique consommés sur le compresseur de la pompe à chaleur on récupère 4 500 kWh thermique pour assurer le chauffage de l'appartement. Ces deux efforts conjugués ayant une conséquence importante, celle de laisser de l'électricité disponible pour la voiture électrique.

### Voiture

La voiture électrique coûte 3 fois moins cher au km parcouru si l'on considère le prix de l'énergie consommée (sauf en hiver en raison du chauffage)

- Essence : un litre d'essence c'est sensiblement 1,5 €, 10 kWh thermique et 3kWh mécanique (c'est aussi 16,5 km parcourus à 6 litres au 100)

Les 1 500 kWh de produits fossiles correspondent aux 2 500 km de la circulation en mode essence pendant les vacances du mois d'aout. Pour un parcours de 2 500 km en consommant 6 litres d'essence aux 100 km la consommation annuelle est de  $25 \times 6 = 150$  litres et correspond bien à 1500 kWh.

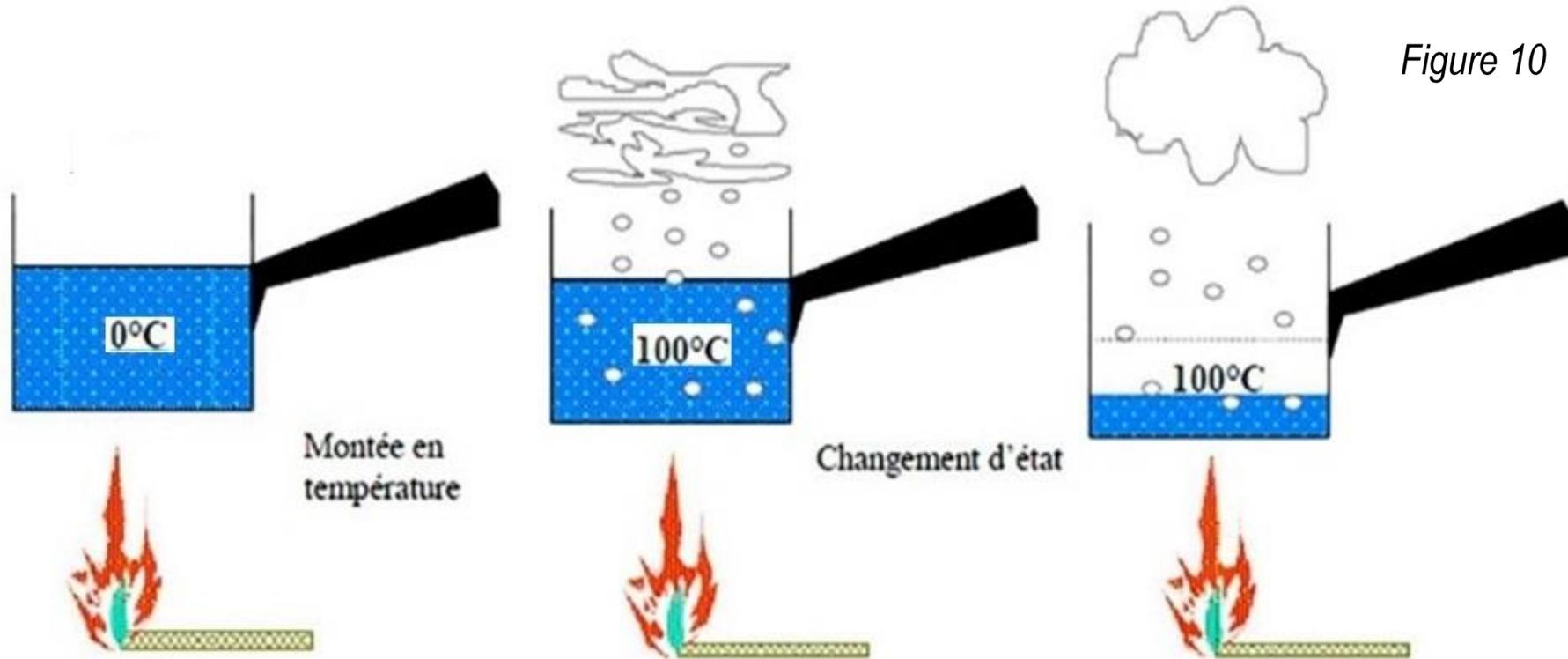
- Electrique : un kWh électrique à 0,15 € c'est sensiblement 1 kWh mécanique soit 3 kWh mécanique pour 0,45 €

les 900 kWh correspondent à la circulation en ville en mode électrique pendant le reste de l'année (environ 5000 km)

On va maintenant justifier pourquoi l'eau va jouer un rôle plus important que l'isolation des bâtiments dans la diminution de nos besoins en énergie.

Cependant si l'on en croit Jean Jaurès, il est probable que même avec un COP voisin de 5 assez facile à atteindre avec cette dernière, une à deux générations seront nécessaires pour atteindre les objectifs de la figure de droite.

# L'eau véhicule thermique



Sa chaleur spécifique 4,18 kJ/kg et degréC

on a :  $W = 1,16 V \times \Delta T$   
 énergie en kWh    volume en m<sup>3</sup>    écart de température en ° C

Sa chaleur latente 2250 kJ/kg

## **Quelques généralités sur l'eau avant d'examiner les nouvelles chaînes énergétiques. Ceci pour mieux les comprendre.**

*L'eau, fluide extrêmement répandu sur notre planète, fait partie intégrante de notre vie et nous maintient en bonne santé [10](#)*

*Il faut toutefois prendre garde que nous devons la maintenir propre pour qu'elle ne devienne pas la source de notre mort.*

*Pasteur ne disait-il pas "nous buvons 80 % de nos maladies"*

*Le français boit en moyenne 1,5 litre d'eau par jour d'eau potable et il consomme sensiblement 150 litres d'eau sanitaire par jour, volume incorporant environ 50 litres d'eau chaude. Il faut savoir que l'eau n'est pas seulement un formidable véhicule thermique, c'est aussi un fluide important pour notre santé.*

*Nous verrons plus tard que le besoin en eau non potable par habitant pour assurer le chauffage de l'habitat avec l'eau géothermale profonde ou grâce au chauffage thermodynamique aquathermique est beaucoup plus important.*

*Je souhaiterais dans un premier temps vous faire comprendre pourquoi l'eau, est au centre du raisonnement. Particulièrement grâce à ce qu'on nomme sa chaleur spécifique et de sa chaleur latente de vaporisation. Cette figure incluse dans un aide-mémoire chauffage de la société Jatech devrait me permettre de vous faire comprendre l'importance de ces deux coefficients. Si l'on met une casserole contenant de l'eau froide sur le gaz sans modifier la puissance de chauffe on s'aperçoit que s'il faut disons 6 mn pour porter l'eau à ébullition, il faut sensiblement 5 fois plus de temps soit environ 1/2h pour évaporer l'eau une fois qu'elle a atteint la température de 100 ° C.*

*La première période pendant laquelle la température de l'eau augmente progressivement caractérise sa chaleur spécifique exprimé en joule/kg et ° C*

*La deuxième période pendant laquelle l'eau reste à la température constante de 100 ° C en s'évaporant progressivement caractérise sa chaleur latente de vaporisation exprimée en joule/kg*

*On observe après avoir réalisé cette expérience qui peut être faite simplement par chacun d'entre vous qu'il faut 5 fois plus d'énergie pour évaporer l'eau que pour la porter à 100 ° C. Cette petite expérience qui n'explique pas totalement la notion d'enthalpie permet de comprendre qu'une importante quantité d'énergie peut être transmise par les corps lorsqu'ils changent d'état. Ce comportement de l'eau nous permet de mieux comprendre les causes du réchauffement climatique telles qu'elles sont validées par des organismes gouvernementaux comme le CESE et le GIEC.*

# Flux thermique sans mélange physique

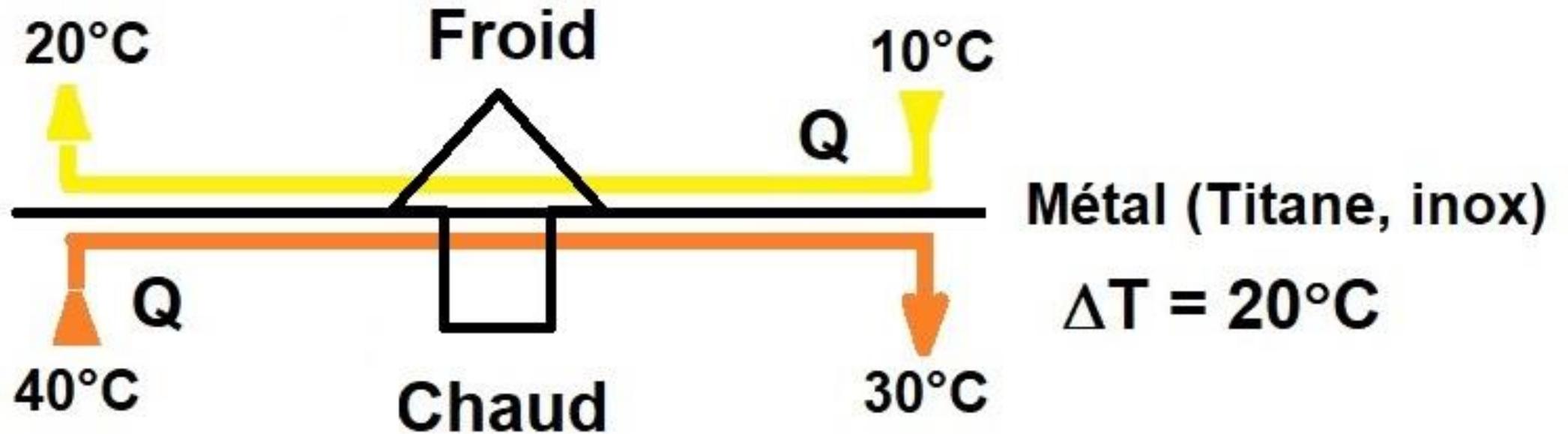


Figure 11

Voir application pages 52, 55 et 74

*Lorsque deux débits d'eau circulent de part et d'autre d'une plaque métallique dans le sens contraire l'un de l'autre comme cela est indiqué sur la figure le flux supérieur froid se réchauffe alors que le flux inférieur chaud se refroidit. Il y a échange thermique entre les circuits supérieur et inférieur. Ceci alors qu'il n'y a aucun mélange physique entre les fluides.*

*D'une façon générale l'énergie thermique (la chaleur) a tendance à se déplacer du corps chaud vers le corps froid. On verra par la suite que la pompe à chaleur n'échappe pas à cette règle (Voir figure 19 page 39)*

# L'eau superficielle

## Différents type d'aquifères

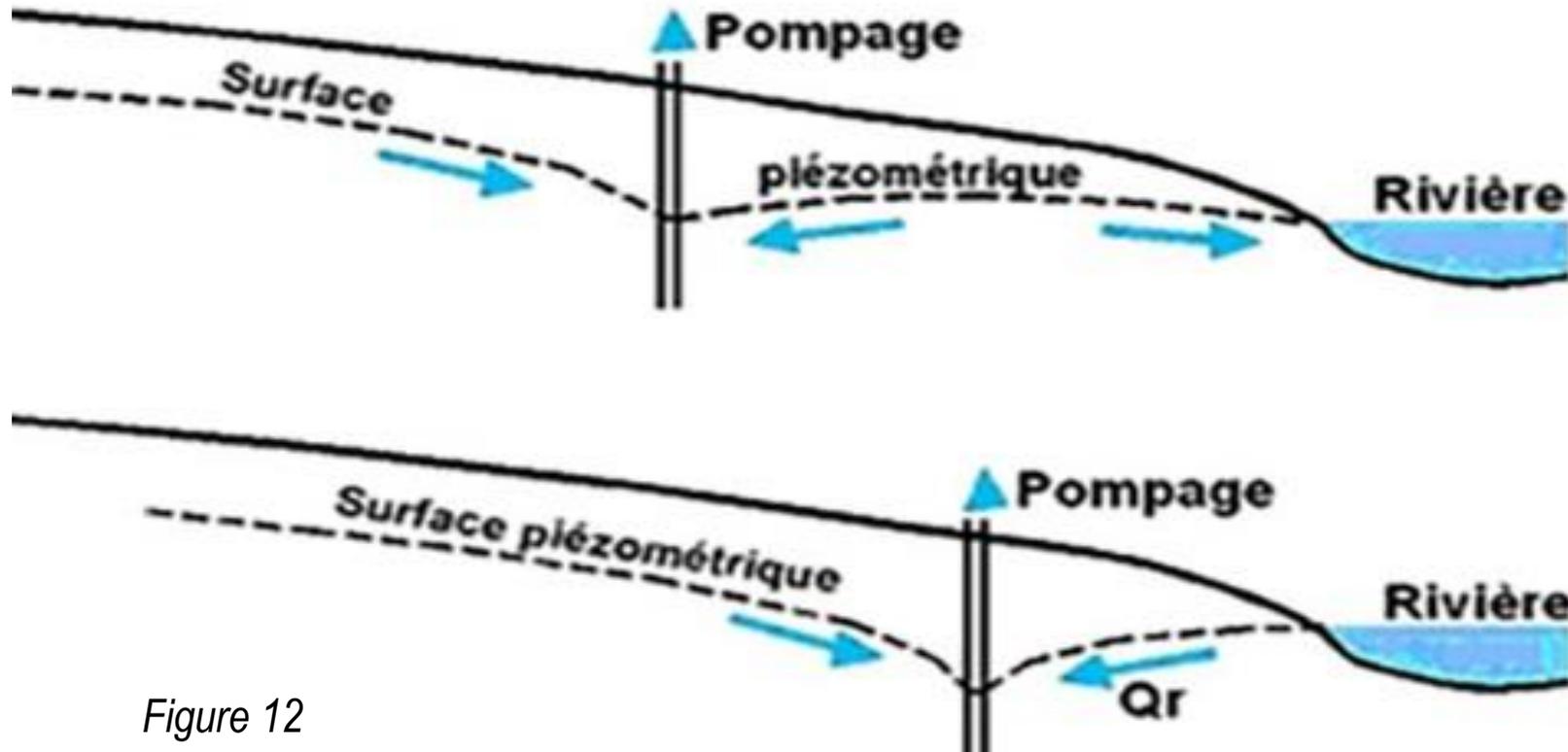


Figure 12

*Mais le cycle naturel de l'eau ce n'est pas seulement les ruissellements de surface des rivières et des fleuves. C'est aussi l'eau qui s'infiltré 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. ([Voir Darcy](#) pour les vitesses d'écoulement).*

*Mais il n'y a pas sur terre que ces eaux superficielles. Il faut savoir que l'eau s'infiltré ou s'est infiltrée il y a très longtemps dans le sous-sol profond. On parle alors de nappes captives qui sont parfois emprisonnées entre deux couches imperméables. 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 <sup>11)</sup> sous la croûte terrestre.*

*Les quantités d'énergie thermiques contenues dans l'eau géothermale de ces nappes captives profondes sont certes inférieures potentiellement à celle des eaux superficielles de ruissellement mais sont loin d'être négligeables à l'échelle de nos besoins en chaleur comme le prouve les réseaux de chaleur actuellement en exploitation en France. Ceci particulièrement dans les régions voltaïques comme la vôtre.*

[Conseil sur les pompes à chaleur sur nappes libres en IDF](#)

**[L'eau formidable véhicule thermique](#)**

**[L'eau géothermale en 3<sup>ème</sup> place](#)**

# Le soleil



## Les panneaux voltaïques

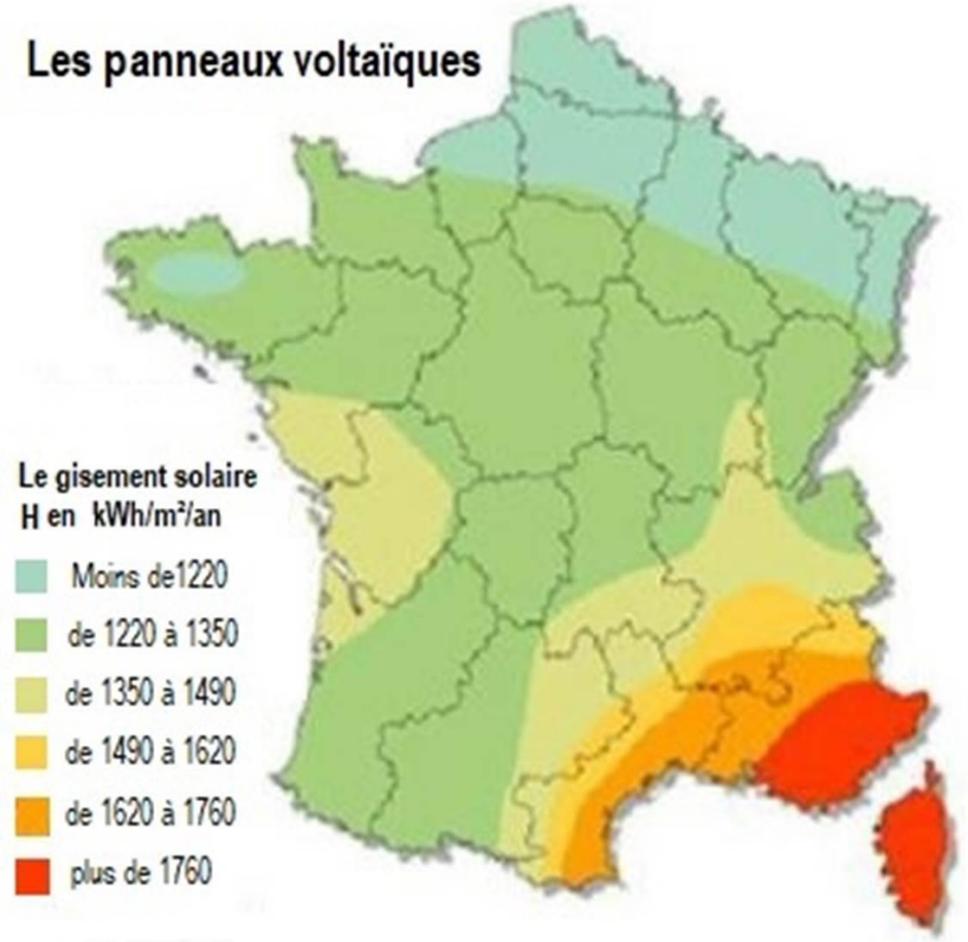


Figure 13

## Production et besoin

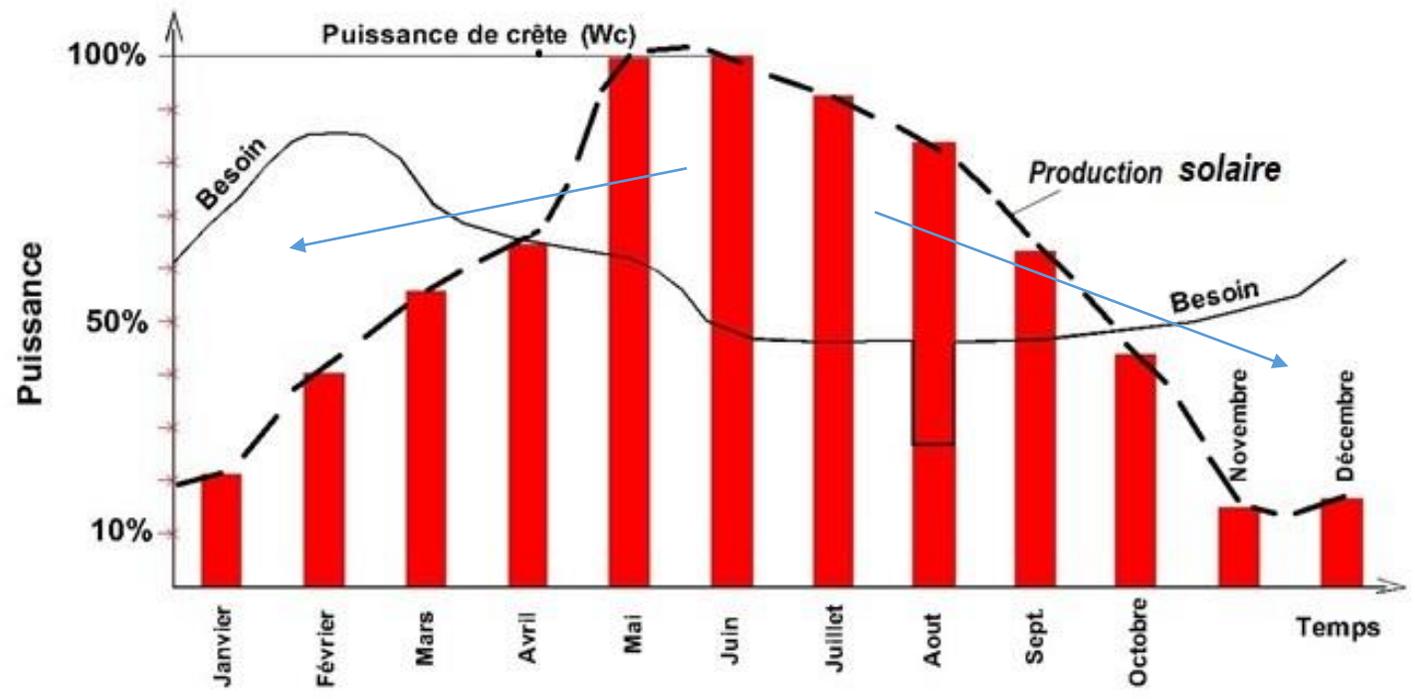


Figure 14

Production : [méthode calcul approximative](#)

*Autoconsommation*

# Production électrique

## Le soleil

La figure de droite montre que la puissance du voltaïque en France et en Allemagne est sensiblement 5 fois plus importante en été qu'en hiver (ce rapport se modifie sensiblement selon l'ensoleillement). Elle montre aussi que si l'on dimensionne le panneau voltaïque pour fournir le besoin annuel, la production solaire qui est inférieure au besoin en hiver est excédentaire en été.

On perçoit en observant la capacité qu'à l'eau d'emmagasiner l'énergie thermique que l'intermittence jour-nuit du voltaïque est un faux problème. Particulièrement si l'on considère les capacités qu'à le chauffage thermodynamique basé sur la pompe à chaleur à compresseur de prélever journalièrement dans l'eau et à moindre frais l'énergie thermique qu'elle contient. Et ceci à partir d'une quantité d'énergie électrique pouvant être de 4 à 6 voire 7 fois inférieure en termes de kWh consommés. Une batterie capable de stocker 10 kWh comparable à celle implantée dans les nouvelles voitures à motorisation hybride rechargeable est suffisante pour cela. Il n'en n'est pas de même de l'intermittence été-hiver du voltaïque. La figure de droite ci-dessus peut heureusement nous aider à mieux appréhender cette l'intermittence sur le long terme. Ceci dans la mesure où les puissances étant en ordonnée et le temps en abscisse les surfaces sont représentatives de l'énergie. On a intérêt à dimensionner le panneau solaire voltaïque de telle sorte qu'il fournisse annuellement la quantité d'énergie correspondant au besoin, ni plus, ni moins. Corollaire de ce qui précède on s'aperçoit :

- que le manque à gagner en hiver est égal au surplus en été. Le dimensionnement du dispositif de stockage été-hiver est fonction de ces deux paramètres
- que d'autre part la quantité d'énergie qui peut être autoconsommée sur place représente environ 70 % du total

## Un exemple français

La plus grande centrale photovoltaïque flottante d'Europe O'Mega1 est française. Implantée à Piolenc près d'Orange en Vaucluse sur une ancienne carrière remplie d'eau dont le maire ne savait pas que faire, elle entrera en service en septembre 2019. Pas moins de 47 000 panneaux photovoltaïques ont été installés sur 17 hectares de ce plan d'eau de 50 hectares. L'eau permettant de refroidir les panneaux et d'améliorer le rendement de 5 à 10%. La puissance crête de 17 mégawatts va assurer une production électrique annuelle de 17 millions de kWh permettant d'alimenter environ 6000 habitants sur la base de la nouvelle consommation électrique par habitant de 2800 kWh (Voir figure 9).

Si on recouvrait l'ensemble des plans d'eau artificiels de France de panneaux photovoltaïques on pourrait arrêter dix réacteurs nucléaires », affirme le maire de Piolenc fier d'expliquer aux délégations étrangères qui viennent visiter son site que sa commune de 5 000 habitants peut avec ses trois éoliennes d'un MW chacune peut désormais se targuer d'être une des rares communes à énergie positive.

Parmi les [36000 communes françaises](#) beaucoup d'entre elles bénéficient de conditions favorables comme celle de Piolenc. La commune de Moncourt-Fromonville qui compte environ 2000 habitants sur une superficie de 800 hectares dispose de 50 hectares d'ancienne carrière pleine d'eau

*Tourne toi vers le soleil et l'ombre sera derrière toi*

# Stockage de masse de l'électricité

Station de Transfert d'Énergie par Pompage (STEP)  
(Exemple [Grandmaison](#))

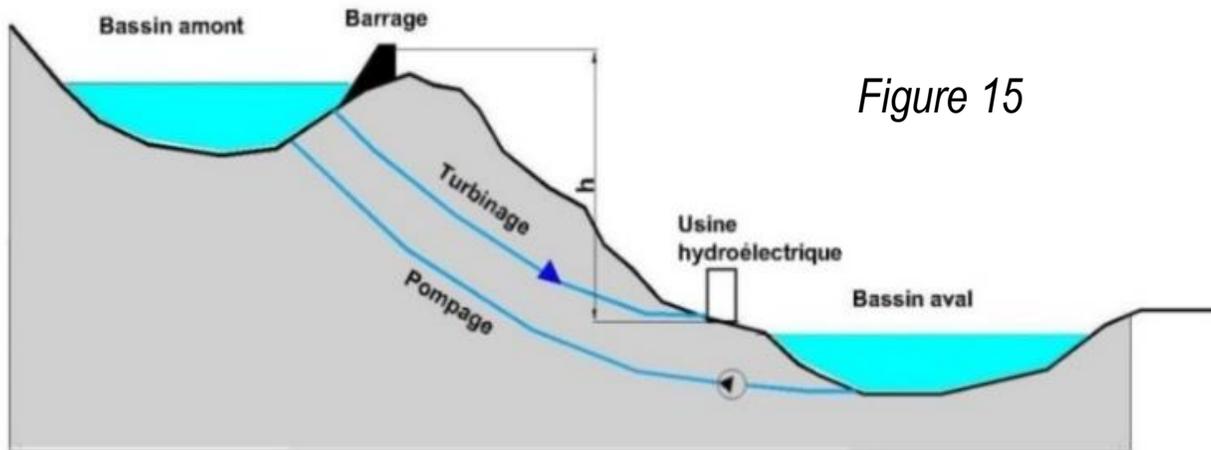


Figure 15

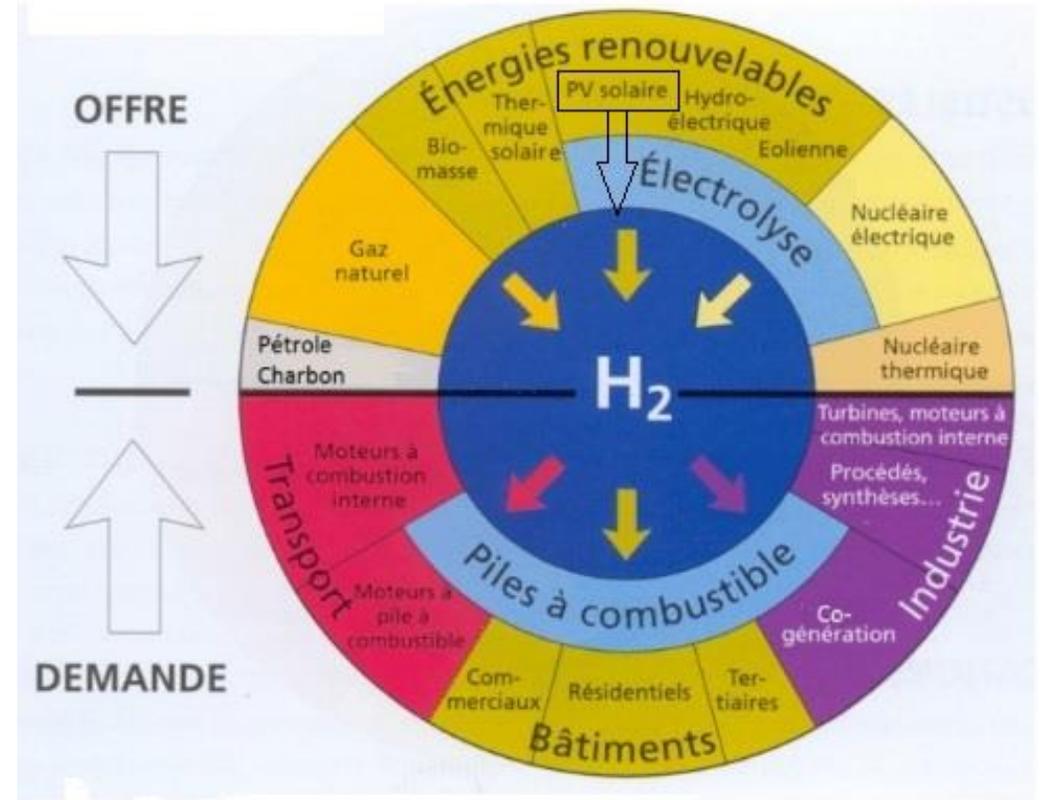


[Bio gaz](#) ? 30 kg de paille = 10 kWh elec



Batteries 10 kWh ?

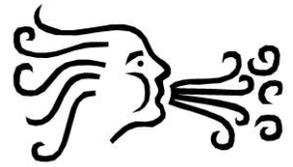
Pile à combustible avec l'hydrogène  
Un exemple : les taxis *Hype* conçus par Toyota



(document U.E.)

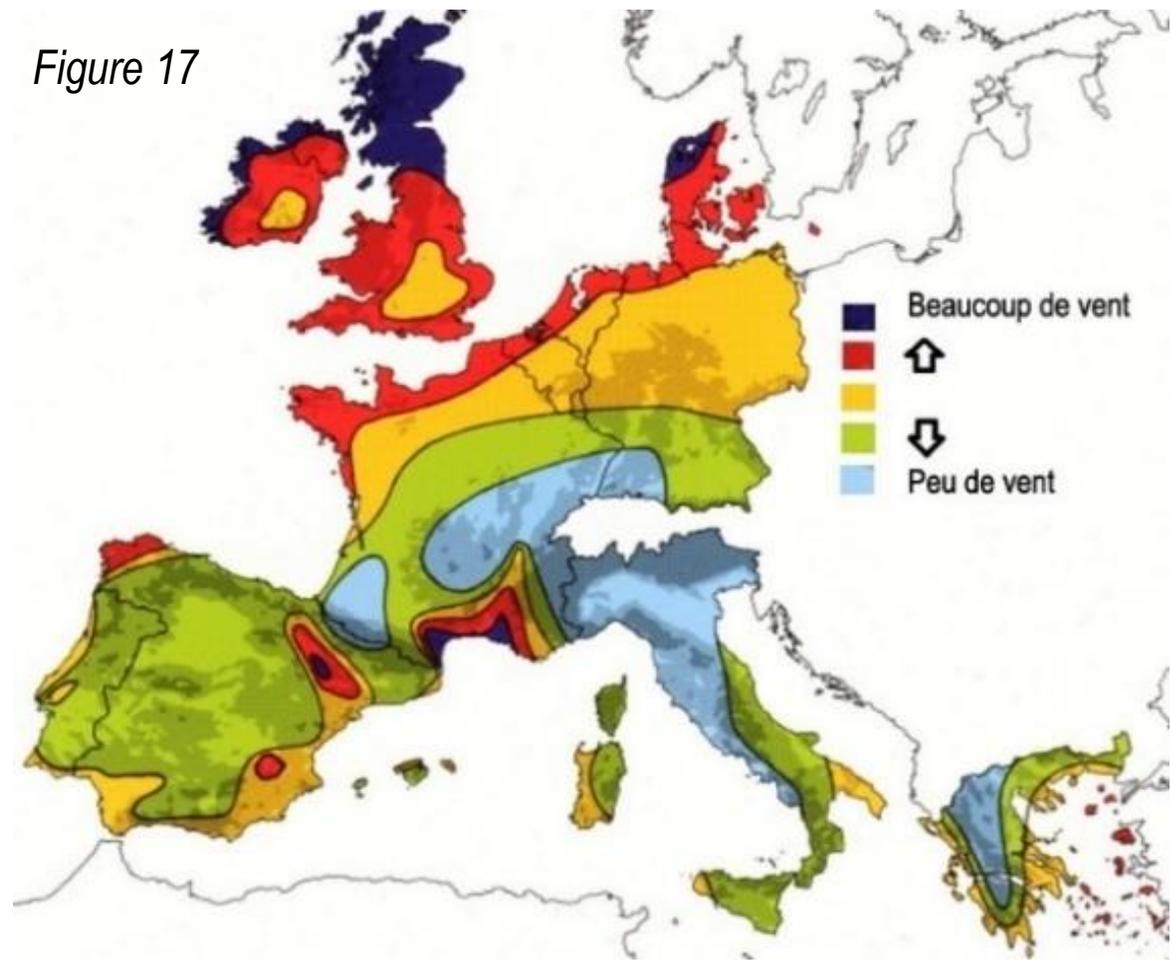
Figure 16

# Le vent et l'air



# Production

Figure 17



Ça souffle ou pas



[Le gigantisme](#)

# Le vent

*Lorsque l'on « vente » une solution dans le cadre de la production des énergies renouvelables, il faut se méfier de ce que l'on pourrait appeler les effets secondaires. Je vais vous dire à ce sujet quelque chose qui va vous faire plaisir vu votre souhait de ne pas affecter les paysages du Mezenc avec les éoliennes.*

*Cela concerne le Danemark. Ce pays qui est souvent positionné en tête des pays européens pour les énergies renouvelables est aussi celui qui est le plus mauvais en termes d'émission de GES. Ceci par le fait que pays bien plat, le Danemark n'a pas de barrage hydraulique et est contraint de produire son électricité avec des centrales thermiques lorsque le vent fait défaut.*

*La course au gigantisme des éoliennes est certes une belle prouesse technique USA-France confondu mais elle est aussi de toute évidence une erreur économique qui va être payée cher par chacun d'entre nous. Les 3 pales de la future éolienne Haliade-X construite en collaboration entre les USA et la France seront encore plus longues que celles représentées sur cette photo (110 m de long au lieu de 80).*

*Il sera important lors de la mise en place d'éoliennes sur le territoire européen de tenir compte du fait que la puissance délivrée par ces « moulins à vent » est proportionnelle au cube de la vitesse du vent. Certaines régions étant plus favorisées que d'autres. Après un avis de Batiactu paru il y a une petite dizaine d'années <sup>14</sup> la France vient de prendre après une longue réflexion la décision d'installer son premier parc d'éoliennes offshores*

*L'Allemagne et le Danemark sont les deux pays européens qui ont implantés les premiers des éoliennes sur leur territoire.*

*Cela a eu pour conséquence d'augmenter encore le prix de vente du kWh électrique dans ces 2 pays.*

*Particulièrement en Allemagne pays moyennement venté. (Prix du kWh électrique en Allemagne 30 centimes d'€)*

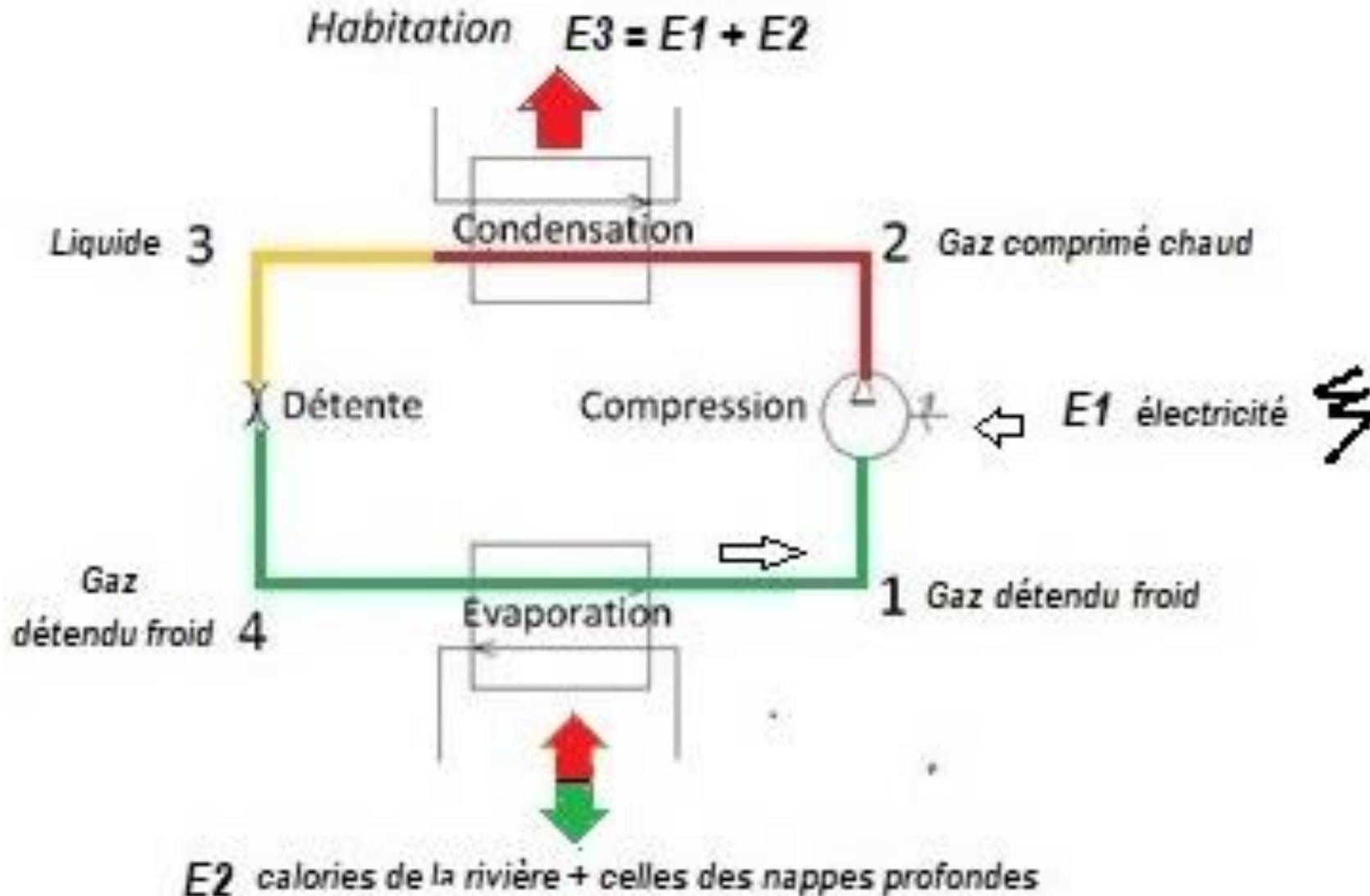
*Bien que le prix du kWh électrique facturé à l'utilisateur français soit sensiblement deux fois moins élevé, la mane financière provenant de la vente est importante et laisse semble-t-il une marge permettant d'indemniser largement le propriétaire du terrain sur lequel seront implantés les éoliennes.*

## L'air

### [L'Europe se préoccupe de l'air que nous respirons](#)

*Il s'agit cette fois de la pollution et de l'air que nous respirons et de notre santé. Particulièrement des particules fines de 2 à 5 microns provenant de la combustion de l'essence et du gasoil qui affectent dangereusement nos poumons*

# Transferts thermiques dans une pompe à chaleur



Par définition

$$\text{COP} = E3/E1$$

Pour augmenter  $E3/E1$  on a intérêt à

[baisser la température dans les radiateurs hydrauliques](#)

[Les fluides frigorigènes](#)

Figure 19

Observer le fonctionnement d'un réfrigérateur permet d'appréhender le fonctionnement d'une pompe à chaleur mais n'explique pas tout. Un réfrigérateur comme une pompe à chaleur utilise un fluide frigorigène dans un cycle répétitif comprenant 4 phases compression-condensation-détente-évaporation. Dans ces deux systèmes la condensation est une réaction exothermique c'est-à-dire une réaction qui génère de la chaleur et la phase évaporation est une réaction endothermique c'est-à-dire une réaction qui génère du froid. Dans un réfrigérateur l'évaporateur qui génère du froid est monté à l'intérieur du réfrigérateur alors que le condenseur qui génère de la chaleur est monté à l'extérieur et échange les calories avec l'air ce qui explique qu'il faut ventiler l'arrière du frigo. Avec la pompe à chaleur c'est l'inverse, le condenseur réchauffe l'habitation et l'évaporateur refroidi l'environnement. Les explications ci-dessus ne sont toutefois pas suffisantes pour comprendre exactement ce qui se passe dans le cœur d'une pompe à chaleur. On sait en effet que les flux thermiques vont du chaud vers le froid et jamais l'inverse. Une pompe à chaleur capable de chauffer un logement à  $20^{\circ}\text{C}$  alors que l'air extérieur est à  $0^{\circ}\text{C}$  semble ne pas respecter les lois de la physique élémentaire. Pourtant dans la pratique elle respecte parfaitement les lois de conservation de l'énergie. Ceci en refroidissant l'air par exemple à  $-10^{\circ}\text{C}$

La matière en général ainsi que le fluide caloporteur aussi appelé fluide frigorigène lorsqu'il change d'état selon sa température ou sa pression génère des flux thermiques.

Lorsque le fluide caloporteur d'une pompe à chaleur est comprimé à l'état gazeux dans le compresseur, il commence à se réchauffer par le fait que l'énergie électrique d'entraînement du compresseur n'est pas perdue mais convertie en énergie thermique récupérée par le fluide caloporteur. Un troisième flux thermique est alors à prendre en compte dans le fonctionnement de la pompe à chaleur. Mais il s'agit plus cette fois pour le fluide caloporteur d'énergie reçue mais d'énergie émise. Ceci survient lorsque ce même fluide caloporteur commence à passer en phase liquide sous l'effet de la pression et rentre dans l'échangeur à plaques du condenseur après avoir été comprimé à l'état gazeux dans le compresseur. Ce changement de phase est exothermique et libère une énergie thermique importante dans un premier échangeur de température nommé condenseur. Ceci par le fait qu'à cet instant de son cycle le fluide caloporteur est à une température plus élevée que celle de la source chaude à savoir la température régnant dans le circuit des radiateurs hydrauliques. La quantité d'énergie thermique émise par le fluide caloporteur de la pompe à chaleur vers le réseau chauffage de l'habitat peut être quantifiée. Ceci à partir du débit massique du fluide caloporteur et de son enthalpie.

*Lorsqu'il rentre dans l'échangeur à plaques de l'évaporateur en sortant du détendeur est à l'état gazeux et à basse pression. Il est aussi à cet instant de son cycle à une température très basse et il se réchauffe au contact de l'eau de la source froide proche de 10 à 15 degrés qui circule dans l'autre branche de l'échangeur de température. L'énergie qu'il reçoit alors du milieu naturel en le refroidissant est vu positivement par le fluide caloporteur de la pompe à chaleur. Cette énergie reçue par le fluide caloporteur de la pompe à chaleur dans l'évaporateur est importante et se retrouve au signe près à dans la chaleur émise par la pompe à chaleur*

*Il est relativement facile de calculer la puissance **P** prélevée en kW dans l'environnement par l'évaporateur d'une pompe à chaleur. Il suffit en effet de multiplier le débit **Qf** de fluide frigorigène circulant dans le cœur de la pompe à chaleur exprimée en kg/s par l'enthalpie du fluide frigorigène exprimé en kilojoules/kg. Si l'on souhaite par exemple développer une puissance de 240 kW sur le condenseur d'une pompe à chaleur utilisant un fluide caloporteur ayant une enthalpie E de 192 kilojoule/kg, le débit utile de fluide caloporteur souvent appelé fluide frigorigène devra être égal à  $240/192 = 1,25$  kg/s*

*Ces calculs sont de la responsabilité du constructeur de la pompe à chaleur*

*La loi de conservation de l'énergie permet de dire que le fluide caloporteur reçoit autant d'énergie qu'il en émet dans son cycle répétitif compression-décompression. Cela signifie que ce qu'il reçoit en provenance du milieu naturel majorée de l'énergie reçue du compresseur est égal au signe près à l'énergie thermique qu'il émet vers l'habitat. C'est en comparant entre elles les 2 énergies qu'il reçoit, celle que l'on prélève dans l'eau et celle que l'on paye que l'on réalise la potentialité énergétique de la pompe à chaleur. Il faut savoir à ce sujet que l'énergie gratuite en provenance du milieu naturel peut être de 2 à 4 fois voire 6 fois plus importante que l'énergie électrique payante d'entraînement du compresseur. On a sensiblement*

- $1+2 = 3$  avec un COP de 3 en échangeant sur l'air*
- $1+4 = 5$  avec un COP de 5 en échangeant sur l'eau superficielle avec un réseau à  $10^\circ \text{C}$  sur la source froide*
- $1+6 = 7$  avec un COP de 7 en échangeant à la fois sur l'eau superficielle et sur l'eau géothermale profonde avec un réseau à  $15^\circ \text{C}$  sur la source froide (Voir page 50 suivante ce type de réseau)*

[Les composants principaux d'une PAC](#)

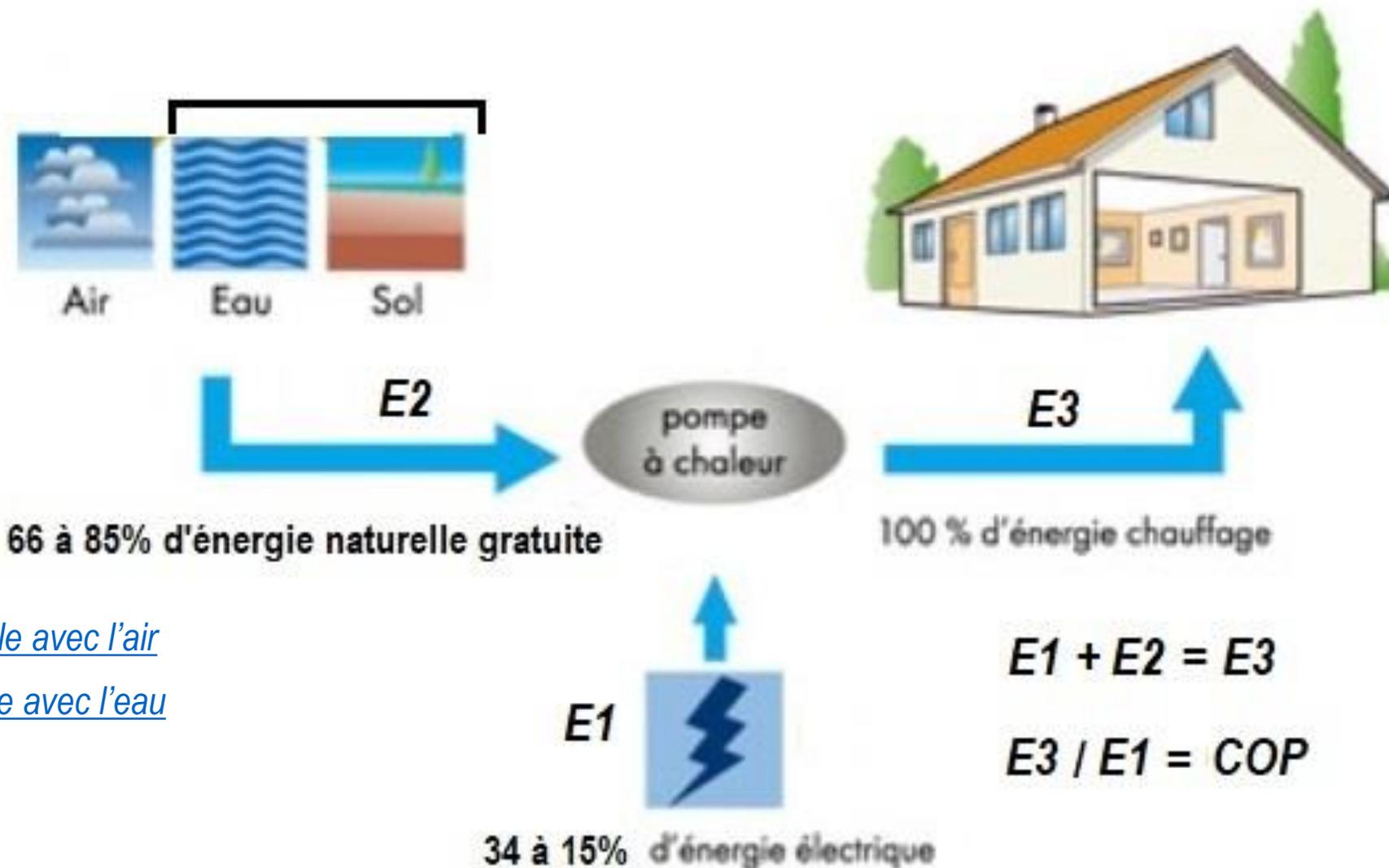
voir pages 69 et 71

[La théorie](#) de la pompe à chaleur:

Le fluide caloporteur

# La thermodynamique

*Electricité > chaleur*



[Un exemple avec l'air](#)

[Un exemple avec l'eau](#)

Figure 20

## La thermodynamique

La figure 20 permet de comprendre la différence fondamentale entre les systèmes de chauffe actuels basés sur la combustion des produits fossiles et les systèmes thermodynamiques utilisant les pompes à chaleur. Il est important de comprendre ce qui suit pour percevoir quel sera notre devenir énergétique. Les performances des systèmes thermodynamiques sont très influencées par les températures aux sources chaudes et froides du fluide caloporteur qui assure les transferts thermiques lors du cycle de fonctionnement. Je dirais seulement pour faire simple que pour améliorer les performances des systèmes thermodynamiques (pompe à chaleur) on cherche à diminuer la température à la source chaude (la température dans les radiateurs hydraulique <sup>15)</sup> et à augmenter celle à la source froide (la température de l'eau dans laquelle on prélève l'énergie thermique renouvelable

La pompe à chaleur est en harmonie avec la [préservation de notre l'environnement](#) :

- L'air c'est bien ([sauf pour la climatisation en été](#) si on généralise dans les villes )
- [L'eau c'est mieux](#)
- Comme on le verra prochainement l'eau plus le sol c'est encore mieux

Si l'on souhaite tirer profit du chauffage thermodynamique dans les immeubles, il y a quelques règles <sup>16)</sup> à respecter qui sont pour finir peu contraignantes. Jean Marc Landovici qui fait autorité auprès de nos sénateurs a compris [l'importance que va prendre le chauffage thermodynamique](#) dans notre devenir énergétique.

## Le bon et le mauvais COP

Améliorer rapidement la qualité de l'air dans nos villes en diminuant nos charges chauffage tel doit être notre principal objectif. Ceci de telle sorte que la médecine pulmonaire et le médiateur de l'énergie dans nos cités ne soit 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.

Le "mauvais COP" est l'enfer du "consommer plus", illustré par ces COP 21, 22, 23 etc... et tous 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.

Le "bon COP", celui du "consommer moins", est par définition le rapport **E3/E1** à savoir celui de l'énergie thermique devant arriver dans le logement que divise l'énergie électrique nécessaire pour produire cette énergie thermique

# Le chauffage de l'habitat avec les systèmes hybrides et l'eau

Paris ne s'est pas fait en un jour

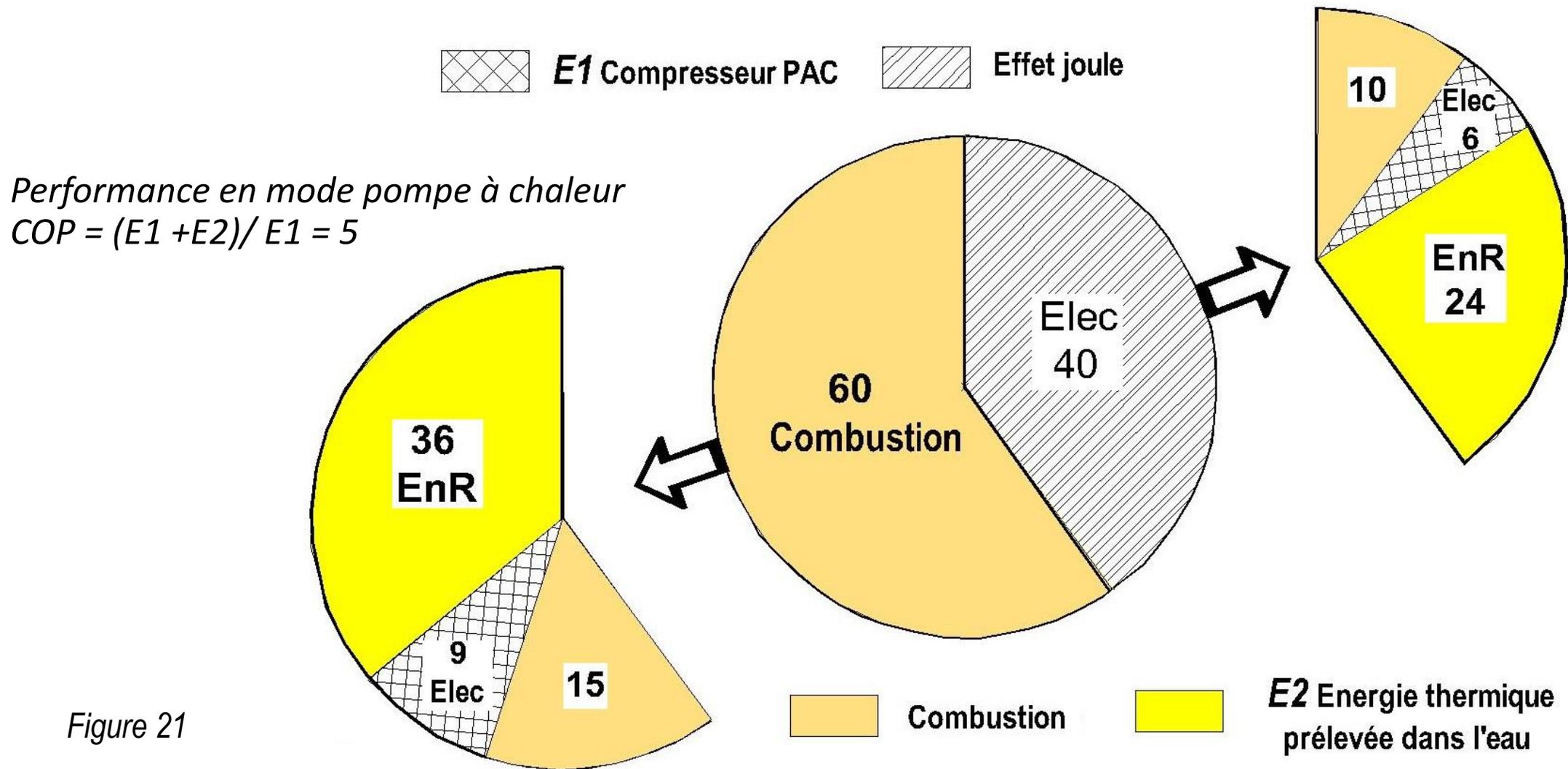


Figure 21

# La puissance de la chaufferie hybride durant l'année calendaire

Figure 22

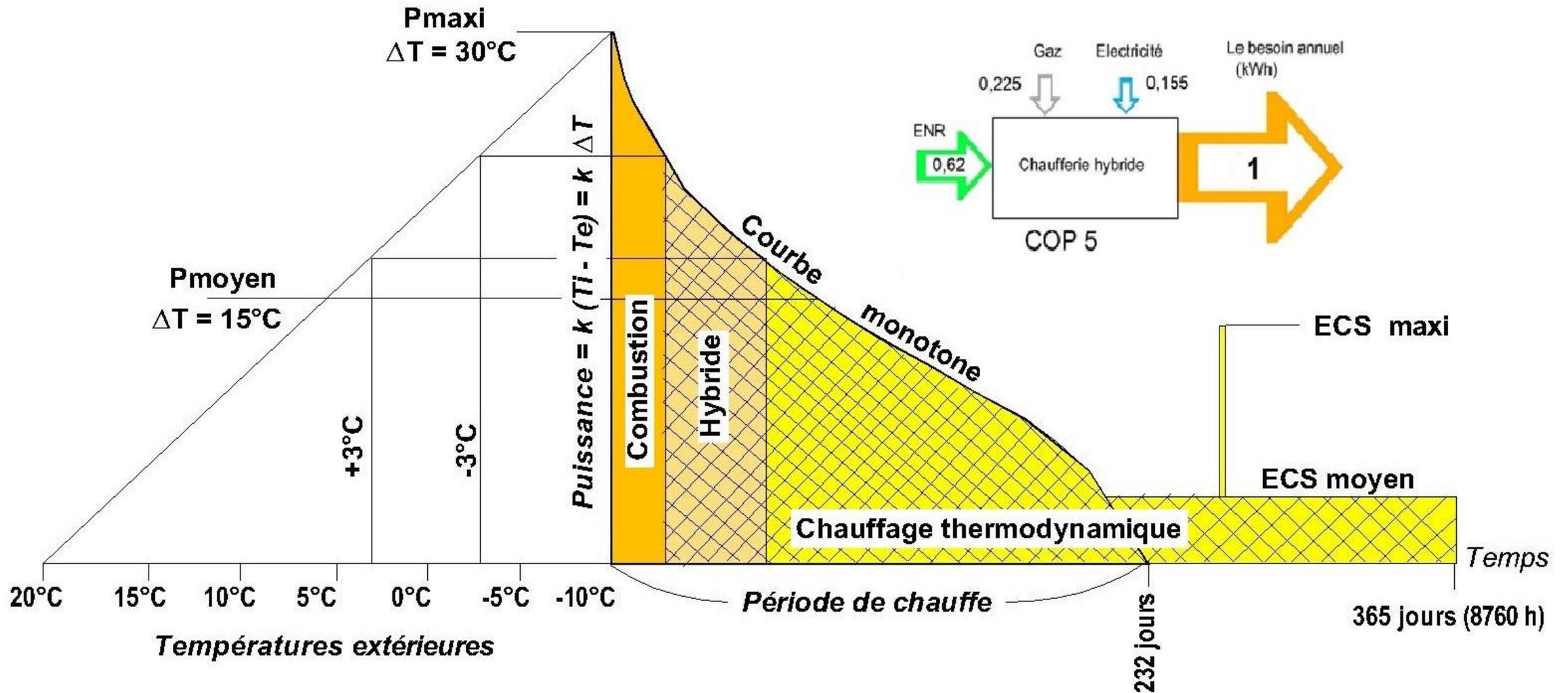


Figure 23

La grosse galette au centre de la figure 21 situe ce qu'est actuellement en France la consommation annuelle en produit fossile et en électricité des systèmes assurant le chauffage de l'habitat. Ceci avec une répartition 60% en produits fossile et 40% avec les radiateurs électriques probablement plus proche de la réalité que le 50/50 évoqué précédemment.

Quant aux autres portions de tarte, ce que ces consommations annuelles pourraient devenir avec les performances à minima <sup>18)</sup> de la « Solar Water Economy » en échangeant sur l'eau avec un COP de 5

- La part de tarte sur la gauche permet de comprendre ce que deviendrait la consommation de ceux se chauffant avec la combustion (gaz, fioul, bois) On observe que la loi de conservation de l'énergie est bien respectée dans la mesure où les 60 combustible se trouvent convertis en 15 (combustion) + 9 (électricité) + 36 (chaleur prélevée dans l'eau) = 60.
- Quant à la deuxième part de tarte sur la droite, elle permet de comprendre ce que deviendrait la consommation de ceux se chauffant avec des radiateurs électriques. On observe à nouveau que la loi de conservation de l'énergie est bien respectée dans la mesure où les 40 électricité se trouvent converti en 10 (combustion) + 6 (électricité) + 24 (chaleur prélevée dans l'eau) = 40

Si l'on raisonne globalement pour l'ensemble de l'hexagone on peut dire qu'en passant à la « Solar Water Economy » :

- la consommation en gaz de 60 devient égale à  $15 + 10 = 25$  soit une diminution de 58%
- la consommation en électricité de 40 devient égale à  $9 + 6 = 15$  soit une diminution de 62%

Et ceci sans faire d'effort particulier sur l'isolation.

Au travers de ces chiffres on comprend tout l'intérêt qu'il y a d'associer le gaz (dans les villes) ou le bois voire le fioul (en zone rurale) et l'électricité dans les chaufferies assurant le chauffage des bâtiments.

Ceci en utilisant les combustibles au plus froid de l'hiver, la pompe à chaleur prenant progressivement le relais au fur et à mesure que la température extérieure augmente comme cela est indiqué sur la figure 23 de la page suivante. On verra par la suite que le calcul ci-dessus a été fait avec les performances d'une pompe à chaleur échangeant sur de l'eau avec une source froide de  $10^{\circ}\text{C}$  et une température requise à la source chaude dans les radiateurs ou les planchers chauffants hydrauliques raisonnable.

18) [Performances théoriques des pompes à chaleur](#)

*La figure 23 ci-dessus est complémentaire de la figure 22 précédente. Elle montre comment la chaufferie hybride adapte sa puissance et satisfait le besoin thermique pendant la période de chauffe. Ceci en fournissant une puissance de chauffe sensiblement proportionnelle à la différence de température  $\Delta T$  devant régner dans les pièces de vie et la température extérieure.*

*On observe que le besoin thermique au plus froid de l'hiver lorsque la température extérieure est inférieure à  $-3^{\circ}\text{C}$  est uniquement assuré par la chaufferie hybride en mode combustion seule, la pompe à chaleur prenant progressivement le relais au dessus de cette température.*

*Ce principe de marche permet non seulement de limiter le besoin électrique au plus froid de l'hiver en diminuant la quantité d'énergie devant être stockée pour suppléer à l'intermittence du voltaïque, la pompe à chaleur étant inopérante pendant cette période qui n'excède pas généralement 2 à 3 semaines. Il permet aussi d'améliorer les performances d'ensemble vu que la pompe à chaleur est à l'arrêt lorsque ses conditions de marche sont les plus défavorables, à savoir lorsque le besoin en température sur le réseau de chauffage est à son maximum. Ensuite pour les températures extérieures excédents  $+3^{\circ}\text{C}$  la pompe à chaleur assure seule le besoin y compris la fourniture de l'eau chaude sanitaire.*

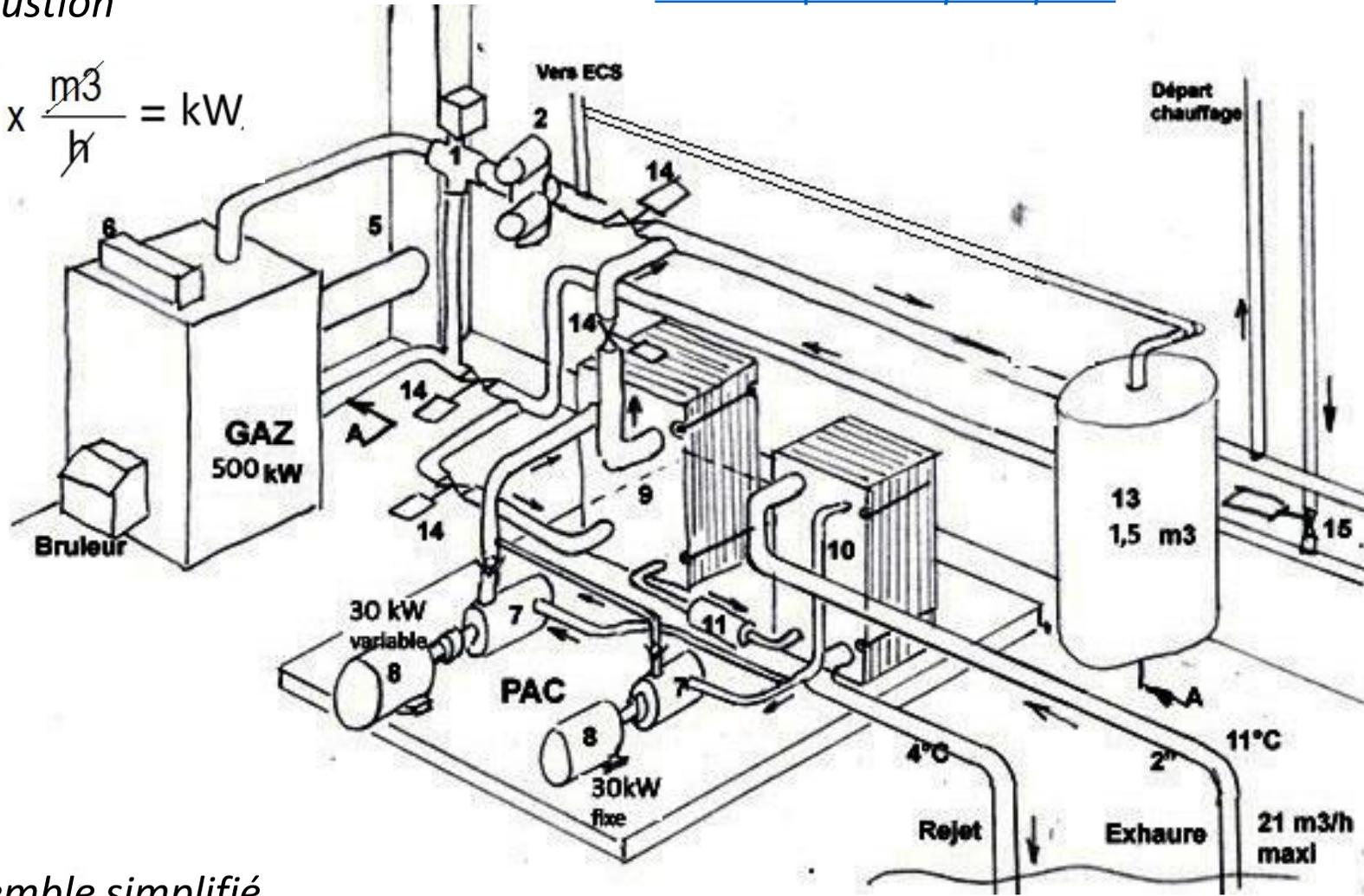
*Après avoir évoqué tout l'intérêt que l'on peut retirer d'associer le gaz ou le fioul et l'électricité pour assurer le besoin thermique de l'habitat les figure 24 et 25 suivantes permettent de comprendre tout l'intérêt d'associer cette fois l'eau superficielle et l'eau géothermale profonde*

# Les systèmes hybrides chaufferie (gaz + électricité)

Ses composants principaux:

Combustion

$$\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} \times \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = \text{kW}$$



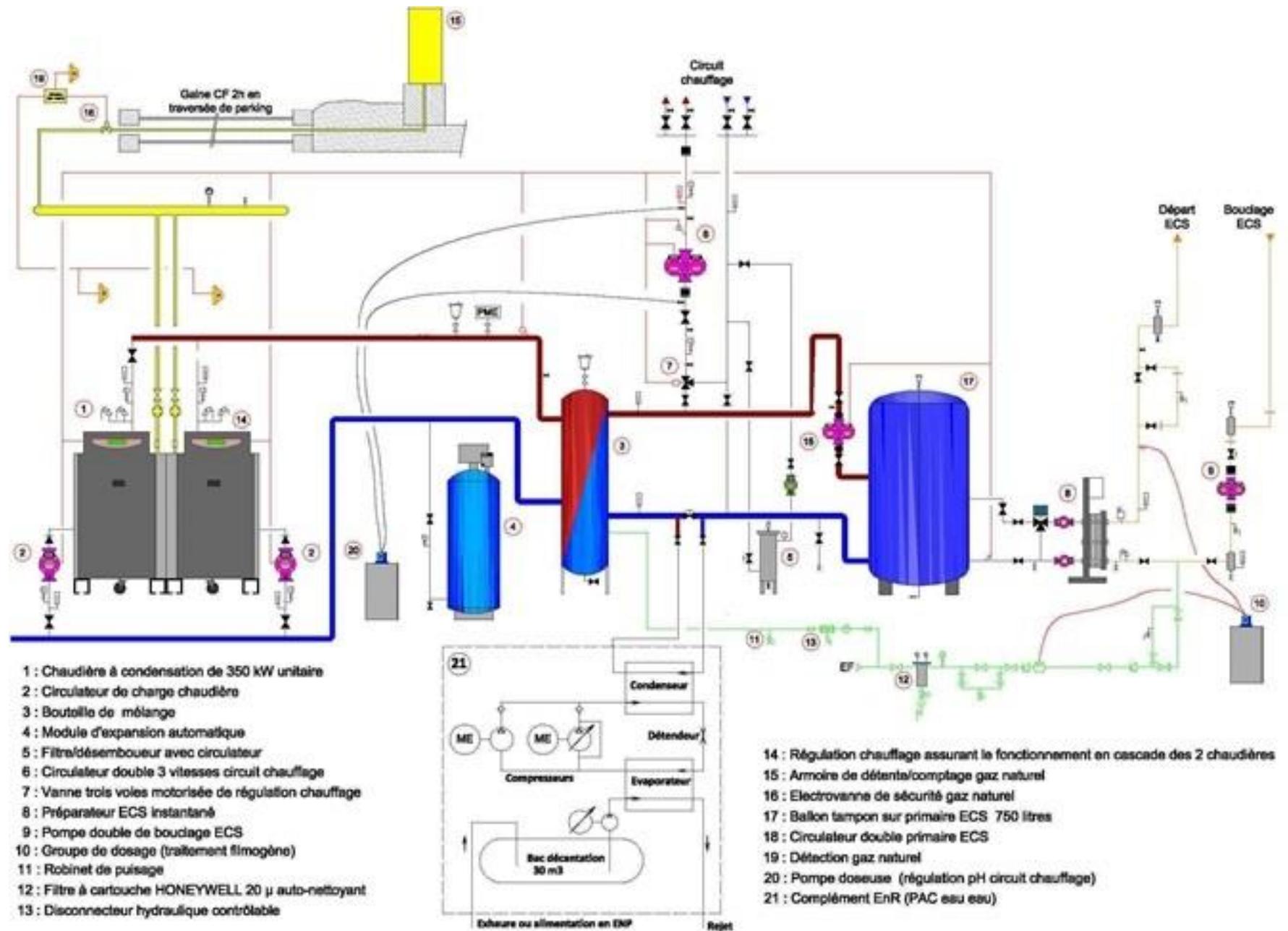
PAC en relève  
 **$P = Qf \times E$**

$$\frac{\text{kg}}{\text{s}} \times \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} > \text{kW}$$

Ensemble simplifié

Figure 24

# Schéma hydraulique



# Projet de chaufferie hybride (Cas pratique)



Gaz  
+  
électricité

Chiffres clés

800 000 kWh annuel  
5000 m<sup>2</sup> habitables  
60 appartements

Faisabilité

*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)*

[Assistance à mise en œuvre](#)

[Schéma hydraulique chaufferie hybride](#)

# Les systèmes hybrides

*Le croquis en perspective à main levée, le schéma hydraulique ainsi que la photo de la page suivante permettent de comprendre quelle est la conception d'un générateur thermique du type hybride. D'une part une chaudière gaz avec le départ et le retour venant des radiateurs hydrauliques et d'autre part le complément ENR constitué par le châssis de la pompe à chaleur en relève de la chaudière à gaz. Les deux échangeurs à plaques repère 9 et 10 constituant respectivement le condenseur et l'évaporateur de la pompe à chaleur seraient naturellement capotés thermiquement pour des raisons fonctionnelles. La commutation de la chaufferie hybride du mode combustion utilisé au plus froid de l'hiver vers le mode « pompe à chaleur » peut se faire progressivement comme cela est indiqué page 48 le flux thermique délivrés par la chaudière à gaz s'ajoutant au flux thermique **Wc** délivré par la pompe à chaleur. Voir les principaux composants d'une pompe à chaleur dans le complément pages 72 et 74*

*Paris ne s'est pas fait en un jour. Pour cette raison on ne passera pas au tout électrique brutalement qu'il s'agisse d'ailleurs de la pompe à chaleur à compresseur ou de la voiture. Une période transitoire va se mettre en place avec les systèmes hybrides. Par système hybride il faut entendre des systèmes qui associent le gaz naturel avec l'électricité avec la pompe à chaleur pour le chauffage de l'habitat et l'électricité avec l'essence pour la voiture. Dans la mesure où l'Europe semble vouloir abandonner progressivement le nucléaire et la combustion notre transition énergétique va nécessairement prendre du temps et ne pourra se faire brutalement. La citation de Jean Jaurès est tout à fait appropriée et correspond à ce qui va se passer :*

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

*Il y a actuellement différentes formes de chauffage urbain dans nos cités <sup>19)</sup> mais en raison de la densité démographique très importante dans certaines d'entre elles un chauffage urbain conçu selon la figure 26 sera sauf sous-sol exigü la seule façon de généraliser le chauffage urbain en ville. Cette remarque étant particulièrement valable pour Paris notre plus grande métropole.*

*A défaut de développement dans le collectif les systèmes hybrides commencent à faire leur apparition dans le privatif avec la pompe à chaleur en relève de chaudière et avec la voiture individuelle. Ceci principalement grâce aux japonais (Toyota) et aux coréens (Hyundai) pour la voiture ainsi que pour la pompe à chaleur. Ces systèmes hybrides devraient aussi se généraliser pour les chaufferies assurant le confort thermique dans les immeubles.*

*La figure 21 page 44 montre tout l'intérêt qu'il y a de modifier nos chaînes énergétiques actuelles pour assurer le chauffage de l'habitat. Ceci d'autant qu'il est possible d'améliorer encore les résultats pouvant être obtenus sur cette figure en profitant non seulement de l'énergie contenue dans l'eau géothermale profonde (Comme cela est déjà réalisé en région parisienne sud et notamment à Villejuif <sup>20)</sup> mais aussi de l'énergie contenue dans les eaux superficielles plus froides. Une chaufferie hybride échangeant sur de l'eau à 15° sensiblement constante alors que la température de la Seine change <sup>21)</sup> c'est un coefficient de performance (COP) de la chaufferie lorsqu'elle est en mode thermodynamique plus proche de 7 que de 5*

*20) [La centrale de villejuif](#) c'est 220 000 000 kWh thermique, le chauffage de 30 000 logements pour un investissement de 30 millions d'€*

# Les eaux superficielles et thermales

Réseau d'eau non potable  
vers pompes à chaleur

Eau de la rivière  
ou de sa nappe libre

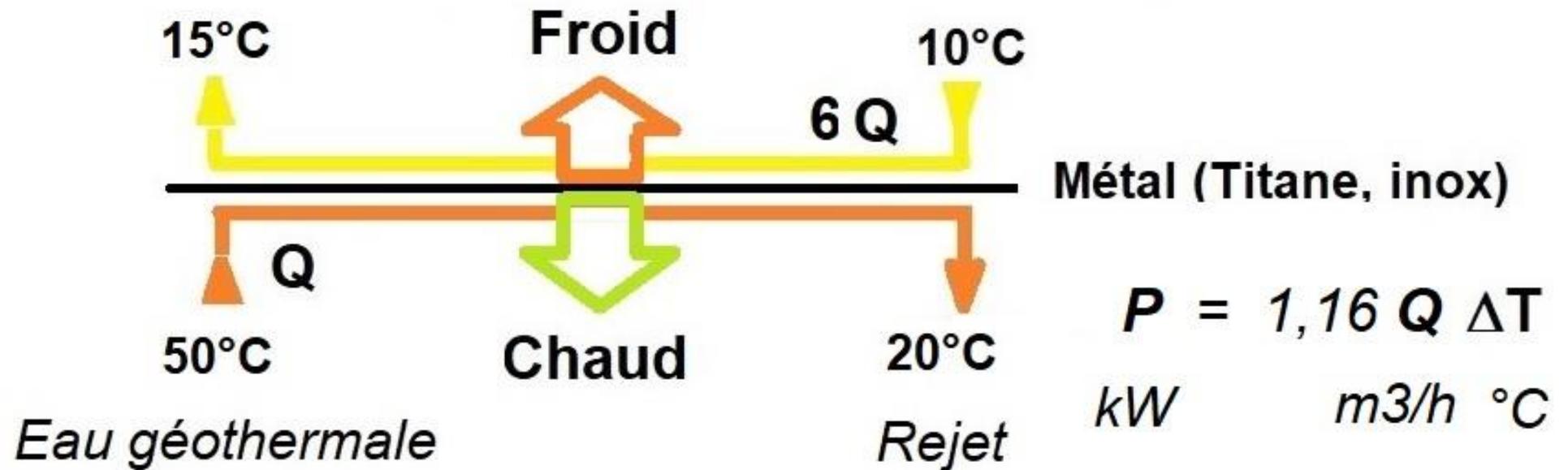
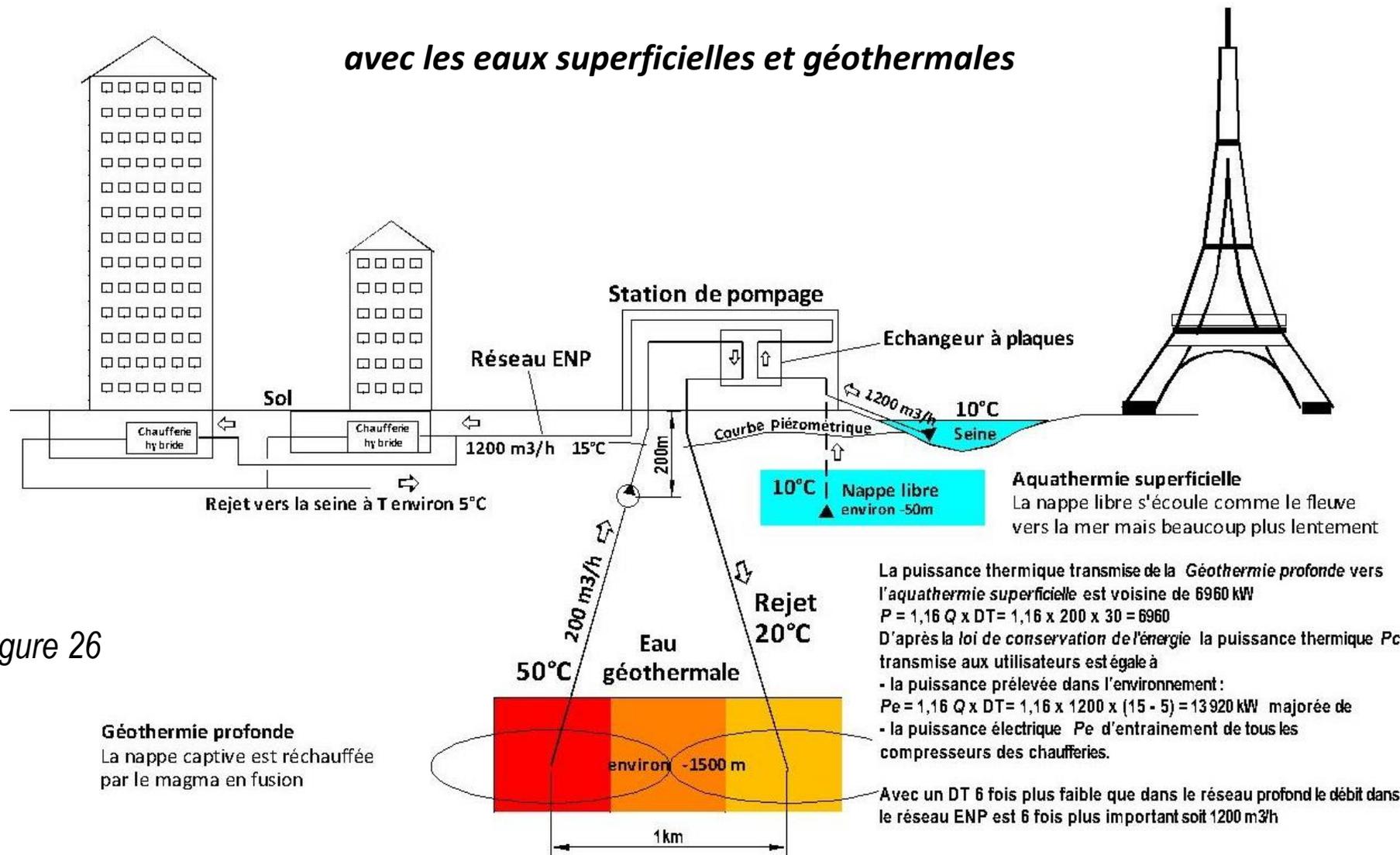


Figure 25

Conservation de l'énergie  $6Q \times 5 = Q \times 30$

# Le chauffage urbain généralisé en région parisienne



## 21) Etude lorsque la température de la Seine change

*La densité démographique dans nos métropoles (50 m<sup>2</sup> au sol disponible pour les parisiens intramuros) est telle qu'il ne sera possible de concevoir des réseaux de chauffage urbain assurant le service à l'ensemble de la communauté qu'en associant l'eau superficielle de la rivière ou de sa nappe libre avec l'eau géothermale profonde. Ceci par le fait que la puissance fournie par l'eau géothermale et celle délivrée par l'eau superficielle (La Seine ou sa nappe libre) s'additionnent. Les figures 24 et 25 précédentes permettent de comprendre pourquoi. Avec un réseau à 15° et un rejet dans la rivière à 5° en sortie de l'évaporateur des pompes à chaleur la puissance disponible est pour un débit donné deux fois supérieure à celle qu'elle serait avec un réseau à 10°*

*Cette solution permet de limiter la quantité d'énergie finale requise pour chauffer l'habitat dans des proportions importantes. La puissance thermique prélevée dans l'environnement par unité de surface au sol est aussi plus importante vu qu'elle est multipliée par 2 facteur qui peut être décisif si l'on souhaite satisfaire tout le monde malgré la densité urbaine très importante d'une grande métropole comme Paris.*

*Quant à la puissance électrique requise elle peut ainsi être sensiblement divisée par 7 pour ceux qui se chauffe avec des radiateurs électriques*

## **L'eau chaude géothermale**

*Pour bénéficier de l'énergie thermique contenue dans l'eau géothermale profonde il suffit d'aller la chercher là ou elle est CAD dans notre sous-sol profond. Les techniques de forage utilisées aux USA pour exploiter le gaz de schiste sont les bienvenus. Elles permettent en effet d'augmenter la surface couverte par le doublet géothermique en perçant à l'horizontal dans les couches profondes. Malgré cela, compte tenu de la densité urbaine dans Paris (20 000 habitants au km<sup>2</sup>) le volume d'eau très chaude qui peut être mis journellement à disposition du parisien est compte tenu de la surface au sol dont il dispose voisine de 50 m<sup>2</sup> relativement modeste et de l'ordre de 150 litres. Soit pour une chute de température qui peut atteindre 50° C une énergie thermique journalière limitée à 7 kWh correspondant sensiblement à l'énergie électrique pouvant être emmagasinée journellement par la batterie d'une voiture hybride rechargeable. Par contre compte tenu de la surface disponible moyenne de 8600 m<sup>2</sup> disponible pour chaque français de l'hexagone (Voir page 100), ceux d'entre nous qui ont la chance d'habiter à la campagne dans une région volcanique peu peuplée dispose d'une telle réserve d'eau chaude géothermale sous leur pied que leur besoin en énergie thermique pourrait être satisfait à lui seul par l'eau géothermale sans faire appel à la rivière ou sa nappe libre s'il n'y avait les pertes thermique en ligne.*

## **L'eau froide superficielle**

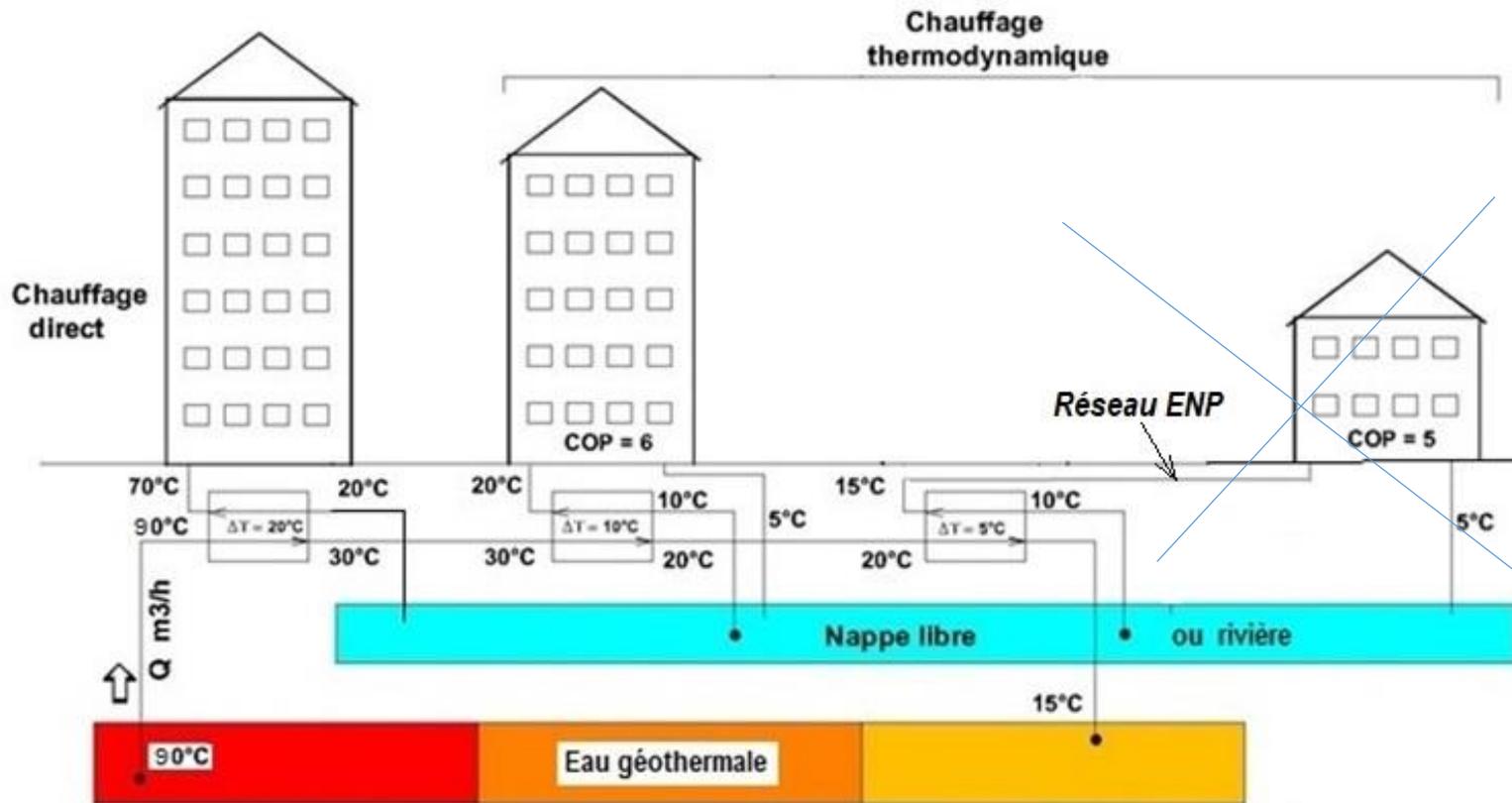
*Compte tenu de la surface au sol très faible mise à la disposition des 12 millions de citoyens en région IDF la géothermie ne peut assurer seule le besoin à l'ensemble de la population parisienne. Elle a besoin pour cela de l'eau froide superficielle, qu'il s'agisse de l'eau de la nappe libre ou de celle de la rivière. Heureusement compte tenu du débit moyen de la Seine à Paris de 300 m<sup>3</sup> par seconde c'est un volume d'eau froide important et proche de 2 m<sup>3</sup> qui peut être mis journallement à disposition du parisien.*

*Il est important de considérer que sans l'aide de l'eau géothermales la chute de température envisageable sur l'eau superficielle est beaucoup plus faible vu que si la Seine est par exemple à 10 degrés il n'est guère raisonnable espérer la réduire en dessous de 5 degrés. Tout compte fait on constate que l'énergie mise à disposition du citoyen par l'eau froide superficielle est la bienvenue vu qu'elle s'ajoute grâce aux échangeurs à plaques à celle provenant de l'eau chaude géothermale.*

*Moyennant le circuit hydraulique proposé aux figures 24 et 25 il est possible de faire en sorte que le parisien bénéficie simultanément de ces deux sources d'énergie et ceci sans affecter leur écosystèmes. On peut se reporter [au lien suivant](#) pour comprendre la régulation lorsque la température de la rivière change*

# Réseau de chauffage mixte urbain – campagne

Figure 27



## Dimensionnement et performance réseau ENP

Diamètre intérieur tuyauterie	mm	400
Viscosité cinématique	centistoke	1.0
Longueur tuyauterie	m	30000
Nombre de coudes arrondis		5
Débit	m <sup>3</sup> /h	300
Débit	litres/mn	5000
Surface intérieure tuyauterie	m <sup>2</sup>	0.126
Vitesse du fluide	m/s	0.663
Nombre de Reynolds	sans dimension	265257
Type d'écoulement	Turbulent	> 4000
Longueur équivalente totale	m	30040
Perte de charge totale	bar	4.60
Puissance perdue	kW	38
Puissance thermique transmise	kW	3480
Rendement	%	99

Pour un débit  $Q$  en eau géothermale de 300 m<sup>3</sup>/h à 90°C on dispose des puissances de chauffage suivantes:

- Chauffage direct  
 $300 \times 60 \times 1,16 = 20\ 880$  kW
- Directement en aval en chauffage thermodynamique à proximité du centre-ville  
 $300 \times 15 \times 1,16 = 5\ 220$  kW majoré de 1 044 kW électrique soit 6525 kW
- En fin de ligne en chauffage thermodynamique à X km du centre-ville  
 $300 \times 10 \times 1,16 = 3\ 480$  kW majoré de 870 kW électrique soit 4350 kW

Soit 31 755 kW thermique disponible pour la région pour 1914 kW électrique utile (COP global = 16,6)

Démo (Voir page 39)

$E_2 = 5220$

$COP=6=E_3/E_1$  on a

$E_3 = E_1 + 5220$  et  $E_3 = 6E_1$

D'où  $5E_1 = 5220$  et  $E_1 = 1044$

Même raisonnement en fin de ligne avec COP = 5 et  $E_2 = 3480$

## 4) Les 2 causes de l'urgence

Nous allons maintenant tenter de répondre à une difficile question, devons-nous considérer l'urgence du changement comme relevant:

- de l'épuisement de nos ressources non renouvelables en énergie fossile avec le risque de ne plus pouvoir satisfaire nos besoins énergétiques ?
- ou des dérèglements du climat et à l'affectation de nos écosystèmes?

*Un monde à la dérive?*

*Les inquiétudes du secrétaire général de l'ONU*

*Changer d'échelle*

*Le conservatisme et la lenteur*

# Nos deux maisons

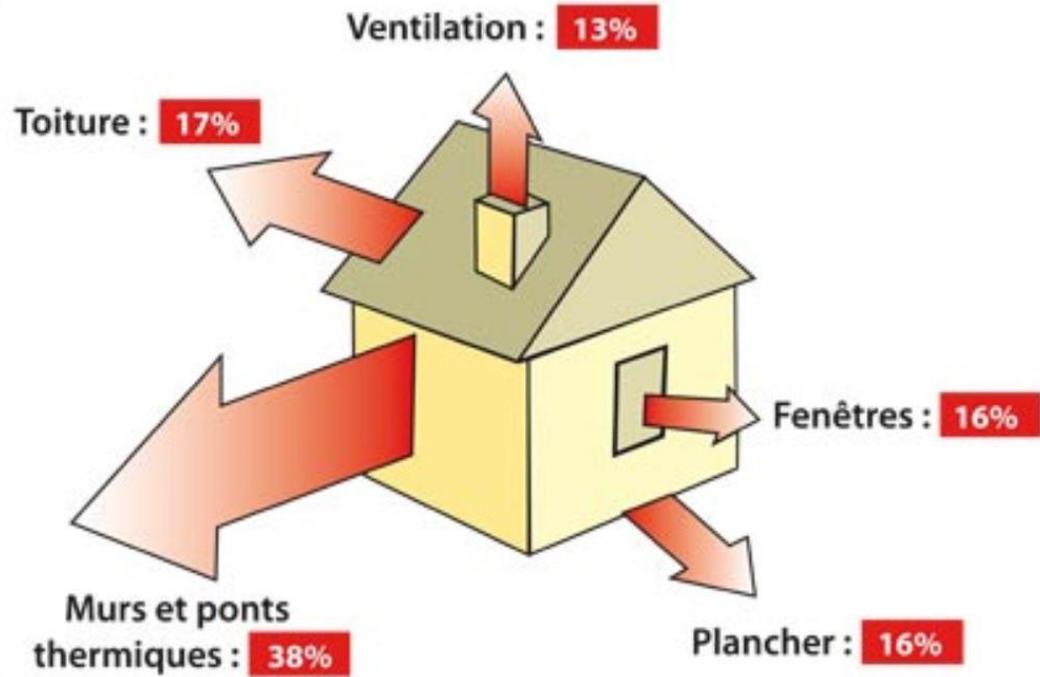


Figure 29

[La fonction de transfert maison chaufferie](#)

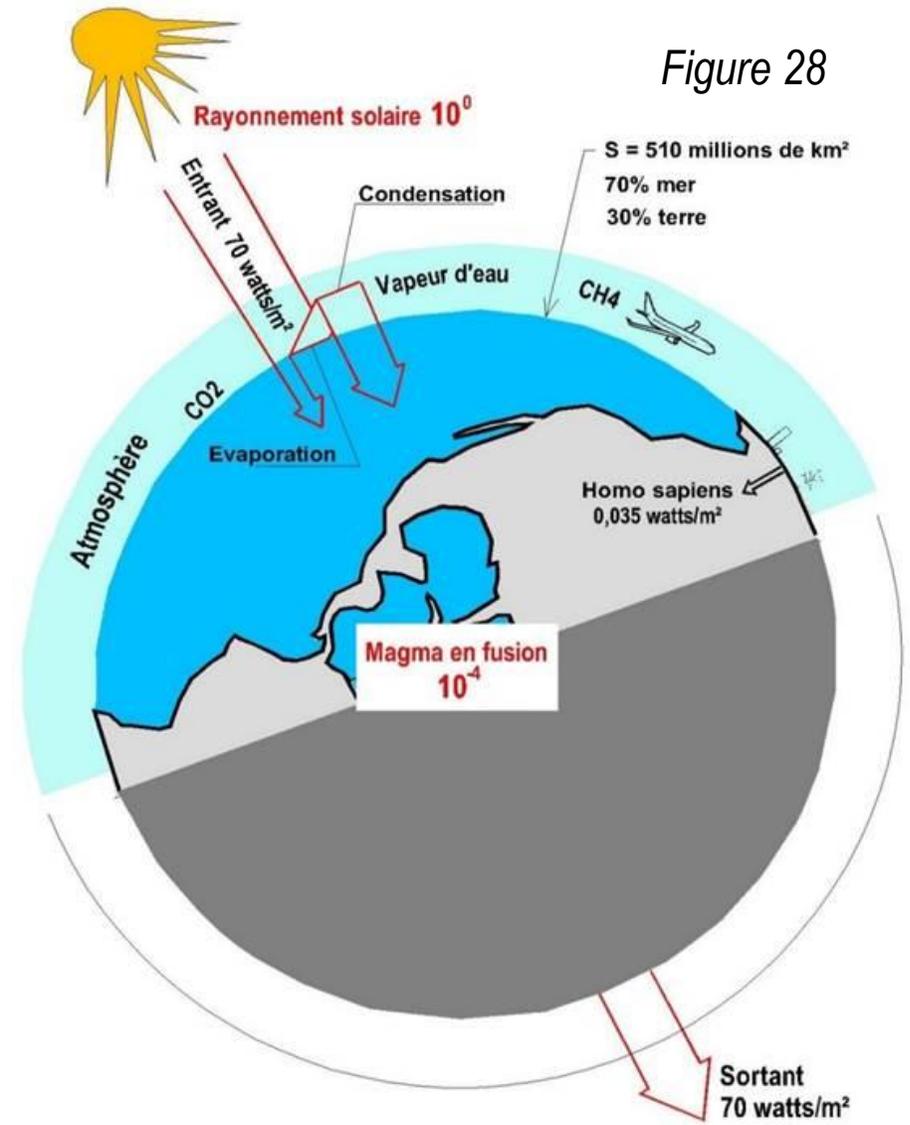


Figure 28

[Les dérèglements climatiques futures](#)



## Le temps presse

*La hausse des températures sur terre est provoqué selon le GIEC par le fait que l'augmentation de la teneur de gaz à effet de serre diminue le réfléchissement du rayonnement solaire infrarouge*

*Les réserves de produits fossiles qui diminuent et le tas de carbone qui augmente justifie le sablier de mon livre sur l'énergie. Voir page 116 du complément*

## Une difficile question

Devons-nous considérer l'urgence du changement et de la transition écologique comme relevant surtout de l'épuisement de nos ressources non renouvelables en énergie fossile avec la crainte de ne plus pouvoir satisfaire nos besoins énergétiques ou plutôt aux dérèglements du climat et à l'affectation de nos écosystèmes ?

*Pour répondre à cette difficile question, il faut avoir d'abord prendre conscience que le monde est comme le cerveau de l'homme divisé en deux parties. Ceux qui pensent savoir d'un côté et ceux qui souhaitent apprendre de l'autre. Il y a en effet d'une part les climatosceptiques (le plus célèbre d'entre eux étant probablement Claude Allègre), les climato disons « chauffagistes » qui exagèrent un peu plus au milieu ceux que l'on pourrait nommer disons les climats-réalistes.*

*Il se passe actuellement le phénomène suivant : 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. Elle devient plus faible que ce qu'elle est dans un monde idéal sans combustion des produits fossiles. Ceci ayant pour effet de provoquer une augmentation de la température moyenne sur terre et les dérèglements du climat que nous constatons actuellement*

*Pour mieux comprendre le phénomène on peut assimiler notre planète à une maison et sa chaufferie (Figures 27 et 28). Lorsque la puissance émise par la chaufferie est constante mais supérieure à la puissance dissipée dans les parois la température augmente progressivement dans les pièces de vie pour atteindre un état d'équilibre. Pour notre planète c'est un peu la même chose : moins le rayonnement solaire est réfléchi, plus la surface chauffe. L'énergie réfléchie appelée albédo est fonction du facteur de réflexion. Les objets noirs, tels que l'asphalte de nos routes ou une voiture noire ont une valeur albédo faible et absorbent donc une grosse partie des rayons du soleil et se réchauffent fortement. Les objets blancs tel que les montagnes enneigées ont un albédo élevé et réfléchissent les rayons du soleil beaucoup plus fortement, de sorte qu'ils se réchauffent moins rapidement.*

*Si on assimile la terre à un corps noir la loi de Stefan-Boltzmann permet d'évaluer quelle pourrait-être l'élévation de la température sur terre en fonction des énergies reçues et réfléchies*

*L'équilibre de température sur notre planète terre est atteint lorsque l'énergie qu'elle reçoit du soleil par radiation est égale à l'énergie réfléchie par la surface terrestre. Ce qui rentre est alors égal à ce qui sort en quelque sorte. L'idéal .*

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

*CO2 mon amour  
Invisible mais présent  
Ou l'impossible retour  
A nos années d'antan*

*Tu peux être content  
Quoi que nous fassions  
Tu auras tout ton temps  
Pour ta grande évasion*

*Difficile prospective*

*La « Solar Water Economy » avec la rivière*

*Du tréfonds de la terre  
Où tu étais prisonnier  
Tu as choisi l'atmosphère  
Pour établir tes quartiers*

*Mais, pour nous les hommes  
Les rois de l'incurie  
Il serait temps en somme  
D'arrêter nos conneries*

*Dérèglement climatique*

# 5) Et le Mezenc ?

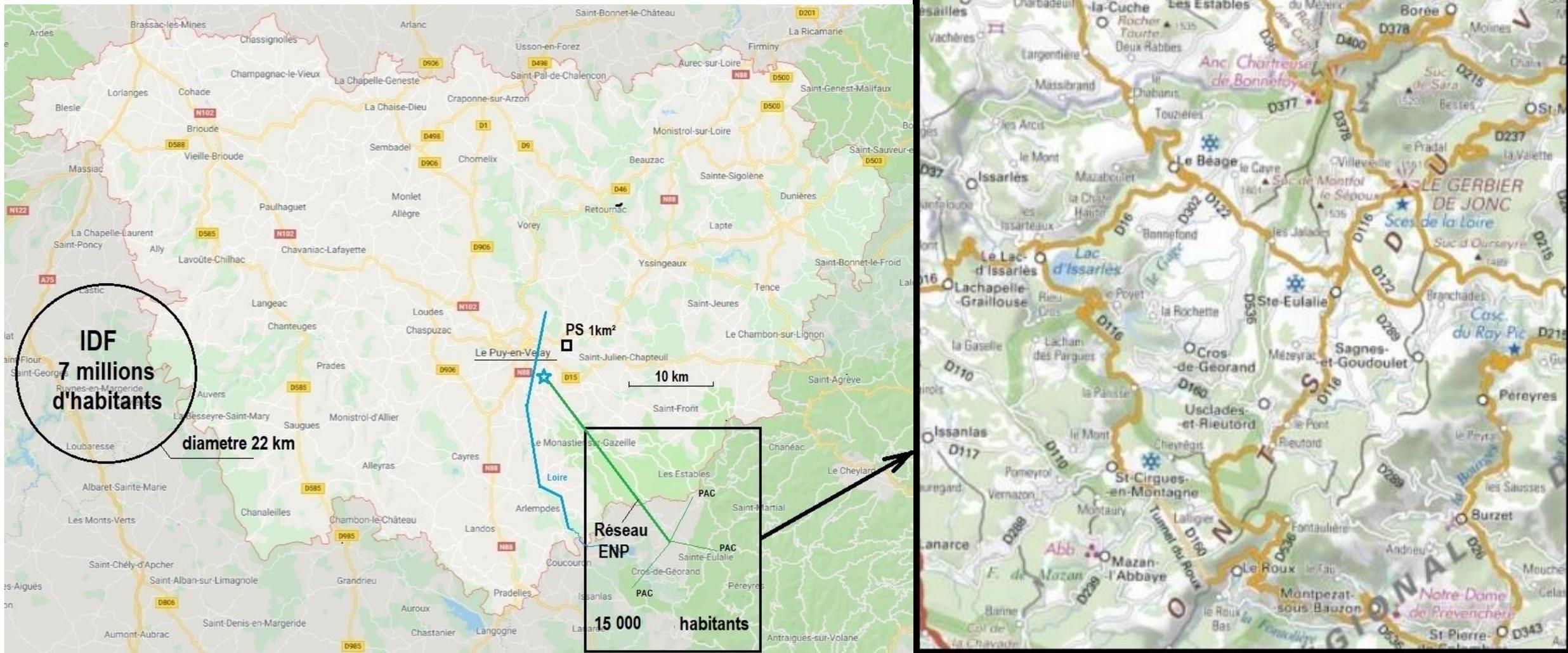


Figure 30 La haute Loire 43 vu par [WIKI](#)

*Nous allons maintenant aborder ce que les réserves hydrologiques de votre région peuvent vous apporter.*

*Mais avant de prendre une décision concernant la nature des investissements que votre région pourrait décider d'entreprendre dans le cadre de la transition énergétique et de la satisfaction de vos besoins locaux en énergie, il est je pense nécessaire de réaliser que l'énergie électrique qui vous arrive du soleil en une année grâce au voltaïque peut devenir très supérieure à notre besoin annuel ce qui est loin d'être le cas pour les éoliennes à la production aléatoire. La mise en place de 25 m<sup>2</sup> de panneaux solaires pour chacun d'entre vous c'est à minima dans votre région une énergie électrique annuelle disponible de 2850 kWh et ceci en ne faisant appel ni au nucléaire, ni aux centrales thermique ni aux éoliennes ? Une énergie électrique qui reste suffisante si l'on reste dans le cadre des besoins évoqués précédemment à savoir l'habitat et la voiture individuelle .*

*(Voir figure 9)*

### **La démographie dans votre région**

*Il faudra prendre en compte qu'en termes de démographie la région du Mezenc ce n'est évidemment pas le même problème que celui de la région Ile de France. Ceci pour une raison simple : la densité démographique y est considérablement inférieure à celle de la région parisienne. La surface de Paris incluant sa proche banlieue c'est 7 millions d'habitants alors que le Mezenc incorporant la région du Puy de surface un peu plus importante c'est environ 30 000 habitants. Paris et sa proche périphérie c'est 20 000 habitants au km<sup>2</sup> soit 50 m<sup>2</sup> au sol disponible par parisien alors que le département de la Haute Loire 43 c'est une densité démographique 450 fois plus faible avec seulement 44 habitants au km<sup>2</sup>.*

*Le cercle sur la gauche de la figure 30 représente la région IDF avec 7 millions d'habitants et est à la même échelle que le rectangle de la région du Mézenc avec ses 15 000 habitants.*

*De ce fait vu les distances à parcourir pour distribuer l'énergie thermique une orientation vers la géothermie profonde assistée par la Loire ne peut satisfaire l'ensemble de la population qu'avec un réseau du type // et non série comme celui de Villejuif. Ceci en raison des pertes thermiques en ligne. Reste qu'il faudra aussi estimer les pertes de charges en ligne afin de chiffrer le réseau. La figure 34 donne une idée des surfaces et des distances.*

## **La nature dans votre région**

*Le climat dans votre région est chaud et tempéré. Les précipitations y sont régulières sans période sèche prolongée.*

*La température moyenne annuelle à Le Puy-en-Velay est plutôt clémente ( 9.8 ° C).*

*Il y tombe en moyenne 652 mm de pluie par an, soit un peu moins que la moyenne de l'hexagone voisin de 800 mm.*

*Satisfaire vos besoins en énergie sans nucléaire et avec un minimum de combustible fossiles tel est le défi que vous avez je pense intérêt à relever. Assurer le chauffage de l'habitat dans une région comme le Mézenc en respectant ces critères n'est pas insurmontable mais il faudra pour cela conserver malgré tout dans un premier temps un peu de combustion pour pallier à l'intermittence été hiver du solaire voltaïque. Il tombe en effet suffisamment d'eau dans votre région pour associer le chauffage thermodynamique de l'habitat à la chaleur spécifique de l'eau.*

# La géothermie

Le dogger en région parisienne c'est un gradient géothermique d'environ 3 degrés par 100m alors que dans votre région volcanique c'est environ 9 degrés par 100m  
Un forage type gaz de schiste comme ceux réalisés au USA est adapté à vos besoins

[Cartes géologiques du BRGM](#)

[Réseau de Villejuif](#)

[Derrick](#)

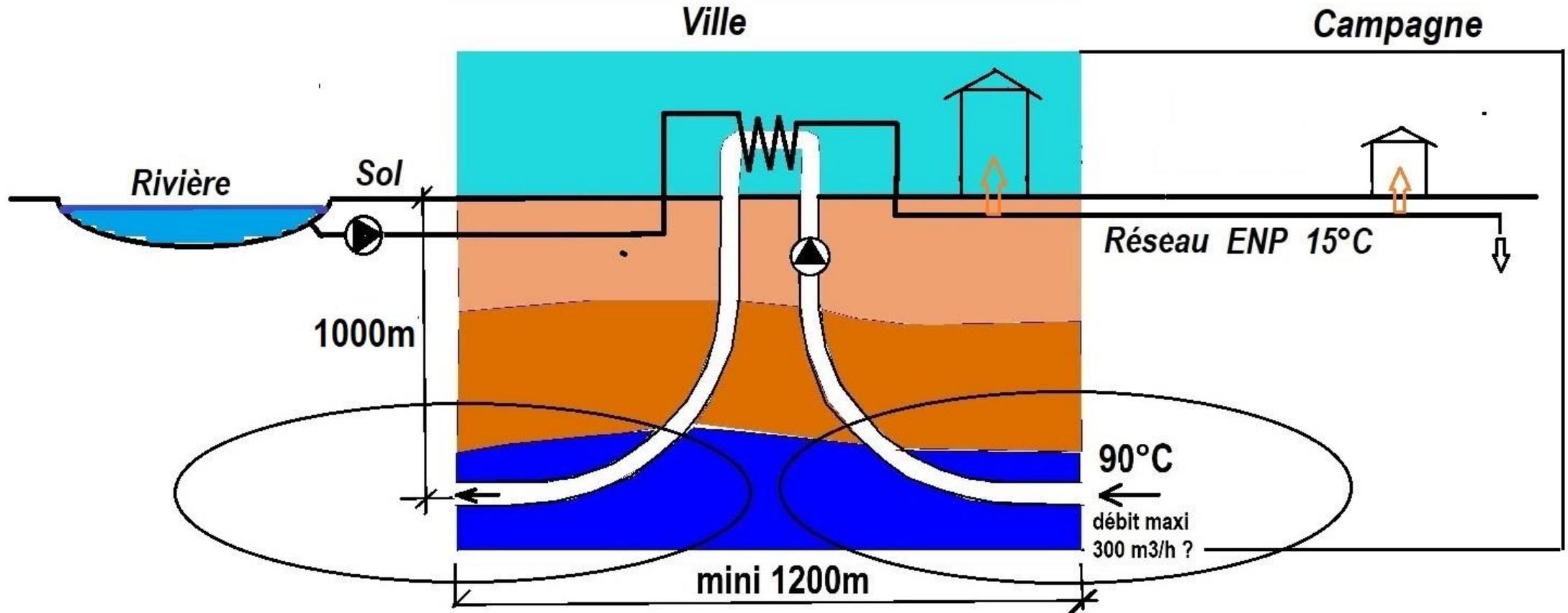


Figure 31 se reporter à la figure 27 de la page 55 précédente pour compréhension

# Les eaux géothermales dans le département de Haute Loire

## Votre sous-sol

La petite étoile représente l'emplacement des sources de la Loire

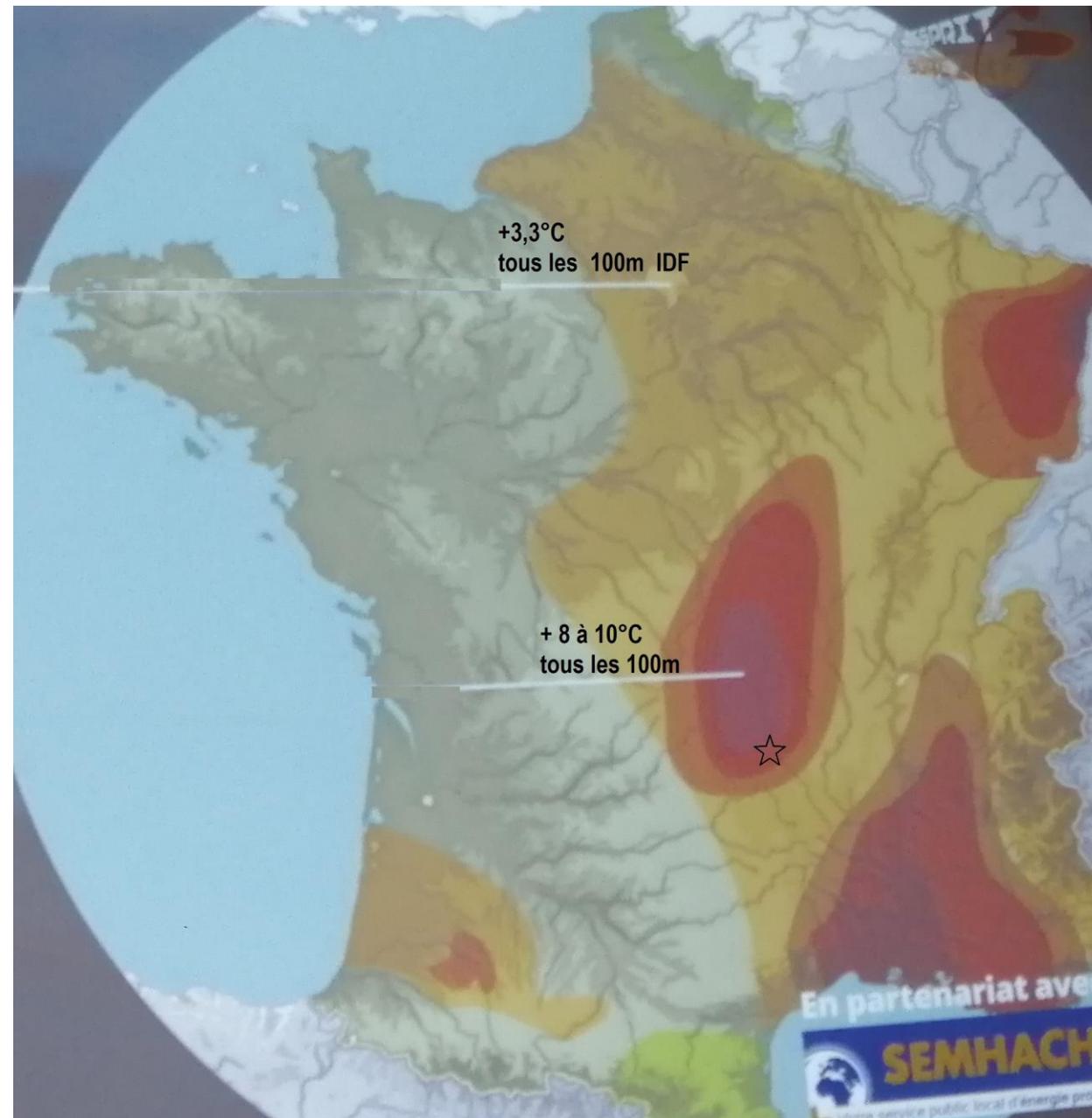


Figure 31

*Même en considérant le gradient de température le plus faible à savoir 8 degrés par 100 m compte tenu de votre positionnement en bordure de la zone volcanique, c'est de l'eau de 80 degrés c'est que vous pouvez probablement obtenir à seulement 1000 m de profondeur au lieu de 1800 m comme cela est le cas à Villejuif en zone parisienne. Ceci avec une économie importante vu que le coût d'un forage est important par rapport aux équipements de surface. Il y a en effet tout lieu de penser que si un doublet géothermique devait être implanté à proximité de la Loire et du Puy en Velay le coût de ce doublet qui a concentré l'essentiel de la dépense à Villejuif serait plus faible sans votre région. Cela par le fait que dans une région volcanique comme la vôtre ayant un gradient de température notablement supérieure à celui de la région IDF la profondeur de forage serait notablement plus faible. (Voir figure 30)*

*Cette eau chaude géothermale il suffit de la pomper. Un seul doublet de 300 m<sup>3</sup>/h comme celui représenté sur cette figure, c'est une puissance thermique mise à votre disposition venant de la source géothermale proche de 17 000 kW\*. (Voir figure 24). Pour tirer au mieux profit des réserves naturelles que vous offre votre région la mise en place d'un réseau hydraulique sensiblement différent de celui de Villejuif <sup>22)</sup> et comparable à celui évoqué précédemment serait préférable pour éviter les pertes thermiques en ligne (Voir figures 24 et 25)*

*L'envers de la médaille: la pression hydraulique des pompes assurant le débit sur le réseau que doi*

Un exemple le [Réseau de Villejuif](#)

\*  $P = 1,16 \times 300 \times 80 - 30$ )

# Les eaux superficielles

## Potentiel des eaux de surface dans votre région

Les 3 principales rivières dans la région du Puy en Velay sont à régime pluvial. (Fonte de la neige ou pluie)

Les débits mis à disposition sont excédentaires par rapport au besoin :

- débit moyen de la Loire au Puy en Velay en hiver  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $18\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ ).
- débit moyen de la Borne à Chadrac en hiver  $3,8 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $\text{m}^3/\text{h}$ ).
- débit moyen de la Gazeille à Le Monestier en hiver  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $18\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ ).

Ces rivières ont des périodes de hautes eaux allant de l'automne au printemps

[Issarlès et son volcan](#)

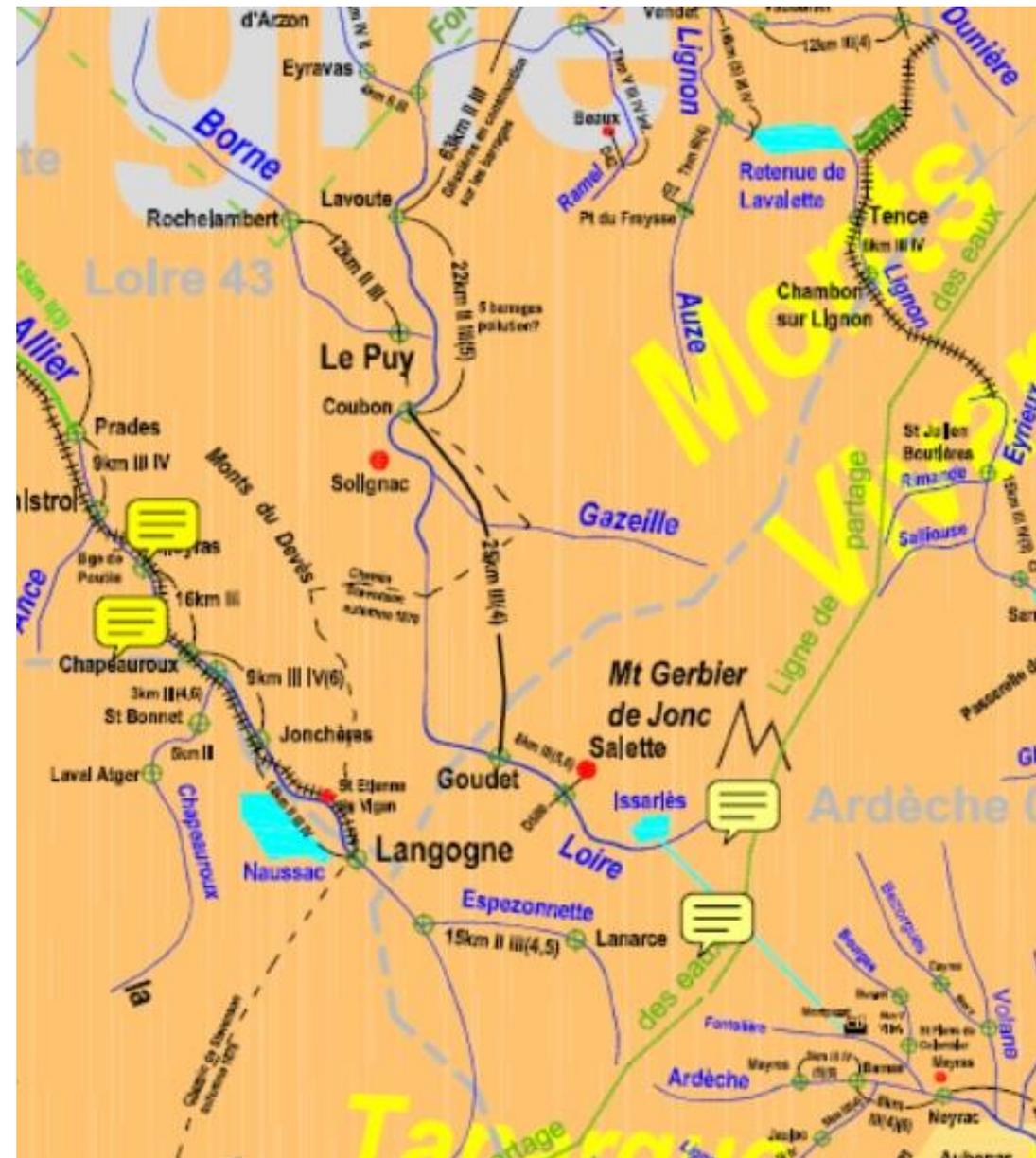


Figure 32

*Une puissance thermique qui peut être doublée soit atteindre sensiblement 35 000 kW si l'on associe l'eau de la Loire à l'eau géothermale avec un circuit hydraulique comme celui de la figure 25. Ceci lorsque l'eau de la Loire est à 10 degrés. Mais faut en effet tenir compte un point de congélation de l'eau à 0° C. La température du Tarn au Puy au plus froid de l'hiver est en effet probablement inférieure à 5 degrés ce qui interdit tout prélèvement d'énergie dans la rivière pendant cette période. En effet en dessous de cette température la puissance prélevée dans le fleuve est nulle et la puissance mise à disposition est deux fois plus faible (20 000 kW). Ceci alors que le besoin est plus important. Un apport énergétique provenant de la combustion comme cela est indiqué précédemment avec les chaufferies hybrides est donc le bienvenu non seulement sur le plan fonctionnel mais aussi sur le plan financier*

### [Risque d'inondations en haute Loire](#)

*Nota: Pour info, l'EDF a fait dans votre région une petite entorse à la nature en ce qui concerne les bassins versants. Les eaux de notre plus grand fleuve, récoltées à sa source sont captées au lac d'Issarlès dans un ancien volcan et vont vers la grande bleue au lieu de s'écouler vers Nantes et l'océan atlantique.*

## **Le point sur les éoliennes**

*Les éoliennes ne seraient pas très belles à voir sur votre plateau du Mézenc mais elles pourraient malgré tout vous rendre service étant donné leur capacité à fournir du courant électrique en hiver lorsque le vent souffle et que le soleil fait défaut. Ce sont des outils de production d'énergie électrique certes finis et élaborés mais des outils de production sujet à excès de concurrence qui se vendent si l'on peut dire comme des réfrigérateurs. Des outils de production qui ne doivent dans la pratique leur survie qu'à une obligation de rachat par EDF de l'énergie électrique qu'ils produisent au taux élevé de 80 €/MWh. Un taux qui mériterait assurément d'être comparé au prix de revient de l'énergie électrique voltaïque dans une région relativement bien ensoleillée comme le Vivarais et relativement peu venté comparativement à la côte Bretonne.*

*Quoi qu'en dise certains organismes, cette filière ne peut prétendre en raison de l'intermittence aléatoire de sa production avoir un bilan carbone vertueux. Cela étant donné que pour équilibrer le réseau en temps réel, il est nécessaire que des centrales thermiques soit là en soutien permanent. Faut-il rappeler à ce sujet que la puissance délivrée par une éolienne est proportionnelle au cube de la vitesse du vent ? Et cela avec un risque de casse en cas de violente tempête avec une production électrique nulle lorsqu'il n'y a pas de vent. Il faudra bien un jour se faire à l'idée que le vent est une perturbation en queue de liste concernant la potentialité énergétique. Sinon comment expliquer malgré tous ces efforts que la part de production de l'éolien en France ne soit encore que de 5,1% en 2018 selon RTE. Vouloir se faire plus gros que le bœuf à l'image de cette énorme éolienne de 12000 kW construite conjointement par GE-Alstom presque aussi haute que la tour Eiffel prouve que l'on n'a visiblement pas choisi le bon cheval.*

## **Stockage de l'électricité**

*Concernant la nécessité de stocker l'énergie électrique du fait de l'intermittence été-hiver du voltaïque reste à savoir ce que votre région va décider de FAIRE: Les batteries rechargeables, l'hydrogène avec l'hydrolyse de l'eau ou encore les 35 millions de mètre cube d'eau du lac d'Issarlès à une altitude de 1000 m qui pourrait faire l'objet d'une étude afin de les convertir éventuellement en STEP par EDF pour assurer cette fonction. Ceci en supposant que la mise en place d'un réservoir en aval dans la vallée de la Fontolière soit envisageable ce qui est peu probable.*

*Quoiqu'il en soit à ce sujet vous l'avez je l'espère compris, dans une région volcanique comme la vôtre l'apport thermique de l'eau géothermale profonde associé au chauffage thermodynamique et aux capacités de production thermique offertes par l'eau superficielle diminuent notablement la quantité d'énergie électrique devant être stockée.*

*Malgré la géothermie et faire confiance au voltaïque dans la mesure où cette génération électrique est Trouver les sous-traitants capable de maîtriser ces techniques à un coût raisonnable ne devrait pas poser de graves problèmes particulièrement pour ce qui concerne l'autoconsommation de l'électricité solaire produite. Cependant il en est tout autrement du problème posé par l'intermittence été hiver du voltaïque et le stockage de l'électricité qu'elle impose. Le système devient en effet très vite plus complexe et onéreux dès que l'on aborde envisage les batteries rechargeables ou l'électrolyse de l'eau et le stockage de l'hydrogène. L'Europe a décidé de se pencher vers ce secteur pour faire concurrence à la chine et il est permis d'espérer une évolution rapide vers les batteries au sodium nettement moins lourdes et moins onéreuses que les batteries à l'hélium.*

*Ce qui précède ne pas prends en compte les activités industrielles de votre département ni les besoins en énergie de l'agriculture*

# Complément accès à la rivière en colère <http://infoenergie.eu/riv+ener/LT.htm>

## 1. [Sur les pompes à chaleur](#)

- Le compresseur
- Les échangeurs de température
- Les fluides caloporteurs
- La réversibilité
- Les performances et la potentialité
- Echanger à la fois sur l'eau et sur l'air?

## 2. [La géothermie](#)

- La tête de forage du doublet géothermique
- Le derrick

## 3. [L'aspect financier](#)

- Le cout de l'énergie
- la finance internationale
- Les aides de l'état français
- Les acteurs de la transition énergétique

## 4. [La Cartographie française](#)

- Michelin et le Mézenc
- L'administration (régions, départements)
- L'air et les zones climatiques
- L'eau de ruissellement et souterraine
- Le nucléaire et l'urbanisation
- Le transport fluvial et les bassins versants
- Le soleil et le tourisme
- Le risque sismique et la densité de population
- Le réseau électrique et les mots clés

## 5. [Complément sur l'eau](#)

- Le cycle de l'eau
- L'air et les zones climatiques
- L'eau de ruissellement et souterraine

## 6. [L'intermittence de l'énergie solaire européenne](#)

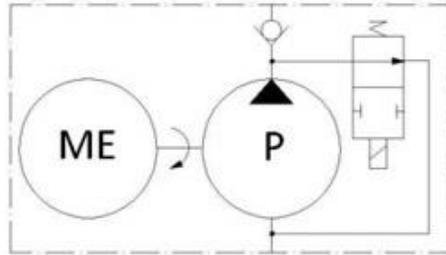
## 7. [La géothermie en Ile de France](#)

## 8. [Les équations aux dimensions](#)

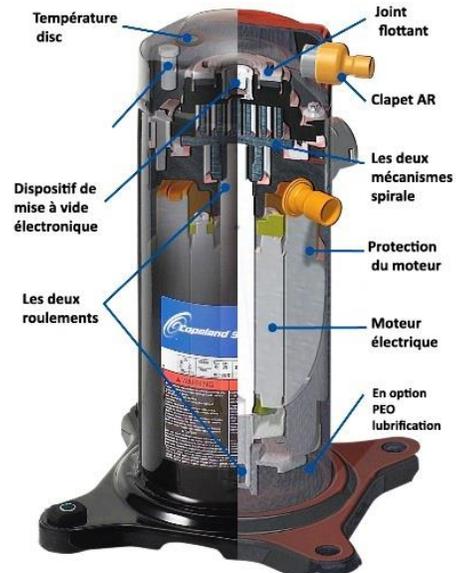
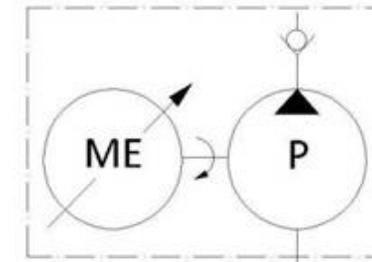
# 1 Les composants d'une pompe à chaleur

## Le compresseur

Type spirale Figures 33



à vis Figures 34



# *Le compresseur*

*Le compresseur est avec le condenseur, le détendeur et l'évaporateur un composant important d'une pompe à chaleur.*

*Il est composé d'une pompe qui peut être entraînée par un moteur électrique à vitesse constante ou à vitesse variable. Ceci selon la puissance thermique souhaitée. Lorsque celle-ci est inférieure à 250 kW et à l'échelle d'une maison ou d'un immeuble la meilleure solution est de prévoir un entraînement à vitesse constante comme indiqué sur la figure de gauche avec moteur asynchrone standard et de choisir des pompes du type Copeland particulièrement silencieuses. Ces pompes sont équipées d'un dispositif de variation de débit en dérivation incorporé. Il est ainsi possible d'implanter 3 voire 4 petits groupes motopompes raccordés en parallèle pour assurer cette fonction.*

*Pour les réseaux de chauffage urbain et les puissances supérieures les pompes sont généralement des pompes à vis entraînées par des moteurs électriques à vitesse variable*

# Les échangeurs de température

condenseur et évaporateur

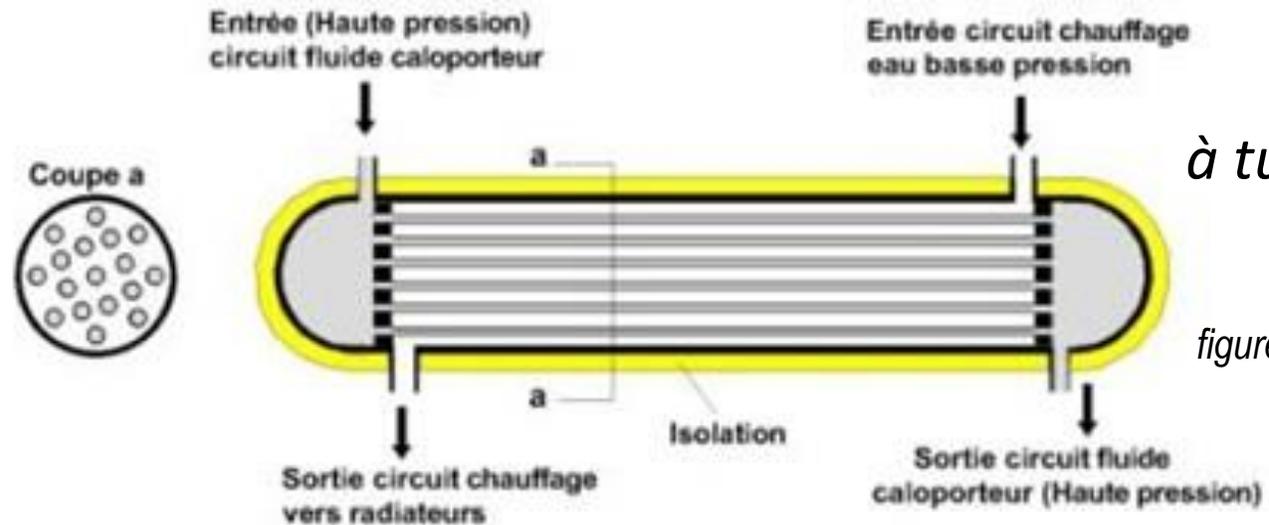


Fluides	Pression maxi de service	Température maxi de service	Matériaux		Coefficient d'échange eau/eau	Surface maxi d'échange par appareil	Débit maxi par fluide
			Joints	Plaques			
Liquide/liquide ou Vapeur/liquide	25 bar	150°C à 200°C selon le type de joint <sup>2</sup>	Nitrile Viton Hypalon Téflon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

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

à plaques figure 34

Exemple d'application (PAC)



à tubes

figure 35

## ***Les échangeurs de température à plaques***

Deux fluides de nature différente peuvent échanger de la chaleur. Un des deux fluides refroidissant l'autre ou au contraire en le réchauffant. Ceci sans qu'il n'y ait aucun mélange entre les deux fluides. Cette fonction importante est assurée par des échangeur de température généralement à plaques selon le principe de la figure ci-contre.

Pour éviter les opération manuelles un filtre de protection peut utilement comprendre un dispositif de nettoyage de la partie inférieure du pot, là où le sable peut s'accumuler. L'équipement selon lien ci-dessous comprend un dispositif permettant d'évacuer la matière sédimentaire entraînée par les pompes d'exhaure automatiquement pendant une minute chaque jour (horloge).

## ***Les échangeurs tubulaires***

Si l'on s'est un peu trompé dans le dimensionnement ils sont moins flexibles que les échangeurs à plaques. Ils est possible en effet avec ces derniers de rajouter ou supprimer des plaques. Par contre les échangeurs à tubes résistent mieux à la pression

# Le fluide caloporteur

HFO1234ze Pression-Température-Enthalpie

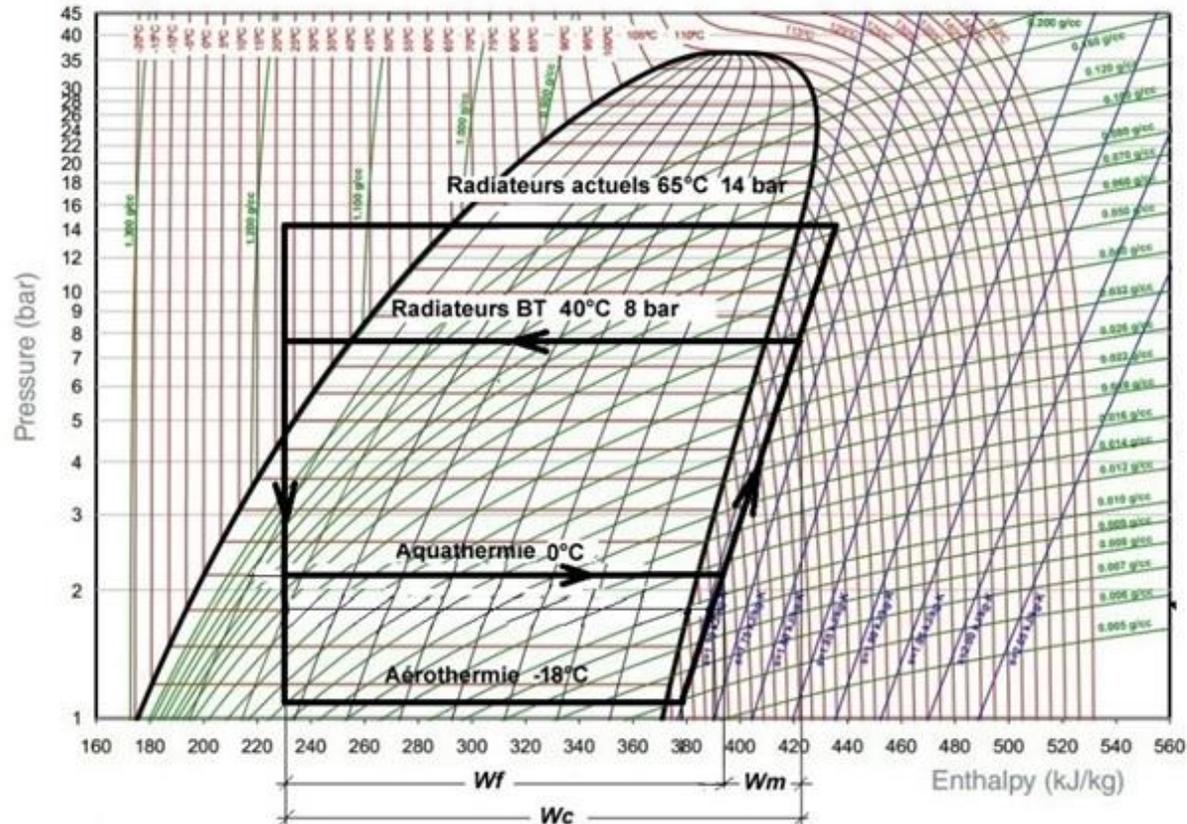


figure 37

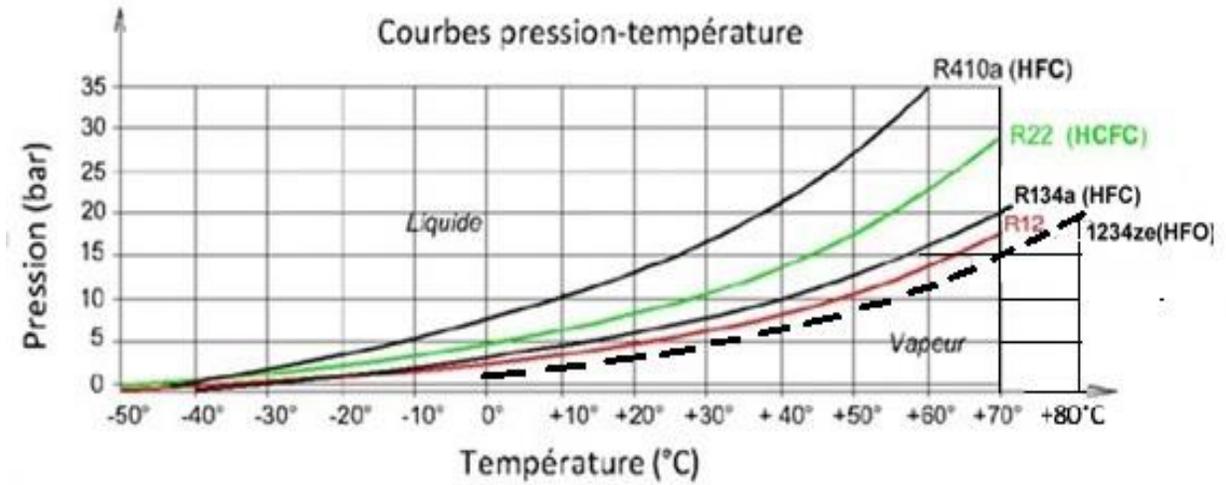


figure 36

# Une pompe à chaleur qui fait du froid en été ?

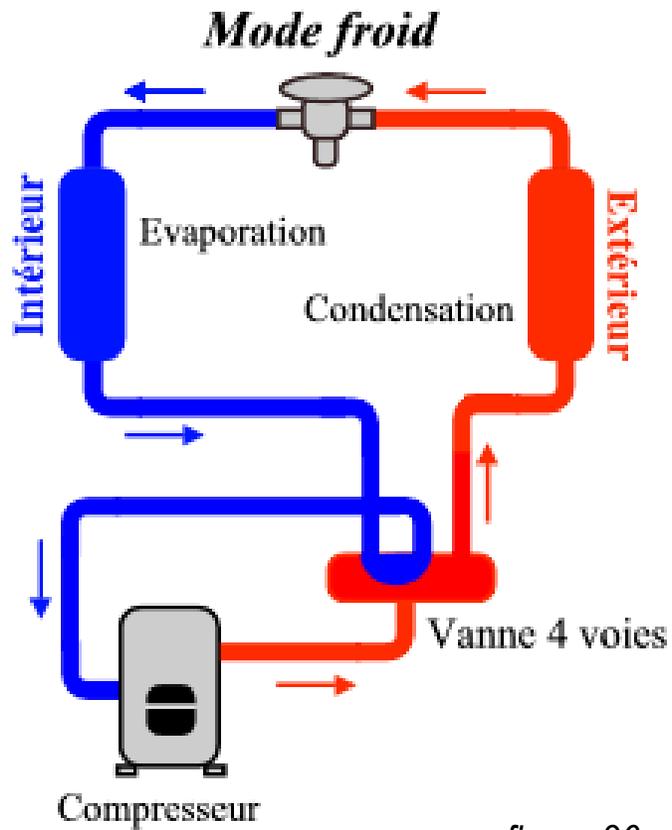
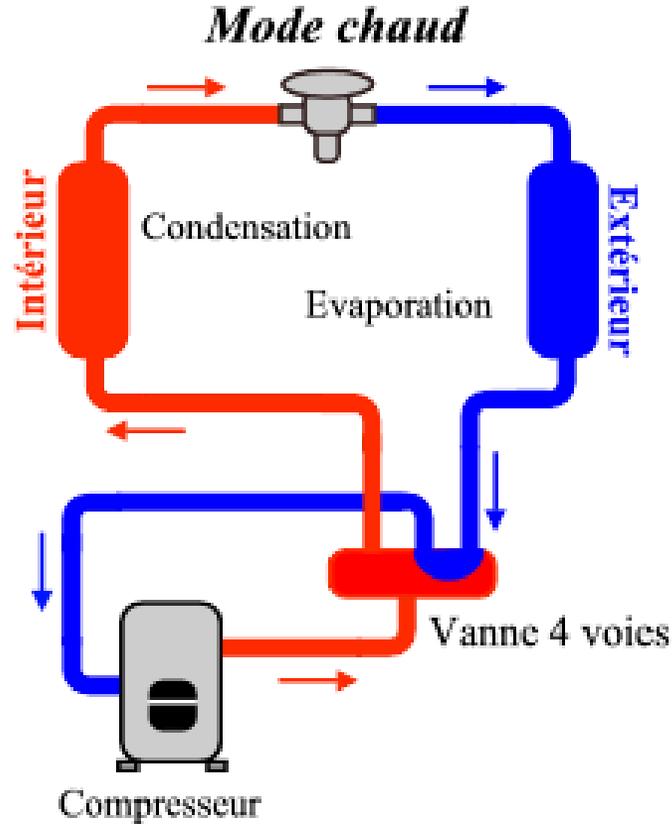
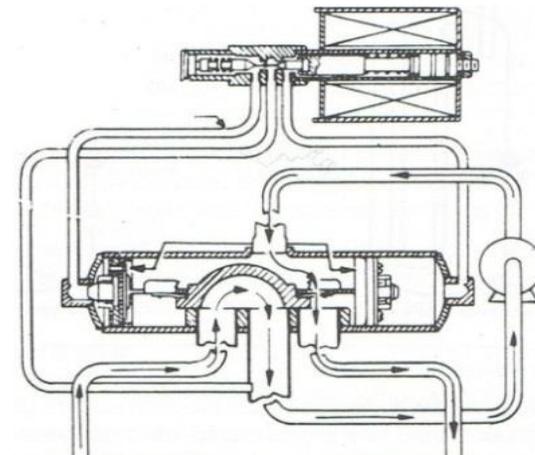


figure 36

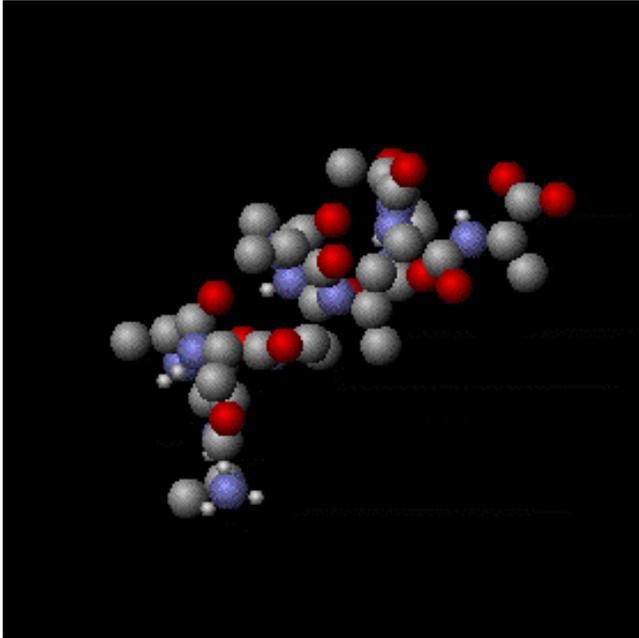


Air



# La pompe à chaleur:

## L'égalité de Clausius



A  $-273^{\circ}\text{C}$  rien ne bouge  
Pour voir ce qui se passe lorsque la  
température augmente [cliquer ici](#)

[Une chaîne énergétique nouvelle](#)

*On ne peut évoquer les systèmes type pompe à chaleur sans introduire 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  $-273^{\circ}\text{C}$  soit  $0^{\circ}\text{Kelvin}$  la matière est figée comme représenté sur la figure de gauche. Par contre si la température augmente la désorganisation de la matière augmente en proportion.*

*Il y a bien évidemment beaucoup de paramètres qui caractérisent la qualité du fluide circulant dans le cœur de la pompe à chaleur mais la caractéristique principale du fluide frigorigène <sup>17)</sup> d'une pompe à chaleur est son **enthalpie**. Cette dernière s'exprime en kilojoule/kg.*

Pour une pompe à chaleur décrivant un cycle thermodynamiquement idéal (en principe réversible), l'application du second principe au système ditherme, permet d'écrire que  **$E3 / Tc = E2 / Tf$**  (Egalité de Clausius).

La quantité d'énergie contenue dans la matière étant d'autant plus grande que la température de celle-ci est élevée. À la température de  $0^{\circ}\text{Kelvin}$  ( $-273^{\circ}\text{C}$ ), la matière est figée et l'énergie contenue dans celle-ci est nulle.

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. Cette désorganisation ainsi que l'énergie contenue dans la matière prouve 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  $10^{\circ}\text{C}$  en utilisant l'eau de la nappe phréatique également à  $10^{\circ}\text{C}$ ,  **$Tc$**  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 entraîner le compresseur étant théoriquement nulle.

Il y a bien sûr des limites physiques mais la page suivante illustre la potentialité de la thermodynamique. Cette limite physique semble être actuellement un COP voisin de 7 (voir la revue CFP et le constructeur de PAC Carrier aux USA ([Page 91](#)))

## Les performances des pompes à chaleur

La formule de base donnant le **COP = E3 / E1** peut aussi être évaluée à partir des températures aux sources froide **Tf** et chaude **Tc** exprimées en ° K .

On a **COP = Tc / (Tc - Tf) = 1 / (1 - Tf/Tc)**

voir ci-contre la transcription graphique de cette dernière formule

## Incitation à l'investissement

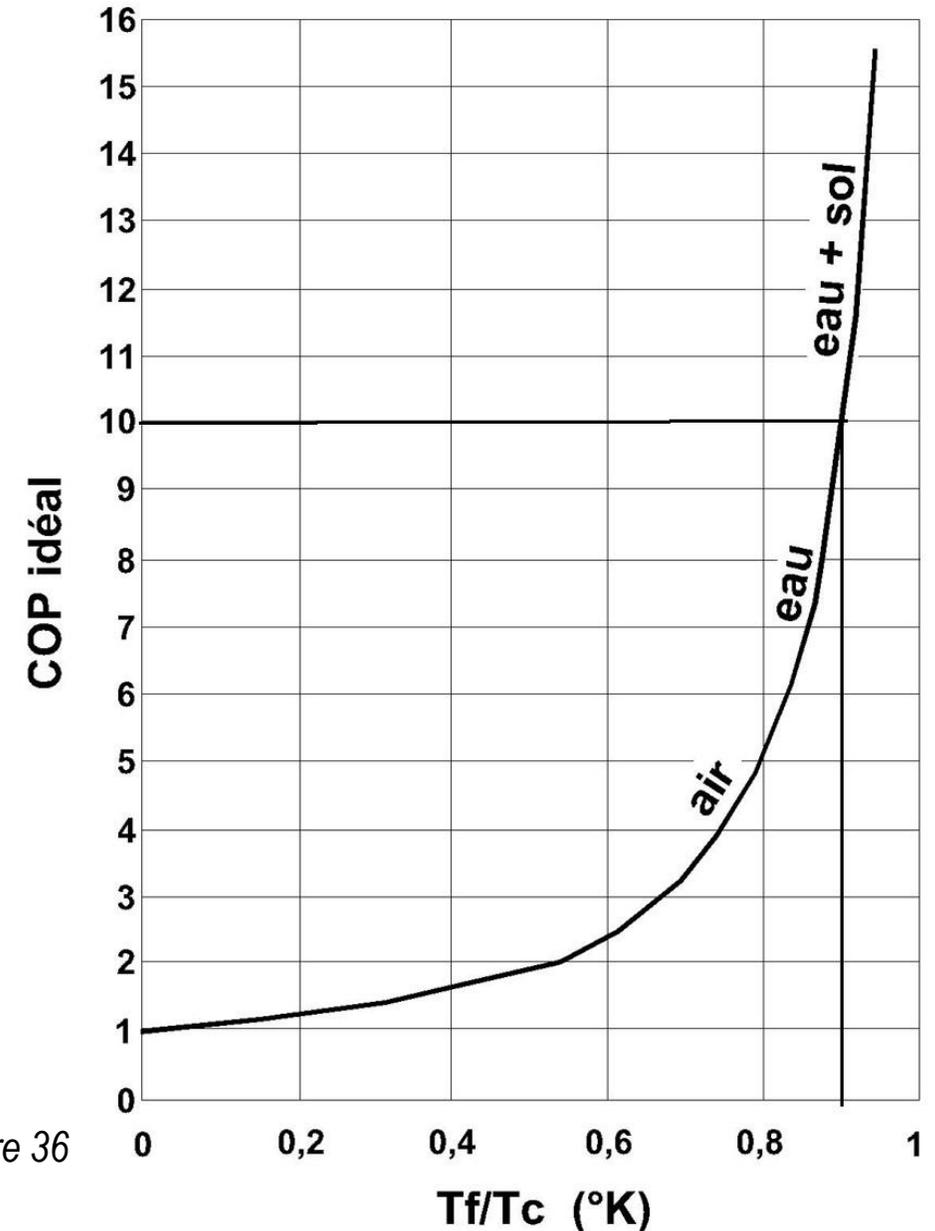


figure 36

# Echanger sur l'eau c'est mieux mais quand elle gèle?

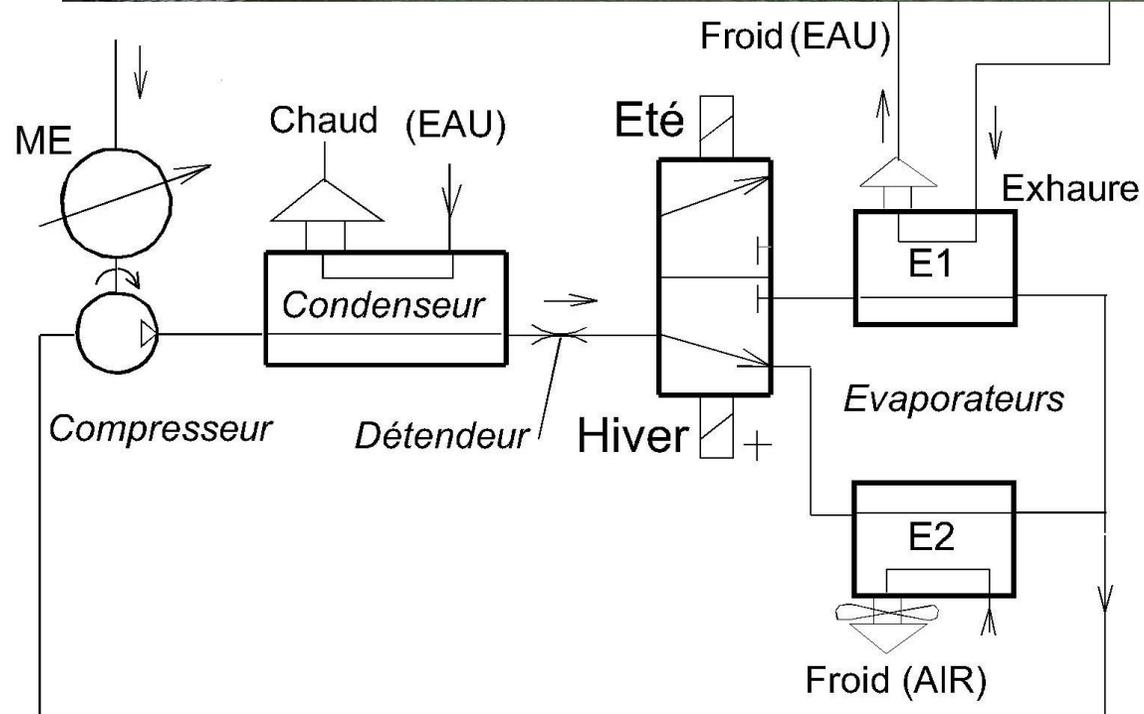


figure 38

## 2 Tête de forage du doublet géothermique



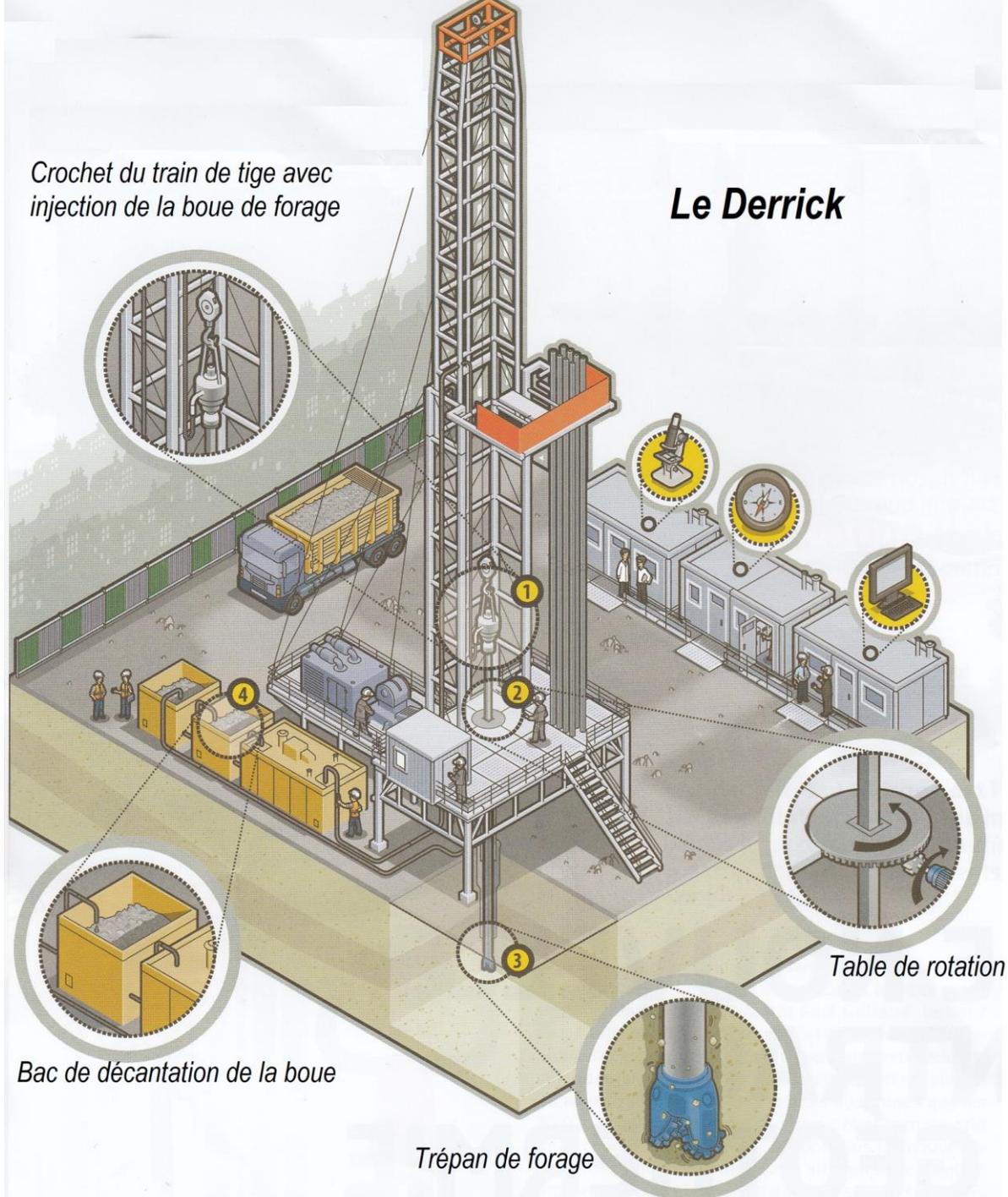
```
DOSBox 0.74-2, Cpu speed: 3000 cycles, Frameskip 0, Program: LIN
<ENTREES>
diamètre intérieur de la tuyauterie= 200 mm
débit= 5000 l/mn
viscosité du fluide= .5 centistokes
longueur de la tuyauterie= 250 m
densité du fluide= 850 kg/m3
nombres de coudes à 90°...= 0
nombres de coudes arrondis= 2

<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 m<sup>3</sup>/h avec une chute de température  $\Delta T$  de 50°  
c'est une puissance thermique  $P$  disponible pour votre région de  
 $P = 1,16 \times Q \times \Delta T = 17400 \text{ kW}$



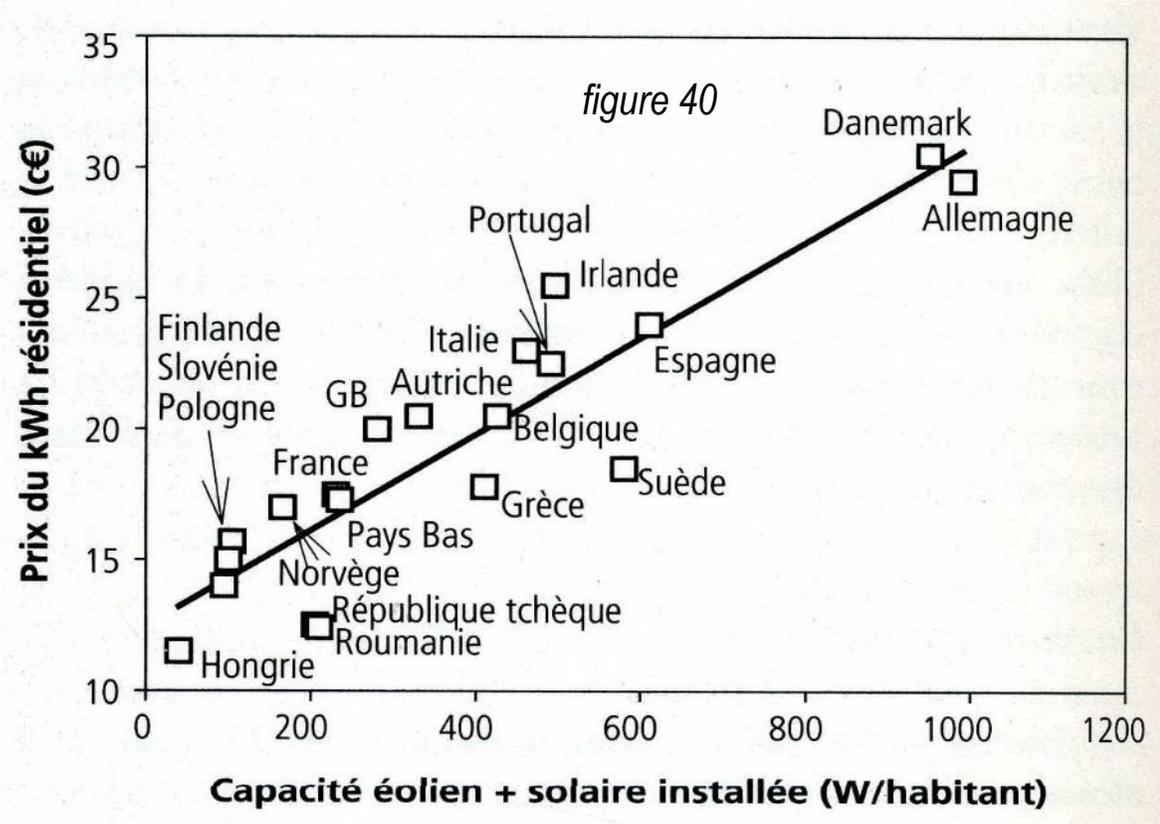
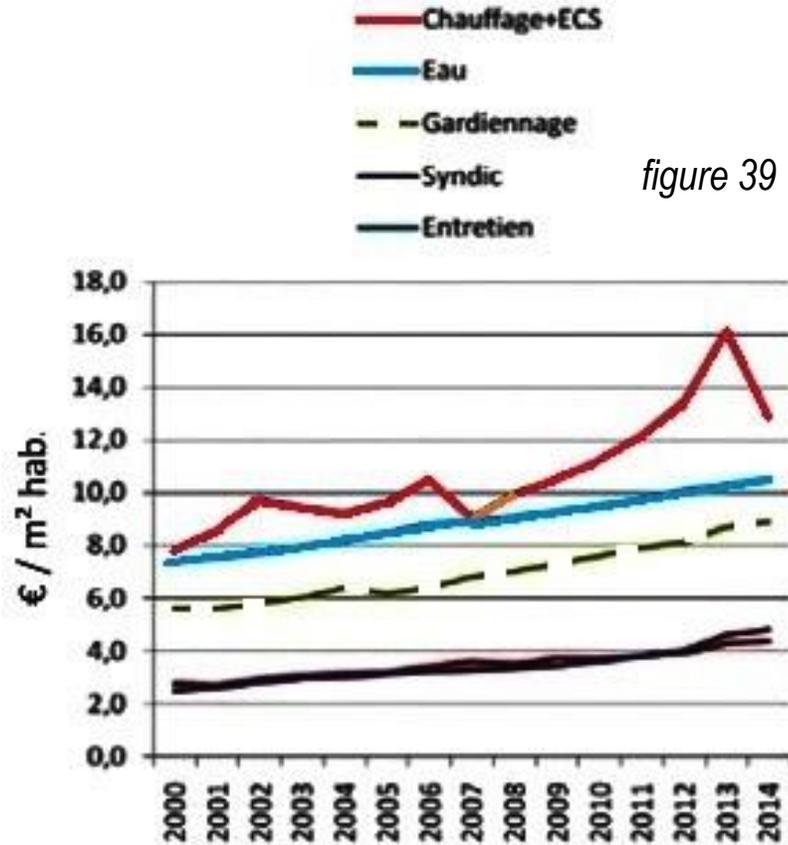
## Construire une centrale géothermique un projet d'ampleur

La réalisation d'une centrale de géothermie 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. Commence ensuite les démarches administratives demande de permis de forer, étude d'impact environnemental, enquête publique. Enfin on passe à la réalisation avec le forage depuis 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 renvoi l'eau refroidi 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 elle-même. 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 allongée au fil de l'avancement plusieurs diamètre 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 aux USA jusqu'à ce que chaque extrémité soit éloigné d'environ 1500 m de telle sorte que l'eau de rejet ne viennent pas tiédir l'eau géothermale

### 3 Pour que l'électricité soit meilleur marché



Pour baisser les charges : nucléaire, éolien ou solaire + thermodynamique ?

Mettre l'éolien et le solaire voltaïque dans le même panier pour calculer le prix du kWh électrique d'origine renouvelable comme cela est présenté sur la figure de droite 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. Il signifie seulement que ces pays ont développé l'éolien très (trop) rapidement. Une décision hâtive génératrice de déceptions amères sur le plan social en quelque sorte pour l'Allemagne.

Baisser le prix de l'énergie thermique rendue dans les pièces de vie de son logement est la préoccupation de beaucoup de français. Cela se comprend vu que dans un immeuble et selon l'UNPI le poste chauffage est le plus important. Ceci devant les dépenses concernant l'eau et le gardiennage (figure de gauche)

### ***Ce qu'il faut savoir***

Comment peut-on tolérer ce dispositif baptisé Arenh qui oblige EDF à revendre à ses concurrents l'électricité nucléaire qu'elle produit en France à un prix du kWh 4 fois inférieur à celui qu'elle consent à l'utilisateur c'est-à-dire à vous et moi? serions nous utilisateurs français les vaches à lait de l'Europe ? Facturer à nos voisins européen le MWh à 42 € un montant qui correspond à 4 centime d'€ le kWh est à comparer aux quelques 16 centimes d'€ le kWh qui nous est facturé à vous et à moi. Les anglais qui sont les seuls à vouloir persévérer avec le nucléaire en Europe malgré ses graves inconvénient auraient-il eux aussi vocation à se laisser entraîner vers le toujours + pour des raisons purement financières ? Il serait temps que l'Europe soit cohérente à ce sujet.

Une centaine de térawattheures (TWh) ou 100 milliards de kilowatt-heure est une énergie qui paraît considérable mais qui ne représente pour finir au taux de 4 centime d'€ le kWh qu'un montant de 4 milliards d'€. Un montant à l'évidence très faible par rapport aux sommes considérables à mettre en jeu pour assurer la filière nucléaire dans des conditions qui resteront quoi que l'on fasse inacceptables en ce qui concerne la sécurité.

On comprends au travers de ses chiffres pourquoi EDF est en déficit et pourquoi l'État qui est actionnaire à plus de 80% d'EDF ne peut faire autrement que de financer grâce à nos apports personnels. Il va être temps de passer au solaire pour produire l'électricité plus économiquement et de mettre les bouchées doubles pour solutionner le problème de l'intermittence été-hiver du voltaïque. Un problème qui n'est assurément pas insurmontable

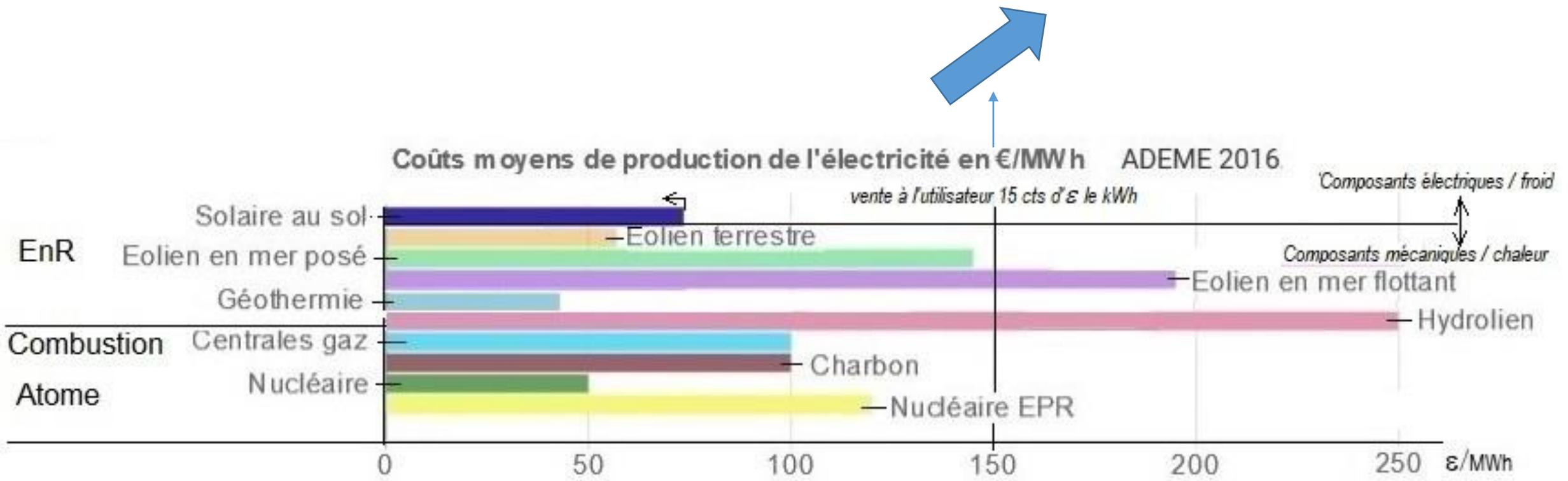


Figure 18

Les coûts de production de l'électricité varient selon la méthode utilisée la générée.

Toutes les chaînes énergétiques situées sous la première ligne produisent l'électricité en utilisant des composants mécaniques rotatifs du genre alternateurs ou turbines. Et ceci, à l'exception de l'éolien, en passant par la case thermique et les hautes températures.

Pour cette raison il est plus que probable que les données de l'Ademe qui situent le prix de revient de l'électricité produite par l'éolien terrestre en dessous du solaire voltaïque sont erronées. A cela une raison simple : l'énergie solaire voltaïque en bleu foncée elle est la seule qui se passe totalement de tous ces composants qui compliquent la chaîne énergétique et alourdissent les frais d'entretien. Le seul composant important est électrique: l'onduleur qui converti le courant électrique continu fourni par le panneau en courant alternatif compatible avec le réseau. Le voltaïque est en effet actuellement le seul et unique moyen de produire directement de l'électricité sans faire appel à l'énergie mécanique. Toutes les autres méthodes de production d'électricité à savoir les turbines hydrauliques sur les rivières ou les éoliennes, les centrales à gaz ou à charbon ainsi que le nucléaire utilisent un alternateur. Avec les éoliennes l'alternateur est entraîné par la rotation des pales au travers d'une boîte mécanique. Avec le nucléaire il en est de même et ceci, facteur aggravant en passant par l'énergie thermique en amont de la chaîne énergétique. Ceci en faisant le plus souvent bouillir de l'eau dans un volume fermé afin d'obtenir des températures élevées et de la haute pression pour que la vapeur fasse tourner une turbine. Le seul composant complémentaire au panneau voltaïque est l'onduleur, un composant fiable et performant qui converti le courant continu produit par le panneau voltaïque en courant alternatif utilisable sur le réseau. Ceci par exemple pour pouvoir réinjecter l'excédent de production solaire vers le réseau

La France a énormément investi dans le nucléaire. Près de la moitié des réacteurs nucléaires dans le monde sont français. Les Français ont ainsi pu bénéficier d'une énergie relativement peu chère et décarbonisée pendant des décennies. Cependant, les coûts liés à l'amélioration de la sécurité des centrales nucléaires, au rallongement de leur durée de vie et au traitement des déchets rendent aujourd'hui cette énergie peu compétitive par rapport aux autres formes d'énergie particulièrement les énergies renouvelables, dont les coûts baissent d'année en année et qui ne représentent pas de risque pour la santé.

# La finance internationale

## *Les combustibles fossiles*

### La taxe carbone

### Et le kérozène?



Cette image peut faire sourire mais la fiscalité liée à la taxe carbone est en France et dans la plupart des pays du monde démesurée.

Qui plus est, elle va augmenter au fur et à mesure que nos réserves en énergies non renouvelables d'origine fossile s'épuisent.

Une autre motivation de cette augmentation étant aussi la prise de conscience que la combustion des produits fossiles engendre un dérèglement climatique sur notre planète pouvant devenir très grave

Cela pourrait avoir aussi pour heureuse conséquence de rapprocher le prix du kWh d'origine fossile du prix du kWh d'origine renouvelable. Cette différence est en effet trop importante en France où le prix du kWh électrique est proche de 0,15 € le kWh alors qu'il est sensiblement de 0,05 € pour le gaz.

### ***Important selon Emmanuel Macron et selon moi***

*Taxer le kérosène de l'aviation civile serait pour moi une fiscalité intelligente qui pourrait servir à financer la transition énergétique et inciter à la pratique de l'agriculture locale. C'est sur des situations comme celle-ci que l'on attend une action de notre président auprès de l'ONU pour faire évoluer les choses.*

Il faut se rendre à l'évidence pour de multiples raisons le prix de l'électricité rendue à l'utilisateur va grimper.

La logique voudrait que nous respections notre propre constitution qui stipule que nous devons vivre dans un monde équilibré. Malgré cela force est de constater que les prix des kWh gaz (environ 5 cts d'€) et électrique (environ 15 cts d'€) divergent inexorablement. Notre tendance naturelle étant d'aller au moins cher pour équilibrer notre budget on encourage paradoxalement avec les chaînes énergétiques actuelles l'utilisation des produits fossiles. Forme d'énergie que l'on souhaite par ailleurs minimiser autant que faire se peut pour les raisons que l'on sait. Concernant la France, il sera possible localement de réduire grâce au chauffage thermodynamique la quantité d'énergie électrique nécessaire au chauffage, mais il faut se rendre à l'évidence, même avec un COP de 6,7 (10/1,5) correspondant au réseau idéal conjuguant les eaux superficielles avec les eaux géothermales (P21), il sera parfois difficile en raison de la démographie galopante dans les villes de satisfaire tout le monde sans l'apport de la combustion

*La France est le seul pays au monde satisfaisant dans de telles proportions ses besoins en énergie électrique avec le nucléaire. Ceci suite aux décisions du général de Gaulle à expiration de la deuxième guerre mondiale. Les trois quarts de nos besoins en électricité sont en effet assurés actuellement dans notre pays par une cinquantaine de centrales nucléaires disposées en général près des rivières. Ceci pour assurer le refroidissement des réacteurs. Cela alors que mondialement seulement 5 % de l'énergie primaire est d'origine nucléaire. Quarante dix % de l'énergie primaire mondiale étant encore d'origine fossiles*

*Les climatologues estiment que le réchauffement climatique est dû à la présence de gaz à effet de serre dans notre atmosphère. Ce que l'on peut dire aussi est le fait que si l'humanité devait assurer l'ensemble de ses besoins électriques avec le nucléaire cela pourrait s'aggraver encore un peu plus. Cela est dû à la performance relativement modeste de la chaîne nucléaire qui fait que sensiblement deux fois l'énergie électrique produite est dissipée en chaleur en pure perte dans l'environnement.*

*Pour un besoin en énergie électrique par habitant d'environ 11000 kWh égal à la moitié de l'énergie finale totale consommée actuellement en moyenne par chacun de nous dans le monde (voir fig P ) c'est une quantité d'énergie thermique sensiblement égale à  $7,7 \cdot 10^{16}$  wattheures qui est dissipée dans l'atmosphère compte tenu de la population mondiale de 7 milliards d'habitants*

*Si l'on compare cette énergie à celle qui nous provient à la surface de la terre en raison de la radiation solaire égale à  $31\,722 \times 10^{16}$  wattheures (voir epub 129*

*622 kWh/m<sup>2</sup> 510 millions de km<sup>2</sup> 622 000 x 510 000 000 000 000 622 x 51 10<sup>16</sup> wattheures)*

*Elle se trouve être sensiblement 4000 fois + importante ce qui prouve bien une fois de plus la prépondérance du soleil par rapport à nos besoins en énergie sur terre. Elle deviendrait encore plus prépondérante si Homo sapiens décidait de transformer sa vision qu'il a de l'économie en passant à la SWE. Ceci en abandonnant les turbines et les alternateurs avec un besoin en énergie électrique par habitant nettement revu à la baisse grâce au chauffage thermodynamique*

*Le bon sens nous impose d'arrêter cette course en avant du nucléaire afin de minimiser les déchets radioactifs entreposés aux abords de la rivière avec les risques que cela comporte. Il faut considérer la décision du général comme une décision prise dans l'urgence pour satisfaire nos besoins autrement vu l'incapacité de nos rivières de donner encore plus qui soit significatif en termes de volume. Cette décision ne deviendra une bonne décision que si la France a les capacités de remettre la nature à l'identique à l'emplacement des centrales nucléaires en fin de vie sans trop majorer le prix de l'électricité.*

*la seule chance de le faire semble bien être de passer au voltaïque. Ceci particulièrement dans un monde où dans de nombreux pays et particulièrement aux indes les centrales à charbon sont loin d'être en fin de vie et vont pour cette raison fonctionner encore de nombreuses années. La transition vers les énergies renouvelables pourrait malheureusement bien être longue et laborieuse. Ceci particulièrement si la seule motivation de fermer les centrales à charbon est le fait qu'elles sont trop vieilles et ne sont plus rentables comme cela est le cas aux USA qui vient de fermer une cinquantaine de ce type de centrales par décision du président Trump. La situation n'est guère plus réjouissante si l'on observe la guerre commerciale que se font actuellement sur le plan mondial les pays producteur de pétrole de l'OPEP avec les deux grands pays producteur de gaz que sont les USA et la Russie. Pour ce qui nous concerne nous français, cette concurrence entre les pays producteur de gaz qui tire le prix du gaz vers le bas et notre choix d'une technique couteuse en termes d'entretien le nucléaire pour nos besoins en électricité fait que pour nous utilisateurs le prix du kWh électrique est sensiblement 3 fois plus élevé que le prix du kWh gaz. Et ceci malgré une fiscalité à la limite du raisonnable sur les produits fossiles. Au moment où l'on souhaite abandonner la consommation des combustibles fossiles on observe qu'il y a quelque chose qui cloche dans le système actuelle. Ceci dans la mesure où l'on invite financièrement le consommateur à aller vers le moins cher c'est-à-dire vers le pétrole pour équilibrer son budget,*

# Les aides financières de l'état français

*Complexes et difficiles à comprendre, elles sont assujettis*

- à un contrôle technique :

Audit collectif

UNPI ?

Reconnu garant de l'environnement (RGE)

Association française des pompes à chaleur (AFPAC)

- à la qualité de la fourniture Qualipac

*et trop nombreuses :*

*Privatives pour les plus démunis avec l'ANAH*

*Collectives avec l'Ademe*

Certificat d'économie d'énergie (CEE)

Le fond chaleur renouvelable (FCR)

*Bancaires avec le prêt à taux zéro (PTZ)*

Cheque énergie

L'état au service de l'individu ?

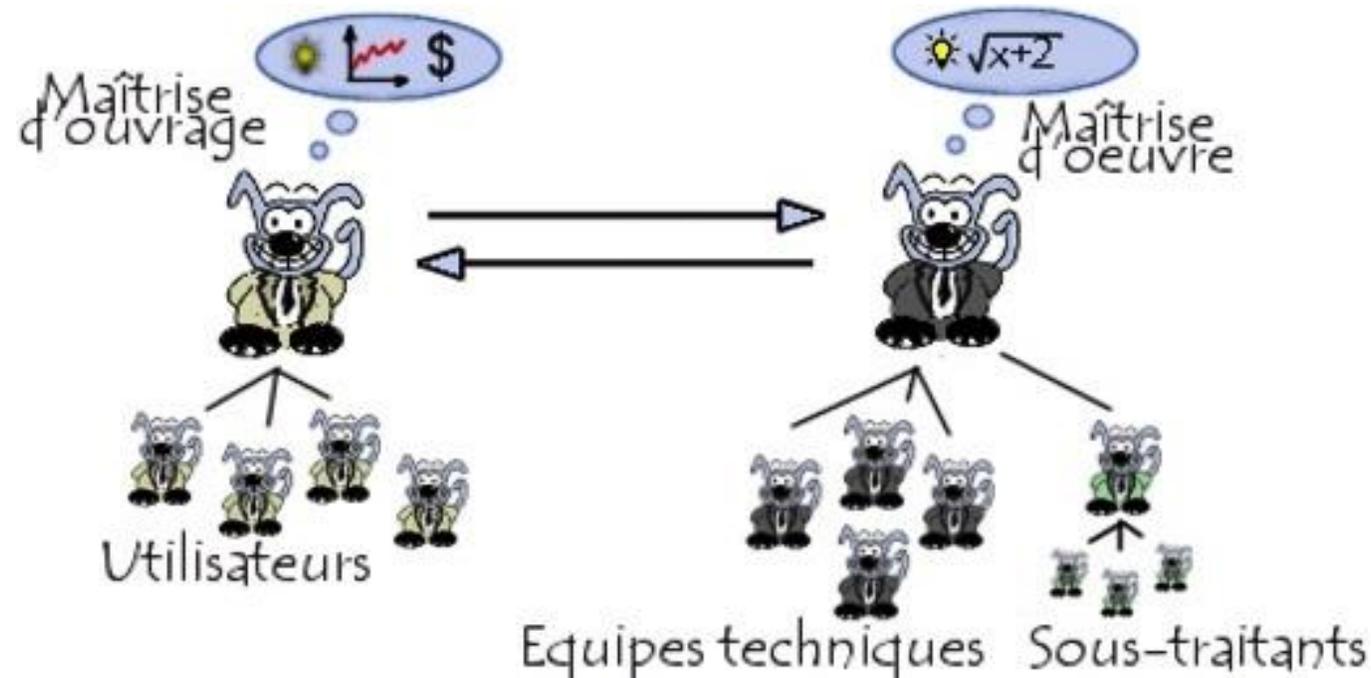
Inciter aux EnR en rendant l'aide inutile ?

•

Expliquer...expliquer...expliquer

# Les acteurs du changement

*Les principaux acteurs : Maître d'ouvrage et maître d'œuvre*



*Accessoirement:  
l'auditeur*

Montant de l'investissement – Aide fiscale

Economie réalisée annuellement sur l'achat des combustibles

= RSI < 10ans

Ils s'entendent sur un [contrat de performances](#)

## Les corps de métier

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

Le sociologue

*Le certificateur RGE*

OPQIBI

## *Les acteurs intérieurs à la copropriété*

1. Le syndic

2. La commission technique (Leader ?)

3. Le conseil syndical (CS)

Il fixe des objectifs de performances raisonnables

4. Les copropriétaires (syndicat des ...)

## *Les acteurs extérieurs à la copropriété*

1. Le BRGM et la Drire

2. L'Ademe (RGE > FCR)

3. Les espaces info énergie (EIE)

4. Le bureau d'étude

5. La municipalité

6. Le Préfet et le PREH

7. Une supervision européenne (EHPA, EEA, FEDER)

## *Les constructeurs de PAC*

CIAT, ATLANTIC, STIEBEL ELTRON,  
SOFATH, HONEYWELL, BOSCH,  
DAIKIN, WATERKOTTE, ENTHALPIE,  
DIMPLEX, [CARRIER](#).

## *Les fabricants de chaudières*

DE DIETRICH, VIESSMANN, FRISQUET,  
CARRIER, BUDERUS, SAUNIER-DUVAL,  
CHAPPEE, ATLANTIC, ELM.LEBLANC.....

## *Les documents*

L'audit thermique

La commande du Maître d'ouvrage

Le Dossier des Ouvrage Exécutés ([DOE](#))

Le contrat de performance énergétique (CPE)

## *Les lois et décrets*

[La RT 2012](#)

[La LTECV](#) et la proposition de loi du CSLT

Les lois ALUR et ELAN

[Décret sur l'individualisation des frais de chauffage](#)

*Tous ces acteurs et lois ci-dessus devraient être au service de l'utilisateur final ou en d'autre termes des propriétaires immobilier à savoir, [les clients qui payent](#).*

# La France pluridisciplinaire et le mille feuille

Au sommet du mille feuille *notre gouvernement* [qui prend acte](#)

Juste en dessous, *Le préfet* placé au cœur du dispositif de rénovation thermique de l'habitat ([PREH](#))

Il a reçu pour mission de l'état français :

- d'enclencher la décision de rénovation par l'accompagnement des particuliers
- de financer la rénovation en apportant des aides
- de mobiliser les professionnels afin de garantir la qualité de la rénovation

*A-t-il compris les fondements de la transition écologique?*

Quoiqu'il en soit, il a à sa disposition une multitudes d'organismes:

- *des comités de pilotage et de normalisation* (MEDDE, METL, DUHP, DGEC, AFNOR...)
- *des associations* (ARF, ADF, ADCF, AMF, PBD, ACERMI, AFPAC, AFPG, 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, BATIOACTU, AMO, CSLT, CSTB, FEEBAT, FFB, GTB, OCDE, ONEMA, OPAC, OPEE, OPEP, OPECST.....)
- *les collectivités territoriales* (ARF, SRCAE, DPALPD, 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)

Il y a un passage d'un livre que Sylvain Josserand, l'initiateur de cette réunion, m'a donné qui fait mouche avec la venue éventuelle des éoliennes sur le plateau du Mézenc

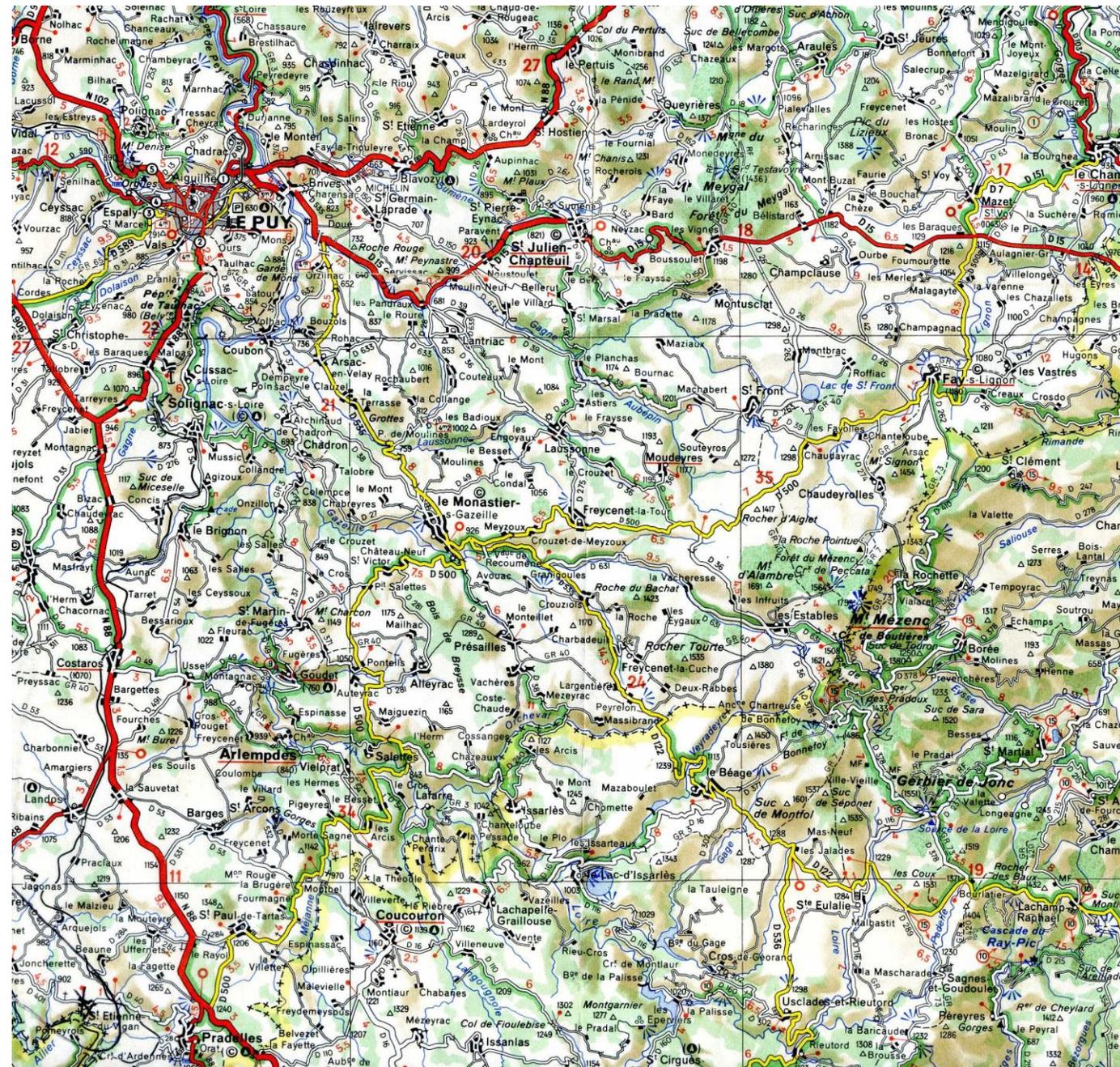
:

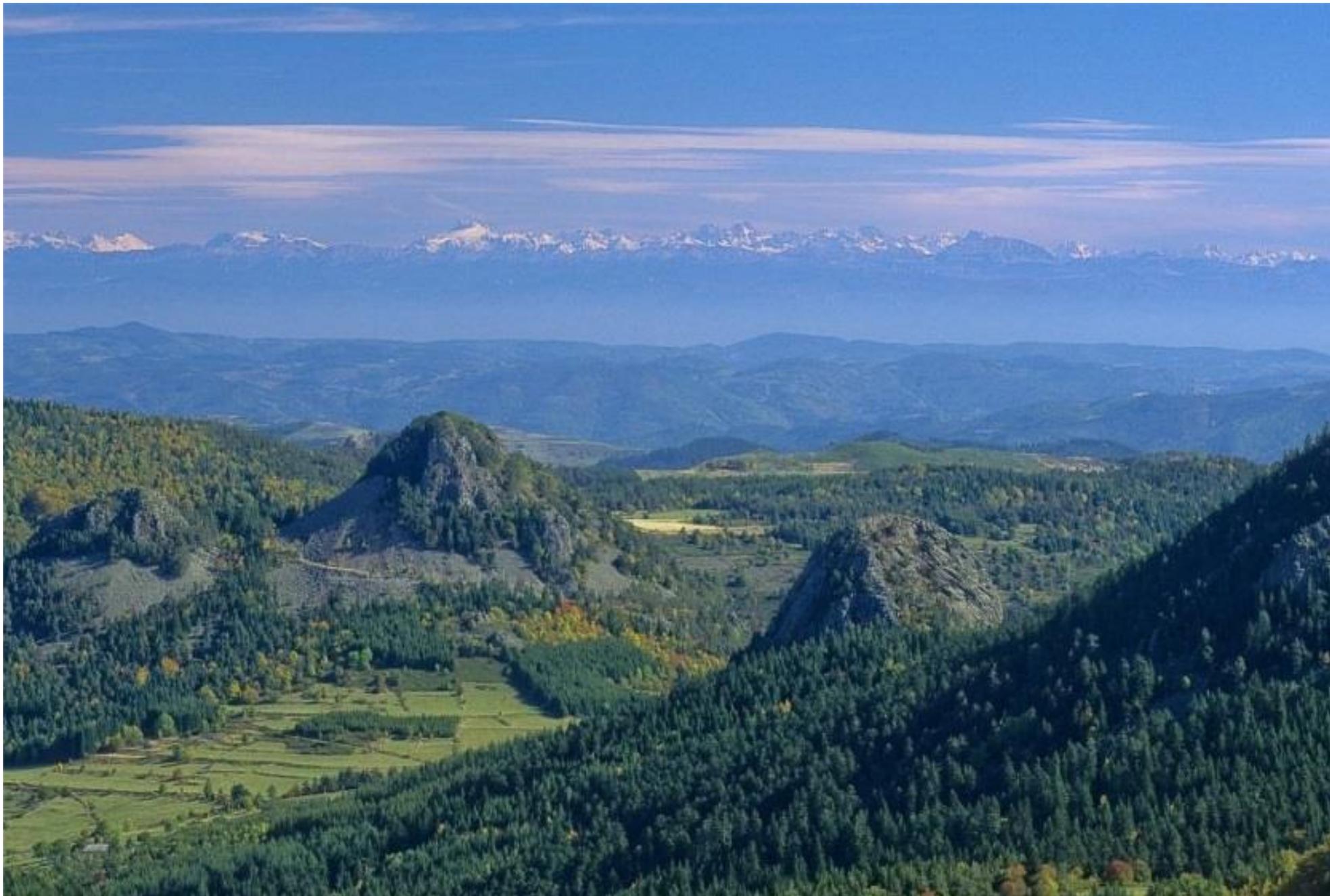
*« Faire confiance dans les politiques pour qu'ils gèrent des problématiques individuelles est le pire des renoncement. Prendre son député pour une assistance sociale, un pourvoyeur de logement ou d'emploi est l'une des plus belles perversion de la représentation démocratique. Son rôle est de légiférer et de représenter ses administrés à la chambre. Croire qu'un gouvernement est aujourd'hui en capacité d'infléchir le devenir économique et social d'un état et une vision passéiste illusoire et mensongère. La banque centrale européenne par exemple est indépendante des dirigeants des états membres du parlement européen. Les multinationales du fait de la mondialisation installent leur sièges sociaux dans les pays à la fiscalité la plus favorable et leurs usines dans les contrées où le coût du travail est le plus bas. Pour conduire sa politique économique et sociale un état est souvent la proie, la victime et le complice de lobbies plus puissants que lui. Une aristocratie de fascistes en col blanc des grandes firmes d'audit internationales impose ses règles comptables à la sphère financière et place le pouvoir de l'argent et de l'actionnariat au-dessus d'une juste répartition de la richesse produite par les différents acteurs économiques »*

Sylvain fait ensuite preuve d'optimisme et fait mouche lorsqu'il imagine dans son livre que dans un future proche les principales, fonctions d'un état démocratique seront de fédérer les multiples initiatives individuelles d'entraide et de développement durable, de soutenir en priorité l'éducation, la sécurité du budget et la justice sociale. Je me suis aussi demandé à ce sujet si l'état ne pourrait pas concernant l'énergie être un peu plus au service de l'individu.

4

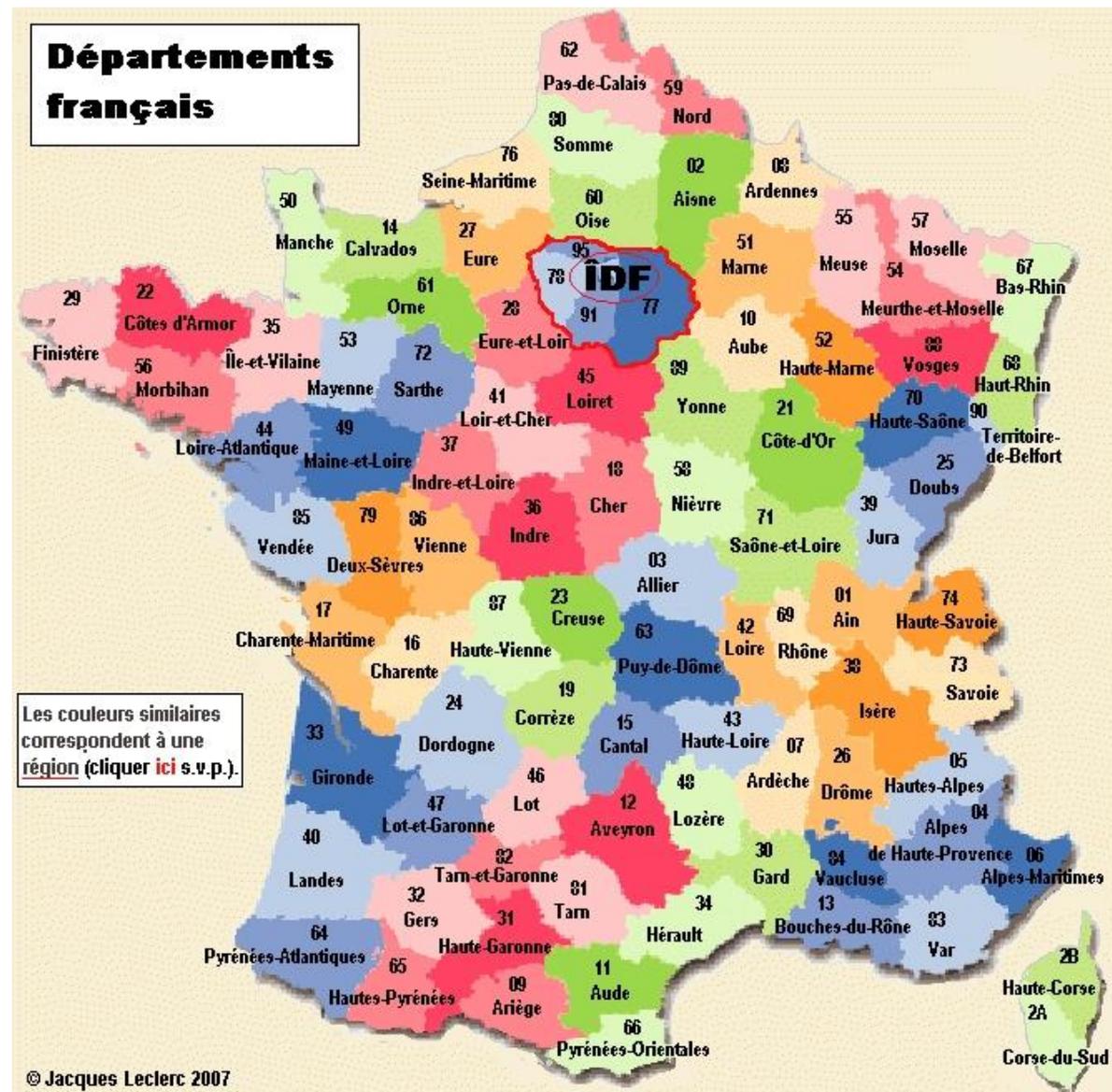
# Le Mézenc et Michelin



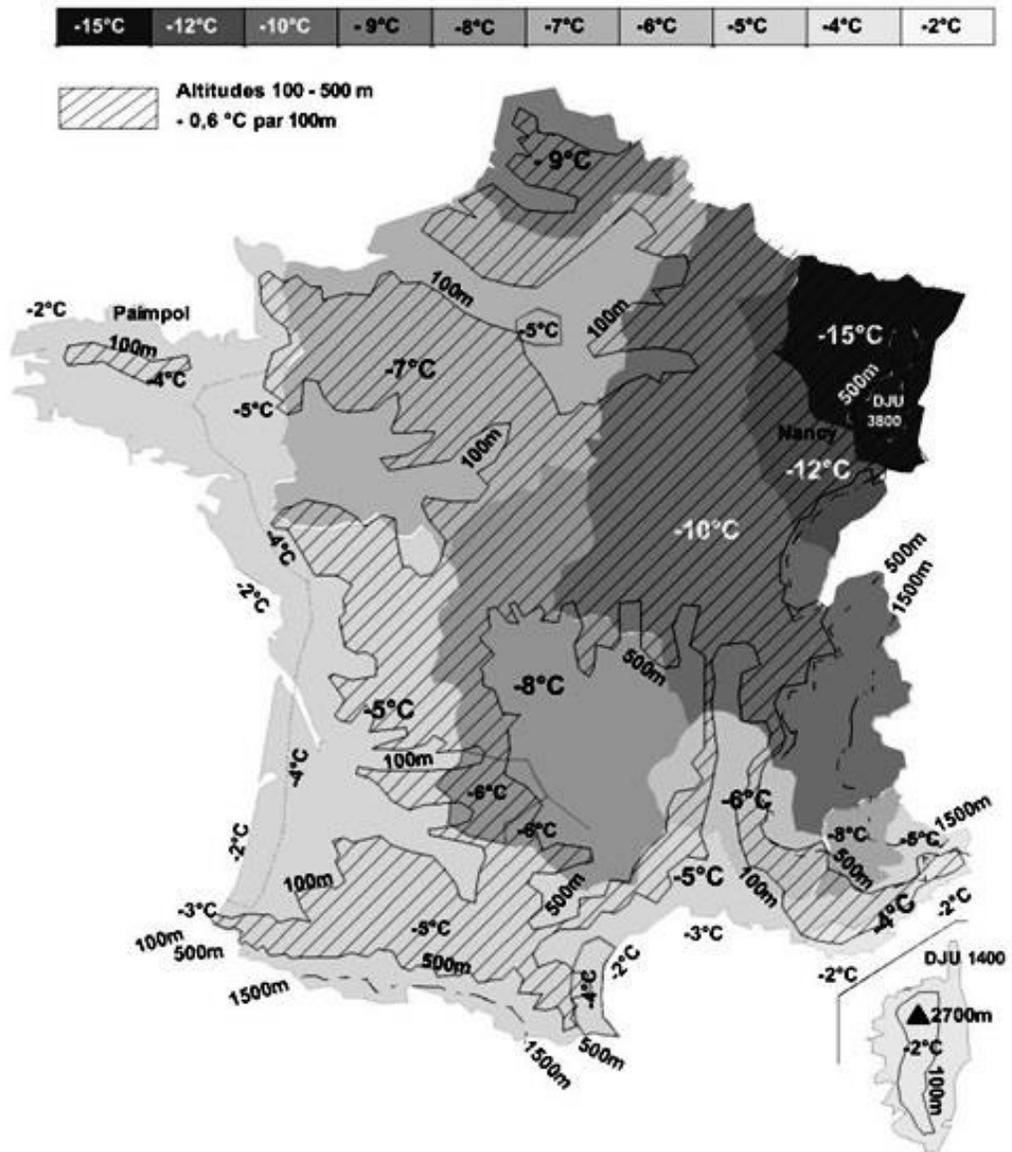


*Quand on voit cette photo du Mézenc prise des Estables on comprend pourquoi l'APPEM souhaite éviter l'implantation d'éoliennes sur ce sanctuaire*

# Régions administratives et départements



Les départements vu par proxiti



Température minimum en France

Voir aussi les [DJU](#)

## L'air



Zones climatiques [RT2012](#)

# L'eau et le ruissellement de surface

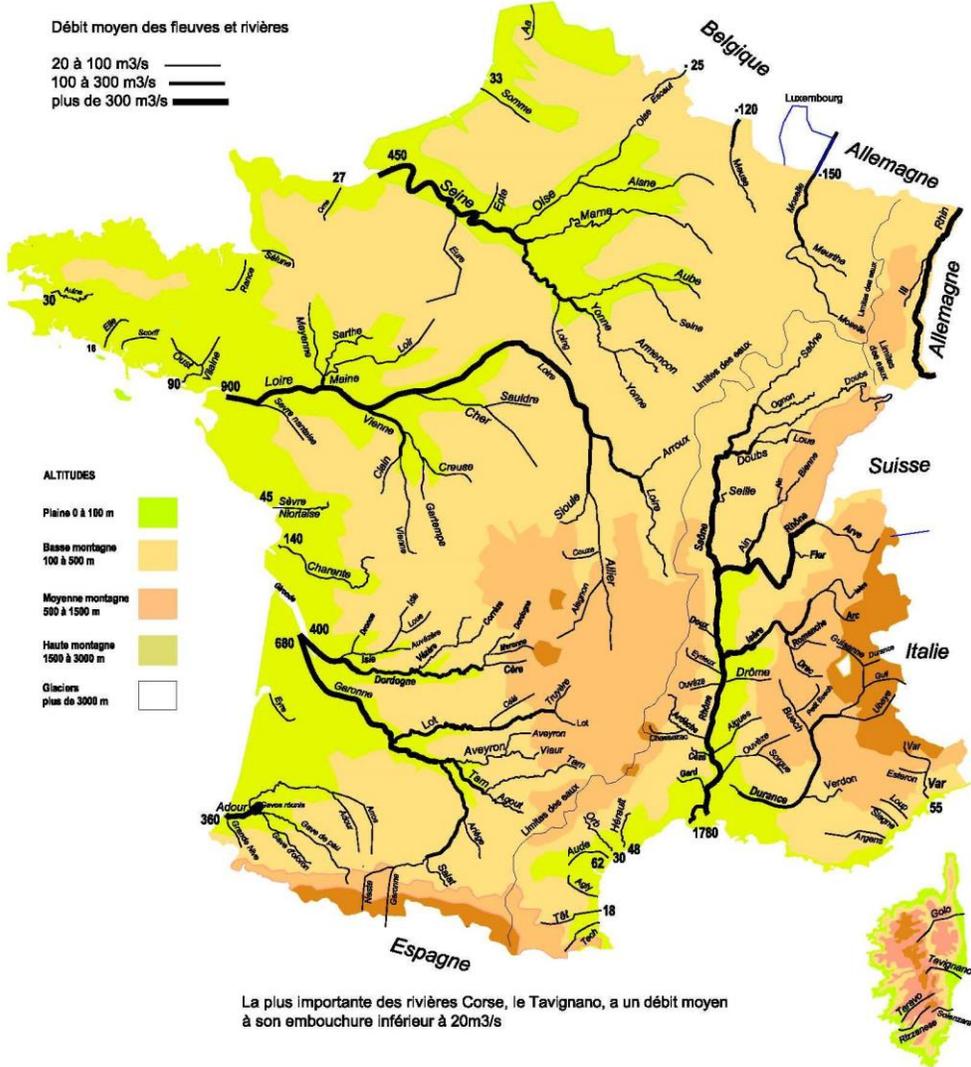
Accédez à la description WIKIPEDIA des rivières françaises les plus importantes à partir de cette carte

Débit moyen des fleuves et rivières

20 à 100 m<sup>3</sup>/s ———  
 100 à 300 m<sup>3</sup>/s ———  
 plus de 300 m<sup>3</sup>/s ———

ALTITUDES

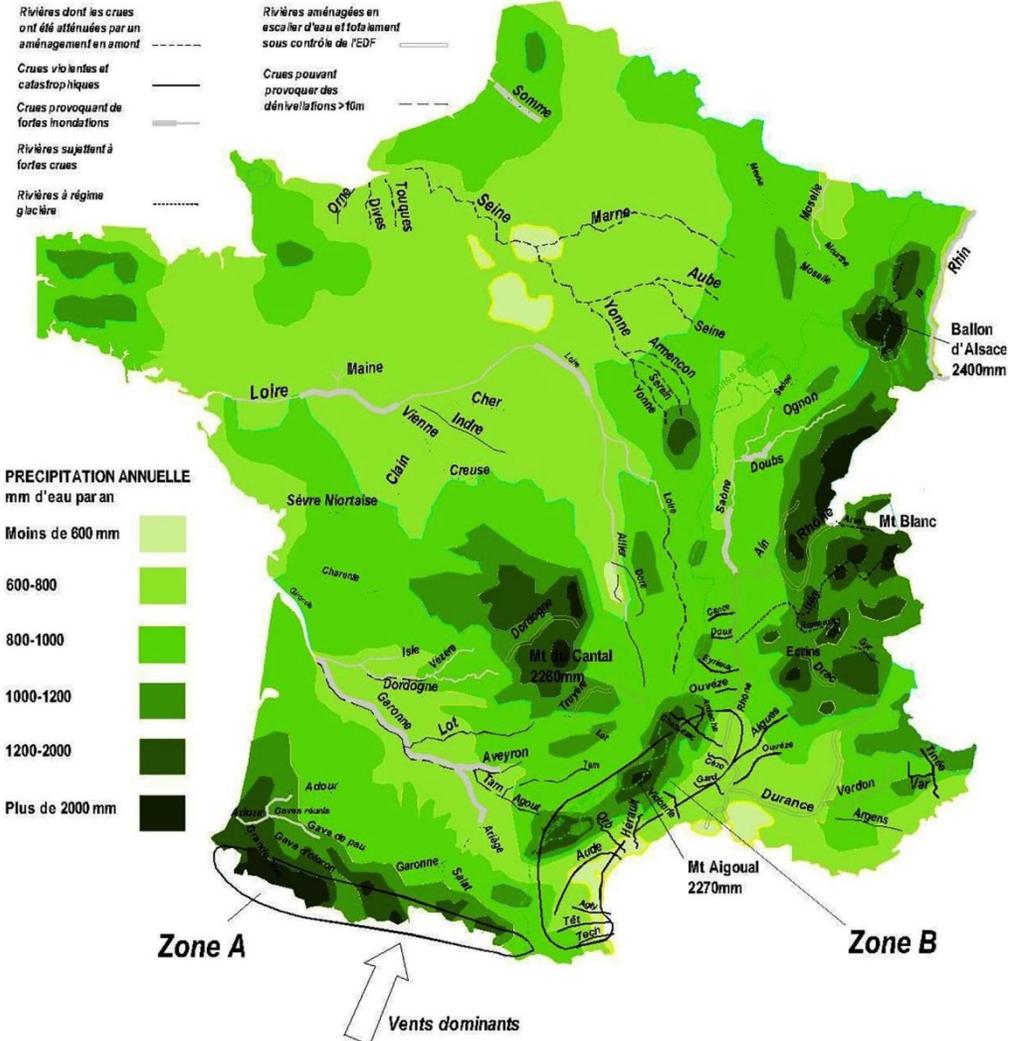
Plaine 0 à 100 m  
 Basse montagne 100 à 500 m  
 Moyenne montagne 500 à 1500 m  
 Haute montagne 1500 à 3000 m  
 Glaciers plus de 3000 m



La plus importante des rivières Corse, le Tavignano, a un débit moyen à son embouchure inférieur à 20m<sup>3</sup>/s

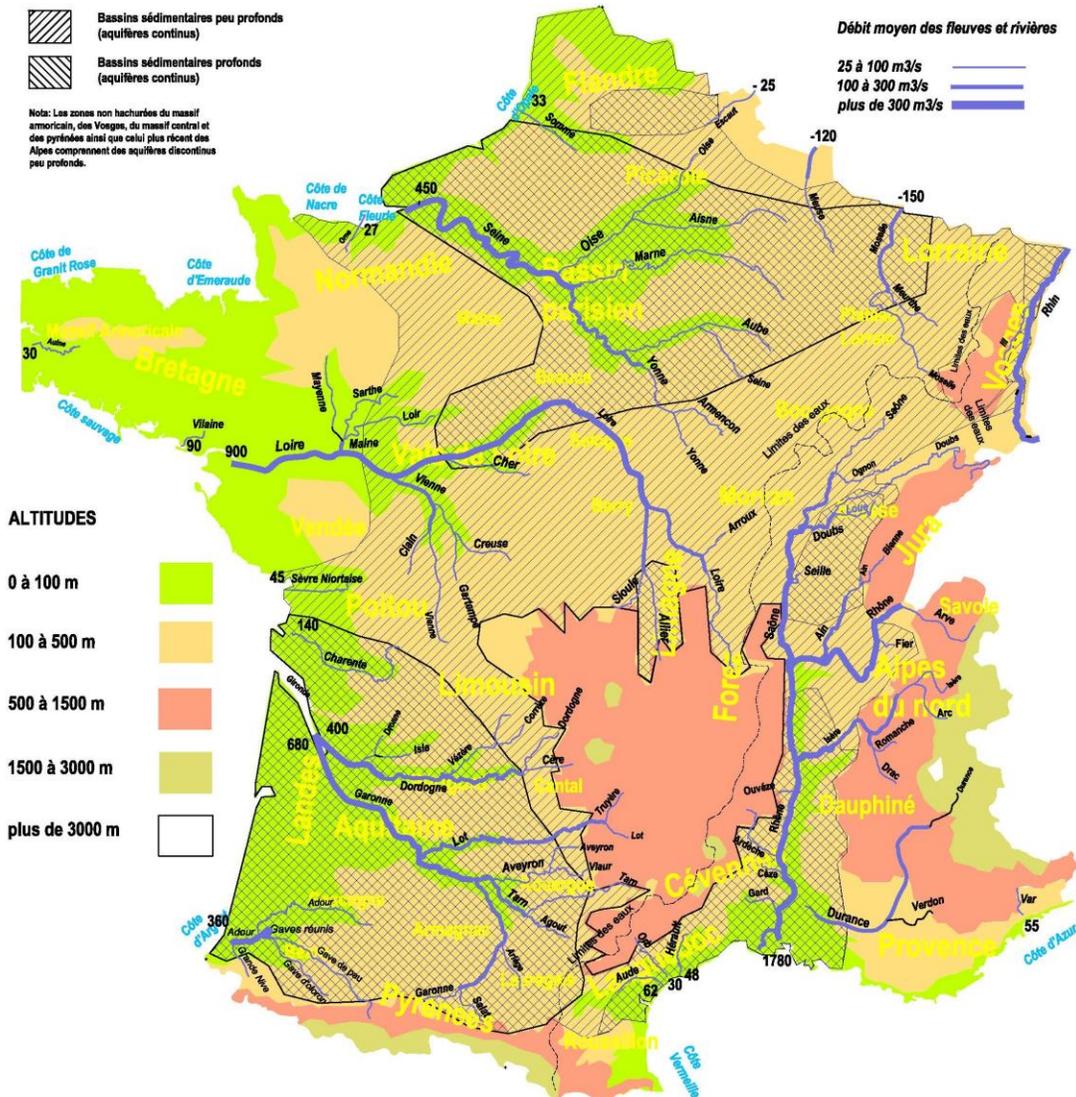
## Les plus grosses rivières

Il suffit de cliquer sur le nom de la rivière pour accéder aux informations WIKIPEDIA

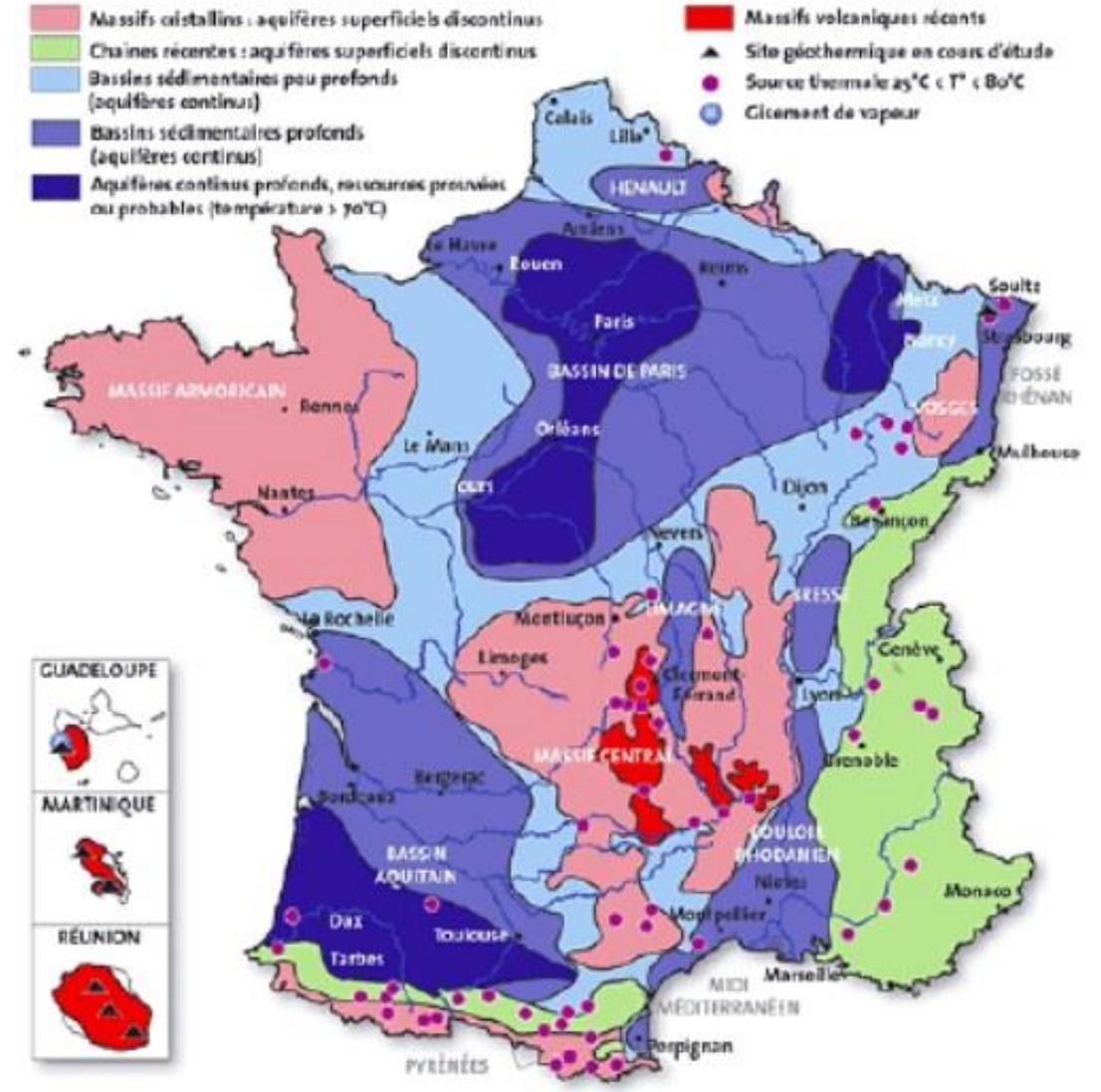


La pluviométrie moyenne dans l'hexagone 800 mm/m<sup>2</sup>

# Les aquifères superficiels et profonds



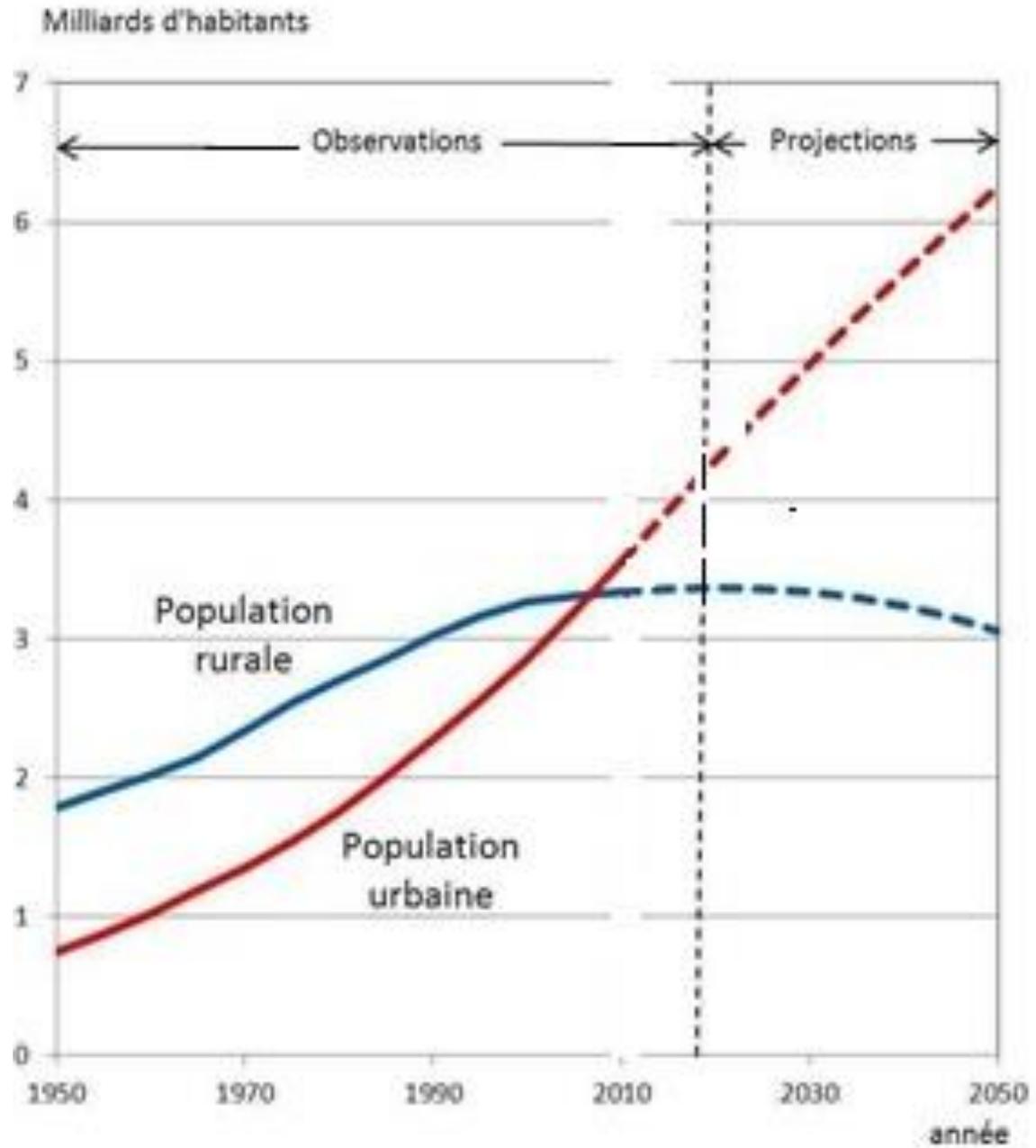
Ancienne carte du CSLT des aquifères libres et captifs



Carte de la SEMHACH des ressources géologiques françaises



# La ville et la campagne







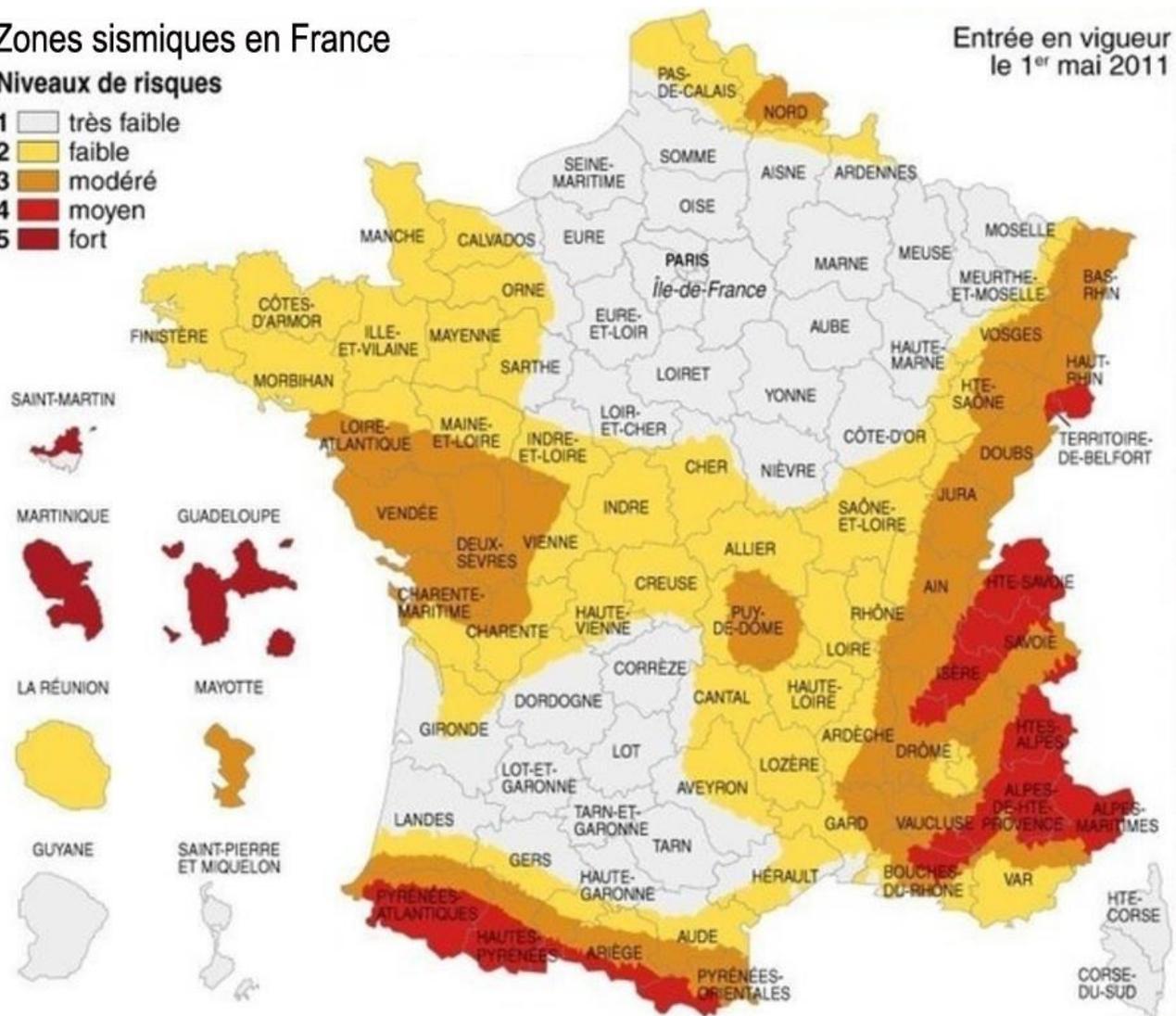
# Le risque sismique en France

## Zones sismiques en France

### Niveaux de risques

- 1 très faible
- 2 faible
- 3 modéré
- 4 moyen
- 5 fort

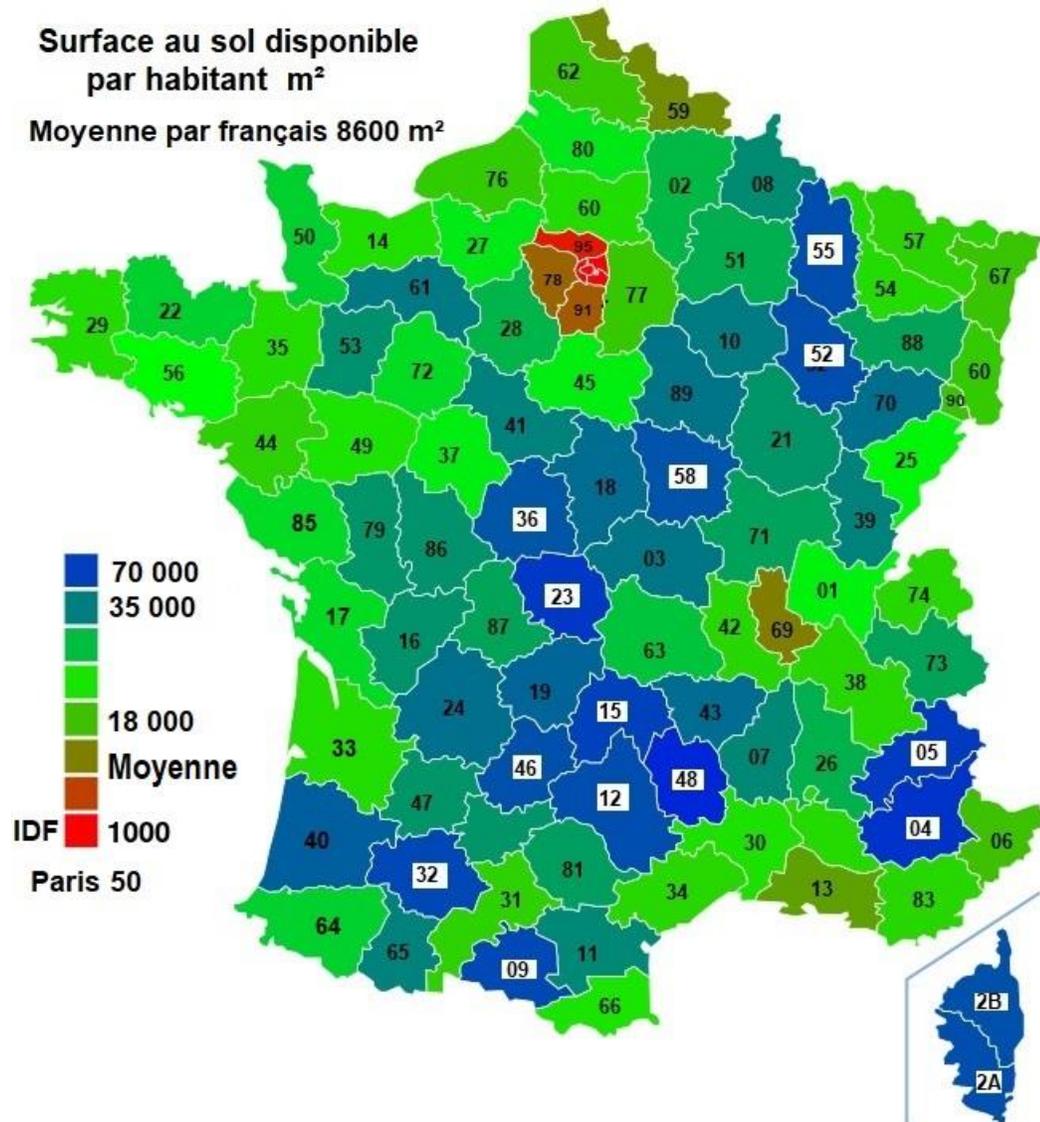
Entrée en vigueur  
le 1<sup>er</sup> mai 2011



# Densité population

## Surface au sol disponible par habitant m<sup>2</sup>

Moyenne par français 8600 m<sup>2</sup>

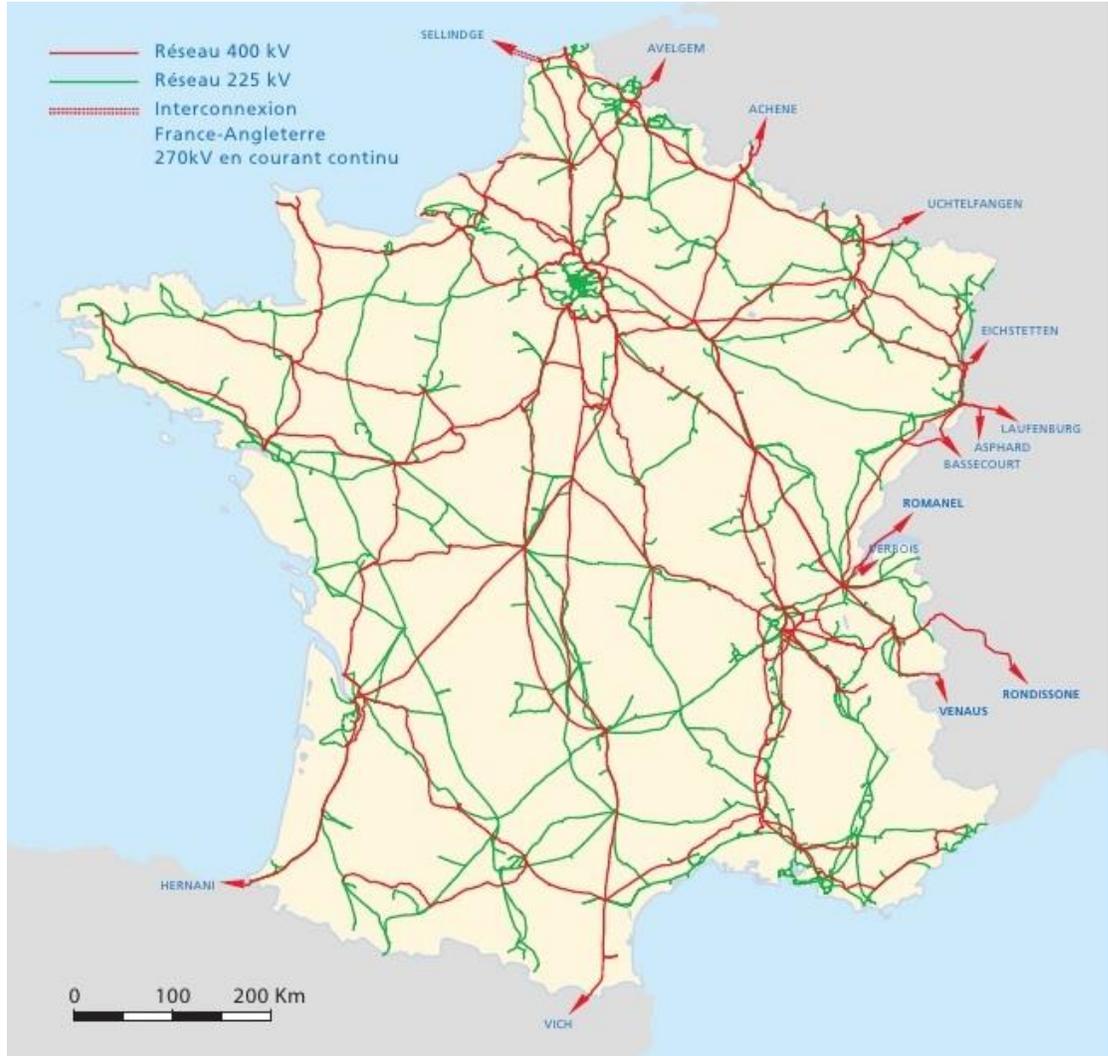


# Faire



La France besogneuse et les mots clés

# Transport électricité [offre et demande](#)



Le réseau électrique haute tension [Généralités sur le transport de l'énergie](#)

# 5 Le cycle de l'eau

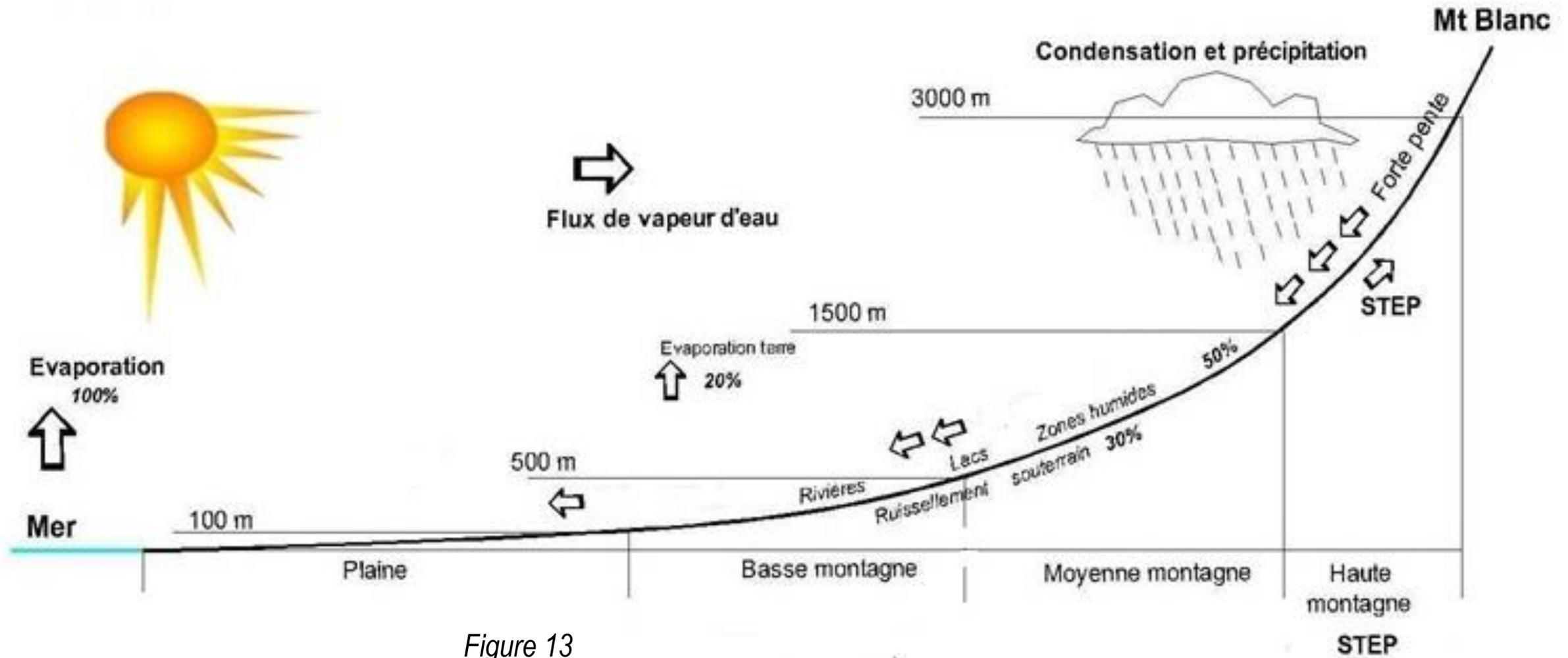


Figure 13

## Le cycle évaporation-condensation

*La France métropolitaine avec ses 65 millions d'habitants et sa surface de 550 000 km<sup>2</sup> est un des pays européen où la densité démographique est la plus faible. Le français de l'hexagone dispose en moyenne d'une surface au sol de 8600 m<sup>2</sup> et d'une hauteur de précipitation voisine de 800 mm. Le généreux cycle de l'eau met ainsi annuellement à la disposition de chacun d'entre nous près de 7 000 m<sup>3</sup> soit environ 18 m<sup>3</sup> d'eau par jour. Cette densité démographique et cette hauteur de précipitation est toutefois très irrégulière (Voir pages 4 et 99).*

*Avec une densité démographique de 20 000 citadins par km<sup>2</sup> le parisien ne dispose que de 50 m<sup>2</sup> au sol alors que chaque français de l'hexagone dispose sensiblement d'une surface au sol presque 200 fois plus importante (0,85 ha de terrain)*

*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 non seulement son approvisionnement en eau douce potable mais aussi en eau non potable.*

*Malgré sa densité démographique importante, un fleuve comme la Seine avec son débit moyen en mi saison de 300 m<sup>3</sup>/s lorsqu'il traverse la région IDF peuplée de quelque 10 millions d'habitants met journellement à la disposition de chaque citadin un volume d'eau non potable de près de 3 m<sup>3</sup>*

*Sans trop anticiper sur ce que seront nos nouvelles chaînes énergétiques, l'eau, en raison de sa chaleur spécifique particulièrement élevée permettra dans un avenir proche d'assurer le chauffage de l'habitat avec des performances sensiblement 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 mise à part les 20% qui s'évapore l'homme va pouvoir bénéficier de la chaleur interne qu'elle contient non seulement dans les ruissellements de surface des rivières et des fleuves (50%), mais aussi dans les 30% restant qui s'infiltre dans le sol. Ce qu'on appelle les nappes libres qui elles aussi s'écoulent comme la rivière vers la mer.*

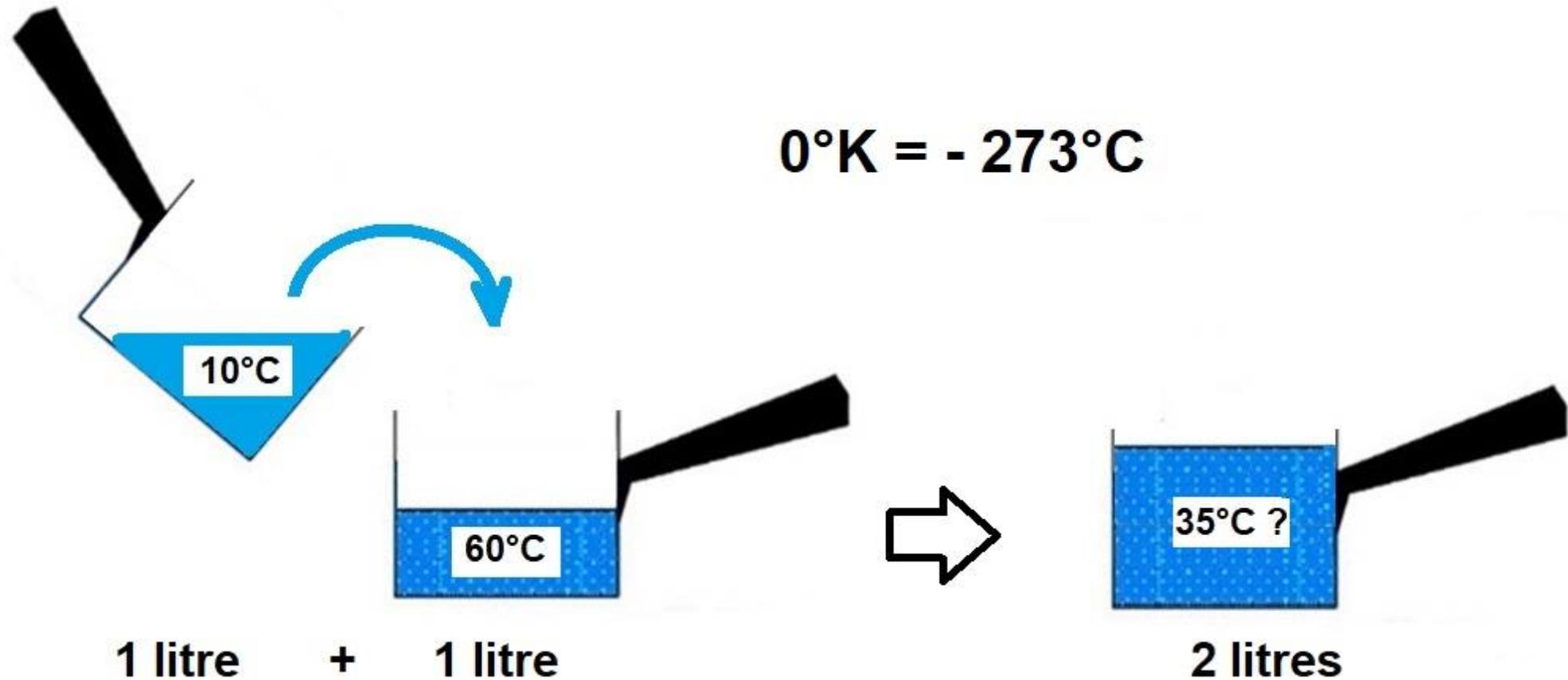
*Une remarque également: homo sapiens sait aussi, on vient de le voir page 11, utiliser les turbines hydroélectriques pour convertir l'énergie potentielle des écoulements de surface en énergie électrique.*

[Le profil des rivières](#)

[L'amont et l'aval](#)

[Darcy](#)

# Thermique eau avec mélange physique



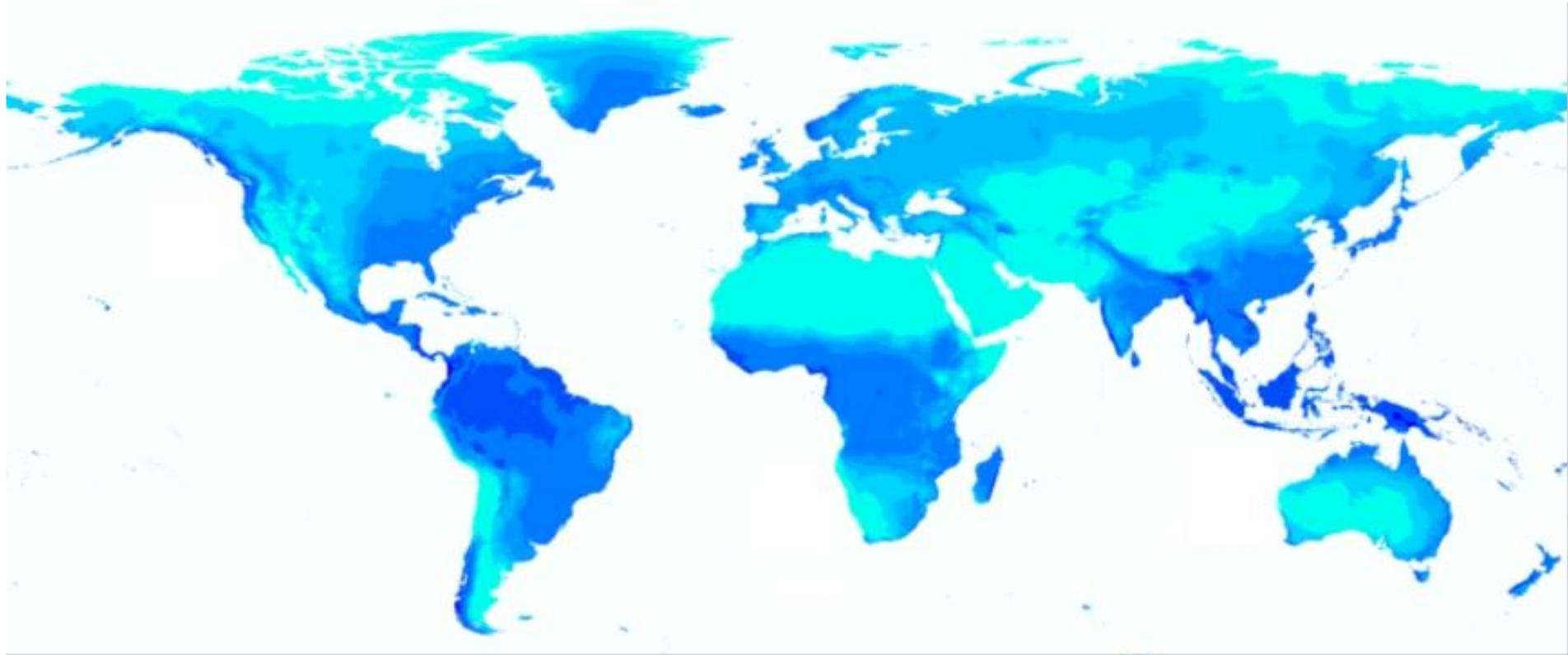
*Lorsque l'on mélange deux volumes d'eau identiques, l'un à 10 degrés centigrade l'autre à 60 on peut se demander quelle sera la température des 2 litres de mélange.*

*Une estimation rigoureuse consiste à dire que les quantités d'énergie contenues dans chacun des deux volumes s'additionnent:*

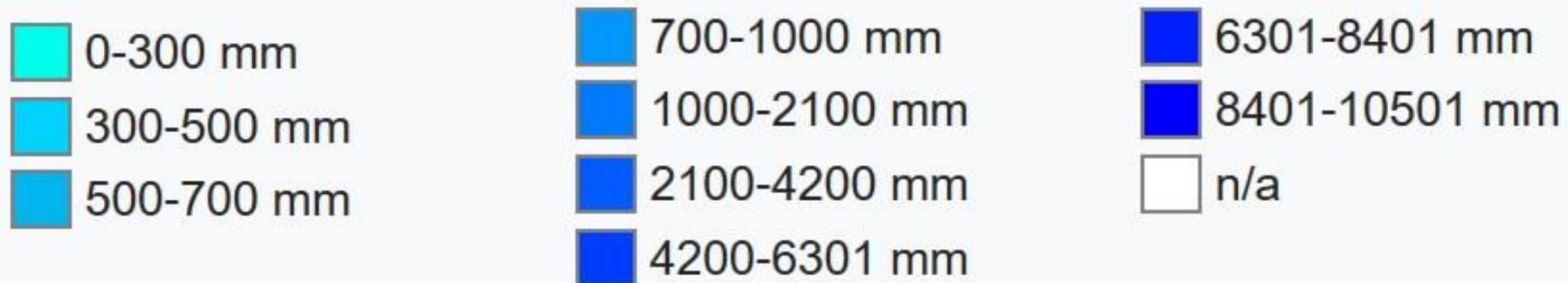
$$M(273+10)+m(273+60) = 2m \text{ soit } m(283+333) = 2m (273+x)$$

$$\text{ou } 616 = 546 + 2x \quad x = (616 - 546)/2 = 70/2 = 35^\circ \text{ C}$$

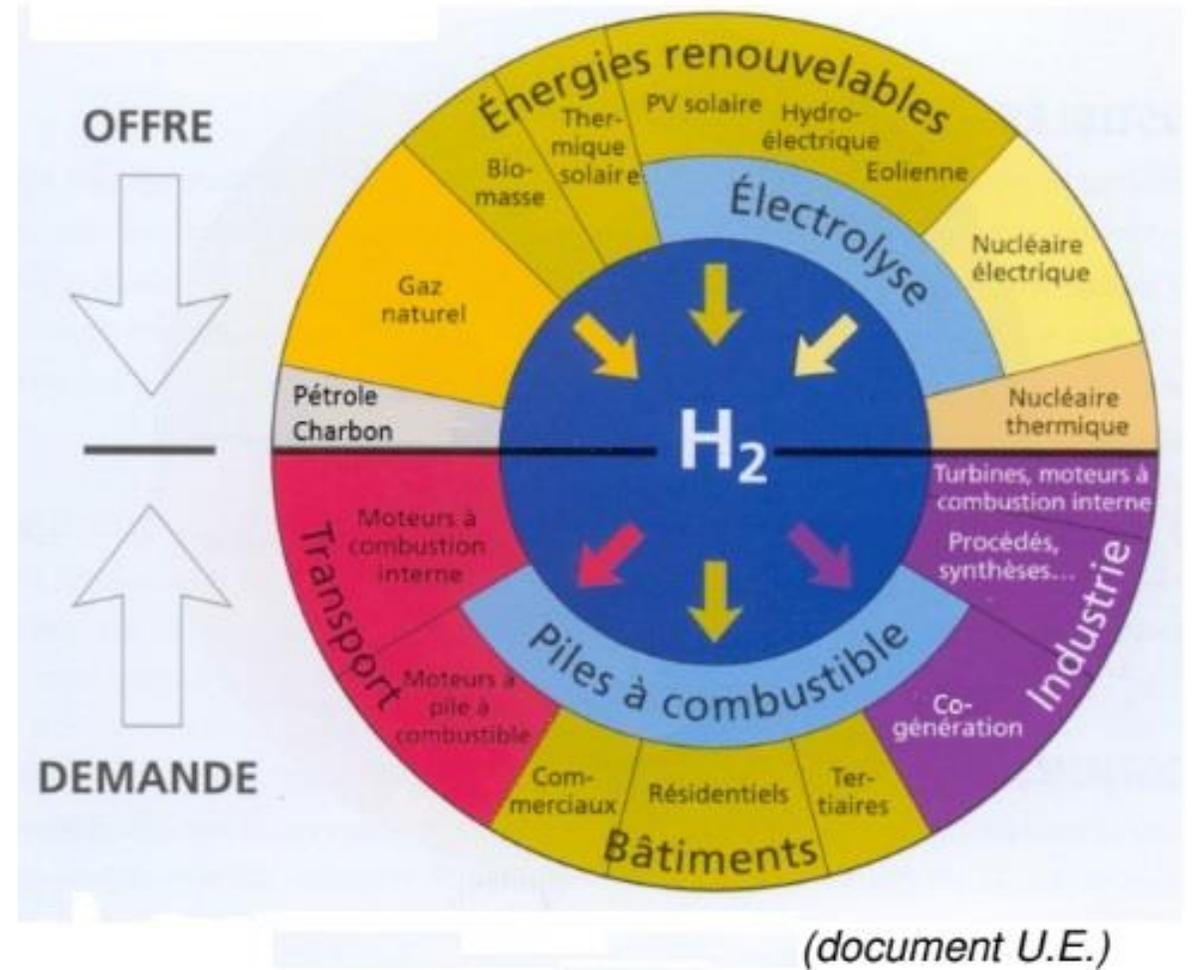
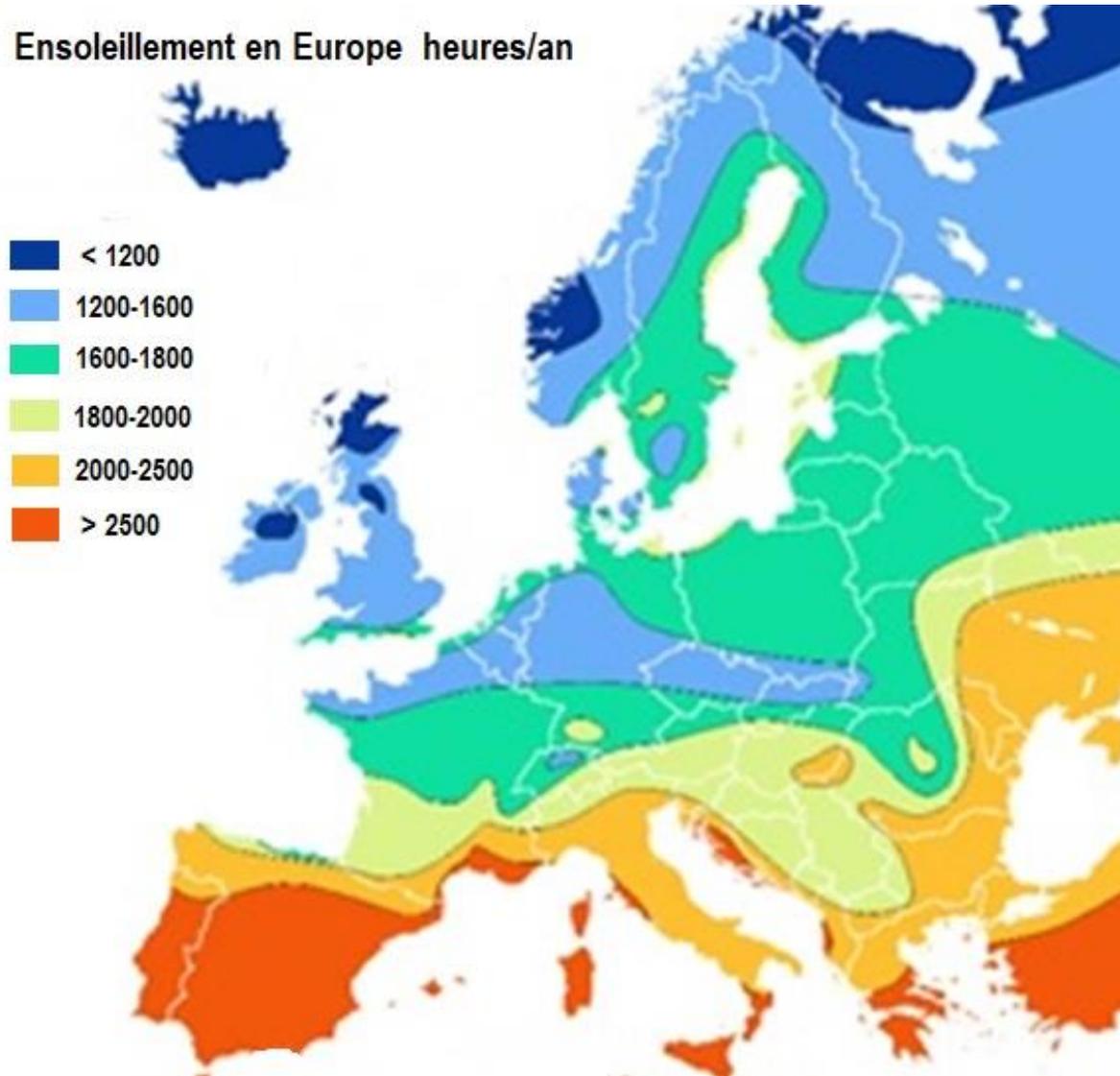
Ceci en prenant la température absolue de -273 degrés centigrade égale à 0 degré K comme référence



Distribution mondiale des précipitations annuelles <sup>11</sup>



## 6 L'intermittence été-hiver du voltaïque solutionnée par la chaîne « hydrogène » ou par ITER et la fusion nucléaire ?



# L'intermittence été-hiver du solaire

- Zone quadrillée le besoin en électricité
- Gros trait rouge : autoconsommation
- Zone jaune production solaire

-  Besoin en énergie électrique de la ville
-  Autoconsommation
-  Production électricité voltaïque

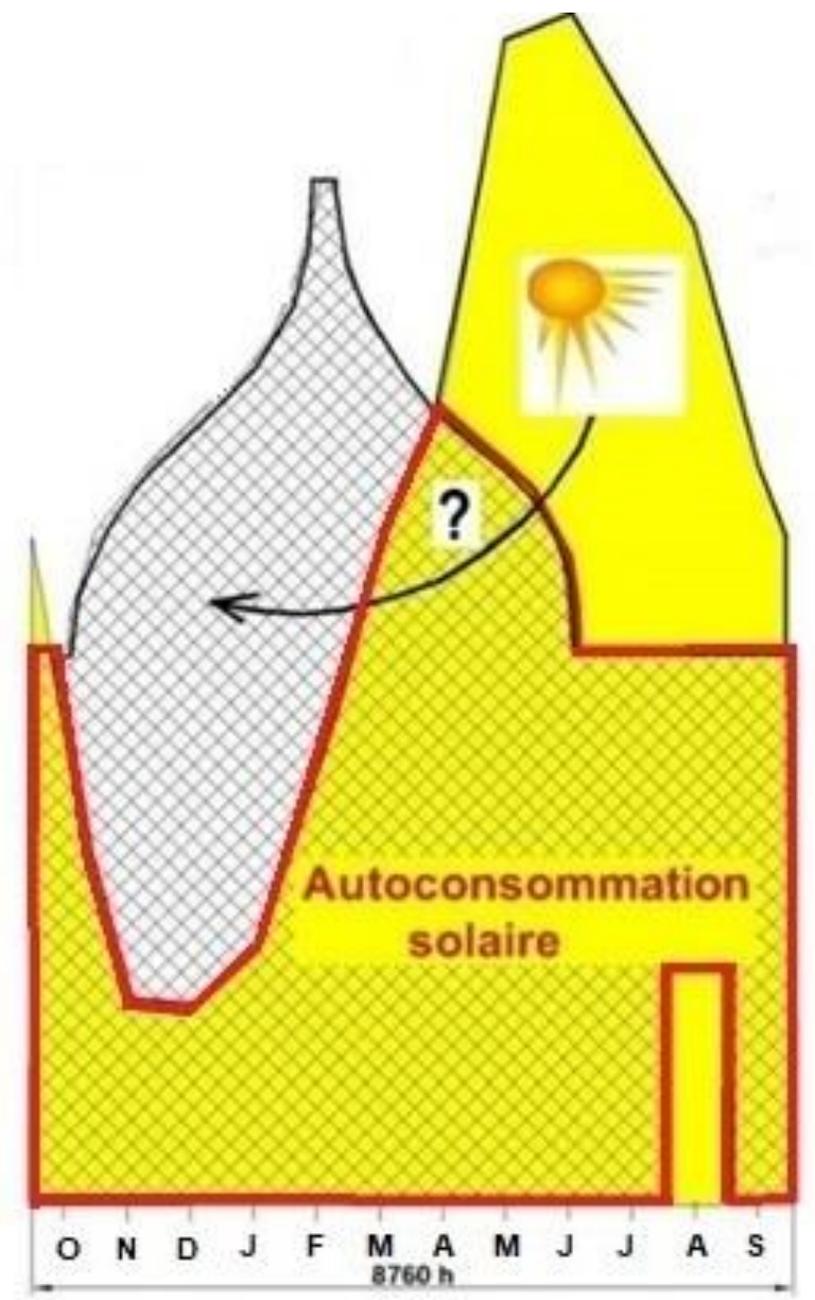


Figure 14bis

## **L'intermittence jour-nuit du soleil.**

*Les capacités de stockage en énergie d'un ballon d'eau chaude ainsi que celle d'une batterie de voiture hybride voisines de 10 kWh associées à la constante de temps thermique d'un immeuble<sup>11)</sup> sont telles que l'intermittence jour-nuit du voltaïque ne sera pas un problème pour le citoyen. Pour en être convaincu il suffit de savoir qu'il faut sensiblement 1 kWh pour élever 1 m<sup>3</sup> d'eau de 1 degré. Ceci alors que le besoin en eau chaude d'un couple qui se douche tous les matins ne dépasse pas 100 litres. Une simple règle de trois permet de trouver que le besoin journalier en énergie thermique nécessaire pour assurer ce besoin est voisin de 2,5 kWh. Ceci alors qu'avec une pompe à chaleur à compresseur ayant un COP de 5, cette quantité d'énergie thermique est obtenue avec moins d'un seul kWh électrique. Lorsque l'on observe la capacité des batteries voisine de 10 kWh des voitures hybrides rechargeables on observe qu'il y a de la marge et que la batterie d'une voiture hybride peut devenir source d'électricité.*

## **L'intermittence été-hiver du soleil**

*Le seul véritable inconvénient de l'énergie solaire voltaïque est son intermittence été-hiver. Le temps fait son œuvre et si l'on devait ne faire appel qu'au solaire pour satisfaire l'intégralité de nos besoins thermiques en y associant le chauffage, la quantité d'énergie électrique devant être stockée pour satisfaire nos besoins en hiver est cette fois loin d'être négligeable. La figure 9 page 20 permet de comprendre qu'elle est proche de 800 kWh (2800/3)*

*La figure 14bis fait la part des choses entre 3 notions*

- *La satisfaction du besoin obtenue à partir de l'autoconsommation de l'énergie solaire (zone encadrée en rouge)*
- *L'excédent de production solaire pendant la période estivale (de mai à septembre)*
- *Le manque à gagner pendant la période hivernale. (de novembre à mars)*

*Les surfaces étant représentatives de l'énergie on observe qu'environ 75% du besoin peut être satisfait à partir de l'autoconsommation, l'excédent de production solaire pendant la période estivale de 25% assurant la satisfaction du besoin pendant la période hivernale. Ceci comme on vient de le voir si l'on dimensionne le panneau voltaïque pour qu'il fournisse le besoin annuel sans plus, l'excédent de production en été étant égal au déficit de production du panneau solaire en hiver. Ces deux postes représentant sensiblement le tiers de ce qui est autoconsommable sur place.*

*Une première étape a été franchie par Homo sapiens. Il prend maintenant conscience que l'autoconsommation va l'aider à satisfaire ses besoins en énergie continuellement en compensant l'intermittence été hiver du soleil et il passe à l'action pratique à ce sujet.*

11) [Comportement thermique de l'ensemble chaufferie-immeuble](#)

## **Le stockage de l'énergie électrique pour solutionner l'intermittence été-hiver du soleil**

*Nous ne disposons à vrai dire actuellement que d'un moyen efficace pour stocker l'électricité en grosse quantité. Celui obtenu par les stations de transfert d'énergie par pompage (STEP). Il lui est en effet possible grâce aux STEP de stocker un excédent d'énergie électrique sous forme d'énergie potentielle hydraulique pour le restituer sous forme électrique à la demande.*

### **Un exemple Grandmaison**

*La STEP française de Grandmaison [12\)](#) pourrait ainsi à elle seule répondre à 100% de la demande électrique française pendant 4h. Ceci avec son bassin amont de 130 millions de m<sup>3</sup> et sa hauteur de chute  $h$  voisine de 1000 m. La puissance qu'elle peut restituer à la demande est aussi voisine de celle d'une centrale nucléaire de 1500 MW ce qui n'est pas négligeable. On comprend toutefois qu'il faudrait trop de STEP pour solutionner la production intermittente été-hiver du voltaïque.*

*Sur la base d'un besoin total annuel en électricité revu à la baisse de 2800 kWh par habitant grâce au chauffage thermodynamique comme cela est envisageable avec la « Solar Water Economy » évoqué page 20), on verra par la suite que c'est tout de même environ 800 kWh qu'il faudrait stocker pour chacun d'entre nous afin de satisfaire l'intégralité de nos besoins en hiver. Ceci faut-il à nouveau le redire en ne considérant que les postes les plus lourds à savoir le chauffage de l'habitat et le voiture hybride en ne prenant pas en compte de l'industrie et de l'agriculture. Et cela alors que la capacité d'une batterie de voiture purement électrique n'est que de l'ordre de 150 kWh .*

*L'Europe qui, vient de prendre la décision de s'impliquer dans la recherche pour faire concurrence à la Chine a heureusement pressenti l'importance de ce stockage (Figure 16). Vu qu'à termes, il n'y aura plus de produits fossiles et que l'Europe semble plutôt vouloir abandonner le nucléaire, il est en effet clair que son principal problème va bien être d'arriver à stocker l'énergie électrique en quantité suffisante pour compenser l'intermittence été-hiver du voltaïque. Sans cette capacité de stockage de masse l'homme ne pourra pas généraliser la transition énergétique vers les renouvelables. Il commence heureusement à prendre conscience timidement que pour assurer cette transition énergétique et lui faudra solutionner au préalable le problème du stockage de l'énergie électrique à grande échelle. Ceci en complément des accus rechargeables [13\)](#) et avec l'espoir de fabriquer de l'hydrogène à un prix acceptable en été grâce à l'électrolyse de l'eau.*

**Autoconsommation ([Débat contradictoire](#))**

**[L'offre doit satisfaire la demande](#)**

## Société RES

98, route de Candol, 50000 Saint-Lô

02 33 05 94 92

contact@west-energies.fr

Lun - Ven : 9:00 - 18:00

Développée par la société RES, pour un montant de 12,3 millions d'€ cette centrale au sol « Les Terres Neuves »

Implantation à la Chapelle Longueville entre Paris et Rouen  
sera mise en service mi 2019 pour des territoires plus durables et attractifs.

Elle s'étend sur 18 ha (180 000 m<sup>2</sup>) d'un ancien site industriel et est composée de 127 800 panneaux photovoltaïques représentant une puissance installée de 15,3 MWc, soit la consommation électrique (hors chauffage) de 18 000 habitants. ( 850 kWh par habitant?)

15 300 000 Wc pour 127 800 panneaux soit 120 Wc par panneau

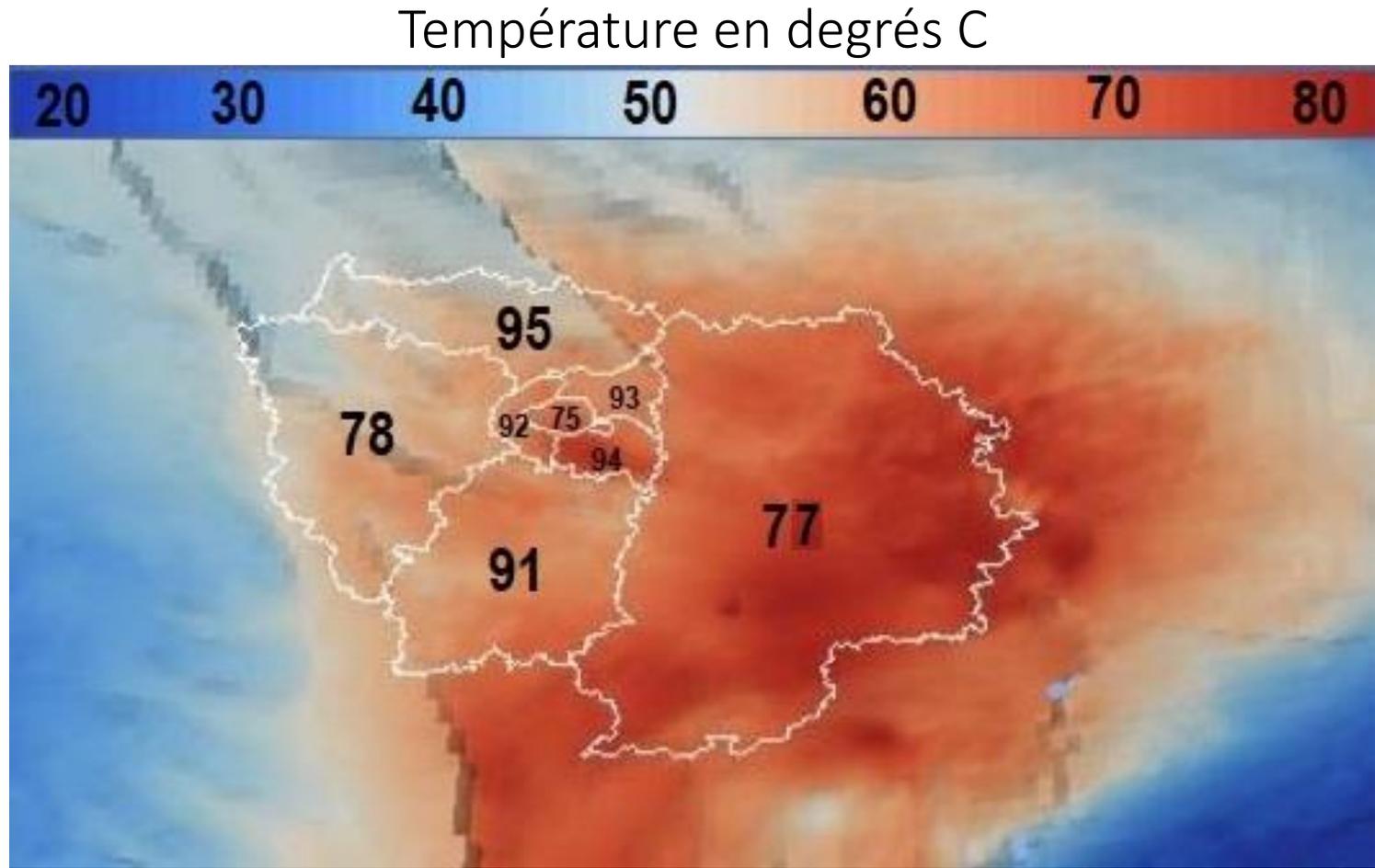
15 300 kWc 1000h ? 15 300 000 kWh

rapport annuel 2,3 millions d'€ (sur la base 15 cts d'€ le kWh)

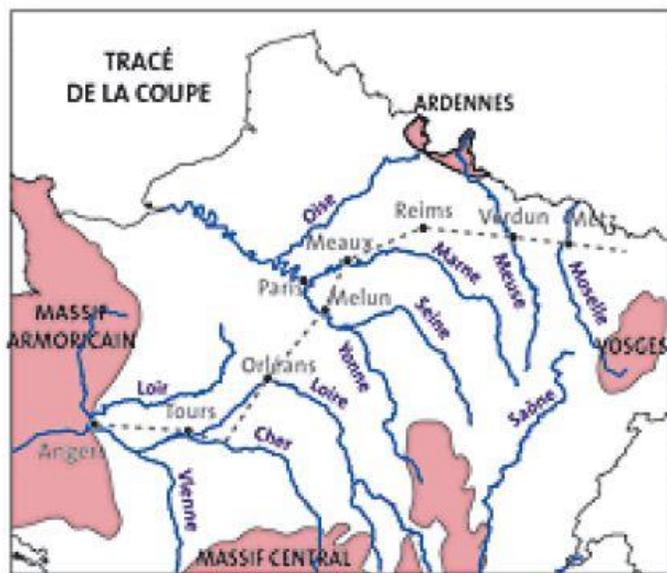
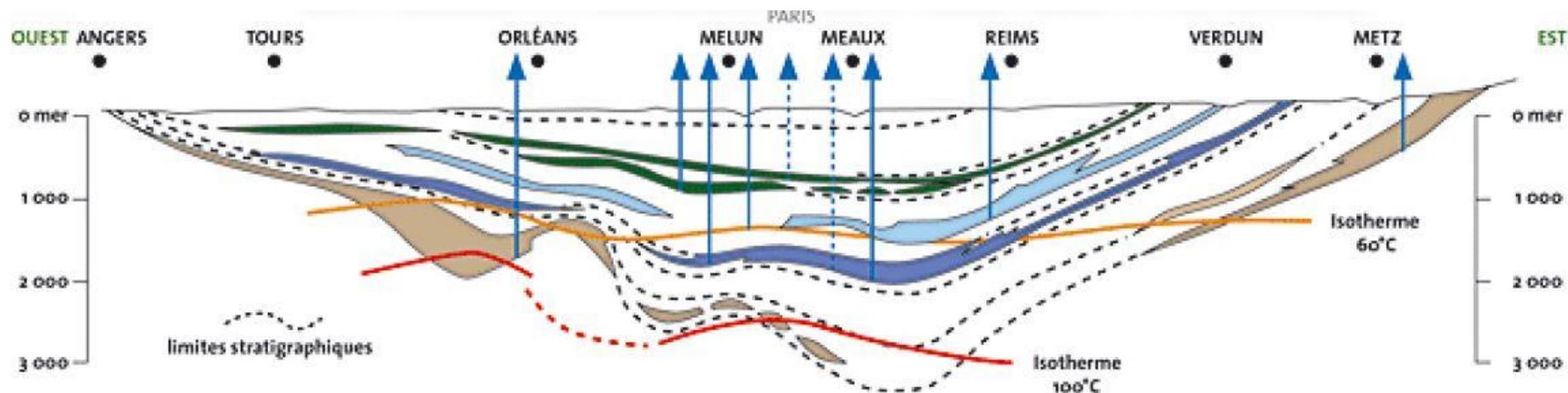
amortissement en moins de 10 ans

# 7 Géothermie en Ile de France

Carte BRGM des températures de l'eau géothermale du dogger à une profondeur comprise entre 1800 et 2000 m

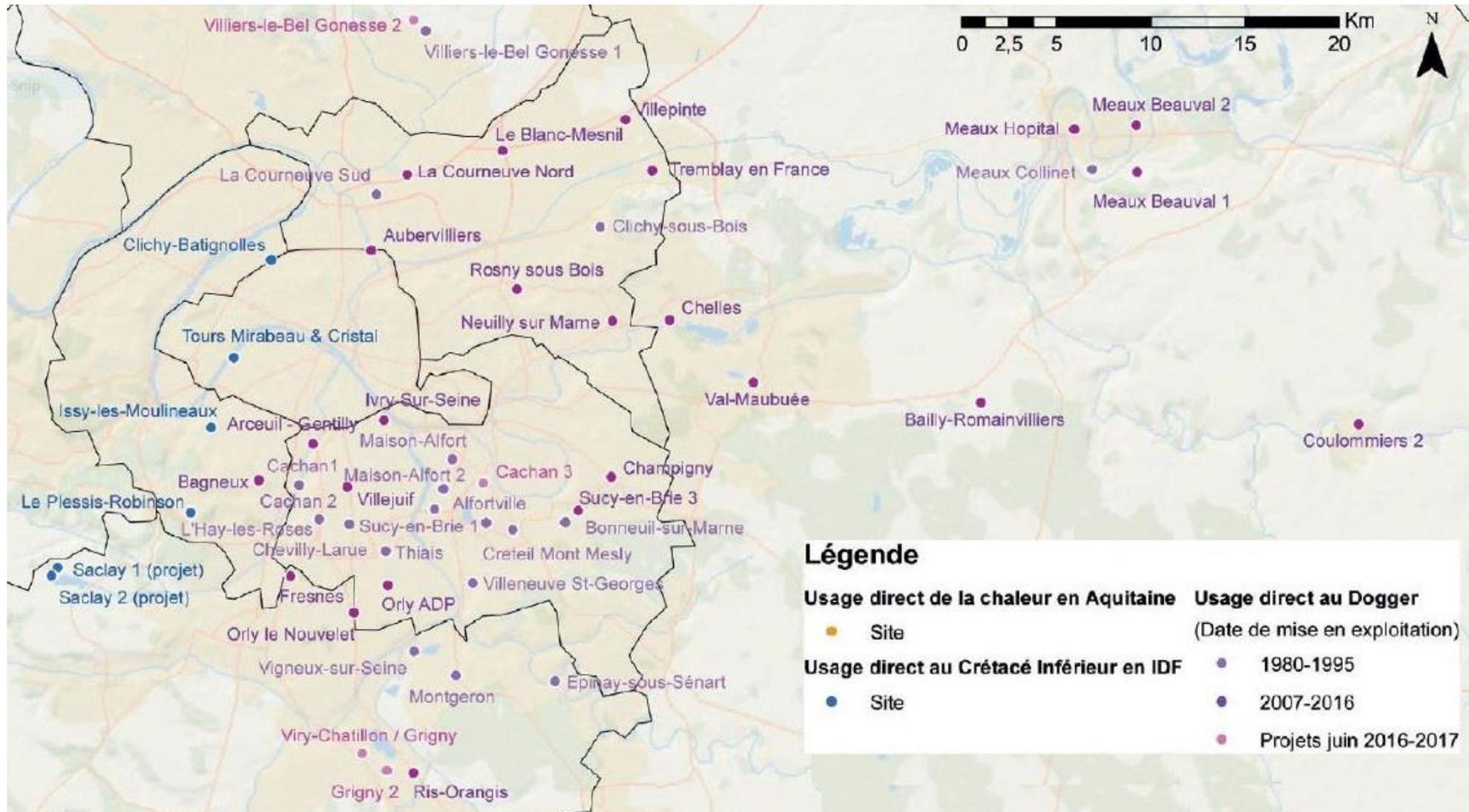


# Les grands aquifères du bassin parisien



PÉRIODES		AQUIFÈRES	
TERTIAIRE 65 millions d'années			
SECONDAIRE	CRÉTACÉ 140 millions d'années	NÉOCRÉTACÉ	Sables de l'Albien
		ÉOCRÉTACÉ	Sables du Néocomien
	JURASSIQUE 195 millions d'années	MALM	Calcaires du Lusitanien
		DOGGER	Calcaires du Dogger
		LIAS	Grès du Retien
TRIAS 225 millions d'années	TRIAS	Grès de Lorraine à l'est Grès fluviatiles à l'ouest	
PRIMAIRE			

# Les 46 réalisations de géothermie sur l'IDF en 2017



# 8

## Equations aux dimensions

**M**

**masse**

*kg*

**L**

**longueur**

*mètre*

**T**

**temps**

*secondes*

Ce sont les chiffres et non les mots qui m'ont convaincus

L

Le kWh, une petite entorse au système international d'unités :

$$\begin{aligned} \text{Energie} &= \text{Puissance} \times \text{temps} \\ \text{joule} &= \text{watt} \times \text{s} \\ 1 \text{ kJ} &= 1 \text{ kW} \times \text{s} \\ 3600 \text{ kJ} &= 1 \text{ kW} \times 3600 \text{ s} = 1 \text{ kWh} \end{aligned}$$

# Synthèse de ce pourrait être notre transition énergétique

*Avant de vous expliquer ce qui pourrait être cette synthèse je souhaite vous faire part de mes convictions personnelles.*

La chancelière allemande, du fait de ses connaissances scientifiques, a selon moi choisi la bonne orientation en décidant d'abandonner le nucléaire. Étant moi-même marié à une allemande ce serait malhonnête de ma part de dire cela sans y croire profondément. Le problème actuel de l'Allemagne pourrait bien être le fait que lors de cet abandon, elle a choisi le mauvais cheval en s'orientant plutôt vers l'éolien que vers solaire. Ceci pourrait bien être la principale raison pour laquelle elle ne peut maintenant envisager de se séparer rapidement du charbon. En disant cela je pense à *Jean-Marc Jancovici* qui fait preuve d'autorité auprès de nos sénateurs en ce qui concerne l'énergie et pour qui j'ai beaucoup d'admiration. Il y a toutefois un seul point fondamental sur lequel notre point de vue diverge: celui de l'importance relative du solaire et du nucléaire. Ma vision des choses à ce sujet fait suite aux idées générales qui m'ont été communiquées par *mon ami Georges* polytechnicien. Grâce à l'autoconsommation et aux progrès à venir concernant nos capacités de stockage le soleil devrait pour longtemps se positionner devant le nucléaire en nous fournissant une énergie électrique moins onéreuse. Ceci particulièrement pour le besoin en énergie dans nos plus grandes cités concernant les besoins de l'habitat existant et de la voiture individuelle. La part du stockage avec le solaire électrique du type voltaïque ne représente alors sensiblement grâce à la *Solar Water Economy* que 25% du besoin. Il en résulte que le stockage de l'énergie électrique doit certes nous préoccuper intellectuellement mais ne devrait pas être un obstacle à l'abandon progressif du nucléaire vu qu'il y a déjà tout de même les piles, les STEP, l'hydrogène avec l'électrolyse de l'eau associé à la méthanation. Dans une France qui se veut « équilibrée » selon les termes de sa propre constitution, la politique de prix actuelle au niveau de l'énergie semble totalement contraire à ce qu'elle devrait être. Comment en effet espérer une réduction significative de la consommation en combustible fossiles pour le chauffage de l'habitat avec un prix du kWh d'origine fossile à ce point inférieur à celui de l'électricité! Pour avoir l'ombre derrière lui homo sapiens a intérêt à se tourner vers le soleil. Ceci d'autant qu'il commence à disposer dans ce domaine d'une petite lampe disposée derrière la tête qui éclaire le chemin déjà parcouru: l'expérience. Cette façon de s'orienter devrait permettre à la France de sortir du tunnel mais à une condition: celle de prendre conscience que l'énergie thermique est souvent plus proche de nous qu'on ne l'imagine. Cette prise de conscience lui permettra de réduire son besoin en électricité en laissant derrière lui le « [toujours plus](#) »

*Malgré l'indifférence apparente d'homo sapiens sur ce que va être sa transition énergétique l'idée selon laquelle il va devenir possible de satisfaire nos besoins énergétiques en supprimant à la fois le nucléaire et la combustion des produits fossiles commence à prendre forme. Mais il va falloir se faire une raison, Paris ne s'étant pas fait en un jour la mise en place de la « Solar Water Economy » telle qu'elle est décrite dans le site <http://www.infoenergie.eu> ne va se faire que progressivement.*

*Une période transitoire de quelques décennies va être nécessaire, période pendant laquelle les systèmes hybrides déjà mures sur le plan de la réflexion vont prendre place. Ceci vu que nous ne pourrons dès demain satisfaire l'ensemble de nos besoins énergétiques avec le « tout électrique d'origine solaire et éolien confondus ». Nous allons avoir besoin d'une période de réflexion. Réflexion qui va consister principalement à trouver des solutions valables nous permettant sans trop grever notre budget de diminuer la quantité d'énergie électrique devant être stockée pour satisfaire nos besoins en hiver. Ceci en favorisant l'autoconsommation de l'électricité produite localement par le voltaïque et l'éolien pour assurer le besoin en énergie du chauffage thermodynamique de l'habitat et également celui de l'industrie. Ceci par exemple en introduisant les moteurs électriques à courant continu à vitesse variable <sup>23)</sup> pour entraîner les compresseurs des pompes à chaleur.*

*Cette solution qui supprimerait l'onduleur convertissant le courant continu en courant alternatif compatible avec le réseau permettrait de simplifier la chaîne énergétique. Elle permettrait aussi de favoriser l'autoconsommation locale de l'électricité produite par les panneaux voltaïques. Quant au manque en hiver toute notre ingéniosité va consister à être réalistes et à mettre en place sans attendre la recherche afin d'améliorer nos dispositifs de stockage actuels voire d'en créer de nouveau. Les moyens mis dès à présent à notre disposition sont suffisamment nombreux pour espérer une issue favorable. Les STEP, l'hydrogène, les batteries rechargeables, la méthanation associée à la capture du gaz carbonique, voire au pire les biocarburants et les systèmes inertiels sont autant de solutions envisageables. Ceci dit, le stockage de masse de l'électricité n'est pas simple et il va appartenir à homo sapiens de faire en sorte que les solutions retenues soient fiables et suffisantes quantitativement grâce à deux actions conjuguées et essentielles qui vont devoir être prises en amont :*

- une première action consistant à réduire autant que faire se peut et dans les limites de notre budget les déperditions thermiques dans l'habitat existant*
- une deuxième action relevant de la mise en place d'une climatisation thermodynamique de l'habitat prélevant dans la rivière ou sa nappe libre ainsi que dans l'eau géothermale la chaleur spécifique qu'elle ne contient en ne perdant pas de vue l'objectif final : prélever à minima 80% du besoin thermique dans notre environnement.*

*Une 3ème action pourrait aussi être prise en été, voire en mi saison : celle consistant à associer la petite batterie de la voiture électrique hybride rechargeable assurant les besoins de la mobilité dans les agglomérations à la fourniture de l'eau chaude sanitaire. Cela pour suppléer à l'intermittence jour-nuit du voltaïque. Pour consoler tous ceux qui voyagent en espérant faire avancer le schmilblick ou pour être plus clair l'atténuation climatique je dirais que le "mauvais et le bon COP" sont illustrés par la formule algébrique élémentaire suivante:  $(T_c - T_f) / T_f$  que multiplie  $T_f / (T_c - T_f) = 1$*

*Le 2ème terme  $T_f / (T_c - T_f)$  représente le coefficient de performance de la chaîne énergétique qu'il va falloir généraliser pour assurer le chauffage de l'habitat. Ceci en refroidissant notre environnement et en diminuant dans la mesure du possible la température à la source chaude pour améliorer les performances.*

*Il comprendra aussi que le 1er terme  $(T_c - T_f) / T_f$  représente le coefficient de performance des 2 chaînes énergétiques passant par le cycle de Carnot 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 : à savoir celles du nucléaire et de la combustion des produits fossiles. Ceci vu qu'elles passent par la case thermique pour produire notre électricité en réchauffant dangereusement notre environnement. Plus grave encore en le réchauffant d'autant plus qu'il faut cette fois augmenter la température à la source chaude  $T_c$  au lieu de la diminuer pour améliorer les performances. Ceci en compliquant la métallurgie au détriment du prix de revient de l'électricité produite.*

*23) Les moteurs DC étant un peu moins robustes que les AC, la solution avec moteur asynchrone pourrait s'imposer dans l'individuel ou pour les PAC associées à un immeuble. Pour le gros-collectif le rendement des onduleurs étant excellent et proche 99 %, la décision pourrait être prise en comparant le coût global de la chaîne voltaïque+Onduleur+Moteur AC vs voltaïque +Moteur DC. Ce coût étant à analyser sur la durée (20 ou 30 ans)*

**HFO** type de [fluide caloporteur](#)

**COP** coefficient de performance

Voir page 45

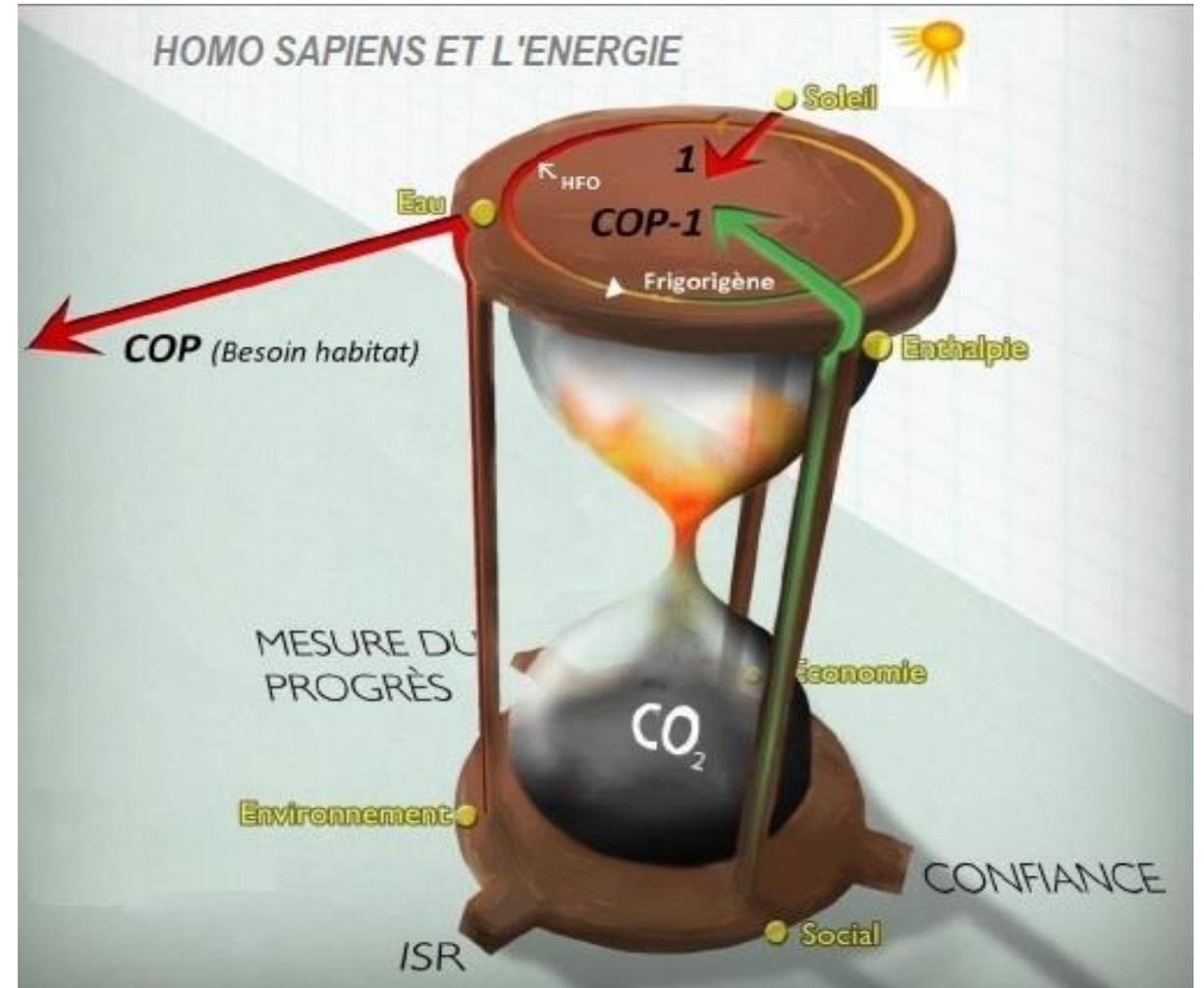
## Un monde coupé en 2 ?

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.

Gaz carbonique [CO<sub>2</sub>](#)

**ISR** investissement socialement responsable



# La lenteur

Monsieur Yves LE LOUARN  
15, rue Vauthier

BOULOGNE, le 26 février 1984

92100 - BOULOGNE-BILLANCOURT

*sur 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 : M<sup>lle</sup> GUIGUEN  
M<sup>me</sup> FAUVET  
M<sup>me</sup> SIMON  
M. JULIEN  
M. LENOIR  
M. CHAMBRIER  
M. LEPETIT

Yves LE LOUARN



*35 ans déjà!  
La chaufferie hybride  
attend sa pompe à  
chaleur.*



FONDATION  
POUR LA NATURE  
ET L'HOMME

Monsieur Jean Grossmann  
26 rue Vauthier  
92100 Boulogne-Billancourt

Boulogne-Billancourt le, 24 octobre 2018

Monsieur,

Vous avez pris la peine de vous adresser à Monsieur Nicolas Hulot et nous vous remercions de votre attention.

Nicolas Hulot souhaite prendre un peu de recul et s'accorder un temps de réflexion pour quelques mois. Pour l'heure, nous n'avons pas reçu de consignes concernant le traitement des sollicitations ou des témoignages qui lui sont adressés.

Monsieur Hulot n'a pas repris d'activités au sein de la Fondation. Il n'a pas d'équipe dédiée à son agenda. Toutefois, nous conservons précieusement votre courrier en attendant les consignes de sa part.

Nous vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos sincères salutations.

L'équipe de la Fondation

6 rue de l'Est  
92100 Boulogne-Billancourt  
01 41 22 10 70  
[www.fnh.org](http://www.fnh.org)

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE  
HABILITÉ À RECEVOIR DES DONS ET LEGS  
DRET - 412 884 454 000 21

Nicolas Hulot avait raison, il va falloir  
que nous changions d'échelle

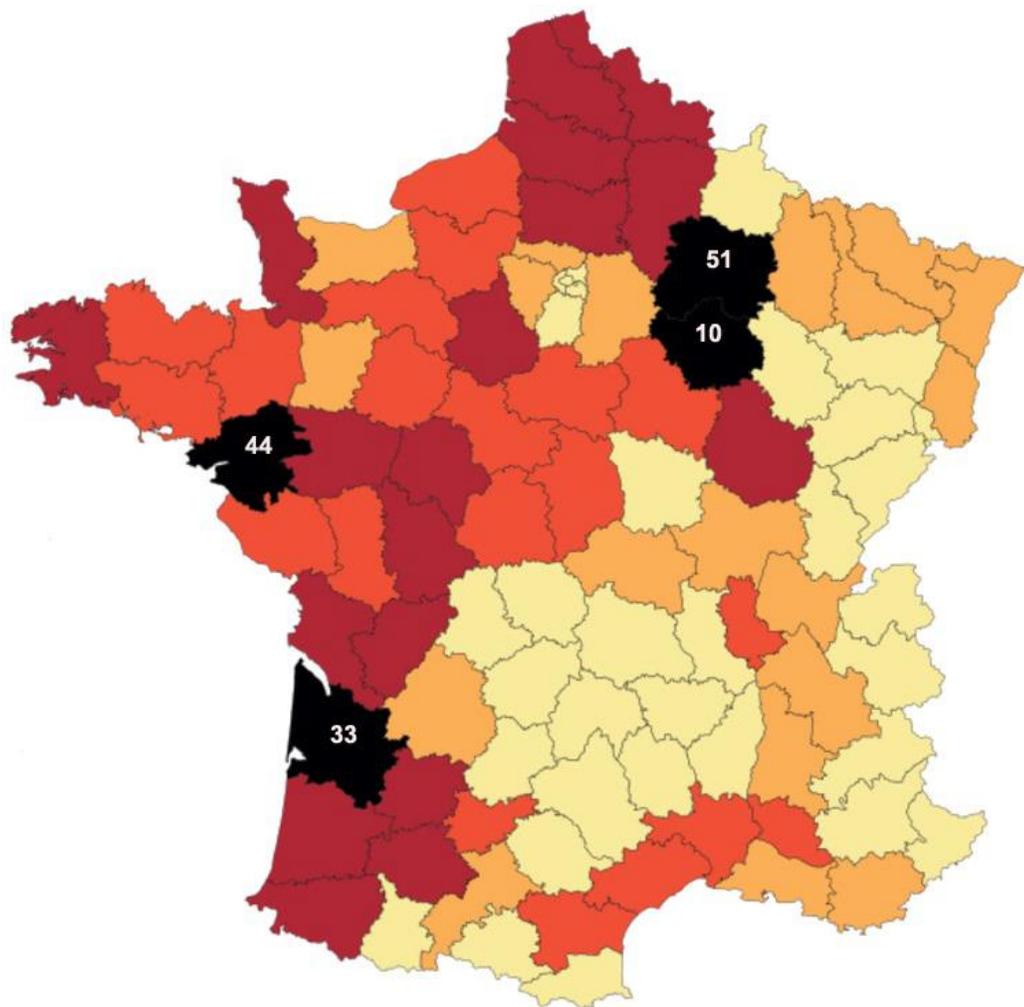
# *La rivière en colère*

*Sa pollution*

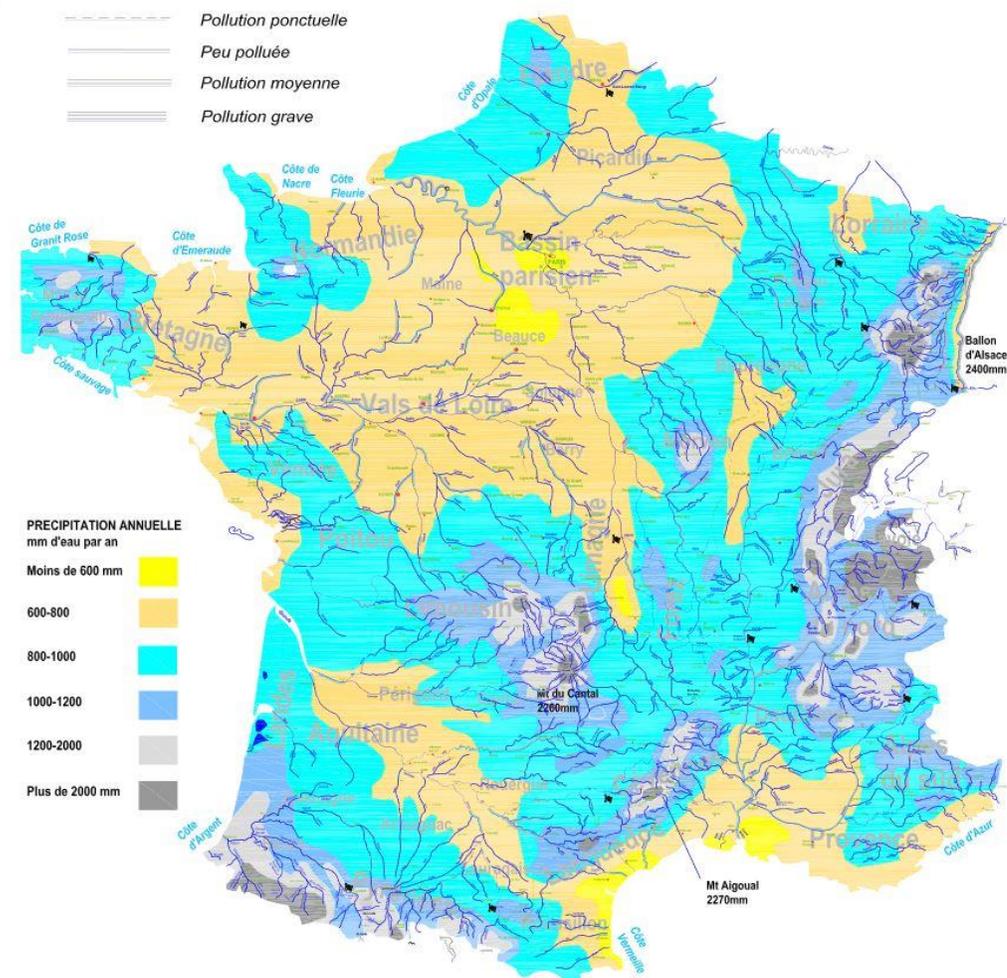


[La rivière personne morale](#) comme en Nouvelle Zélande?

Image Michel Copin



*Carte de France « confidentielle » des départements français pollué par des pesticides dangereux (dont le glyphosate)*



*La pollution des rivières françaises en 1990  
Cliquez sur les cartes pour détails*

# Les rivières françaises regorgent de substances dangereuses (avril 2019)

Les rivières et les lacs français débordent de pesticides suspectés d'être des perturbateurs endocriniens. Glyphosate, atrazine, chlordécone... Des résidus d'herbicides et d'insecticides néfastes pour la santé sont omniprésents dans les eaux de surface en France, selon une étude inédite publiée mardi 16 avril. Réalisé par l'association Générations futures, le rapport montre qu'en moyenne 41 substances actives de pesticides ou de métabolites supposés perturbateurs endocriniens (PE) sont présents dans les cours d'eau.

Ce cocktail menace la faune aquatique et les écosystèmes, contribue à l'érosion de la biodiversité et n'est pas sans conséquence sur notre santé, alerte le rapport. Les PE sont capables d'interférer avec le système hormonal et sont impliqués dans une variété de troubles et pathologies : obésité, baisse du quotient intellectuel, cancers du système reproducteur, etc.

Depuis une note de 2015 du Commissariat général au développe-

ment durable, on savait que 92 % des cours d'eau français étaient contaminés par les pesticides utilisés par les agriculteurs. Générations futures a cherché à quantifier la part de ces pesticides aux effets de perturbation endocrinienne. L'association a d'abord identifié, à partir de deux bases de données, les pesticides (autorisés ou non) potentiellement PE. Elle a ensuite vérifié lesquels avaient été analysés par les agences de l'eau et répertoriés – département par département – dans la base de données nationale Naiades sur la qualité des eaux de surface.

## Chlordécone en Martinique

Le rapport établit, sur la base des données 2015, qu'en tout 232 substances actives de pesticides ou de métabolites supposés PE ont été recherchés, soit une moyenne de 183 par département. En moyenne, 41 (23 %) ont été quantifiées. Avec des différences notables selon les départements. Le record revient au Calva-

dos (69 cours d'eau), avec 90 substances quantifiées sur 196 recherchées. En pourcentage, la Moselle (91 cours d'eau) occupe le haut du classement, avec 49 % de pesticides PE suspectés quantifiés au moins une fois.

Dans le trio de tête des molécules les plus présentes figure le glyphosate, le célèbre désherbant de Monsanto. On en retrouve dans 37 départements et même à Paris, dans la Seine. Deux autres herbicides, l'atrazine-Déséthyl et le métolachlore, complètent le podium – preuve de leur persistance dans l'environnement, car ils sont interdits depuis 2003. Utilisés jusqu'en 1993 dans les bananeraies aux Antilles, l'insecticide chlordécone contamine toujours les rivières en Martinique – les données n'étaient pas disponibles dans la base Naiades pour la Guadeloupe en 2015.

Certaines concentrations dépassent la limite autorisée (2 microgrammes par litre) pour la production d'eau potable. Ainsi,

35 dépassements sont constatés pour le glyphosate, 33 pour le métolachlore. Mais le danger est plus diffus : il est souvent impossible de fixer un seuil d'exposition sous lequel aucun effet ne serait susceptible de survenir, s'accordent les chercheurs.

« Ces données sont inquiétantes, commente François Veillerette, le directeur de Générations futures. Elles montrent que la chimie agricole menace directement la biodiversité aquatique. » Une étude scientifique remarquée a démontré dès 2010 les effets, même à faible dose, de l'herbicide atrazine sur le développement des grenouilles :

**Dans le trio de tête se trouvent deux herbicides interdits depuis 2003, preuve de leur persistance**

les mâles se féminisent ou peuvent devenir hermaphrodites.

Le directeur de Générations futures souligne « un risque de contamination des ressources en eau potable ». Parce que les stations d'épuration ne filtrent pas tout, et parce que dans certaines régions, comme la Bretagne, où les nappes phréatiques sont très polluées par les rejets de l'agriculture intensive, l'eau de surface sert à produire l'eau de consommation.

## Stratégie en discussion

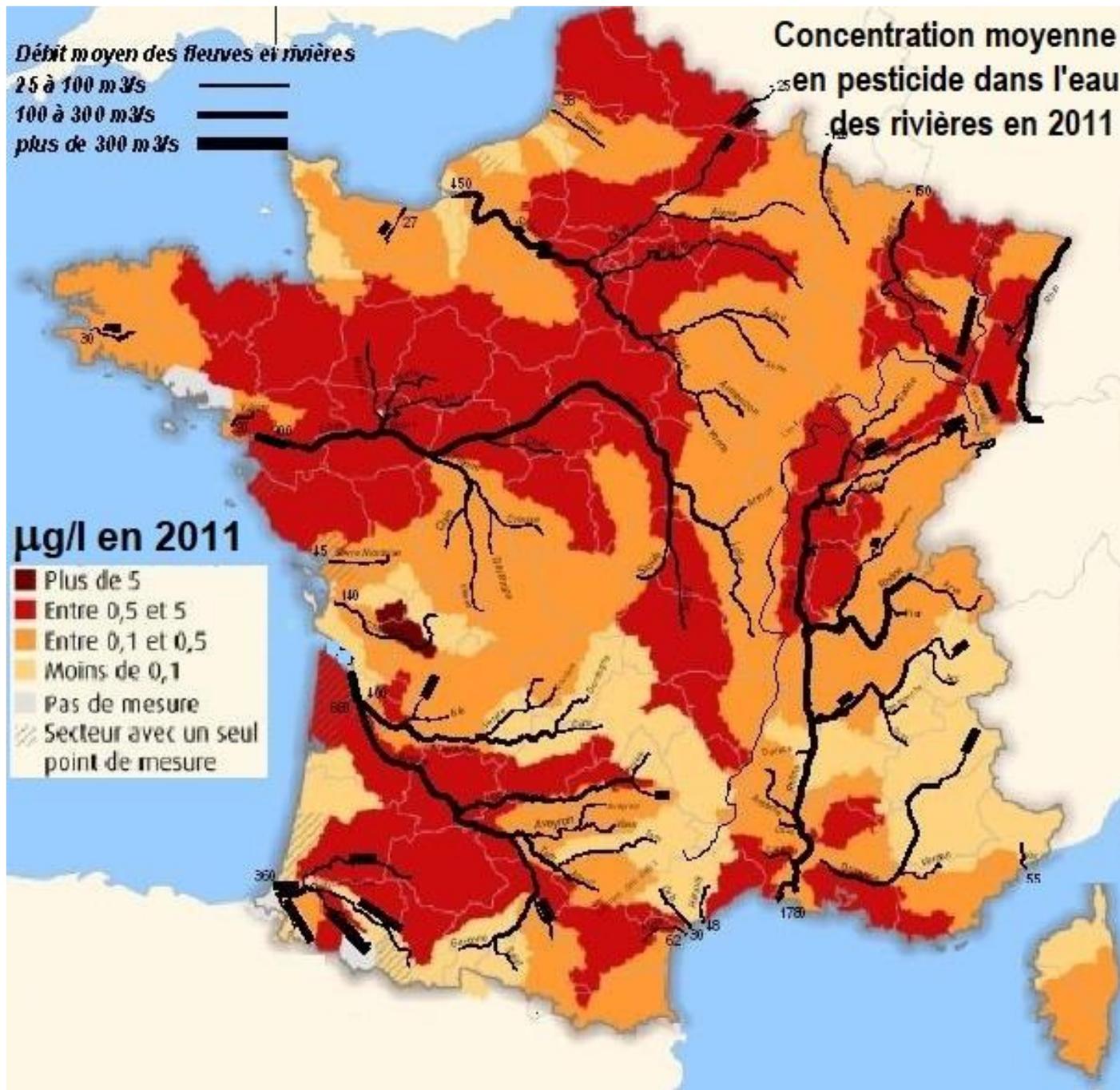
« Il est plus que temps d'agir ! », tonne François Veillerette, qui déplore la « frilosité » du gouvernement sur le dossier des perturbateurs endocriniens. La France s'est dotée en 2014 d'une première « stratégie nationale » qui n'a pas permis de réduire l'exposition à ces substances. Une deuxième « stratégie » est en discussion. « Il faut mettre en œuvre d'urgence une politique qui vise réellement à leur interdiction totale », insiste le directeur de Géné-

rations futures, qui invite aussi le gouvernement à porter le fer au niveau européen. A plus court terme, Générations futures demande une révision de l'arrêté du 4 mai 2017 sur l'utilisation des pesticides afin d'interdire leur épandage à proximité des lieux de vie et de tous les points d'eau.

Lors du premier comité d'orientation et de suivi du nouveau plan national de réduction des produits phytosanitaires (Ecophyto II +), le 10 avril, le gouvernement a redit sa « volonté ferme » de réduire l'usage des pesticides de moitié d'ici à 2025 et de sortir du glyphosate « pour une majorité des usages » d'ici à la fin 2020.

Les dernières données disponibles montrent que ces objectifs ne seront pas atteints sans changer radicalement de stratégie : en 2017, la consommation de pesticides était en très légère baisse et les ventes de glyphosate ont même augmenté (8 831 tonnes en 2017 contre 8 673 tonnes depuis 2015). ■

STÉPHANE MANDARD



# Citations

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

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

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

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

Des chercheurs qui cherchent on en trouve, des chercheurs qui trouvent on en cherche *De Gaulle?*

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*

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*

"Que la confiance s'étiolle la crise couve ; qu'elle grandisse, l'argent circule, l'industrie s'anime, le rendement de l'ouvrier s'accroît, les relations commerciales deviennent faciles et rapides, on gagne du temps et la collectivité s'enrichit". *Auguste Detoef Barenton confiseur*

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

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. *Mark Twain*

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 l'a termine quand on peut *Machiavel*

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

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

Il y a qu'une seule réponse à la défaite, c'est la victoire *Winston Churchill*

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

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

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

La guerre, un massacre de gens qui ne se connaissent pas au profit de gens qui se connaissent mais ne se massacre pas *Paul Valéry*

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

Pour réussir notre transition énergétique il faudrait que ceux qui pensent savoir écoute ceux qui souhaitent apprendre *Balendard*

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

Un chef est un homme qui a besoin des autres *Paul Valéry*

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

Un marché fondé sur l'idée que le partenaire ne sera pas en mesure de tenir ses engagements est un mauvais marché. *O.L Barenton confiseur*

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*

*En provenance d'auteurs inconnus*

On ne construit rien de solide en ignorant le réel

L'expérience est une petite lampe que l'on a derrière la tête et qui éclaire le chemin déjà parcouru

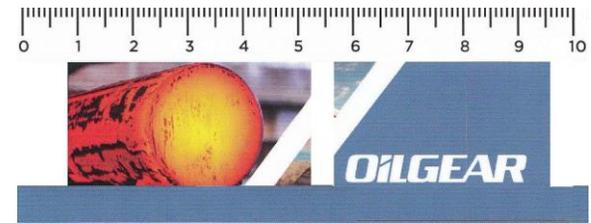
Seul on va plus vite, ensemble on va plus loin

Les idiots ignorent la complexité. Les génies la suppriment et les pragmatiques en souffrent.

Il est plus difficile de faire simple que de faire compliqué

Il est facile d'apprendre 1000 disciplines mais il est difficile d'en connaître une à fond. *Proverbe chinois*

# Les Lutins thermiques



Avec mes remerciements à

[GOODPLANET,](#)

[BATIACTU](#)

et à Chaud Froid performances (CFP)

Entre

Ce que je pense,

Ce que je veux dire,

Ce que je crois dire,

Ce que je dis,

Ce que vous avez envie d'entendre,

Ce que vous entendez,

Ce que vous comprenez...

il est probable que l'on va avoir des difficultés à communiquer.

Mais essayons quand même...

*Bernard Werber*