



La « Solar Water Economy »



Il y a l'évolution naturelle du climat de la terre qui résulte des 3 mouvements de la terre par rapport au soleil. Mouvements qui sont décrits par l'astronome [Milutin Milankovic](#). Il y a aussi, superposées aux périodes de glaciation et de réchauffement naturelles résultant de ces mouvements, les conséquences du comportement de l'homme sur notre planète. Nous avons semble-t-il à ce sujet mis trop de temps pour prendre conscience de l'urgence qu'il y a de passer à l'action en ce qui concerne la transition énergétique. L'inquiétude qui ressort [d'un article](#) de Good Planet sur les conséquences actuelles de [l'effet de serre](#) est justifiée. Les dérèglements climatiques actuels résultent à l'évidence du comportement de l'homme en ce qui concerne son besoin en énergie. Un besoin qu'il n'a principalement réussi à satisfaire jusqu'à présent qu'avec la combustion des produits fossiles. L'augmentation à venir de la température sur terre en fonction du temps sera-t-elle une fonction proche de la fonction exponentielle si nous continuons ainsi ? Quoiqu'il en soit à ce sujet l'épuisement de ces ressources non renouvelables est proche et il faudra bien demain assurer le besoin d'homo sapiens en énergie. De ce fait l'urgence qu'il y a à agir sur le poste le plus lourd en ce qui concerne la consommation en énergie, à savoir le chauffage de l'habitat est bien là. Dans ce domaine et vu l'urgence qu'il y a à agir, nous ne pourrions pas faire autrement que de dissocier la construction neuve de l'existant. Nous n'avons pas en effet les moyens financiers de tout démolir et de tout reconstruire aux nouvelles normes. D'ailleurs comment ferions-nous pour loger le citoyen pendant la période transitoire. Le lecteur pris par le temps peut lire la *conclusion* en fin de cette interminable fichier.

En raison de la croissance économique à venir prévue par l'OCDE sur l'image ci-contre, les conséquences de l'inaction peuvent être redoutable pour notre environnement. La dégradation de notre biodiversité mentionnée par un [rapport de planète vivante](#) est telle qu'il va falloir agir dans le sens du consommer moins et non du [toujours+](#). L'urgence va être dans un premier temps de s'attaquer à la part carbone dégagée par le chauffage des bâtiments existants plutôt que par l'énergie grise consommée pour la construction des bâtiments neufs. Ceci pour la simple raison que le bâtiment existant est le poste potentiellement le plus important qui nous permettra de diminuer rapidement nos besoins en d'énergie non renouvelable d'origine fossile. Ceci pour l'essentiel grâce au soleil. Il faudra par la suite porter nos efforts sur cette [énergie grise](#) de la construction neuve mais il y a un temps pour chaque chose.

Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050 : Les conséquences de l'inaction Synthèses

Durant les dernières décennies, les activités humaines ont engendré une croissance économique sans précédent qui a favorisé l'élévation du niveau de vie. Or la croissance économique et démographique s'effectue à un rythme plus soutenu que la réduction des dégradations environnementales. Pour répondre aux besoins de 2 milliards de personnes supplémentaires d'ici à 2050, il nous faudra être capable de gérer et de restaurer les actifs naturels dont dépend toute forme de vie.

Les *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050* font une analyse prospective des tendances économiques et démographiques au cours des quatre prochaines décennies, basée sur les travaux de modélisation menés conjointement par l'OCDE et l'Agence d'évaluation environnementale des Pays-Bas (PBL). Cette étude évalue leurs impacts sur l'environnement si l'humanité ne prend pas de mesures plus ambitieuses pour mieux gérer les ressources naturelles. Elle passe ensuite en revue certaines des politiques susceptibles d'améliorer ces perspectives. Ces *Perspectives* portent sur quatre domaines des plus urgents : le changement climatique, la biodiversité, l'eau et les effets de la pollution sur la santé. L'étude conclut qu'il est **nécessaire et urgent d'engager dès à présent une action globale de manière à éviter les coûts et conséquences considérables de l'inaction, tant du point de vue économique que sur le plan humain.**

Faute de nouvelles politiques, les progrès réalisés pour réduire les pressions sur l'environnement ne suffiront pas à compenser les impacts liés à la croissance économique.

À quoi pourrait ressembler l'environnement en 2050 ?

D'ici à 2050, la population de la planète devrait passer de 7 milliards à plus de 9 milliards, et l'économie mondiale devrait presque quadrupler, entraînant une demande croissante en énergie et ressources naturelles. Si la Chine et l'Inde pourraient voir un ralentissement de leur taux de croissance moyen du PIB, l'Afrique en revanche devrait afficher le taux de croissance le plus élevé du monde entre 2030 et 2050. En 2050, les personnes âgées de plus de 65 ans représenteront plus du quart de la population dans les pays de l'OCDE, contre 15 % aujourd'hui. La Chine et l'Inde doivent elles aussi s'attendre à un important vieillissement démographique, alors que les populations plus jeunes d'autres parties du monde, notamment de l'Afrique, devraient augmenter rapidement. Ces évolutions démographiques et la hausse des niveaux de vie impliquent une modification des modes de vie et des habitudes de consommation, qui aura des conséquences non négligeables pour l'environnement. Près de 70 % de la population de la planète vivra en zone urbaine en 2050, amplifiant des problèmes tels que la pollution de l'air, la congestion des transports et la gestion des déchets.

Une économie mondiale quatre fois plus importante qu'aujourd'hui verra sa consommation d'énergie augmenter de 80 % à l'horizon 2050. **Faute de politiques plus efficaces, la part des énergies fossiles dans le bouquet énergétique mondial devrait demeurer aux environs de 85 %.** Les économies émergentes que sont le Brésil, la Russie, l'Inde, l'Indonésie, la Chine et l'Afrique du Sud (les BRIICS) devraient devenir de gros consommateurs d'énergie. Pour nourrir une population croissante dont les préférences alimentaires évoluent, la superficie des terres agricoles devra augmenter à l'échelle mondiale au cours de la prochaine décennie.

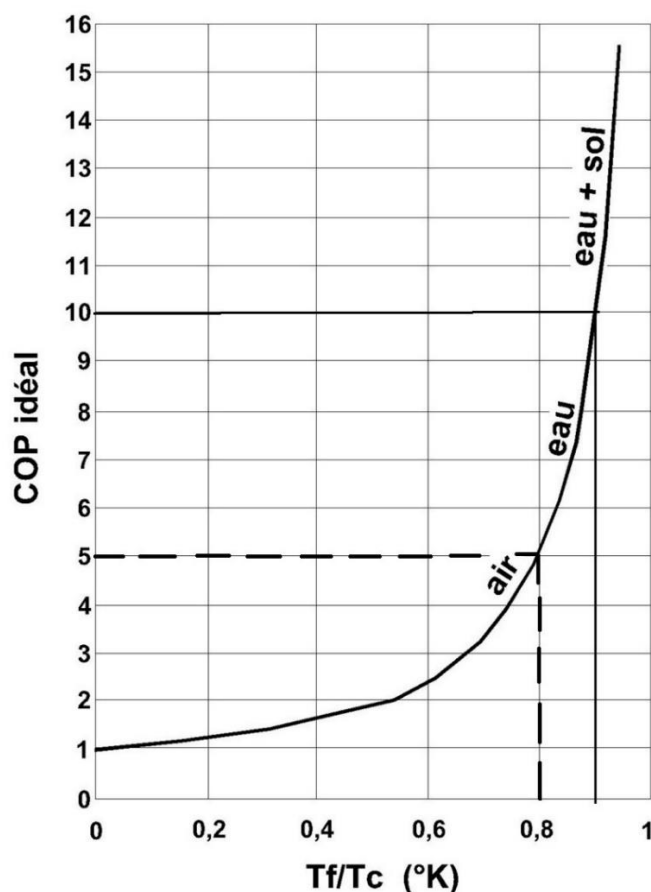
Pour sortir de ce que beaucoup d'entre nous considère comme ce qui pourrait devenir [l'enfer du réchauffement climatique](#), homo sapiens va devoir comme le préconisait Nicolas Hulot [changer d'échelle](#). Pour cela, il va disposer pour satisfaire ses besoins d'au moins deux nouvelles chaînes énergétiques du type « Solar Water Economy ». C'est en effet principalement le soleil, en produisant l'électricité grâce au voltaïque, qui va devenir le maître du jeu de ces deux concepts de production d'énergie. Il ne s'agit pas ici de rendre la planète « great again » mais de la rendre vivable. La première de ces deux chaînes est celle assurant le chauffage, voire la climatisation de l'habitat. Celle qui va utiliser la chaleur spécifique de l'eau et l'enthalpie des corps. C'est cette première « Solar Water Economy » qu'homo sapiens va devoir mettre en place en priorité pour rendre la voiture ainsi que le chauffage de l'habitat moins polluants et moins énergivore. Cela aussi étant donné qu'il ne [maîtrise pas encore quantitativement la deuxième](#), celle de l'hydrogène décrite à la fin de cette page. Celle posée par le problème du stockage de l'énergie électrique résultant de l'intermittence hiver-été de la production électrique solaire. Celle qui résulte du fait qu'en période hivernale la production solaire insuffisante devra probablement être associée aux capacités de stockage de quelques STEP de montagne ou de centrales de combustion des ordures supplémentaires qui viendraient au secours du voltaïque et non le nucléaire lors des pointes de consommation électriques journalières. Ceci sans même que soit nécessaire l'apport des éoliennes et les hydroliennes.

A) La « Solar Water Economy » de l'enthalpie

La figure ci-dessous permet de comprendre pourquoi l'eau aidée par le sol va devancer l'air en termes d'efficacité. Nous avons besoin de cette efficacité par le fait que nous ne pourrions malheureusement pas isoler suffisamment les bâtiments existants. Sinon il faudrait tout démolir pour reconstruction sans savoir où reloger les habitants pendant les travaux. Ce constat étant valable non seulement en France mais probablement dans beaucoup de pays européens. Voire de grandes métropoles ailleurs dans le monde

Figure 1 La COP du chauffage thermodynamique ou ce qui revient au même ses performances est fonction des températures aux sources froide T_f et chaude T_c .

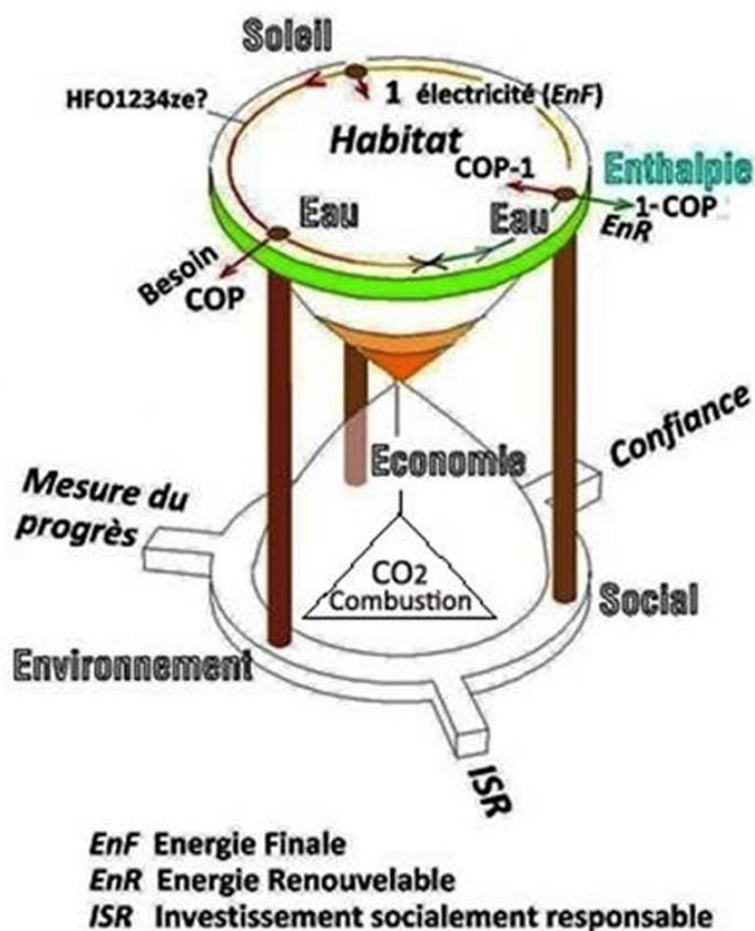
Par définition le COP est égal à l'énergie thermique arrivant dans le logement que divise l'énergie finale nécessaire pour produire cette énergie thermique. Ceci avec un coefficient de performance $COP = T_c / (T_c - T_f)$ formule bien connue des thermodynamiciens [démonstration](#). La courbe de performances ci-contre est la transcription graphique de cette formule.



On mesure ici tout l'intérêt d'échanger l'énergie thermique renouvelable sur l'eau plutôt que sur l'air. Ceci dans la mesure où la quantité d'énergie électrique requise pour assurer le chauffage de l'habitat est sensiblement deux fois plus faible qu'avec l'air une même température à la source chaude où ce qui revient au même une même température dans les radiateurs hydrauliques.

- Cela signifie qu'avec l'EAU et une température à la source froide $T_f = 15^\circ\text{C}$ et une température à la source chaude $T_c = 45^\circ\text{C}$ on peut escompter un **COP** légèrement supérieur à 10
(plus précisément $\text{COP} = 1 / [1 - (273+15) / (273+45)] = 10,6$)
- Cela signifie qu'avec l'AIR et une température à la source froide $T_f = -10^\circ\text{C}$ et une température à la source chaude $T_c = 45^\circ\text{C}$ on peut escompter un **COP** légèrement supérieur à 5
(plus précisément $\text{COP} = 1 / [1 - (273-10) / (273+45)] = 5,6$)

La figure 2 ci-contre est quant à elle un condensé de ce qu'il faut comprendre pour assimiler la « Solar Water Economy » de l'enthalpie. En conjuguant la géothermie profonde et l'aquathermie superficielle avec le circuit de la figure 3 qui suit on peut envisager des COP de 8 pour le chauffage urbain. Cela signifie qu'il est possible d'assurer cette fonction en consommant très peu d'énergie électrique. (Environ 1 pour une quantité d'énergie thermique prélevée dans l'environnement égale à $\text{COP} - 1 = 8 - 1 = 7$)

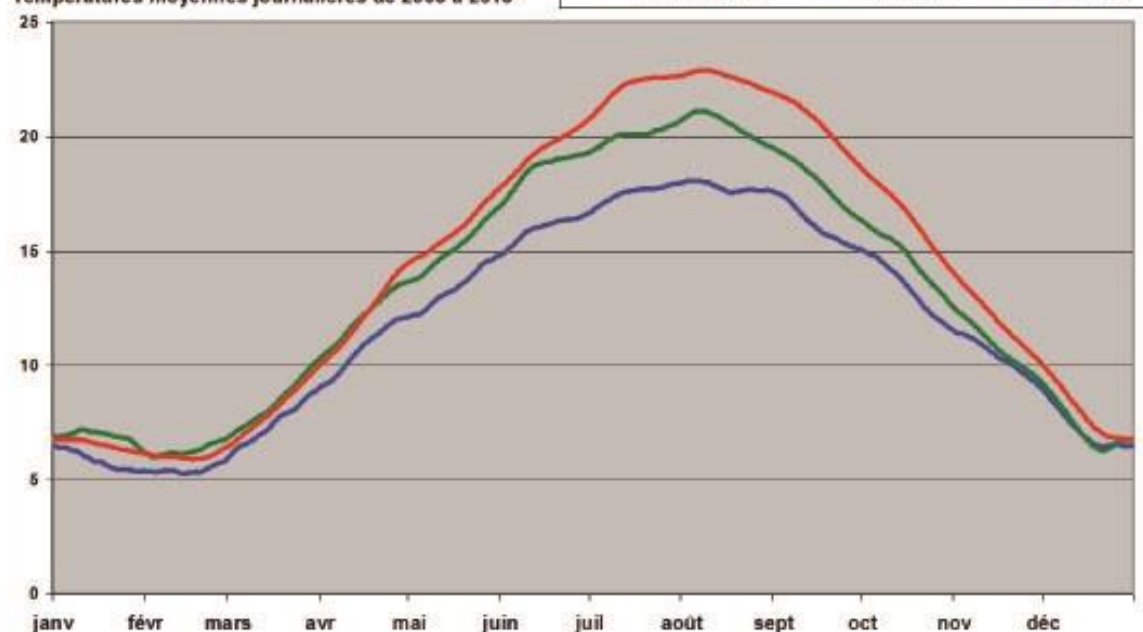


$$\text{COP} \leq \frac{T_c}{T_c - T_f}$$

Pour comprendre le principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur voir annexe pages 29 à 32

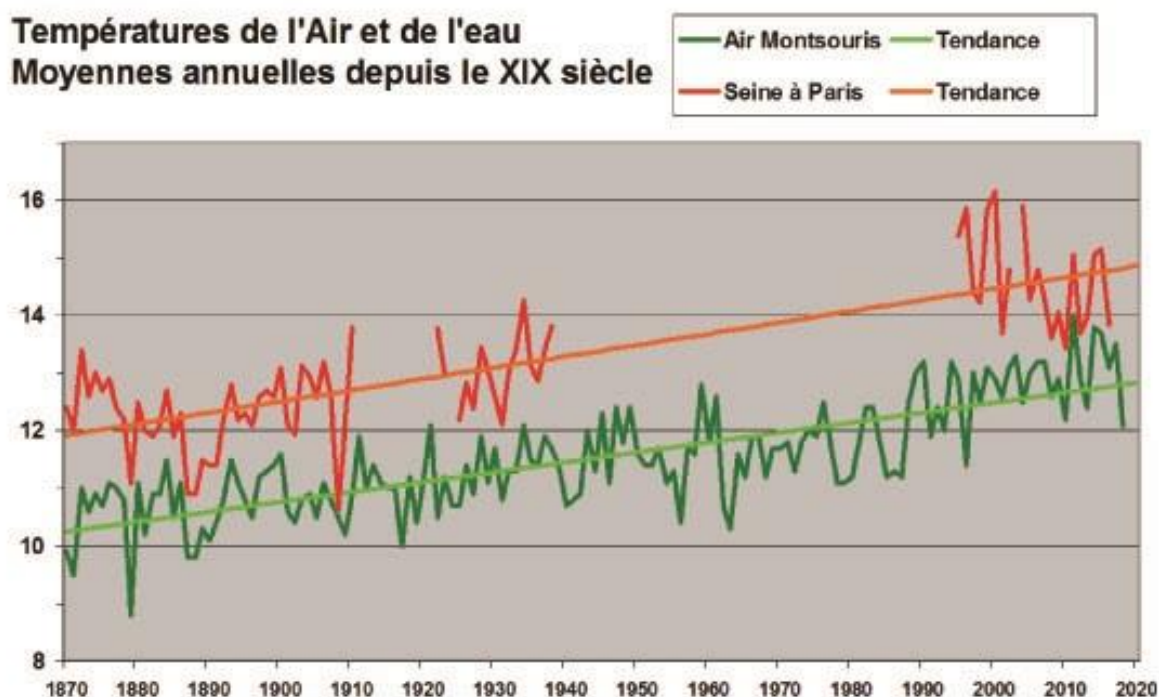
Le Reveillon, l'Yerres et la Seine

Températures moyennes journalières de 2008 à 2018



Comparaison des températures saisonnières Seine, Yerres et Reveillon, entre 2008 et 2018.
Le Réveillon est plus froid que l'Yerres, lui-même plus froid que la Seine, notamment en été. En hivers, ces écarts sont plus resserrés.

Températures de l'Air et de l'eau Moyennes annuelles depuis le XIX siècle



LA TERRE SE RECHAUFFE, LA SEINE AUSSI...

Les moyennes annuelles de 1870 à 2017, indiquent une hausse de l'ordre de 2 à 3°C pour l'Air relevée au parc Montsouris, comme pour la Seine. Ces deux courbes quasiment parallèles indiquent le lien étroit entre la température l'air et celle de l'eau. Elles confirment les annonces de Météo-France et les craintes du GIEC.

DRIEE / Service police d'eau / Septembre 2018

SyAge

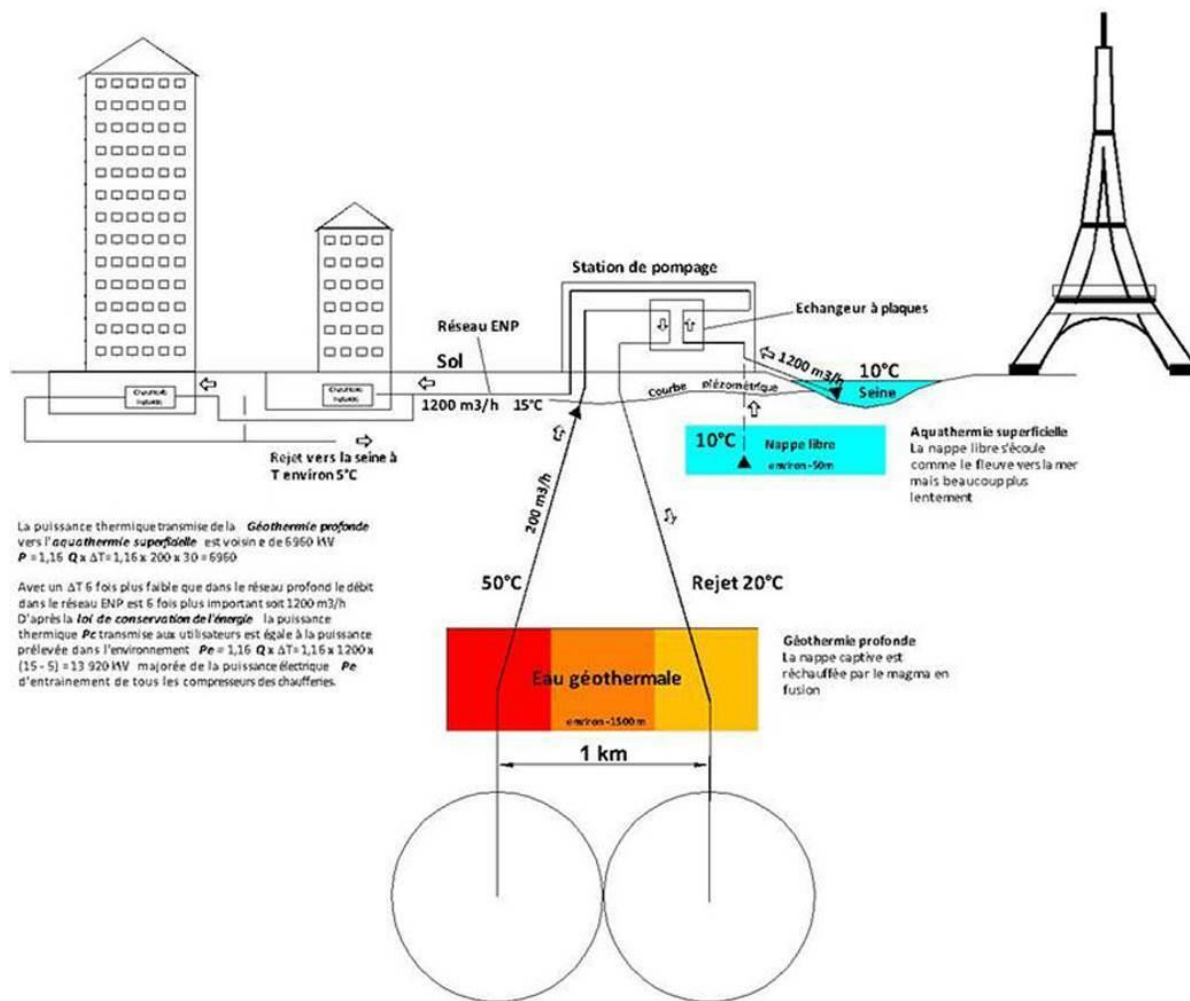
La figure 3 ci-dessus extraite d'un document DRIEE prouve que l'augmentation des températures dans la région parisienne autant en ce qui concerne l'eau de la Seine que dans l'air ambiant sont maintenant plus favorables qu'il y a une centaine d'années à une évolution des chaînes énergétiques actuelles vers le chauffage thermodynamique. Ceci d'autant que la température de la Seine à Paris descend très rarement en dessous de 1°C

C'est en définitive grâce aux performances élevées du chauffage thermodynamique aquathermique résultant de l'apport thermique des eaux géothermales profondes associé à celui de nos fleuves que nous allons devenir moins gloutons en énergie non renouvelables pour assurer le chauffage de l'habitat. Les toits voltaïques abritant nos immeubles ne pourront pas délivrer une quantité d'énergie électrique suffisante pour assurer cette fonction. Ceci d'autant qu'il faut aussi considérer adaptée les besoins confondus de l'éclairage de l'électroménager et de la voiture hybride rechargeable familiale. Cependant aidés par des centrales de production solaire dans la périphérie des villes tout devient envisageable. Ceci sans que soit nécessaire (sauf exception) de démolir les bâtiments existants et de les reconstruire afin de respecter des normes vu que l'amélioration de l'isolation est difficile à réaliser après coup.

Compte tenu des avantages essentiels de la "*Solar Water Economy*" ébauchée plus en détail dans cette [prospective sur l'énergie](#), les Lutins thermiques se sont longtemps demandés pourquoi un pays de technologie comme le nôtre a tenu si longtemps à l'écart les nouvelles chaînes énergétiques de cette "*Solar Water Economy*". Ceci compte tenu de ses nombreux avantages dans l'urbain pour le chauffage collectif de l'habitat et le transport individuel basé sur la petite voiture électrique. Ils n'ont pu finalement expliquer cette lacune qu'au travers des lobbies pétroliers et d'une prise de conscience tardive par l'homme des possibilités du solaire voltaïque conjugués à une sorte d'aveuglement de la classe politique. En prenant connaissance des informations de l'ONU concernant cette aide mondiale de près de 500 milliards d'€ à la production des produits pétroliers alors que l'on parle d'une assistance de 100 milliards d'€ aux pays qui en subissent les conséquences, ils se sont dit qu'il y avait quelque chose qui clochait sur ce bas monde chez nos financiers. Ne serait-il pas en général préférable que ce soit la classe politique se concertent avant de prendre des décisions génératrices de déceptions amères.

La chaleur spécifique élevée de l'eau associée à l'enthalpie de la matière lorsqu'elle passe de l'état gazeux à l'état liquide permet de transmettre des flux thermiques importants compatibles avec le chauffage urbain. Les Lutins se sont dit qu'il fallait expliquer à l'exécutif que cela ne sert à rien de produire et de consommer plus de combustibles fossiles pour accroître ses marges financières si, comme le fait justement remarquer le secrétaire général de l'ONU l'on ne peut plus respirer en ville. Ils se sont dit qu'il fallait aussi expliquer au couple formé par le politique et le financier comment il est maintenant techniquement envisageable à moyen terme de satisfaire les besoins en énergie thermique du chauffage urbains et ceux en énergie mécanique du transport individuel en ville sans faire appel à la combustion. Ceci d'autant qu'à l'ère du réchauffement climatique et de ses lourdes conséquences sur notre futur immédiat, la nouvelle chaîne énergétique proposée pour le chauffage de l'habitat a tendance en prélevant de l'énergie thermique dans notre environnement non pas à le réchauffer comme le fait la combustion mais à le refroidir. Qui plus est, à le faire grâce à l'aquathermie avec des performances environ deux fois supérieures à l'aérothermie et surtout plus silencieusement, ce dernier avantage étant important en ville. Ils estiment qu'il devient urgent d'évoluer vers ces nouvelles technologies pour assurer le transport individuel et le chauffage urbain collectif. Ceci en mettant conjointement en place les infrastructures comprenant principalement des réseaux de tuyauteries d'alimentation en eau non potable des immeubles et les toits voltaïques les abritant. Cette orientation qui concilie le social, l'environnement et l'économie permettrait à la France de respecter sa Loi sur la Transition Énergétique et la Croissance Verte ([LTECV](#)) ainsi que les [17 objectifs de l'ONU](#). Ceci en créant de l'emploi, en améliorant nos conditions d'existence et en participant effectivement à l'atténuation climatique. Cela est possible si l'on prend conscience que l'énergie thermique transmise pour refroidir nos fleuves et nos rivières ainsi que l'eau géothermale lorsque cela est possible, c'est de l'énergie thermique renouvelable reçue pour chauffer l'habitat urbain. Ce faisant en améliorant la dépendance actuelle de nos rivières à l'énergie et en rendant vie à leur écosystème et aussi facteur important pour l'utilisateur en baissant le prix du kWh thermique rendu dans son logement. Il n'est pas question ici de remettre en cause l'utilité de nos grands barrages à lac et leur grande retenue qui produisent l'essentiel de notre électricité d'origine hydroélectrique. Il est par contre question de s'interroger sur l'utilité de tous ces barrages "au fil de l'eau" sans retenue amont significative vu le caractère aléatoire de leur faible production électrique. On est légitimement en droit de s'interroger à ce sujet sur le bien-fondé de

transformer nos rivières à saumons en escalier au mépris de leur écosystème et du tourisme nautique itinérant pour transformer ensuite la faible quantité d'énergie électrique qu'ils produisent en chaleur avec l'effet joule pour chauffer l'habitat. Il semble essentiel aux Lutins d'expliquer au politique qu'il est stupide de dégrader à ce point un fluide noble et onéreux comme l'électricité pour le transformer en chaleur avec l'effet joule vu son COP de 1 et ses performances déplorables. Ceci alors que l'on pourrait généraliser dans plusieurs régions françaises la même production de chaleur avec un COP de 8 en consommant huit fois moins d'électricité. Ceci sachant aussi que l'on pourrait pour les autres régions françaises non pourvues en eau géothermale profiter de la présence du fleuve pour minimiser la consommation d'énergie finale autant électrique que fossile. Il semble également essentiel selon les Lutins thermiques d'expliquer au politique qu'aussi déplorable que soient les performances de la combustion et ses conséquences pour la qualité de l'air de nos cités, la "chaufferie hybride" présente l'avantage de pouvoir généraliser l'usage d'un chauffage thermodynamique complémentaire à la combustion évitant de surcharger le réseau électrique au plus froid de l'hiver. Ceci en nous libérant de nos inquiétudes relatives au point de congélation de l'eau et en diminuant considérablement la quantité de gaz brûlés émise dans l'atmosphère.



La figure 4 ci-dessus prouve qu'il est possible en conjuguant la géothermie profonde et l'aquathermie superficielle d'assurer le chauffage urbain en consommant beaucoup moins d'énergie finale. Le lecteur peut se reporter à la figure de l'annexe page 27 pour comprendre comment l'échangeur à plaques logé dans la station de pompage peut associer l'eau géothermale et l'eau superficielle plus froide en tirant profit de ces deux écosystèmes. Pour une température à la source chaude égale à 40°C (313 °K) correspondant à des planchers chauffants hydraulique et 15°C (288 °K) à la source froide les performances théoriques en mode thermodynamique de la chaufferie hybride sont excellentes. $COP = T_c / (T_c - T_f) = 313 / (313 - 288) = 12,5$. Le lecteur intéressé de comprendre plus en détail comment l'on doit réguler les débits sur les deux réseaux, celui du réseau profond d'eau géothermale et celui superficiel en liaison avec la seine selon la température de cette dernière peut se reporter [au fichier suivant](#).

Lorsque la température de la Seine est à 10°C c'est tout de même une puissance voisine de 0,35 kW thermique qui peut être mise à la disposition de chaque parisien compte tenu de la densité démographique moyenne* très élevée de notre capitale et du débit provenant de la Seine de 1200 m³/h**. Cette puissance, suffisante pour satisfaire le besoin de tous est due autant à l'apport de l'aquathermie superficielle qu'à celui de l'eau géothermale. En hiver, lorsque la température du fleuve est proche de la température de congélation de l'eau, aucune énergie n'est prélevée dans le fleuve. L'apport thermique de l'eau géothermale et la combustion sont alors bien utiles pour assurer le besoin sans faire appel à une consommation excessive en électricité au plus froid de l'hiver. Ceci tel que cela est décrit dans le mode de fonctionnement de la [chaufferie hybride](#) . La commune de Boulogne Billancourt en région parisienne semble particulièrement [bien adaptée](#) à un tel réseau de chauffage.

*Un peu plus de 20 000 habitants/km². Il faut toutefois tenir compte que cette valeur augmente régulièrement et que la densité urbaine des arrondissements de Paris les plus peuplés tels que le 11^e ou le 20^e est [selon l'INSEE](#) proche de 40 000 habitants. Ceci dit, les arrondissements du 12^{ème} et du 16^{ème} se sont appropriés respectivement le bois de Vincennes et le bois de Boulogne ce qui explique leur faible densité urbaine. Si l'on considère qu'un puits géothermal délivrant 200 m³/h d'eau à 50° C et refoulant celle-ci à 20° C a besoin selon le BRGM d'une surface voisine de 2 km² pour assurer cette fonction alors que vivent sur cette surface 80 000 habitants, la géothermie, aussi puissante soit-elle ne permettra pas de satisfaire nos besoins en énergie. Et ceci même si l'on considère l'apport de l'aquathermie superficielle qui fournit pourtant la moitié de la puissance. La puissance thermique naturelle totale disponible de 1200 x 10 x 1,16 = 13 900 kW d'un réseau de chauffage urbain fonctionnant selon le principe de cette figure c'est en effet une puissance mise à disposition pour chacun des habitants de ces deux arrondissements limitée à 0,17 kW soit sur une période de chauffe de 5000 heures quelques 850 kWh. Cette valeur est peut-être proche du besoin de quelque 800 kWh par habitant de « l'immeuble de Monsieur tout le monde » respectant la RT2012 et ses 50 kWh par m² habitable, mais il faut se rendre à l'évidence, nous avons poussé le bouchon un peu trop loin avec [la RT 2005 autorisant pour l'effet joule des déperditions supérieures](#) à celle de la combustion. Les [erreurs passées de cette réglementation](#) et le manque de sérieux avec lequel nous avons construit les bâtiments à l'époque va nous poser maintenant problème.

**Quant aux capacités de la Seine, de la Marne et de l'Oise confondues à assurer le besoin pour Paris et sa banlieue, il n'y a pas d'inquiétude à se faire. Le besoin débit de 1200 m³/h ou 0,33 m³/s pour 20 000 habitants c'est 183 m³/s pour les 11 millions d'habitants qui la peuple. Débit bien inférieur au débit moyen de la Seine à Paris majoré de celui de la marne et de l'Oise. Les deux figures ci-dessous donnent une idée du potentiel énergétique de la France

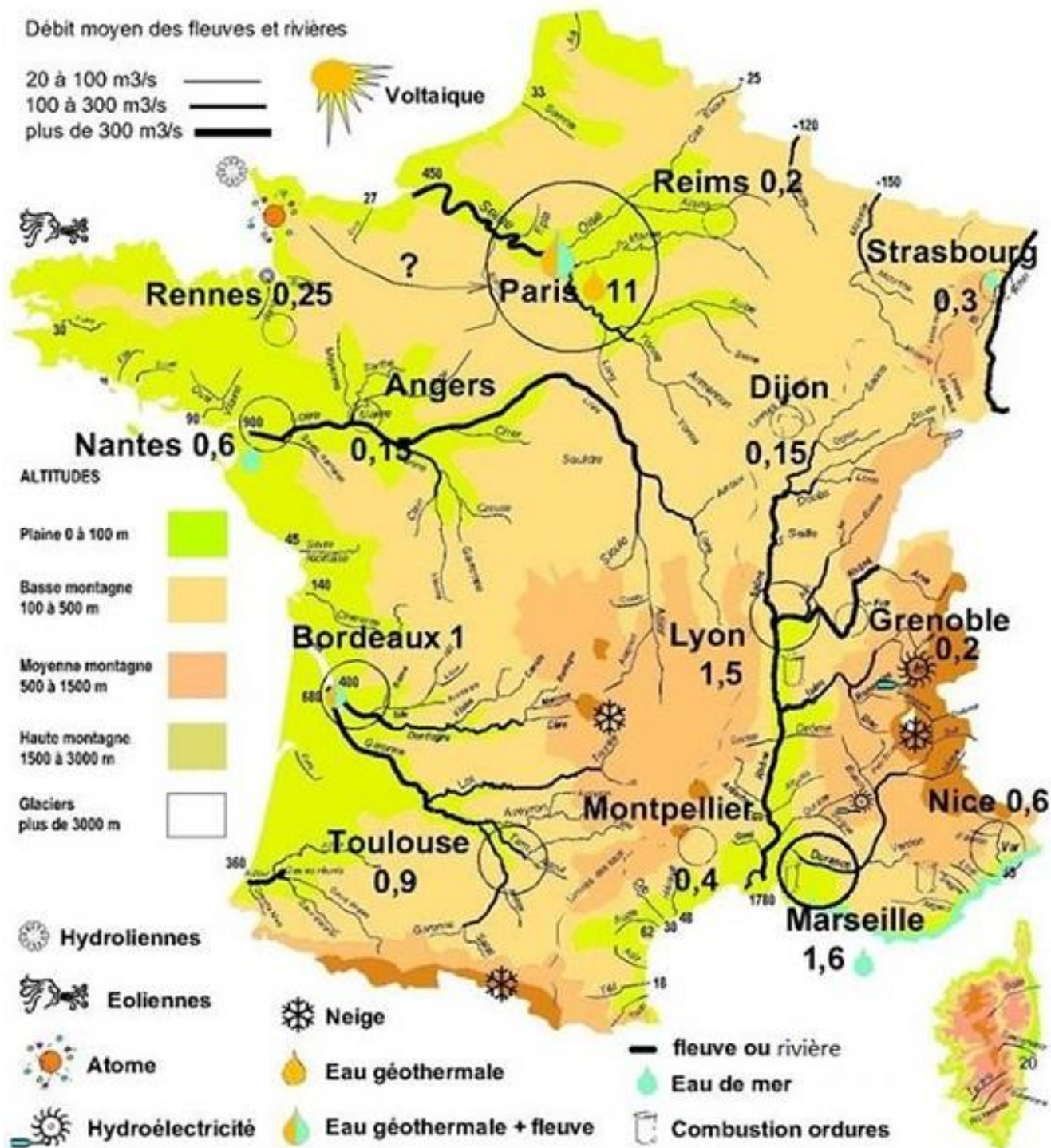


Figure 5 Les 13 métropoles françaises
 (chiffres en million d'habitants)

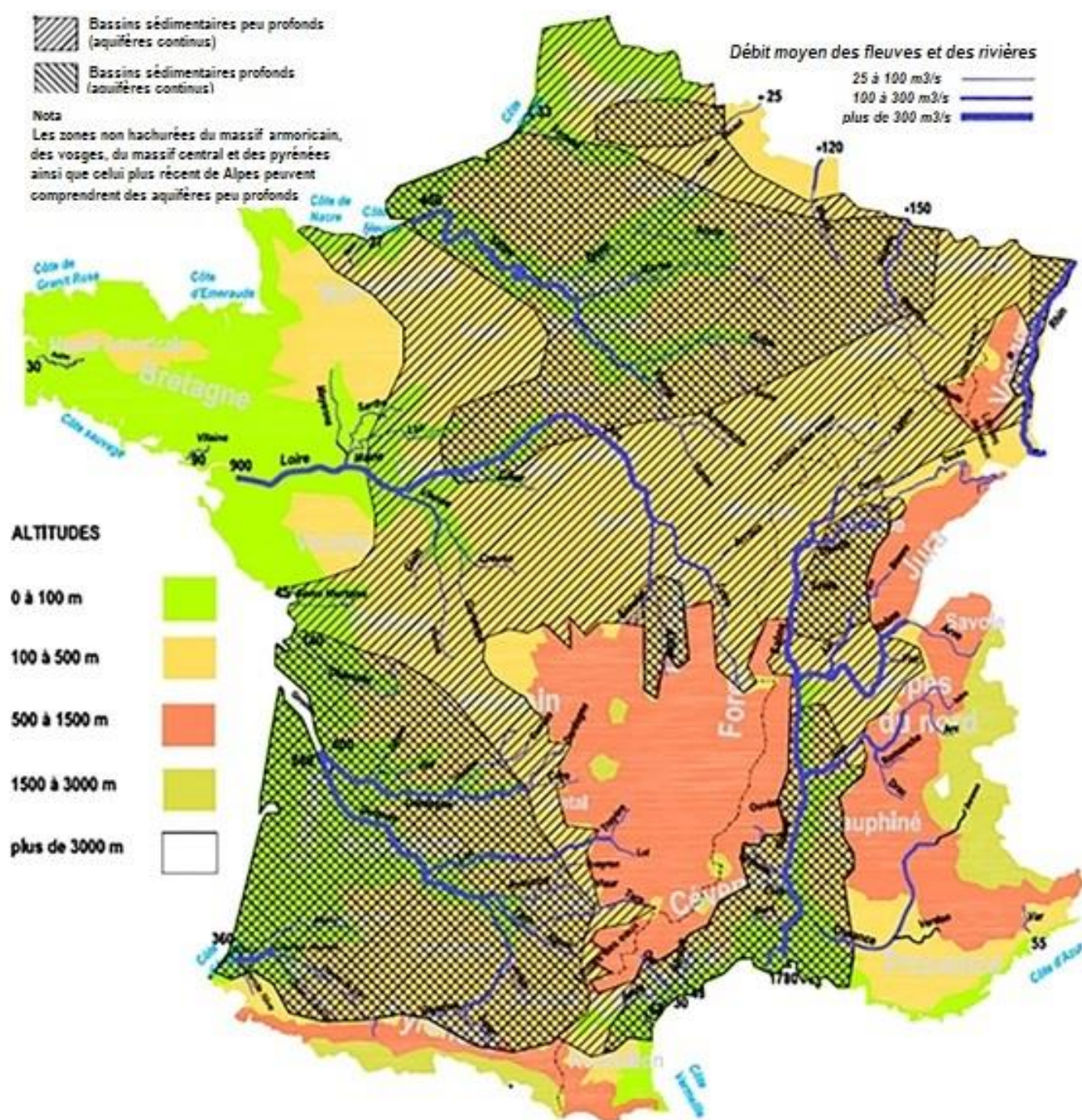


Figure 6 Les eaux superficielles et notre sous-sol

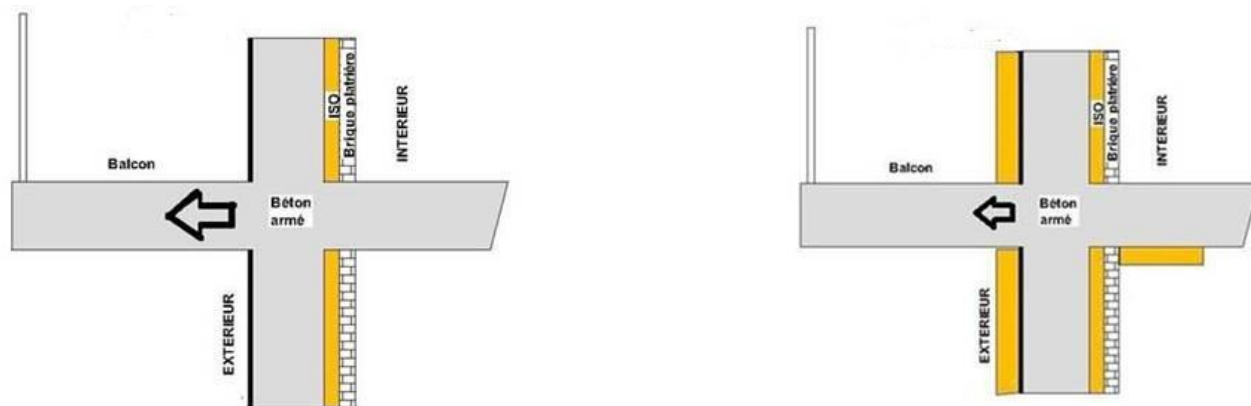


Figure 7 Le PB de l'isolation des bâtiments

Diviser par deux les consommations par l'isolation sans tout démolir sera parfois envisageable mais diviser par 5 les déperditions thermiques en passant de la valeur moyenne de 250 kWh/m² aux 50 kWh/m² de la RT 2012 relève de l'impossible particulièrement pour les immeubles avec balcons du fait des ponts thermiques. Et ceci même si l'on rajoute une isolation extérieure à un bâtiment isolé initialement par l'intérieur. La gêne provoquée par le rajout d'une isolation intérieure au plafond des appartements ne résorbe qu'une faible partie des déperditions. La dalle étant renforcée par une armature métallique interne pour des raisons de sécurité le faible gain énergétique est faible. Etant donné la difficulté d'isoler l'existant après-coup l'étude ci-dessous a été faite sans amélioration de l'isolation. Ceci dit une diminution de 30% ndes déperditions dans l'existant avec un passage à 175 kWh/m² est souvent envisageable ce réduite le besoin en énergie électrique chauffage dans les mêmes proportions.

La maison et l'appartement

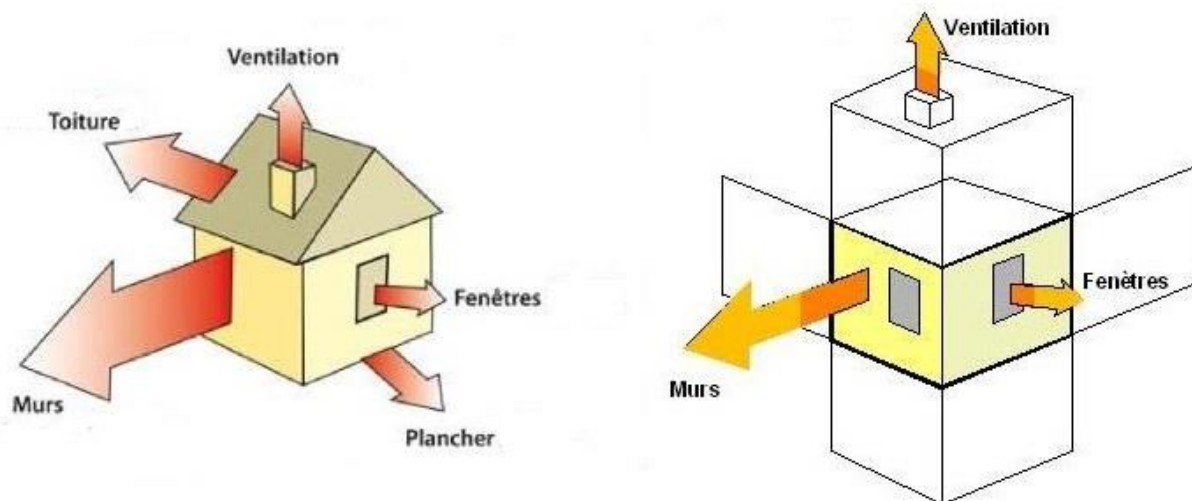


Figure 8 Un appartement à deux expositions situé aux étages intermédiaires avec voisins de palier est soumis à une consommation d'énergie nettement plus faible que celle d'une maison individuelle de même surface habitable. Ceci pour des coefficients de déperditions équivalents ([voir P144](#)) et des constructions situées dans une zone de température équivalente ([voir P278](#))

Le constat est clair : **Les parisiens et les bordelais qui sont pourtant favorisés** du fait de la présence d'eau géothermale dans leur sous-sol vont avoir besoin du soleil pour satisfaire leur besoin thermique. Particulièrement s'ils décident de tirer un trait sur le pétrole pour assurer leur confort respiratoire et allez dans le sens de l'atténuation climatique. Une remarque [Bordeaux a d'ailleurs commencé](#) dans ce sens.

Le besoin moyen en énergie du citoyen français

Dans le cadre de l'intermittence été hiver du voltaïque

Le lecteur intéressé pas ces sujets peut aussi se reporter au texte relatif à [l'immeuble de Mr tout le Monde](#) et à la [RT2012](#). Il peut aussi prendre connaissance des calculs ci-dessous effectués dans le cadre d'une prospective correspondant à un CITADIN français peu fortuné. Ceci dans le cadre d'une étude donnent une meilleure idée de ce que pourrait devenir le besoin moyen en énergie du citoyen français. Ils sont effectués dans le cadre de l'intermittence été-hiver puis jour-nuit de l'énergie solaire. Ceci sans effort particulier sur l'isolation des bâtiments existants. Ils ne correspondent pas à la maison individuelle des zones rurales. Cela compte tenu des surfaces de déperdition nettement plus importantes de la maison individuelle comparativement à l'appartement. (Voir figure 8 ci-dessus)

1) Consommation thermique due aux déperditions (chauffage)

En prenant comme base une déperdition moyenne de 240 kWh/m² correspondant malheureusement à l'habitat existant mal isolé (Voir [P 280](#)) et quitte à se redire difficile à isoler après coup on constate qu'avec une surface habitable moyenne de 22 m² par citoyen équivalente à celle du panneau voltaïque on arrive à un besoin annuel par citoyen de 5280 kWh. Soit une moyenne journalière de 15 kWh (5280/365). On sait aussi que

- la puissance utile au chauffage est proportionnelle à la différence de température ΔT entre l'intérieur et l'extérieur.
- le ΔT moyen correspondant à la région parisienne prise pour exemple pendant la période de chauffe est voisine de 10°C. (Voir les DJU [page 139](#))

Observons maintenant sur ces bases l'évolution approximative du besoin thermique par habitant au cours des saisons

Au plus froid de l'hiver

1 mois avec un ΔT de 25°C (-5°C dehors 20°C dedans) le besoin journalier de 37,5 kWh (15 × 25/10) étant assuré par le gaz assisté de la géothermie (A moins que la Seine ne gèle dans un vas tout à fait exceptionnel, auquel cas le besoin thermique est assuré uniquement par la combustion. Dans ce cas la *chaufferie hybride* assure le besoin chauffage au plus froid de l'hiver sans consommation électrique sur le réseau. Ceci afin de soulager ce dernier dans des proportions qui sont loin d'être négligeables. Voir [P 482](#)

En hiver

2 mois avec un ΔT de 20°C (0°C dehors 20°C dedans) le besoin journalier de 30 kWh (15 × 20/10) étant assuré principalement par la géothermie + la rivière avec éventuellement un petit apport gaz les flux thermiques de la combustion et du chauffage thermodynamique s'additionnant dans la chaufferie hybride. Cela étant donné le raccordement du condenseur de la PAC sur le circuit retour radiateur (Voir [P 346](#))

En mi-saison

6 mois avec un ΔT de 5°C (15°C dehors 20°C dedans) le besoin journalier de 7,5 kWh (15 × 5/10) thermique étant assuré uniquement par l'électricité sans apport gaz grâce au chauffage thermodynamique assisté par la géothermie et la rivière (voir [P 568](#))

En été

Pendant 3 mois le chauffage est à l'arrêt ainsi que les pompes géothermales (Voir P 570). Le besoin en énergie thermique se limite à la fourniture de l'eau chaude sanitaire à savoir 50 litres/jour 330×50 > 16,5 m³/an. Soit à raison de 50 kWh/m³ 50×16,5 = 825 kWh.

Avec une puissance installée du complément ENR sensiblement égale à la moitié de la puissance utile au plus froid de l'hiver la PAC permet de charger le ballon d'eau chaude en énergie pendant la nuit en moins de 3h (Voir [P 404](#)).

Pendant le jour il n'est probablement pas inenvisageable de concevoir le circuit

Compression > condensation > détente > évaporation de la pompe à chaleur de telle sorte que cette dernière assure la climatisation du logement aux heures les plus chaudes de la journée. Ceci en ajoutant une vanne 4 voies sur ce circuit comme indiqué ([P 580](#)) de telle sorte que les fonctions du condenseur et de l'évaporateur de la pompe à chaleur étant inversé on envoie du froid et non du chaud vers l'immeuble

VÉRIFICATION sur l'année

- 1 mois 30,5 jours à 37,5 kWh	1 143 kWh	combustion
- 3 mois de 30,5 jours à 30 kWh	2 745 kWh	puissance moyenne requise 0,31 kW
- 5 mois de 30,5 jours à 7,5 kWh	1 144 kWh	
Besoin total chauffage : 5 032 kWh dont 4026 thermique kWh par la PAC et 1006 kWh électrique		

2) Consommation thermique due à l'eau chaude sanitaire

Vu qu'il faut 1,16 kWh pour élever 1m³ d'eau de 1°C, il faut 2,9 kWh pour obtenir 50 litres d'eau chaude à 60°C (en partant de l'eau froide à 10°C). Pour le collectif avec la boucle d'eau chaude cela peut doubler avec les pertes en lignes. On se retrouve avec un besoin de 5,8 kWh/jour.

$5,8 \times 30,5 = 177$ kWh combustion au plus froid de l'hiver

$5,8 \times 30,5 \times 11 = 1 945$ kWh dont 1555 thermique kWh par la PAC et 389 kWh électrique

Le lecteur intéressé par le fonctionnement de la *chaufferie hybride* peut se reporter à l'annexe page 33

3) Consommation électrique de la voiture hybride.

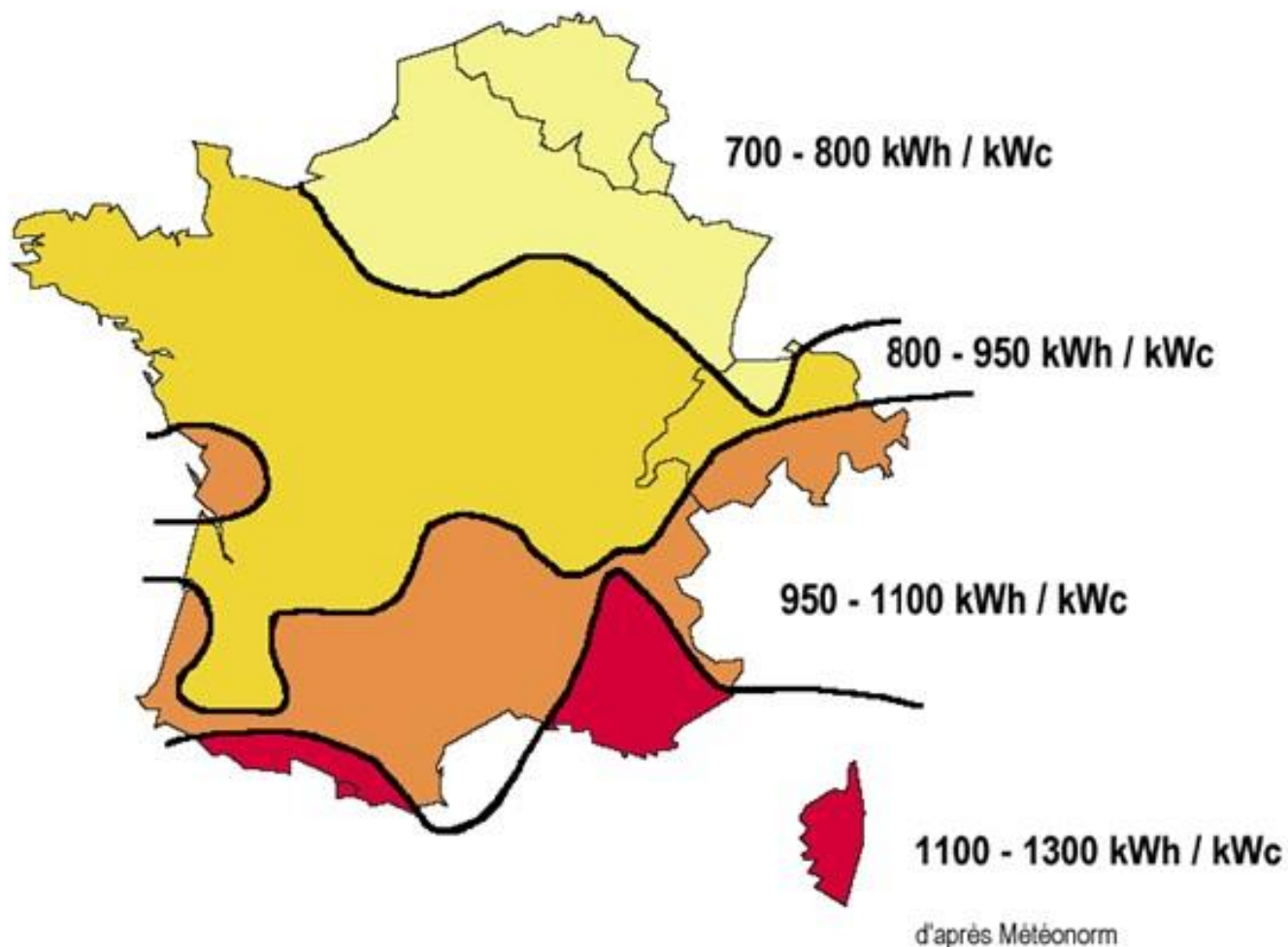
Le trajet moyen du francilien en IDF avec sa voiture individuelle est inférieur à 10 km. Si l'on prend par sécurité comme base 15 km/jour en zone habitée on arrive à une consommation journalière limitée à 2,25 kWh soit sensiblement 740 kWh annuellement hors mois d'août compte tenu de la consommation souvent retenue par les constructeurs de [voitures électriques](#) de 0,150 kWh par km parcouru (batterie de 8 kWh pour 50 km parcourus en mode électrique). On observe contrairement au chauffage de l'habitat évoqué ci-après que le besoin en énergie est sensiblement constant en hiver comme en été. Ceci avec une production solaire journalière hivernale correspondant au besoin et excédentaire en mi-saison et en été.

4) Satisfaction du besoin par la production solaire

Compte tenu de l'ensoleillement en France la production annuelle de base en électricité des panneaux solaires voltaïques est voisine de 100 kWh/m². Cela signifie que 25m² de panneaux voltaïques correctement orientés produisent annuellement à minima 2500 kWh avec une production journalière moyenne légèrement proche de 7 kWh (2500/365).

Le tableau ci-dessous résume la situation en comparant les besoins annuels (thermique et électrique) à la production en électricité des panneaux solaires

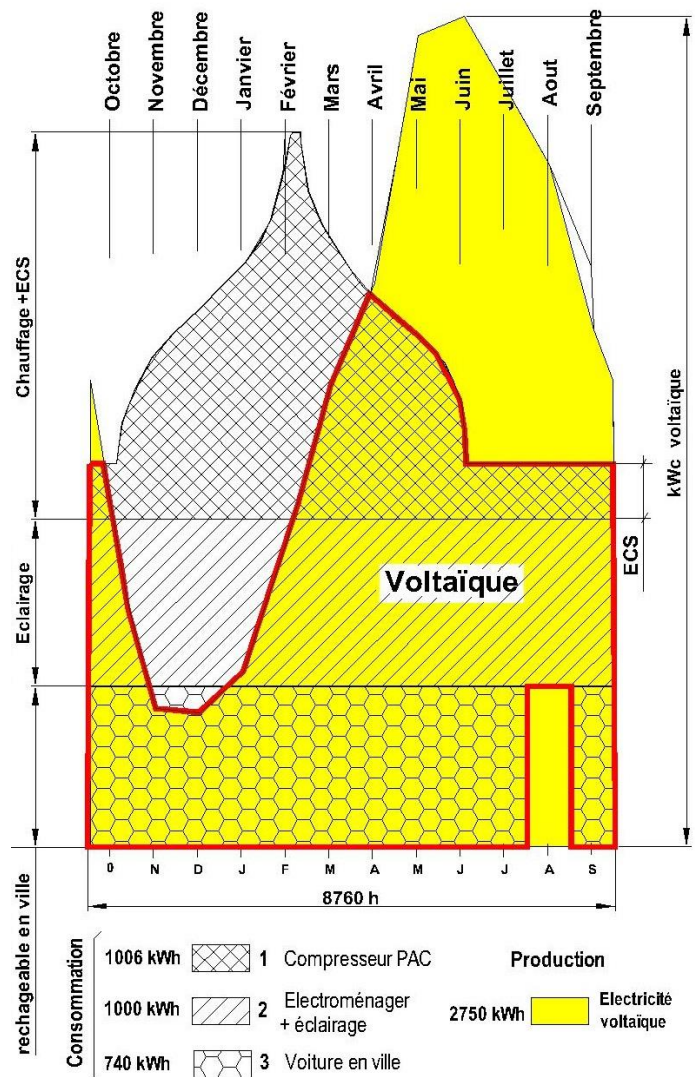
	Besoin thermique kWh/an	Besoin électrique kWh/an	<u>Apport électrique solaire</u> kWh/an
Chauffage logement	5032 dont 4026 prélevés dans l'eau	1006	Production annuelle moyenne des panneaux voltaïque en région parisienne 110 kWh/m ² 25 m ² de panneaux voltaïques délivrent 2750 kWh annuellement
Eau chaude sanitaire	1 555 prélevés dans l'eau	389	
Electroménager + éclairage	néant	1000	
Voiture hybride rechargeable	néant	740	
		Total : 3 395	



[Accès à la dernière carte SUN](#)

Ces résultats très encourageant sont illustrés par la figure ci-contre. Le bilan thermique est d'autant plus intéressante qu'il est fait sans améliorer l'isolation de l'habitat existant qui permettrait de diminuer le besoin électrique total (Voir annexe page 28). Également par le fait que le COP des réseaux de chauffage urbain performants tel que celui décrit figure 4 a un COP sensiblement supérieur au COP de 5 retenu dans ce tableaux (Voir figure 1 ci-dessus)

On constate sur cette figure qu'il est important de favoriser l'autoconsommation du contour en rouge pour réduire la quantité d'énergie devant être stockée. Le surcroît de production voltaïque en été pourrait utilement être utilisé pour fabriquer de l'hydrogène (Voir P 614) ou recharger les STEP. Il représente environ 27% du besoin total en énergie. Le stocker quelques mois permettrait de suffire au besoin chauffage des logements actuels mal isolés sans apport extérieur autre que le solaire. Voir méthode de stockage page 28 en annexe



Etude dans le cadre de l'intermittence jour-nuit

Du fait de

- la constante de temps thermique importante du système formé par l'immeuble et sa chaufferie lorsque les murs et les planchers sont en béton (Voir P 156 ainsi que les 2 pages précédentes pour compréhension)
- la capacité de l'eau d'emmagasiner pendant le jour et grâce au soleil suffisamment d'énergie pour le besoin journalier en ECS,

L'intermittence *jour nuit* de l'électricité solaire est un faux problème et ne sera pas un obstacle au développement de la *Solar Water Economy de l'enthalpie*. Ceci par le fait qu'elle autorise grâce à la chaufferie hybride un mode de fonctionnement dans lequel la plus grande partie de l'énergie thermique utile provient de l'eau. Et ceci que la chaufferie hybride soit en mode combustion ou en mode ENR.

Capacité du réseau CPCUG à fournir le besoin en mi-saison

Compte tenu de sa surface (2 km²) et de la densité urbaine de Paris et de sa proche périphérie, un doublet géothermique associé à un réseau de chauffage urbain généralisé (G) tel qu'il est décrit à la [page 552](#) du livre "*la Solar water Economy avec la rivière*" peut délivrer environ 14 000 kW en mi-saison lorsque la Seine est à 10°C. Compte tenu de la surface disponible au sol de 50 m² par citadin, chacun des 40 000 citadins (2 000 000/50) alimentés par ce réseau CPCUG peut recevoir une puissance thermique de 14 000/40 000= 0,35 kW correspondant à une énergie thermique journalière de 8,4 kWh légèrement supérieure au besoin de 8 kWh. Il est vrai toutefois qu'avec un COP de 6 le besoin thermique de 8 kWh est satisfait en prélevant dans l'environnement 6, 67 kWh vu que les 1,33 kWh utiles au

fonctionnement de la pompe à chaleur à compresseur viennent majorer la puissance délivrée par cette dernière. On observe toutefois à ce sujet que les capacités de la nature à satisfaire nos besoins sont là mais le surplus n'est pas très important. Si d'aventure la surélévation des bâtiments existants devaient prendre de l'ampleur en ville diminuant encore la surface disponible au sol pour chacun d'entre nous, le chauffage thermodynamique avec échange sur l'air pourrait venir à notre secours malgré ses inconvénients. Voir [P 87](#) . On ne pourrait pas toutefois le généraliser vu qu'en été et en mode climatisation cette chaîne énergétique augmente encore la température déjà bien élevée dans nos cités.

5) Dimensionnement des centrales voltaïques

On observe au travers des estimations ci-dessus que pour satisfaire son besoin en énergie sans faire appel au nucléaire chaque citoyen doit disposer d'une surface de panneaux solaire proche de 25 m². Soit une surface correspondant à la surface habitable moyenne dont il dispose. On pourra peut-être équiper quelques toitures terrasses mais il faut se rendre à l'évidence que cela ne suffira pas et qu'il faudra à minima dans l'état actuel de la technique construire des centrales voltaïques permettant à chaque citoyen de disposer de 20 m² de panneaux. Si l'on considère la figure ci-contre et les quelques 8 millions de parisiens vivants dans Paris intra-muros et sa proche périphérie c'est quelque 160 km² (16 000 ha) de terrain qu'il faudra mettre à disposition pour satisfaire le besoin de chaque parisien. La ville de Bordeaux avec sa centrale voltaïque de 26 ha et ses 250 000 habitants n'a parcouru qu'une petite partie du chemin qui la sépare de l'autonomie énergétique.

6) Respect des écosystèmes

Le lecteur intéressé par ces notions peut se reporter au [fichier suivant](#) . En le lisant chacun d'entre nous devrait comprendre que la dépendance actuelle de la rivière à l'énergie n'est pas la bonne. Particulièrement si l'énergie électrique produite par les barrages qui affecte l'écosystème rivière est utilisé comme complément chauffage dans l'habitat de celui qui a froid.

Avec la *"Solar Water Economy de l'enthalpie"* échangeant sur l'eau, les rivières vont reprendre vie. Ceci compte tenu du fait que les deux écosystèmes utilisés conjointement pour alimenter en eau non potable les immeubles dans le cadre de la SWE, à savoir celui formé par la nappe captive profonde contenant l'eau chaude géothermale et celui formé par l'eau froide superficielle de la rivière ne sont que très légèrement modifiés par rapport à la catastrophe écologique et humaine que constituent le plus souvent les barrages électrohydrauliques. Ceci par le fait qu'il n'y a aucun échange physique avec mélange comme cela se produit avec l'eau chaude sanitaire mais seulement un échange thermique. Cet échange thermique est obtenu dans un échangeur à plaques à contre-courant dans des circuits basse pression ne présentant aucun risque. La finalité de ce circuit est :

- d'augmenter la température à la source froide du chauffage thermodynamique de 5°C pour améliorer ses performances
- d'augmenter la chute de température dans l'évaporateur de la pompe à chaleur afin de diminuer le débit dans le réseau d'eau non potable (ENP) et de réduire son coût.
- de doubler la puissance pouvant être prélevée dans l'environnement en mi-saison lorsque le fleuve est à 10°C. Ceci par le fait que la puissance prélevée dans l'eau géothermale s'additionne avec celle prélevée dans la rivière.

7) Economie

La part relative qui va être prise par chacune des deux principales filières de production de l'électricité que constituent le nucléaire et le voltaïque devrait résulter principalement de deux facteurs.

- d'une part leur empreinte sur l'environnement
- d'autre part la vérité des coûts de l'énergie électrique rendu à l'utilisateur

La vérité des coûts pour le nucléaire est d'inclure dans le prix de vente de l'électricité les coûts suivants :

- 1) celui du stockage des déchets radioactifs,

- 2) le démantèlement des centrales* en fin de vie afin de remettre la nature à l'identique en évitant la France poubelle
- 3) celui relatif à la construction des nouveaux réacteurs en examinant le rapport énergie produite/énergie grise**
- 4) les frais à engager pour assurer leur entretien***.

La vérité des coûts pour le voltaïque sera d'inclure

- les postes 2) 3) et 4) ci-dessus
- d'ajouter au prix de vente de l'électricité résultant de 2) 3) et 4) le coût du stockage et du déstockage permettant de solutionner l'intermittence hiver-été de l'électricité voltaïque.

Un tableau tentant d'établir ce comparatif est en préparation

Concernant le nucléaire :

* Le coût du démantèlement d'un réacteur serait selon EDF inférieur à ½ milliard d'€). Le recyclage de *bure* est impossible

** Le rapport [énergie grise](#) / énergie produite est très certainement mauvais

*** Ils sont élevés en raison de la sécurité ce qui explique le prix de vente du kWh électrique d'origine nucléaire.

Concernant le voltaïque :

Le recyclage des panneaux voltaïque est envisageable ce qui n'est pas le cas des centrales nucléaires

Le coût du stockage/déstockage de l'énergie électrique (4 à 20 cts d'€ le kWh selon Mr Percebois) selon qu'il s'agit du cout des [STEP](#) ou celui de l'hydrogène avec [l'hydrolyse de l'eau](#) et [la pile à combustible](#) le stockage de l'électricité avec les batteries étant pour l'instant plus coûteux 0,30€/ kWh

La part énergie grise / énergie produite

Le prix de revient du kWh électrique d'origine voltaïque

La recherche de la vérité est complexe mais c'est seulement après avoir effectué à l'abri des lobbies ce comparatif établissant ces coûts respectifs que l'on y verra plus clair sur la part relative qui va être prise par chacun de ces deux systèmes de production.

8) Le passage à l'action ?

Sous l'impulsion de l'ONU, de l'OCDE, et de ses habitants, Paris qui se veut le leader de la transition énergétique pour donner suite à la conférence de Paris sur le climat de fin 2015 à mis en forme la Loi sur la Transition Énergétique et la Croissance Verte ([LTECV](#)). Notre métropole est sur le point d'établir un nouveau texte dans le cadre de la programmation pluriannuelle de l'énergie

En complément de ces travaux, des directives européennes qui concernent l'efficacité énergétique ont pris place. Le texte de ces directives 2018/844/EU est accessible au journal officiel du 9 juillet 2018 (Faire lien). Il prouve pour l'essentiel que l'Europe prends conscience qu'il va falloir agir et rénover le parc immobilier européen mais malheureusement sans préciser qu'elles seront les grandes lignes de cette action. Il précise seulement que l'objectif va être d'accélérer le taux de rénovation des bâtiments grâce à l'introduction de systèmes plus performants et la mise en place de bâtiments plus "intelligents". Ceci sans préciser comment. Il laisse dans la pratique le Maître d'ouvrage qui va se trouver par la force des chose à l'origine de l'investissement imaginer et proposer les orientations qui vont permettre de satisfaire nos besoins en énergie en utilisant des chaînes énergétique plus performantes que celles utilisées actuellement. Il est aussi évoqué dans cette directive "l'obligation" pour les états membres d'établir des stratégies à long terme de rénovation énergétique des bâtiments à usage résidentiel ou non. Ceci avec l'objectif ambitieux de réduire à l'horizon 2050 les émissions des bâtiments de 80 à 95% par rapport à ce qu'elles étaient en 1990 mais sans préciser la nature de la stratégie qu'il convient

d'utiliser pour y parvenir. Ceci en se proposant de faire un contrôle de la feuille de route en 2030 et 2040. L'exécutif organisme de contrôle des travaux finis en quelque sorte.

Le texte qui évoque une rénovation RENTABLE des bâtiments fait malgré tout un bon en avant sur le papier bien que cet aspect des choses ait déjà été évoqué lors du grenelle de l'environnement. Voir [P 548](#). Quoiqu'il en soit à ce sujet il est clair que rien ne se fera sans un climat de confiance permettant de comprendre que cette rentabilité ainsi que les investissements de départ se doivent d'être répartie équitablement entre les 2 parties concernées avec prise en charge financière :

- **1** Du [système de la chaufferie hybride associé à la source chaude](#) par le syndicat des copropriétaires avec gestion des comptes par le syndic. Ceci en incitant le Maître d'ouvrage à l'investissement avec une politique fiscale orientée vers le social. (Voir [P597-598](#) pour comprendre selon que l'état antérieur ace est le gaz ou l'effet joule).

La notion relative au [respect d'un contrat de performance](#) commence à se mettre en place afin d'aider le Maître d'ouvrage à se faire une idée du montage financier de l'opération.

- **2** Du [réseau d'alimentation en eau non potable des immeubles](#) par l'état en collaboration avec les communes. Pour des raisons d'équité et afin de simplifier l'aspect comptable, le réseau // tel qu'il est défini à la **figure 3** ci-dessus serait retenu préférentiellement au réseau en série tel qu'il représenté à la [P 558](#). Donnant raison à Madame Mitterrand, la distribution d'eau non potable serait considérée comme étant gratuite et objet d'une mission de service public (Voir la prospective sur la 4^{ème} Révolution Industrielle [P 306](#)). Les frais d'entretien de ce réseau serait au départ à la charge de l'état et facturés aux copropriétés au prorata du nombre de lots. La qualité et la nature des matériaux utilisées pour ces tuyauteries seraient laissées à l'appréciation d'un organisme indépendant type ASN. Voir l'aide au dimensionnement en annexe*

Loi de Transition énergétique : L'Etat paie le chauffage des Français !

#1 des Tendances

Publié le , il y a 30 minutes



Le gouvernement finance votre pompe à chaleur

C'est une annonce choc que vient de faire le Ministère de l'Écologie : l'Etat va financer l'installation de pompes à chaleur dans les maisons des Français !

C'était un projet fort de Nicolas Hulot avant sa démission : "On a fait des choix stratégiques sur [la transition énergétique](#) et ils doivent être appliqués. C'est un bouleversement complet de notre modèle". François de Rugy, nouveau Ministre de la Transition Énergétique, veut aller encore plus loin.



Réduisez vos factures d'électricité et de chauffage de 70%

Les pompes à chaleur répondent au double objectif de chauffer un logement en hiver quand il fait froid, et d'obtenir une agréable fraîcheur (à la manière d'un climatiseur) en été, durant les périodes de fortes chaleurs.



L'ETAT FINANCE VOTRE POMPE À CHALEUR !



OBTENEZ VOTRE POMPE À CHALEUR



Après une longue torpeur que l'on pourrait assimiler à celle de la grenouille d'Al Gore, Nicolas Hulot du temps de son mandat et plus récemment notre nouveau ministre de l'écologie avec [la pompe à chaleur à 1€](#) viennent de réaliser tous les avantages du chauffage thermodynamique. Voir aussi l'image ci-contre. On verra la suite qui va être donnée à ces annonces. Ceci vu que la raison profonde de la démission de Nicolas Hulot est l'analyse faite par l'exécutif semble bien être l'analyse financière de l'exécutif qui a accordé dans un premier temps une aide aux ENR limitée à 10 milliards d'€. Une somme très probablement insuffisante pour payer les infrastructures. Ceci alors que les économies sur les achats en énergie primaire sont environ 5 fois plus élevées avec la chaufferie hybride. (Voir pour s'en convaincre les P [550](#) et [608](#))

Nota important

Une pompe à chaleur ayant modeste COP de 3 c'est une note de chauffage réduite de 70%.*

*Ceci alors qu'avec le réseau CPCUG à 15°C du type // de la **figure 3** ci-dessus c'est un COP de 6 assuré comme le prouve la **figure 1** et une note de chauffage encore deux fois plus faible.*

*On sait que le poste chauffage est le plus lourd dans les copropriétés (**P 358**). Homo sapiens ne demande pas à l'état de payer le chauffage des français ! mais de réfléchir aux infrastructures qu'il va bien falloir un jour mettre en place pour assurer l'alimentation en eau non potable des immeubles. Ceci afin permette la mise en œuvre de contrats de performances liées à la **houille jaune de la rivière** conjuguée avec celle de l'eau géothermale. Le syndicat des copropriétaires pourrait lorsque le sous-sol des immeubles se prête à la chaufferie hybride financer un complément ENR particulièrement compact implanté près des chaudières. Voir rectangle jaune **P346**. Ceci avec un complément de régulation assurant le fonctionnement de la PAC en relève de chaudière. Cette orientation en améliorant le pouvoir d'achat au mieux de notre environnement pourrait être une solution permettant d'apaiser les « gilets jaunes » et les conflits sociaux actuels.*

** en fait $100/30 = 3,33$ Pour comprendre cela voir **P73** .*

*Nos gouvernants commencent enfin à percevoir qu'il est possible avec le chauffage thermodynamique de réduire la consommation en énergie finale sans nuire à l'économie du pays. Cela ayant l'avantage en baissant les charges chauffage d'améliorer le pouvoir d'achat ainsi que le climat social Ceci au travers de **l'isolation et le chauffage à 1€**. Pour aller au terme de ces évolutions on ne pourra faire autrement que de tenir compte de l'amélioration des performances induite par les réseaux CPCUG à 15°C du type // . Ceci d'autant qu'en raison de cette urbanisation galopante la grande majorité de nos concitoyens vivra en ville à brève échéance.*

On peut penser que chaque partie peut y trouver son compte mais les textes ne donnent aucune idée de la méthode à utiliser pour obtenir ce résultat. Voir à ce sujet la **proposition d'incitation aux ENR** en forme de synthèse qui est faite dans le livre "La Solar Water Economy avec la rivière. En tout cas le fait qu'il soit demandé dans cette directive de prendre en compte l'usage des véhicules électriques est en soit une prise de conscience salubre pour l'air de nos cités. Certains diront que la France à la pointe avec le rafale, le TGV, les navettes spatiales, l'airbus et les **éoliennes surpuissantes** ne peut pas être meilleure partout. Dommage toutefois pour nos poumons et nos fins de mois qu'une impulsion forte de l'exécutif n'incite toujours pas les constructeurs français à mettre au point des systèmes hybrides. Ceci qu'il s'agisse de la chaufferie ou de la voiture individuelle de Mr tout le monde. Quant au fait que ces directives recommandent de tenir compte des moments clé de la vie du bâtiment on observe que l'immeuble évoqué dans le livre sur la "Solar Water Economy" et objet du "cas pratique" a 50 ans vu qu'il a été construit en 1968. Ce qui est la force de l'âge en quelque sorte pour homo sapiens pourrait être considéré comme la toute première jeunesse pour ce bâtiment en béton ayant une espérance de vie couvrant plusieurs générations. En y regardant de plus près force est de constater qu'il n'en est rien et que ses km de tuyauteries en acier ont plutôt l'âge avancé de votre serviteur.

Quoiqu'il en soit, il ne faudrait pas que cet état de fait soit un frein reculant encore la transition énergétique. Vu l'urgence qu'il y a à agir et à passer aux choses concrètes il serait temps de considérer que la réflexion est en passe d'être dernière nous. Pour diminuer la consommation des produits fossiles, la tendance actuelle consistant à augmenter leur prix devrait être la bonne. Ceci à condition que l'augmentation soit progressive et plus lente qu'elle ne l'est actuellement et qu'elle soit compensée pour des raisons sociales par une baisse du prix de vente de l'électricité au consommateur. Cette diminution du prix de l'électricité devrait en toute logique être rendue possible par l'abandon du nucléaire et l'arrivée du solaire beaucoup plus simple en ce qui concerne la mise en œuvre et le recyclage éventuel des panneaux en fin de vie. Important aussi est de constater qu'en équilibrant les prix des kWh électrique et combustion **on incite financièrement le Maître d'ouvrage** à franchir le pas le conduisant vers les ENR.

Quant au financement des infrastructures nécessaires à la mise en place du réseau de la "Solar water Economy avec la rivière" composées principalement de travaux géothermiques, de centrales de pompage composés d'ensemble motopompes à débit variable et d'échanges à plaques ainsi que de réseaux de tuyauteries, il serait temps de réaliser que par soucis d'équité le moteur à combustion interne et le bâtiment ne peuvent pas être les seules vaches à lait de la transition énergétique. L'avion,

par le jeu d'une [taxe sur le kérosène](#) actuellement inexistante se doit de participer également à cette transition en ce qui concerne le financement de ces infrastructures. Il faut aussi réaliser que cette transition qui va combiner la mise en place de centrales solaires et celle de réseaux de tuyauteries ne pourra se faire que lentement. Ceci non pas en raison du temps de mise en place des centrales solaires faible comparativement aux centrales nucléaires, mais en raison des décisions qu'il va falloir prendre pour l'emplacement des centrales de pompage, ainsi que pour la conception // ou série ainsi que le parcours du réseau de tuyauteries d'eau non potable (passage des collecteurs dans les égouts existants ou percement de liaisons plus profondes). Ces choix devront aussi inclure le calcul du diamètre des tuyauteries constituant le réseau, la nature des matériaux utilisés excluant l'acier (paramètre essentiel pour la durabilité). Tout cela va prendre aussi le temps qui va être nécessaire pour que les régions et les communes fassent leur plan de financement et prennent conscience que leur intérêt est d'agir dans ce sens. A l'occasion de la construction des bureaux et des logements qui vont enfin se mettre en place à l'île Seguin, [la commune de Boulogne Billancourt](#) pourrait avec un premier doublet SP1 montrer l'exemple de ce que pourrait être une généralisation du chauffage urbain en ville.

Notas

Les calculs ci-dessus de **1) à 5)** sont effectués avec des valeurs moyennes situées à mi-distance entre le pauvre qui ne possède qu'un vélo conventionnel pour ses déplacements et vit dans un petit studio de 12 m², et le riche qui possède une voiture tout électrique Tesla de 250 CV voire deux et qui vit dans une suite de 400 m². Ce qu'il est important de constater c'est que riche ou pauvre, nous sommes sur le même navire. [Un navire à la dérive](#) par le fait que chaque citoyen vivant en région parisienne ne dispose en dehors de sa surface habitable que de 50 m² au sol pour se déplacer en ville. Ceci compte tenu de la densité urbaine de 20 000 habitants par km².

Selon Engie et en 2008, 1 kWc de panneaux solaire délivrant annuellement environ 900 kWh dans de bonnes conditions coûtait 4 000€ soit sensiblement 444 €/m². Aujourd'hui, CAD 10 ans plus tard les prix seraient divisés par 3 s'établissant à environ 150 €/m².

Un prix 50% supérieur à celui de Cestas établi ci-dessous :

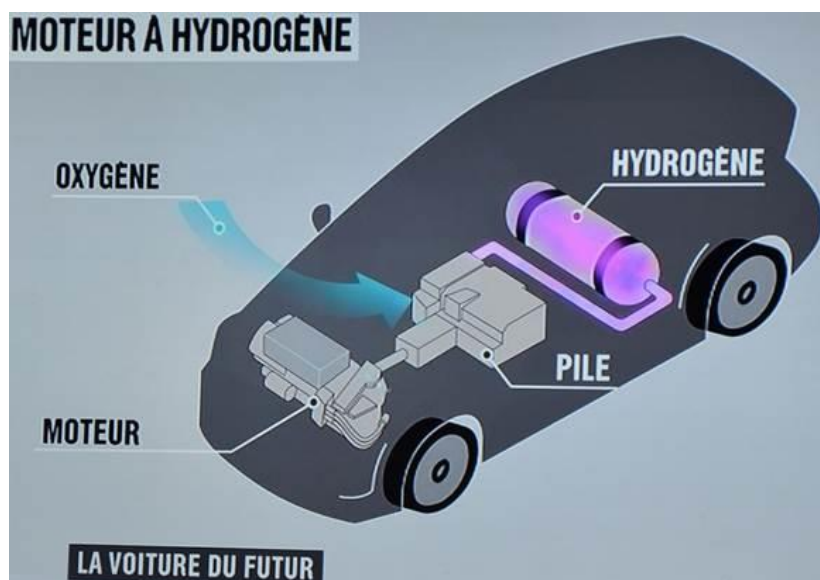
La centrale voltaïque de Cestas de Bordeaux qui produit annuellement 300 GWh a coûté 300 millions d'euros. Vu que 300 GWh c'est 300 000 000 kWh, elle produit donc chaque année 1 kWh pour 1 € investis au départ. Avec un prix de vente à l'utilisateur de 0,1 € le kWh elle est donc amortie en 10 ans. Ceci avec une durée de vie qui peut être estimée à 20 ans. Une production de 300 000 000 kWh à raison de 100 kWh/m² c'est une surface de panneaux solaire égale à 3 000 000 m² (300 ha) soit 100 €/m². L'investissement pour un parisien souhaitant avoir son autonomie énergétique grâce au soleil avec 22 m² de panneaux voltaïques est donc de 2200 €. Sensiblement ce qu'il dépense annuellement en essence en parcourant 20 000 km par an.

Mais si la France métropolitaine a tendance comme tous les pays du monde à s'agglutiner dans les villes (voir [P 64](#)), c'est aussi un des pays les moins peuplés d'Europe. Avec sa surface de 550 000 km² pour 66 millions de français c'est 8300 m² au sol de disponible pour chacun d'entre nous. Ceci avec une emprise au sol des panneaux solaires situés dans la périphérie des grandes métropoles qui ne représente que 0,3% en laissant à la nature la possibilité de s'exprimer librement sur les 99,7% restant. Et ceci voire même en profitant du fait que le soleil et l'eau peuvent faire bon ménage pour aider le monde agricole à se protéger des intempéries en cas de culture délicate. Par exemple en récupérant l'eau de pluie pour arrosage automatique et culture sous les panneaux solaires.

B) La « Solar Water Economy » et le moteur à hydrogène

La "Solar Water Economy" c'est aussi la **pile à combustible** qui peut produire à la fois de l'électricité et de l'énergie thermique. Une application française de cette deuxième chaîne énergétique SWE totalement différente du chauffage thermodynamique basé sur l'enthalpie qui vient d'être évoqué est le gigantesque catamaran **Energy observer** qui va partir pour 6 ans faire son tour du monde courant 2017 en assurant les besoins énergétiques de l'équipage sans apport de combustibles fossiles. Ceci à partir d'une chaîne énergétique utilisant principalement l'électricité produite par ses 130 m² de panneaux solaires pour produire de l'hydrogène par catalyse de l'eau de mer par hydrolyse après l'avoir désalinisé. Le but de cette séparation hydrogène-oxygène de l'eau (H₂O) étant d'utiliser l'hydrogène comme combustible pour la motorisation du catamaran lorsque le vent fait défaut. La pile à combustible assurant d'autre part la production d'eau chaude sanitaire pour les besoins de l'équipage.

La première flotte de taxis hydrogène au monde nommé Hype a été lancée pendant la signature des accords de Paris sur le climat par la Société du Taxi Electrique Parisien (STEP) une abréviation qui n'a rien à voir avec le stockage de l'énergie électrique style Grandmaison. Deux ans plus tard, la flotte compte 75 véhicules. Ces voitures-taxi à hydrogène construites par **Toyota** et par le constructeur coréen Hyundai se rechargent en 3 à 5 minutes et disposent d'une autonomie de plus de 500 km.



Ceci en n'émettant ni polluants locaux (NO_x, ..), ni CO₂, ni bruit, seulement ... de l'eau !. Cette société vise 200 véhicules fin 2018 et 600 avant fin 2020. Bouffée d'oxygène pour Hype: deux stations de distribution d'hydrogène vont être construites ces prochains mois aux aéroports de Roissy et d'Orly par air liquide. Dans un premier temps, il est probable toutefois que deux technologies vont se développer en parallèle pour **les voitures électriques** : celle de la voiture hybride rechargeable et celle de la voiture à hydrogène. La disponibilité de composant rare comme le lithium nécessaire à la fabrication des batteries utiles à la voiture hybride rechargeable ne devrait pas être un frein et devrait faire la fortune de pays comme **la Bolivie**. On devine toutefois celle qui pourrait bien l'emporter sur le long terme. Quoiqu'il advienne il va falloir faire abstraction de la nostalgie qui pourrait nous envahir en regardant le passé et les prestigieuses réalisations avec moteurs à explosion telles que celle de **Bugatti en Alsace**.

L'Ademe et GRDF s'associent pour lancer un programme de démonstration de 50 piles à combustible au gaz naturel. Sur une durée de trois ans, cette opération permettra de confirmer les performances environnementales, de mesurer l'intérêt, la perception et l'appropriation des professionnels et des particuliers pour cette technologie, de communiquer sur ses atouts auprès du grand public, d'accompagner son intégration sur le marché français et d'ouvrir la voie aux technologies fonctionnant à l'hydrogène.

L'orientation vers l'hydrogène et la pile à combustible semble être une orientation valable pour le stationnaire et le chauffage de l'habitat. Ceci pour pallier l'intermittence hiver-été du solaire et le caractère aléatoire de l'électricité délivrée par les éoliennes. Dans la mesure où elle génère à la fois électricité et chaleur la pile à combustible pourrait aider à assurer le besoin en énergie de nos cités en hiver. Les performances du moteur à hydrogène serait ainsi améliorée par le fait que 40% de l'énergie contenue dans l'hydrogène dissipée semble-t-il en chaleur ne serait pas perdue comme cela est le cas lorsque le moteur à hydrogène est utilisé pour le transport. La pile à combustible lorsqu'elle est utilisée en stationnaire pour le chauffage de l'habitat permettrait d'améliorer encore un peu plus les performances déjà excellentes de la « *Solar Water Economy de l'enthalpie* ». En ce qui concerne le chauffage de l'habitat l'Ademe ne devrait peut-être pas valider la combustion en veillant à ne pas trop se lier avec un fournisseur de gaz particulier. Ceci particulièrement si l'orientation consiste à mélanger l'hydrogène au gaz naturel.

C) La complémentarité de l'hydrogène et de l'enthalpie

La *"Solar WATER Economy de l'enthalpie"* est une chaîne énergétique moderne et performante qui devrait permettre de généraliser le chauffage urbain en ville [sans faire appel au nucléaire](#) et en minimisant dans un premier temps la combustion. Ceci en prenant en charge le problème posé par l'intermittence été-hiver du voltaïque. Elle ne pourra pas le faire toute seule mais cela paraît envisageable si elle est assistée par la *"Solar WATER Economy de l'hydrogène"*. La raison de ce succès sera principalement on vient de le voir les performances améliorées de la thermodynamique lorsque les échanges se font sur l'eau plutôt que sur l'air comme l'indique la **figure 1** ci-dessus. La raison de s'orienter dans ce sens est motivée par le fait qu'en raison des températures à la source eau froide plus élevées cette chaîne est sensiblement deux fois plus performante que la *"Solar Air Economy de l'enthalpie"*. On observe en effet sur cette figure que les performances de la *"Solar Water Economy de l'enthalpie"* s'améliorent notablement lorsque la température de l'eau à l'entrée de l'évaporateur augmente. Cette augmentation de la température à la source froide étant assurée par la géothermie profonde des nappes captives et des échangeurs de température à plaques. Cela dit, compte tenu des capacités très importantes d'échange thermique de ce type d'échangeurs (voir la page 100 du [fichier suivant](#)) elle pourrait aussi être assurée en utilisant la chaleur générée par la pile à combustible stationnaire associée à la *"Solar WATER Economy de l'hydrogène"*.

Comme on le voit l'eau occupe une position centrale et pourrait bien jouer un rôle essentiel pour assurer la satisfaction du poste le plus lourd, celui du chauffage de l'habitat. Ceci du fait de l'amélioration des performances de la thermodynamique qui résulte d'une augmentation de la température à la source froide. Cela est la principale raison pour laquelle ce fluide, qu'il soit salé ou non, devrait être en passe de remporter une [victoire devant l'air](#) pour assurer le besoin associé à la fourniture de chaleur. D'autres raisons complémentaires sont également importantes pour expliquer cette victoire à venir de l'eau par rapport à l'air. Ceci notamment si l'on observe que la fourniture de l'air conditionné délivré par la PAC thermodynamique *air air* que ce soit en été ou en hiver peut avoir de lourdes conséquences sur notre devenir thermique si elle devait se généraliser. Beaucoup d'organismes condamnent en effet à juste titre le fait qu'en été, le dispositif thermodynamique *air air* qui pulse de l'air frais dans les logements reçoit principalement son énergie thermique en réchauffant encore un peu plus l'air ambiant extérieur aux immeubles déjà bien chaud, aggravant dans la pratique le réchauffement climatique en ville. Il faut aussi constater qu'en complément des reproches dont elle fait l'objet en été, son comportement en hiver n'est également pas à l'abri de tout reproche. Ceci par le fait que si l'air ambiant est à -5°C cela peut être de l'air à -15°C qui sort de l'évaporateur avec deux effets défavorables : d'une part l'effet de refroidir l'air ambiant autour des bâtiments et d'augmenter ses déperditions thermiques et d'autre part l'effet de limiter le coefficient de performance (**COP**) comme cela a été évoqué à la figure 1. Dans la *"Solar WATER Economy"* l'eau et ses composants occupent une position centrale. Ceci en limitant considérablement la pollution de l'air dans les villes et en évitant la surchauffe provoquée par la *"Solar AIR Economy de l'enthalpie"* en été. Toutes ces considérations font que l'homme a tout intérêt à se pencher sérieusement sur ces sujets qui sont d'une extrême importance pour son devenir énergétique.

Concernant l'intermittence des énergies renouvelables, il faut se rendre à l'évidence : bien que l'on puisse compter sur l'éolien vu que le vent souffle tout de même un peu la nuit et aussi compter sur les STEP hydrauliques comme celle de Grandmaison pour compenser l'intermittence jour-nuit du voltaïque, nous aurons besoin de dispositifs de stockage plus importants pour solutionner le problème du stockage de l'énergie électrique à l'échelle de l'intermittence été-hiver du solaire voltaïque. Il ressort de cela que les deux chaînes énergétiques qui peuvent venir au secours de l'éolien, des STEP et du solaire voltaïque vu leur caractère aléatoire sont :

1 La chaîne directe "*Voltaïque > pile > moteur électrique*" pour le transport

2 La "*Solar WATER Economy de l'hydrogène*" pour le stationnaire et le chauffage de l'habitat.

Une chaîne énergétique qui pourrait aussi s'écrire "*Voltaïque > électrolyse de l'eau > compression > stockage hydrogène > pile à combustible > moteur électrique + chaleur*"

Les raisons qui pourraient favoriser l'hydrogène et l'électrolyse de l'eau sont :

- Pour la chaîne directe 1 le fait que le potentiel de stockage de l'énergie électrique par unité de masse de l'hydrogène (33 kWh/kg) est presque 3 fois plus important que celui de l'essence (12 kWh/kg). Cet aspect des choses est en effet surtout intéressant pour la mobilité sans être déterminant pour le stationnaire.
- Le Pouvoir Calorifique Inférieur de l'hydrogène proche de 120 000 kilojoule/kg (3600 kilojoules dans un kWh) qui devrait rendre le stockage de l'énergie en grosse quantité acceptable. Ceci pouvant aider au stockage de l'énergie électrique utile dans le cadre de la "*Solar Water Economy de l'enthalpie*" en raison du potentiel de stockage de l'énergie électrique par unité de masse important de l'hydrogène. La pile à combustible générant à la fois courant électrique et chaleur, il faudra aussi lors de la comparaison entre ces deux chaînes énergétiques 1 et 2) prendre en compte que cette dernière peut être utilisée pour élever la température à la source froide de la "*Solar Water Economy de l'enthalpie*" afin d'améliorer ses performances. On pourrait ainsi assister la géothermie profonde des nappes captives qui, on le sait maintenant et malgré le silence du BRGM, est limitée en puissance et ne permet pas sur le plan quantitatif de généraliser le chauffage urbain dans nos métropoles malgré la potentialité thermique de la rivière et de sa nappe libre.

Il faudra toutefois prendre en compte les [caractéristiques de ce fluide](#) qu'il soit à l'état gazeux ou liquide qui est, il faut le reconnaître plus difficile à stoker que le pétrole.

Vu les graves conséquences du réchauffement climatique et la [pollution de l'air dans les villes](#) nous aurions déjà dû, vu l'urgence qu'il y a à agir, [développer plus d'applications](#) en rapport avec la "*Solar Water Economy de l'enthalpie*". Ceci vu qu'elle diminue le rejet de gaz brûlés dans l'atmosphère et permet de limiter notablement la quantité de produits fossile importés sur l'Europe. Il va devenir urgent de lancer les investissements finançant les infrastructures associées à cette chaîne énergétique (principalement de tuyauteries) ainsi que la recherche. Une recherche qui devrait probablement se concentrer sur l'amélioration des performances de la chaîne 2 associée à l'électrolyse de l'eau. Ceci surtout en amont de cette chaîne vu que c'est seulement environ 20% de l'énergie solaire qui parvient sur terre qui est convertie actuellement en énergie électrique avec le voltaïque

Applications

1 Dans le cadre de la chaîne directe "*Voltaïque > pile > moteur électrique*" une batterie géante composée de 80 modules de 3,6 tonnes chacun construite par la firme japonaise NGK-Locke a été implantée au Texas dans la petite ville de Presidio. Cette pile au sodium de 4 MW est capable de fonctionner pendant 8h (32 000 kWh 288 000 kg 9kg par kWh)

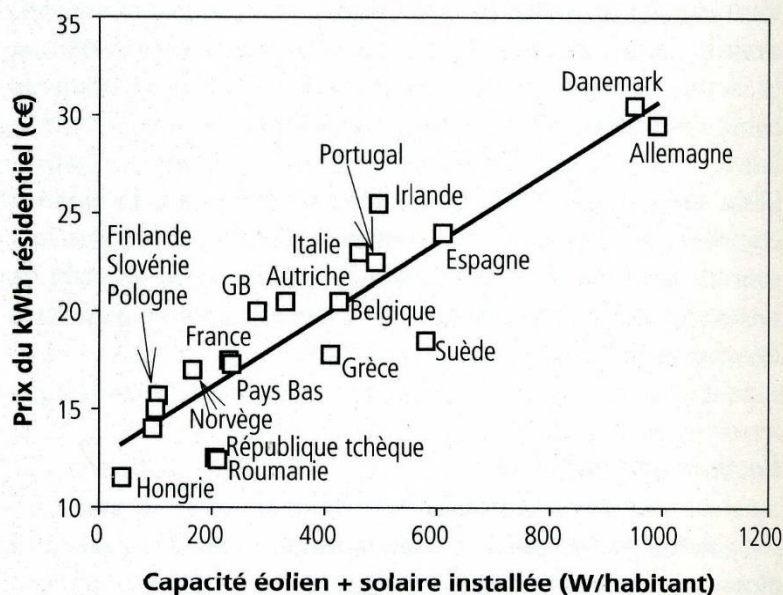
1+2 Dans le cadre d'une réalisation mixte associant la chaîne directe "*Voltaïque > pile > moteur électrique*" et la "*Solar WATER Economy de l'hydrogène*", la société Hydrogène de France (HDF Energy) a annoncé une innovation majeure. A savoir le lancement d'un stockage d'énergie électrique nommé CEOG qui pourrait révolutionner le secteur de l'énergie et ouvrir une nouvelle ère énergétique. Ceci dans la mesure où ce CEOG comprend un parc photovoltaïque de 55 MW et dispose du plus gros dispositif de stockage mixte d'énergie renouvelable électrique au monde. Mixte par le fait que le dispositif capable de stocker 140 MWh conjugue l'hydrogène et un stockage d'appoint par batteries. L'investissement CEOG de 90 millions d'euros, porté par HDF et les banques répond à un besoin essentiel de production et de stockage d'énergie qui génèrera pendant 20 ans une énergie fiable à un

coût inférieur à l'actuel et ce, sans subvention. L'énergie voltaïque électrique de 140 MWh produite annuellement en amont de ce CEOG par ce terrain guyanais correspond à une amélioration de quelque 40% par rapport à la performance moyenne sur l'hexagone. Cela étant donné les 140 kWh délivrés annuellement par m² par ce terrain de 100 ha (correspondant à un million de m²) alors qu'elle n'est en moyenne que de 100 sur l'hexagone. Les capacités de stockage de ces 2 chaines 1) et 2) conjuguées seraient excellentes et capables de prendre en compte les 140 000 kWh générés par le voltaïque pour un montant global de 90 millions d'€. Reste à savoir quelle est la quantité d'électricité et de chaleur que peut restituer ce système à partir de l'hydrogène fabriquée par électrolyse. A défaut de répondre à cette question la figure de la page [612](#) "met en évidence que sensiblement 70 % du besoin hors industrie et agriculture peut être satisfait par l'autoconsommation. Il est en conséquence nécessaire que le dispositif de stockage puisse satisfaire les 30 % restant proche d'un besoin individuel en électricité de 1300 kWh. Sur cette base c'est une dépense individuelle considérable et voisine de 800 000 € par individu ((90 000 000/140 000) x 1300) qui est nécessaire. Une dépense qui se verrait majorée du montant des infrastructures de la "*Solar WATER Economy de l'enthalpie*" et qui ne pourrait être financée que par la fiscalité sur les produits pétroliers tant qu'il en est encore temps. Ceci il est vrai sachant que comme le disait Barenton confiseur que l'investissement de départ n'est à faire qu'une fois alors que l'usage est de tous les ans.

Conclusion

Les Lutins thermiques espèrent que cela ne froissera pas l'exécutif d'observer que la principale raison du déploiement des énergies renouvelables électriques solaires d'origine photovoltaïque est plus liée à leur faible prix de revient qu'à une programmation pluriannuelle de l'énergie ou à une décision du chef de l'Etat. Ceci explique pourquoi le solaire verrait sa production multipliée par 5 d'ici à 2030 alors qu'elle ne serait que triplée à cette échéance pour l'éolien.

Il faut effectivement comme l'a proposé Nicolas Hulot changer d'échelle mais pas en choisissant parmi les énergies dites libres et utilisables par l'homme celle qui figure en [queue de liste par ordre d'importance décroissante de potentialité](#). Même si le facteur de marche est amélioré avec cette gigantesque [éolienne Général Electric- Alstom](#) on ne pourra que regretter sur le long terme d'avoir décidé de grossir l'éolien au-delà du raisonnable.



Mettre le solaire et l'éolien dans le même panier pour comparer les prix du kWh électrique rendu à l'utilisateur dans les différents pays européens ce n'est pas rendre service à "celui qui paye".

Les lutins thermiques observent également qu'il est illusoire d'espérer concevoir en quelques années un nouveau concept de centrale nucléaire plus économique et plus sûre (Voir [Batiactu](#)). Les USA qui ont tenté avec le thorium et les sels fondus ont échoué et la fusion nucléaire avec [ITER](#) n'est pas pour demain. Ils sont convaincus qu'il va plutôt falloir développer la recherche en ce qui concerne le stockage et l'autoconsommation de l'énergie électrique. Ceci afin de consommer l'énergie électrique plus intelligemment pour le chauffage et éviter le [toujours+](#). Les Lutins thermiques sont solidaires des « Gilets jaunes ». Uniquement bien évidemment avec les non casseurs. Ils estiment que pour sortir du pétrin dans lequel nous nous sommes petit à petit enfoncé, il va falloir réduire la douloureuse de fin de mois. Pour ce faire il va bien falloir considérer qu'homo sapiens, le donneur d'ordre, est le plus souvent [« le client qui paye »](#).

Notre président est sorti de sa réserve pour donner suite au mouvement de « Gilets jaunes ». Il y a peu de temps son gouvernement estimait que l'électricité nucléaire était une "énergie à bas coût". Dans ce cas les Lutins thermiques aimeraient savoir pourquoi elle est vendue au citoyen 3 fois le prix de l'énergie fossile gaz pour le chauffage de l'habitat. Ceci à l'encontre de l'aspect social vu que beaucoup de citoyens dans le besoin, chauffés par un collectif gaz type chaudière, se plaignent de températures trop basses et ne disposent pas actuellement d'autre solution pour se chauffer que d'utiliser un complément chauffage par radiateurs électriques ayant un COP de 1. Ceci avec un prix du kWh thermique à 15 cts d'€ au lieu de 5 cts et, facteur aggravant, en surchargeant le réseau électrique au plus froid de l'hiver. Dans l'attente d'un équilibrage des prix de vente de l'électricité et du gaz à 10 cts, la chaufferie hybride se sort heureusement de ce mauvais pas vu qu'elle chauffe l'habitat avec le gaz au plus froid de l'hiver. Qui plus est en laissant de l'électricité pour les besoins de la voiture hybride rechargeable. Il faut saluer le courage du président de l'ADEME qui explique dans le journal le Figaro du 11 décembre 2018 au sujet de notre transition énergétique que selon une étude de son agence, la relance d'un programme nucléaire, EPR incluse, n'est pas nécessaire pour remplacer les centrales actuelles.

Ceci en estimant qu'il ne s'agit pas seulement d'une avancée climatique mais d'un gain pour le portefeuille des ménages vu que le prix du kWh électrique de l'électricité produite avec ce scénario serait proche de 90 € le MWh (9 cts d'€ le kWh). Cette étude estime que dans moins d'un demi-siècle soit dès 2050, la quasi-totalité de l'électricité produite dans l'hexagone sera de l'électricité « verte » suffisante pour satisfaire le besoin. Elle précise aussi qu'en s'engageant dès à présent dans ce scénario, nous serons en mesure d'envisager notre avenir sans nucléaire lorsque le parc actuel de centrales nucléaires aura 60 ans, c'est-à-dire demain. A la question posée de savoir si l'intermittence de l'électricité verte pourrait être un frein à ce scénario sa réponse est claire : NON. Ceci alors que cette étude s'inscrit en complémentarité de la programmation pluriannuelle de l'énergie ([PPE](#)). Il y a urgence à changer les chaînes énergétiques actuelles utilisant les énergies non renouvelables ne serait-ce que pour tenir compte du fait qu'elles ne sont pas inépuisables. Reste à espérer pour éviter le pire, que tout va être mis en œuvre pour que le scénario ADEME prenne place. Le secrétaire général de l'OCDE s'est déjà exprimé en 2017 dans sa revue Observer No 311Q3 concernant notre future immédiat : « *Nous sommes maintenant confrontés à un moment attendu qui requiert la mise en place de nos fondations. Un moment décisif qui va exiger des remèdes plutôt que des palliatifs. Ceci dans le cadre d'actions basées sur l'audace et l'innovation permettant de créer ensemble un avenir juste et prospère pour tous* » L'Europe qui est actuellement bien en retard a tout intérêt à faire partie de ceux qui montrent l'exemple de ce qu'il faut faire

	Pétrole	Gaz	Charbon	Atome	EnR	Dépendance
Allemagne	35	22	24	11	9	60,9 %
Belgique	41	25	7	20	4	79,5%
Danemark	41	21	20		18	22,3%
Espagne	48	25	10	11	8	81,4%
Finlande	30	11	14	16	25	55%
France*	33	15	5	41	7	51,2%
Hongrie	27	39	11	14	6	63,7%
Italie	43	38	9		8	85,4%
Pays-Bas	42	42	10	1	4	34,6%
Pologne	26	13	56		6	30,4%
Portugal	52	17	10		18	83%
Tchécoslovaquie	22	16	44	15	5	27,6%
Royaume Uni	36	39	16	6	3	26,1%
Suède	29	2	5	33	32	38%
UE27	36	24	17	13	8	54,8%

Bilan énergétique des principaux pays européens

(exprimé en % de la consommation d'énergie primaire)

Source Eurostat 2010

La colonne de droite indique le degré de dépendance du pays concerné

**voir le [fichier suivant](#) pour la répartition françaises par chaînes d'activité*

Comme je l'ai souvent dit dans GoodPlanet, je propose que ce soit la France qui montre l'exemple de ce qu'il faut faire avec la "Solar Water Economy". Même en travaillant en bonne intelligence avec les États-Unis et l'Allemagne, je doute qu'elle y parvienne en moins de deux générations.

Je me vois mal à 83 ans engager une procédure contre l'exécutif pour incurie en ce qui concerne le chauffage de l'habitat. Pourtant on sait ce qu'il faut faire pour assurer notre confort thermique en abandonnant des chaînes énergétiques d'un autre âge. Ceci pour aller dans le sens de l'atténuation climatique et non de son aggravation. J'espère être enfin entendu à ce sujet à l'occasion d'un exposé que je compte faire début 2020 à l'IESF. IDF

Cet exposé expliquera dans le détail quelle est la nature de cette "Solar Water Economy" pour la région parisienne et les fichiers correspondants seront diffusés sur internet à l'issue de cette réunion

Les incas avaient raison de dire que le soleil est notre maître. Il a seulement besoin de l'eau pour satisfaire la plupart de nos besoins en énergie. Cela en tirant profit de sa chaleur spécifique ou de l'hydrogène qu'elle contient. Reste à convaincre la classe politique qu'une transition énergétique ne peut que tirer profit de ces orientations.

Le porte-parole des Lutins thermiques a tenté de convaincre dans [Batiactu](#) et [Goodplanet](#) du bien-fondé de ces dernières.

Jean Grossmann alias Balendard Septembre 2019

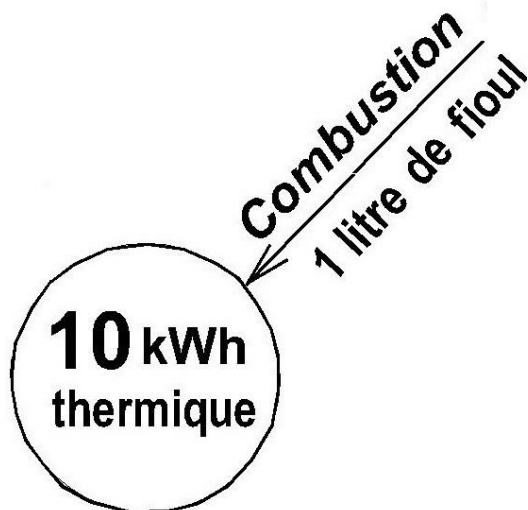
Voir les [figures suivantes](#) ou frapper dans Google les deux mots

batiactu balendard ou *hulot balendard*

pour se faire une idée de la continuité des motivations qui anime le signataire

Annexe

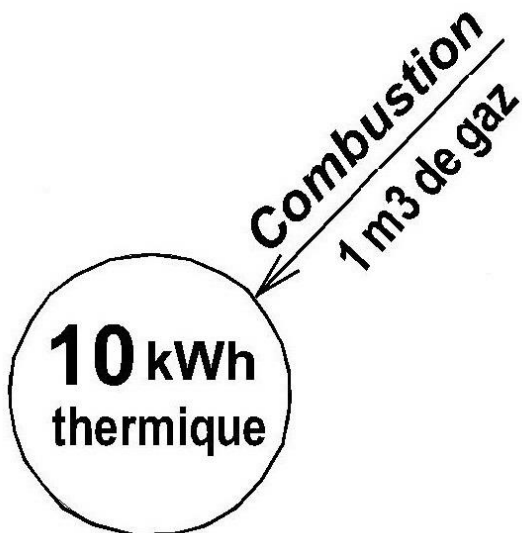
Rappel sur la combustion



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

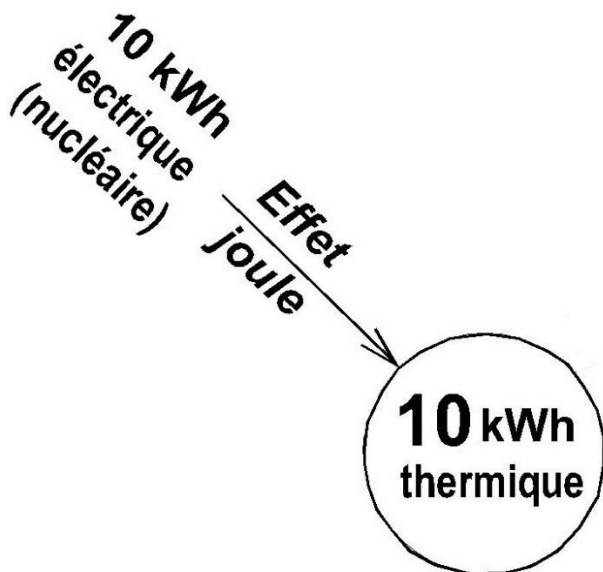


La pollution aux particules fines



*2 m³ de biogaz c'est sensiblement
1 m³ de gaz naturel (méthane)*

Rappel sur l'effet Joule



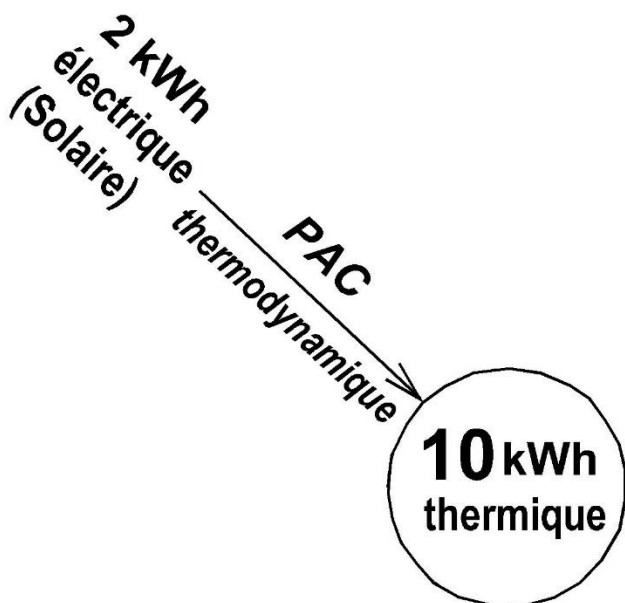
10 kWh électrique soit une dépense de 1,5 €
ça permet avec l'effet joule :

- 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

ça permet aussi de faire environ 60 km avec la batterie de 8 kWh de la voiture hybride

Rappel sur la thermodynamique

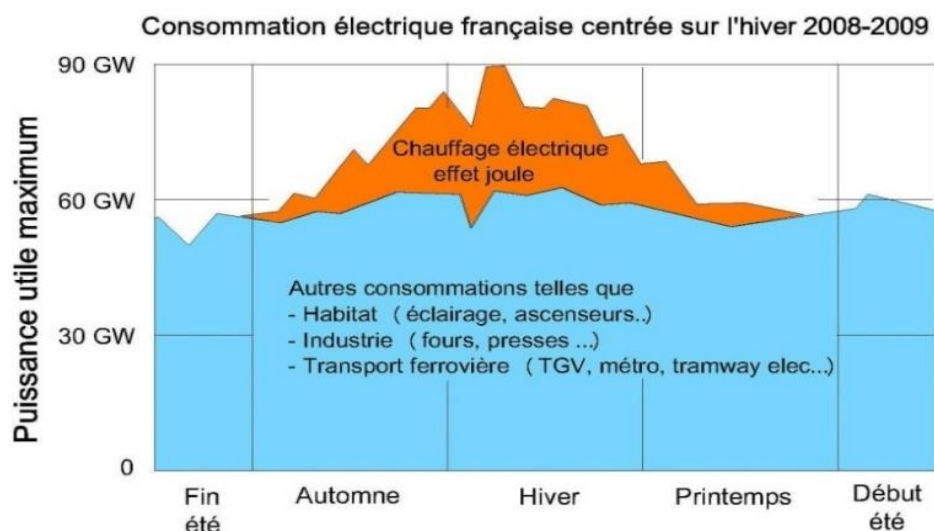


10 kWh électrique soit une dépense de 1,5 €
ça permet avec le chauffage thermodynamique :

- d'assurer le besoin en eau chaude d'une famille de 3 personnes pendant une semaine (culinaire + douches)

- de chauffer le logement en hiver pendant une journée

Ceci en soulageant le réseau



Assistance au dimensionnement du réseau d'alimentation en eau non potable des immeubles)

Débit maximum au départ de la station de pompage du réseau d'eau non potable 1200 m³/h
soit à titre d'exemple pour 5 départs doublet géothermique de 200 m³/h (voir la **figure 3** ci-dessus)

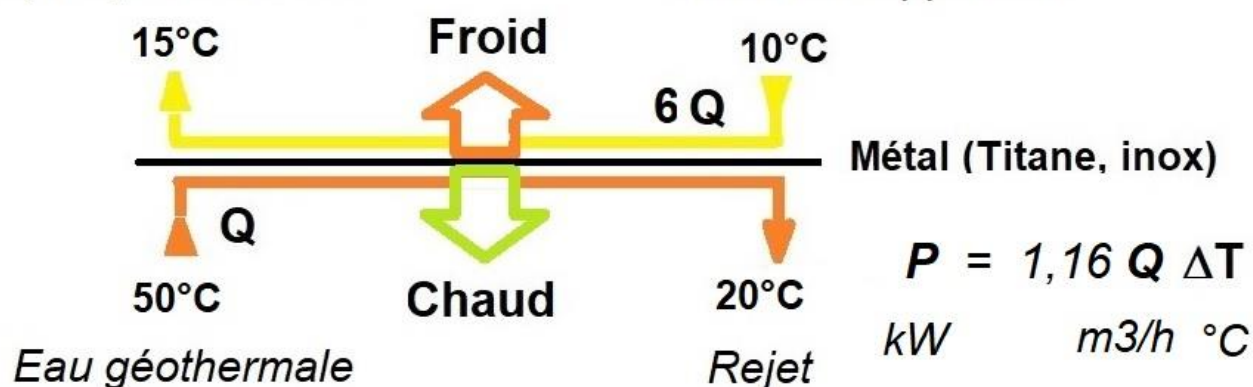
La perte de charge en ligne de 0,7 bar communiquée par le programme deltaP.xlsx accessible sur [le logiciel OCES](#) communique pour le départ le plus long de 1,5 km reste très raisonnable. Elle engendre une perte de puissance qui représente moins de 0,4% de la puissance thermique distribué si l'on tient compte du rejet vers la rivière. Ceci avec 8 coudes arrondis sur le trajet
Pour faciliter la mise en place dans les égouts existant les tuyauteries pourraient être dédoublé.

RESEAU TUYAUTERIE d'ENP			
Diamètre intérieur tuyauterie	mm		290
Viscosité cinématique	centistoke		1,0
Longueur tuyauterie	m		1500
Nombre de coudes arrondis			4
Débit	m ³ /h		240
Débit	m ³ /s		0,07
Débit	litres/mn		4000
Surface intérieure tuyauterie	m ²		0,066
Vitesse du fluide	m/s		1,009
Nombre de Reynolds	sans dimension		292697
Type d'écoulement	Turbulent		> 4000
Longueur équivalente totale	m		1523,2
Perte de charge totale	bar		0,73
Hauteur de fluide	m		7,27
Puissance perdue	kW		5

Les eaux superficielles et géothermales

Réseau d'eau non potable vers pompes à chaleur

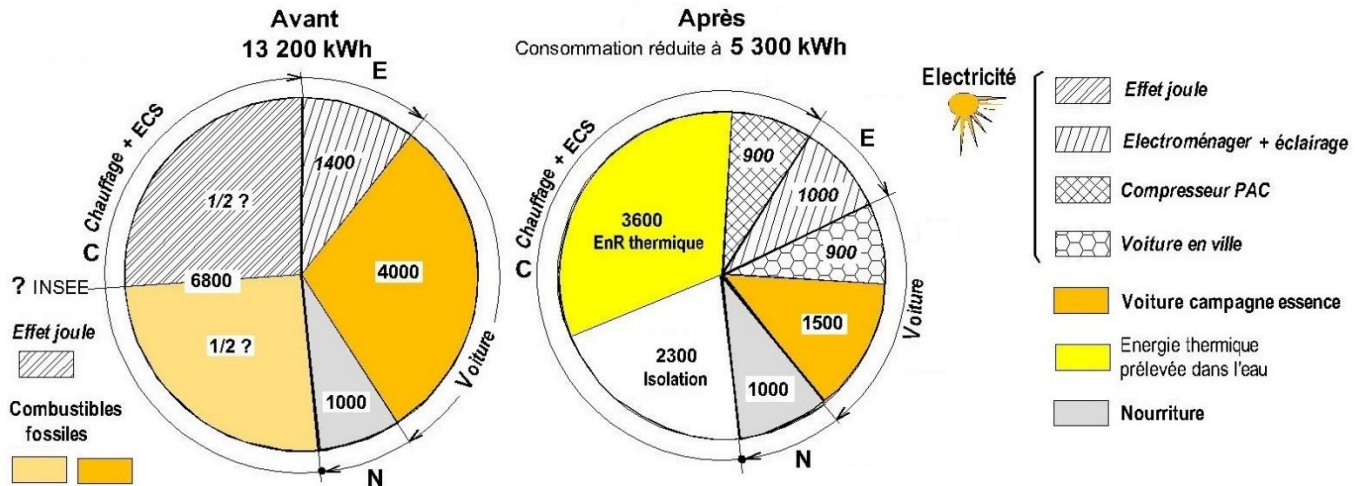
Eau de la rivière ou de sa nappe libre



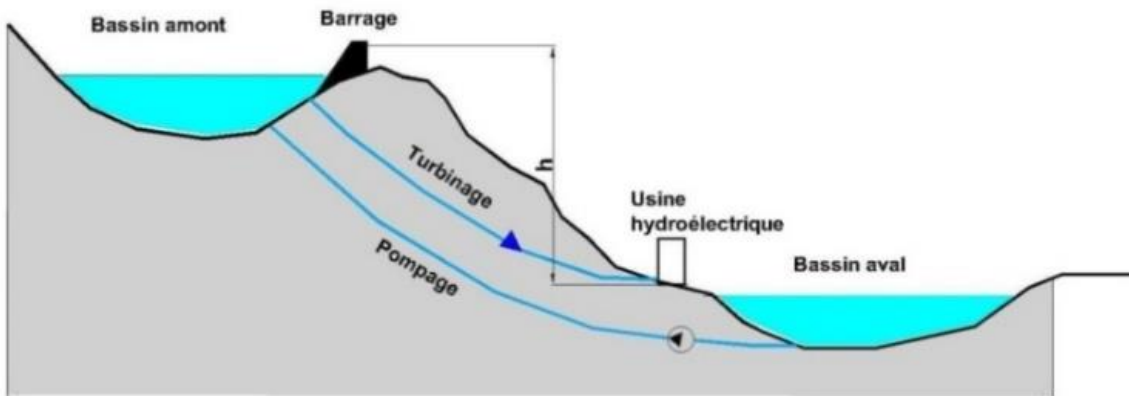
Chaleur spécifique de l'eau 1,16 kWh/degé et par m³

$$\frac{\text{kWh}}{^\circ\text{C} \cdot \text{m}^3} \times \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times ^\circ\text{C}$$

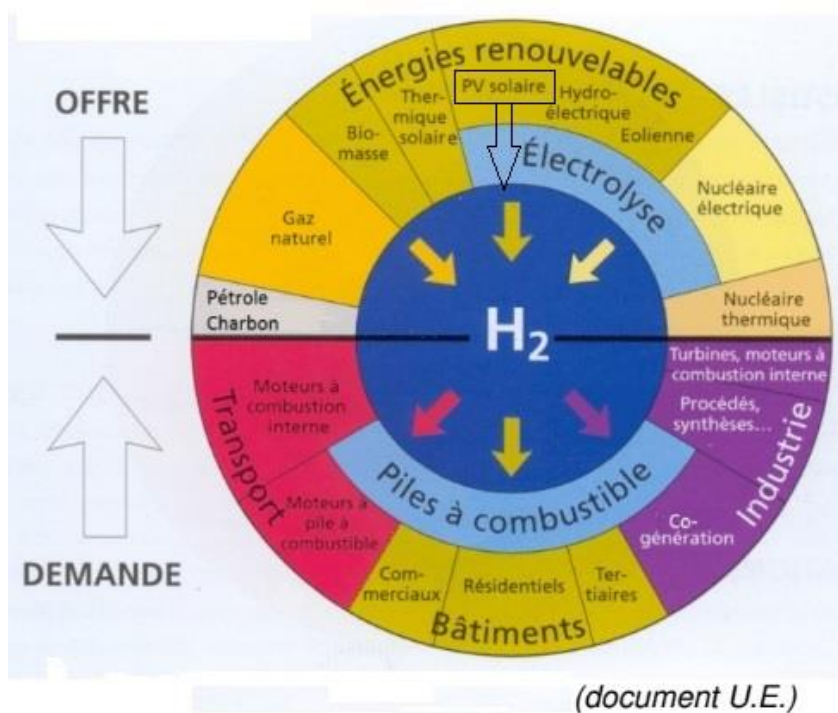
Avec isolation de l'existant (Voir



Méthode de stockage de l'électricité



Avec les STEP et les barrages à grande retenue

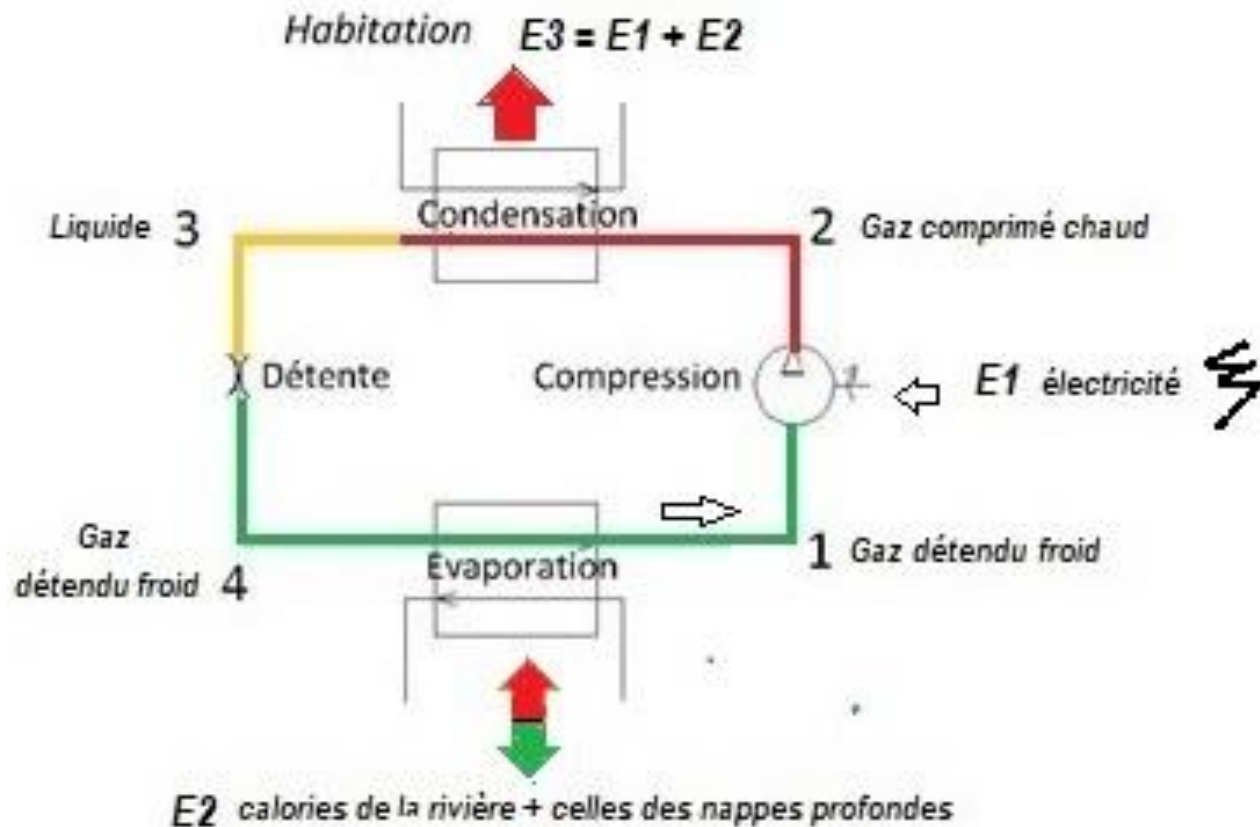


(document U.E.)

Avec l'électrolyse de l'eau

Principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur

1) Transferts thermiques



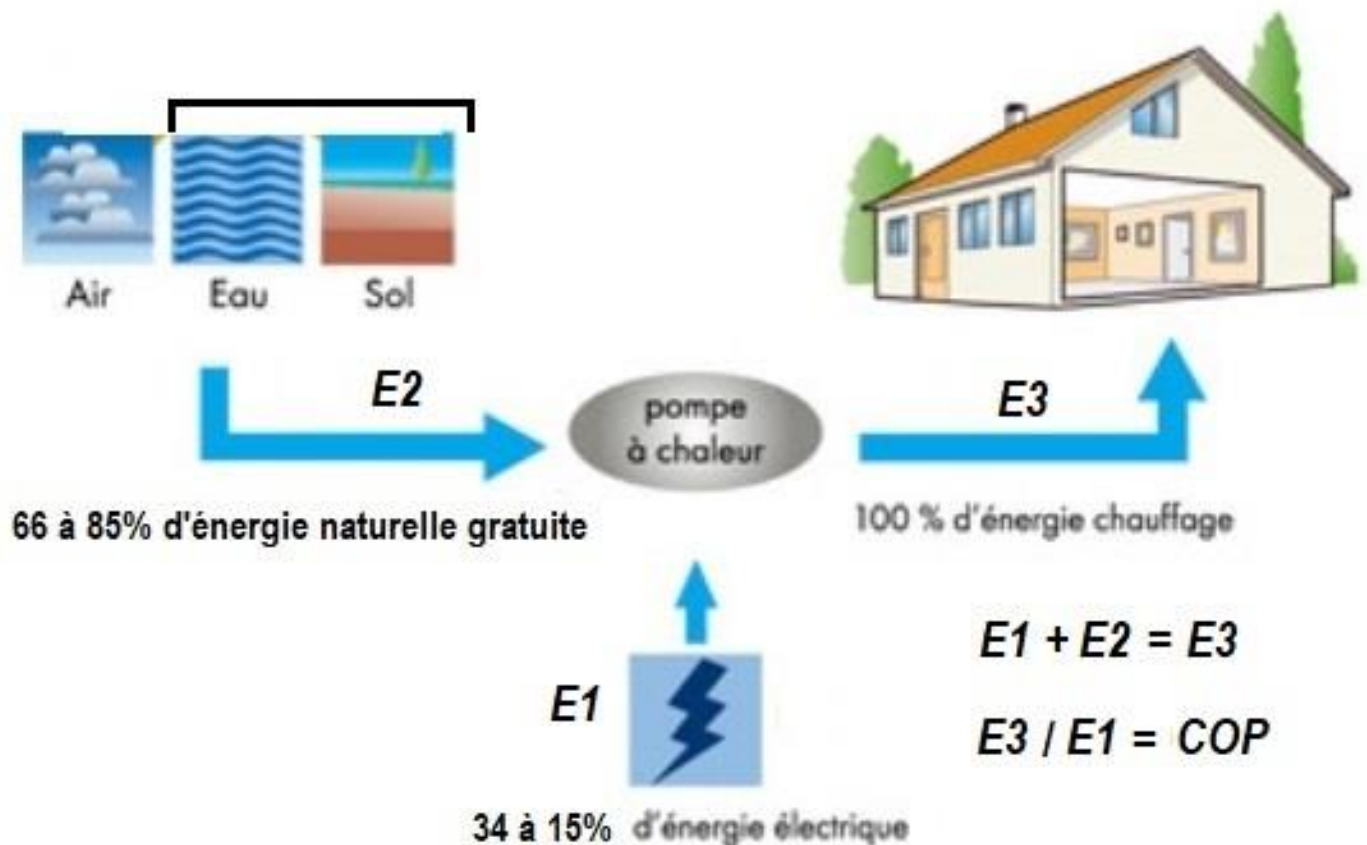
Par définition **$COP = E3/E1$**

Pour améliorer les performances on a intérêt à baissier la température dans les radiateurs hydrauliques

Le choix du fluide frigorigène doit faire l'objet d'une concertation entre le Maître d'œuvre et le constructeur de la pompe à chaleur

Comprendre la théorie de fonctionnement d'une pompe à chaleur

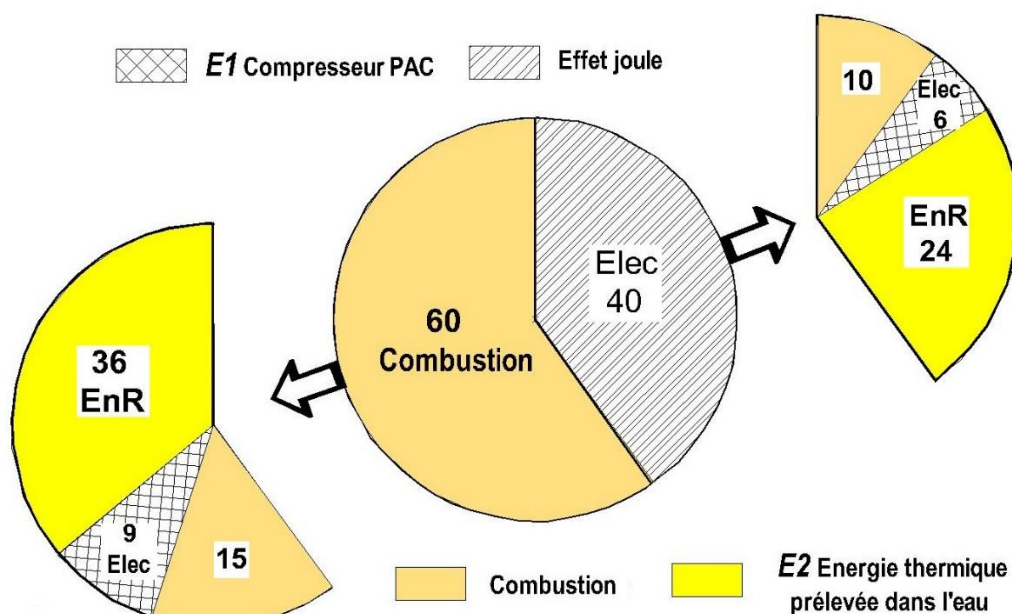
2) Performances



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°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°C sur la source froide

La chaufferie hybride

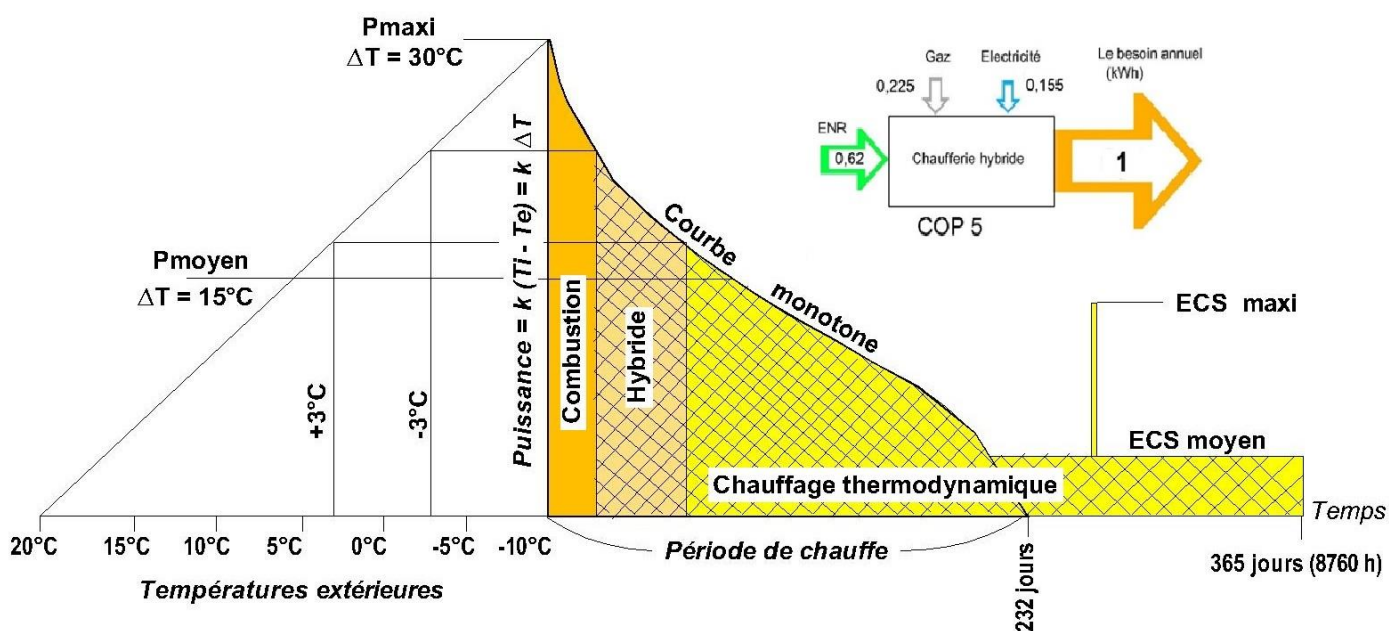


Performance minima en mode pompe à chaleur en prélevant dans l'eau

$$COP = (E1 + E2) / E1 = 5$$

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.



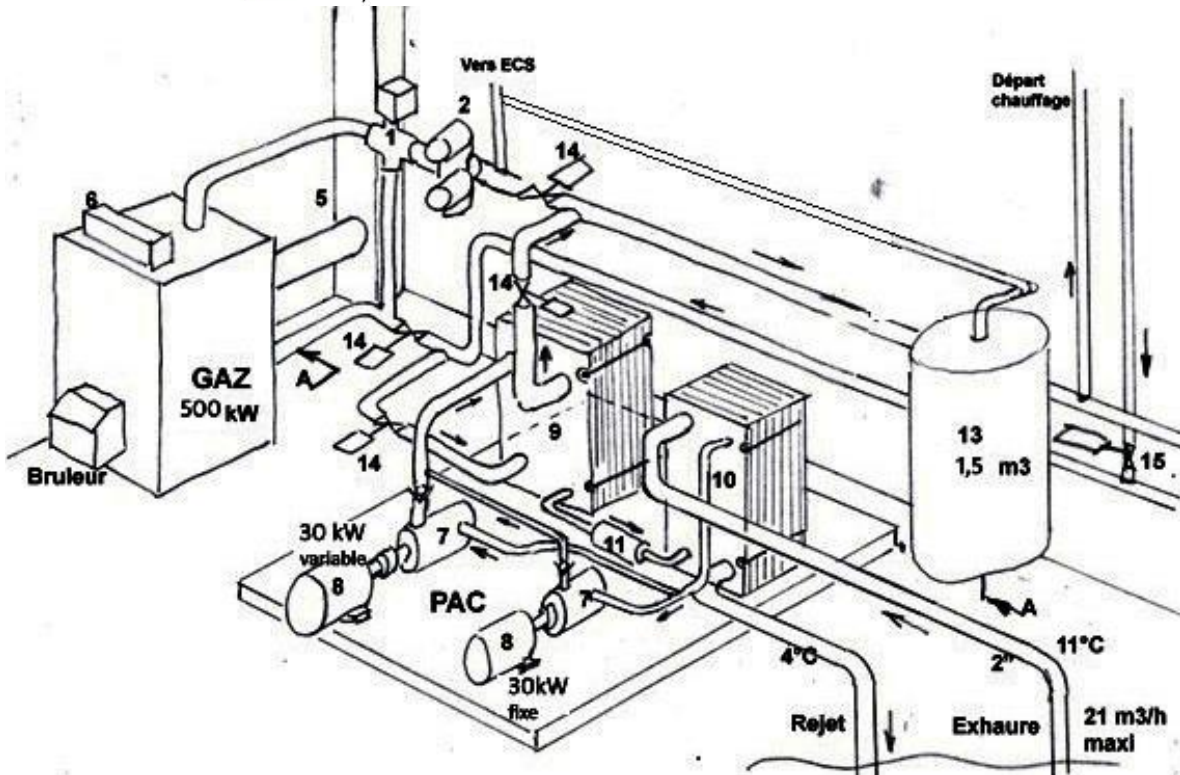
La figure ci-dessus est complémentaire de la figure précédente. Elle montre comment la chaufferie hybride adapte sa puissance et satisfait le besoin thermique pendant la période de chauffe. Ceci en fournissant une puissance de chauffe sensiblement proportionnelle à la différence de température ΔT devant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

Cas pratique Ensemble simplifié

Combustion $P = PCI \times Q_{gaz}$

Composants principaux d'une pompe à chaleur

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



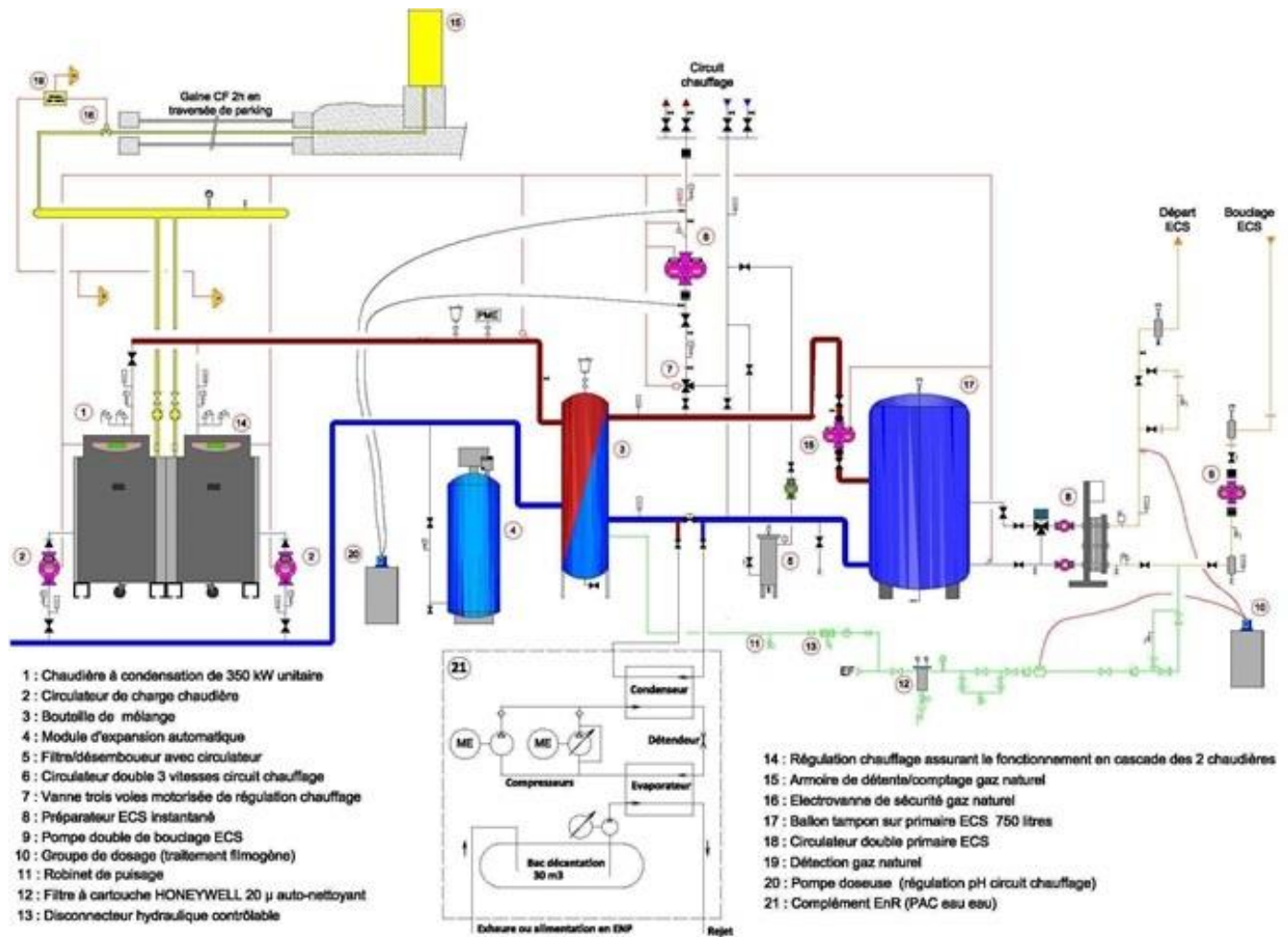
PAC en relève $P = E \times Q_f$

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



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

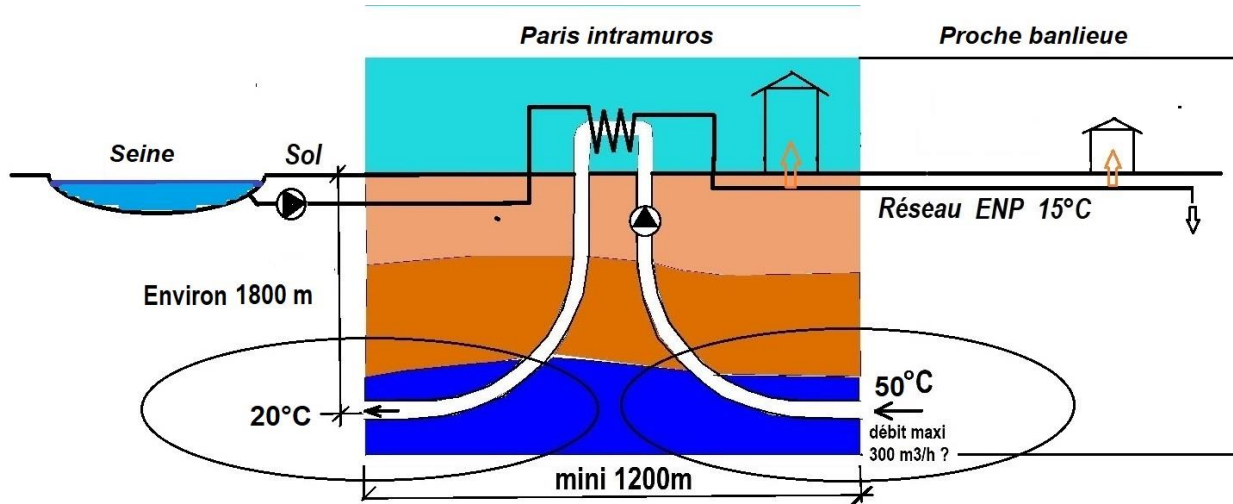
Schéma hydraulique



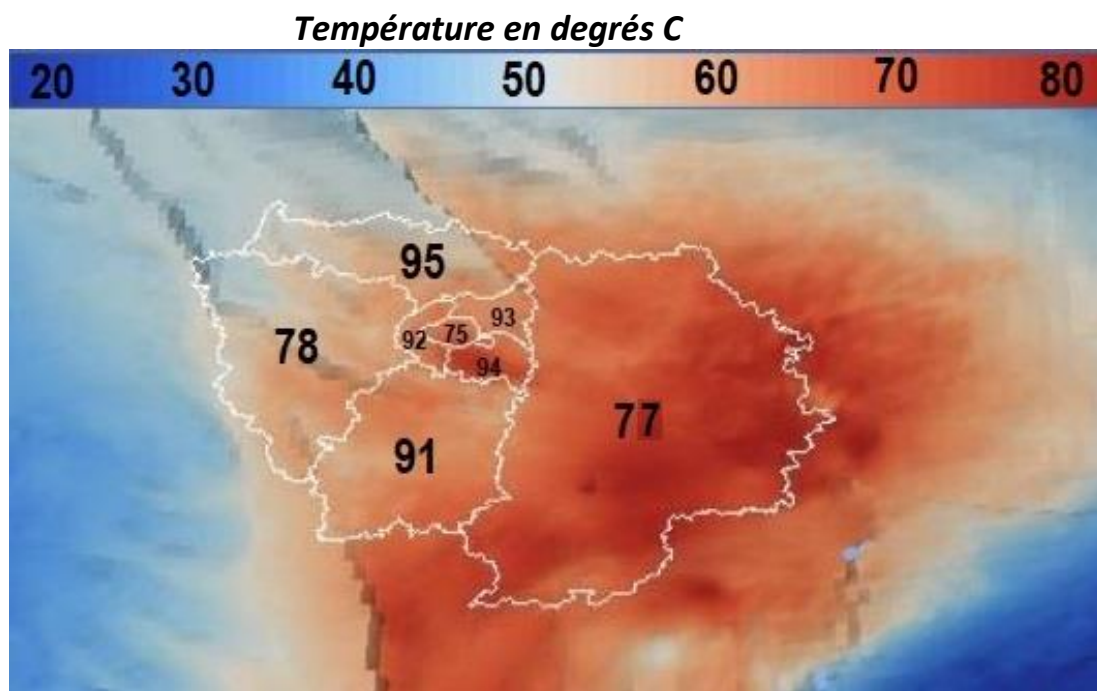
Faisabilité

Assistance à mise en œuvre

Le doublet géothermique



Le dogger en région parisienne c'est un gradient géothermique d'environ 3 degrés par 100m. Les techniques de forage utilisés aux USA pour l'exploitation type gaz de schiste sont adapté à vos besoins. On peut se reporter [au lien suivant](#) pour comprendre la régulation lorsque la température de la rivière change. Un débit Q de 300 m³/h avec une chute de température ΔT de 30°C c'est une puissance thermique P disponible égale à $1,16 \times Q \times \Delta T = 1,16 \times 300 \times 30 = 10\,440$ kW



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

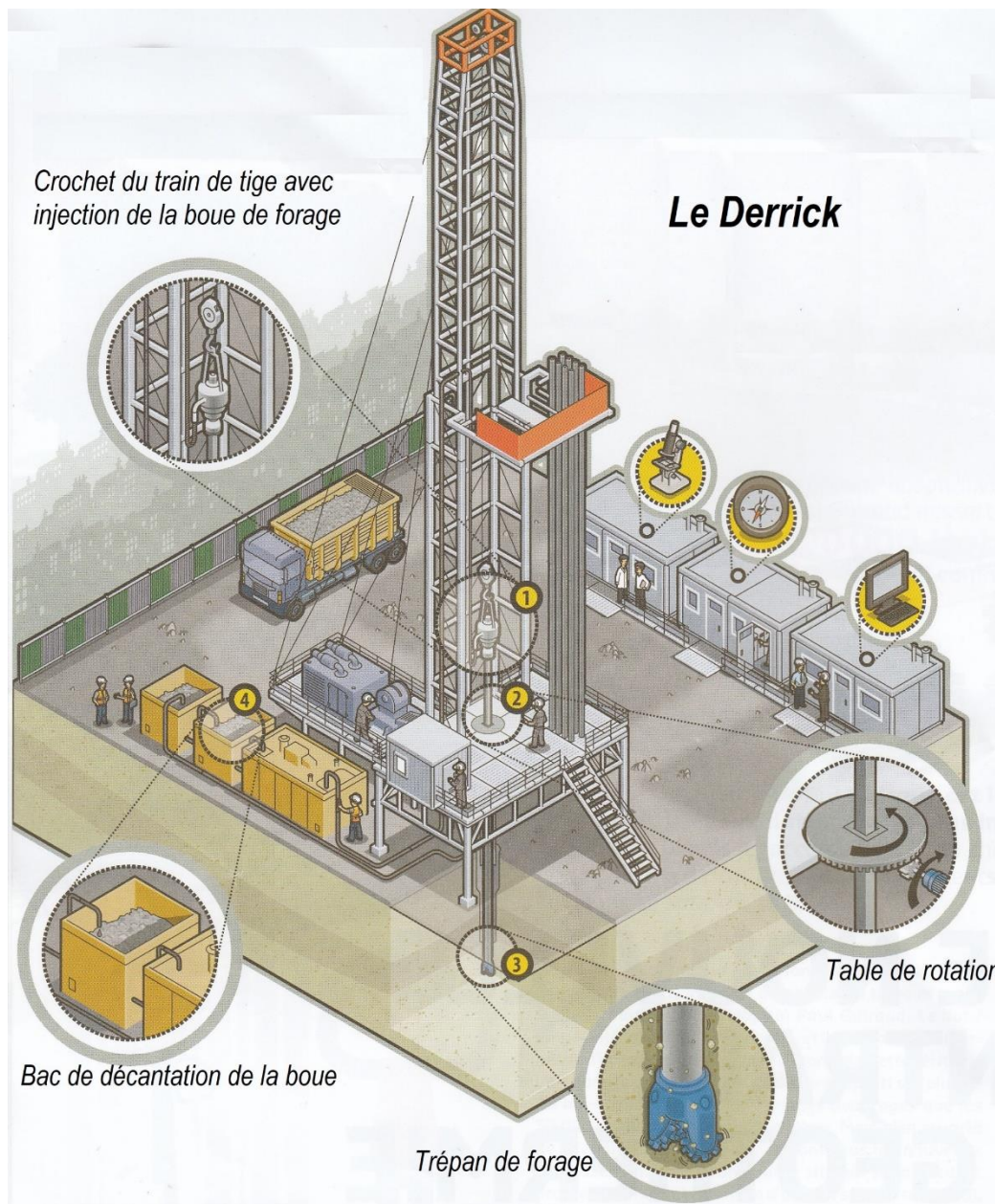
[Cartes géologiques du BRGM](#)

[Réseau de Villejuif](#)

[Derrick](#)



La tête de forage



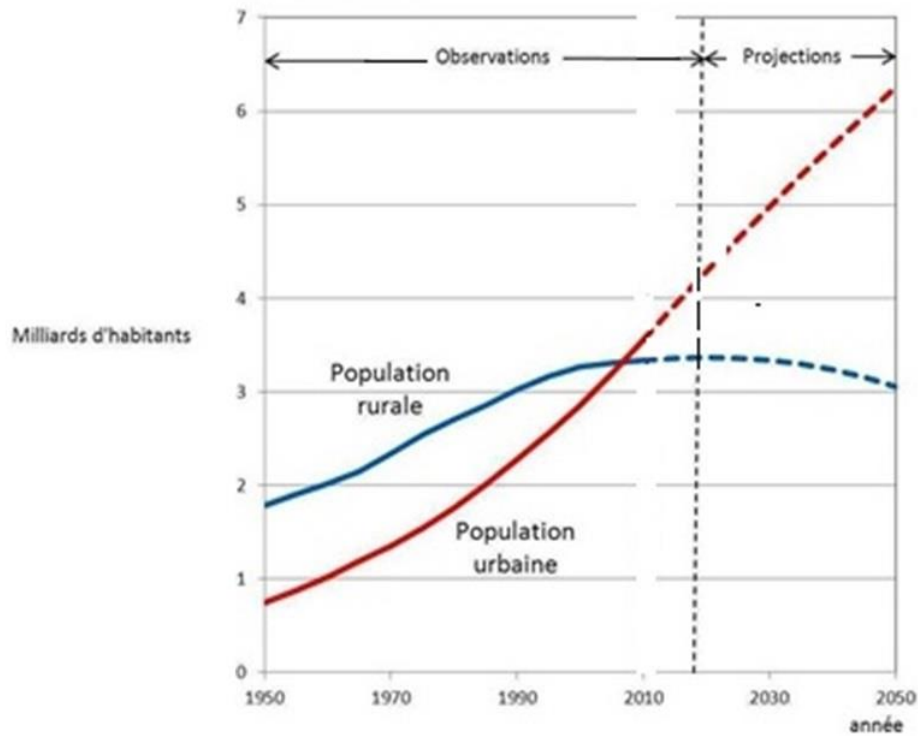
Construire une centrale géothermique un projet d'ampleur

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

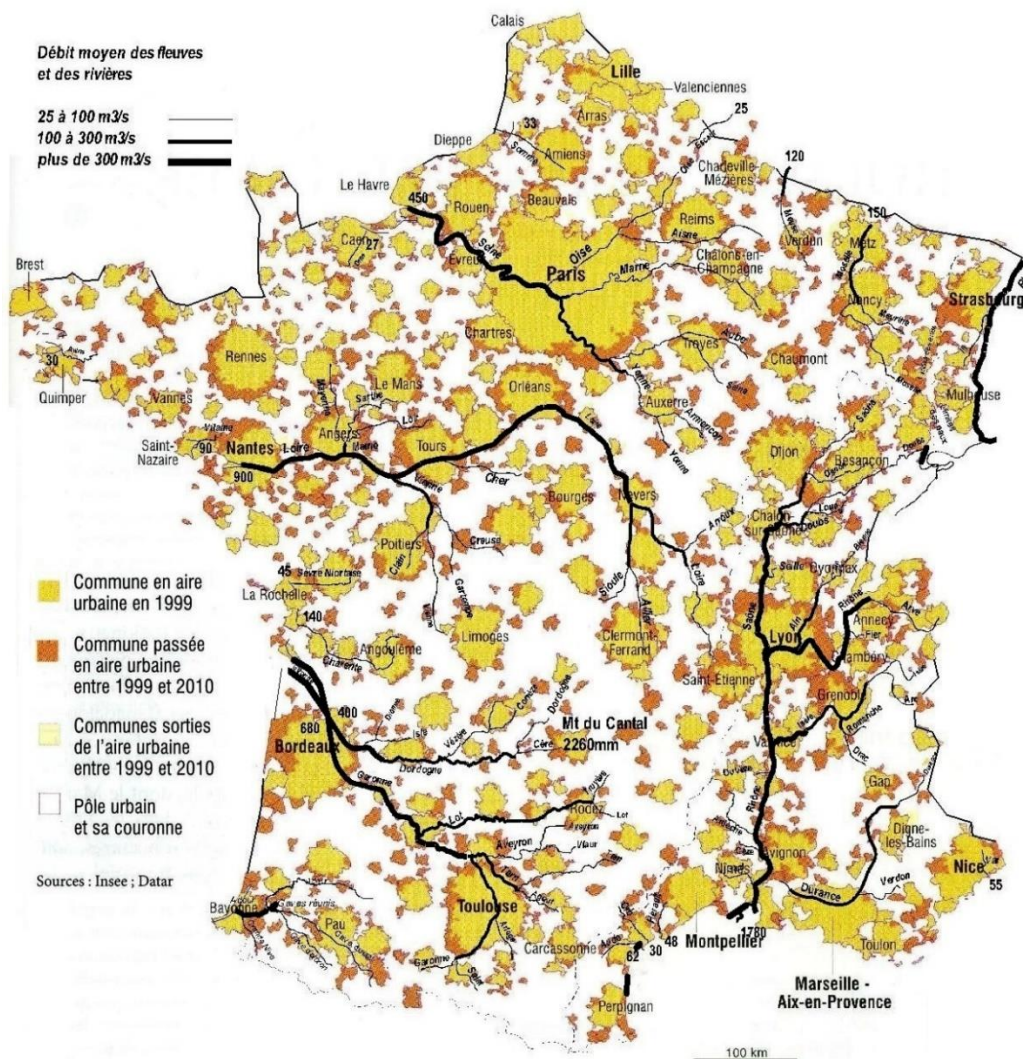
Le principe du forage Rotary

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

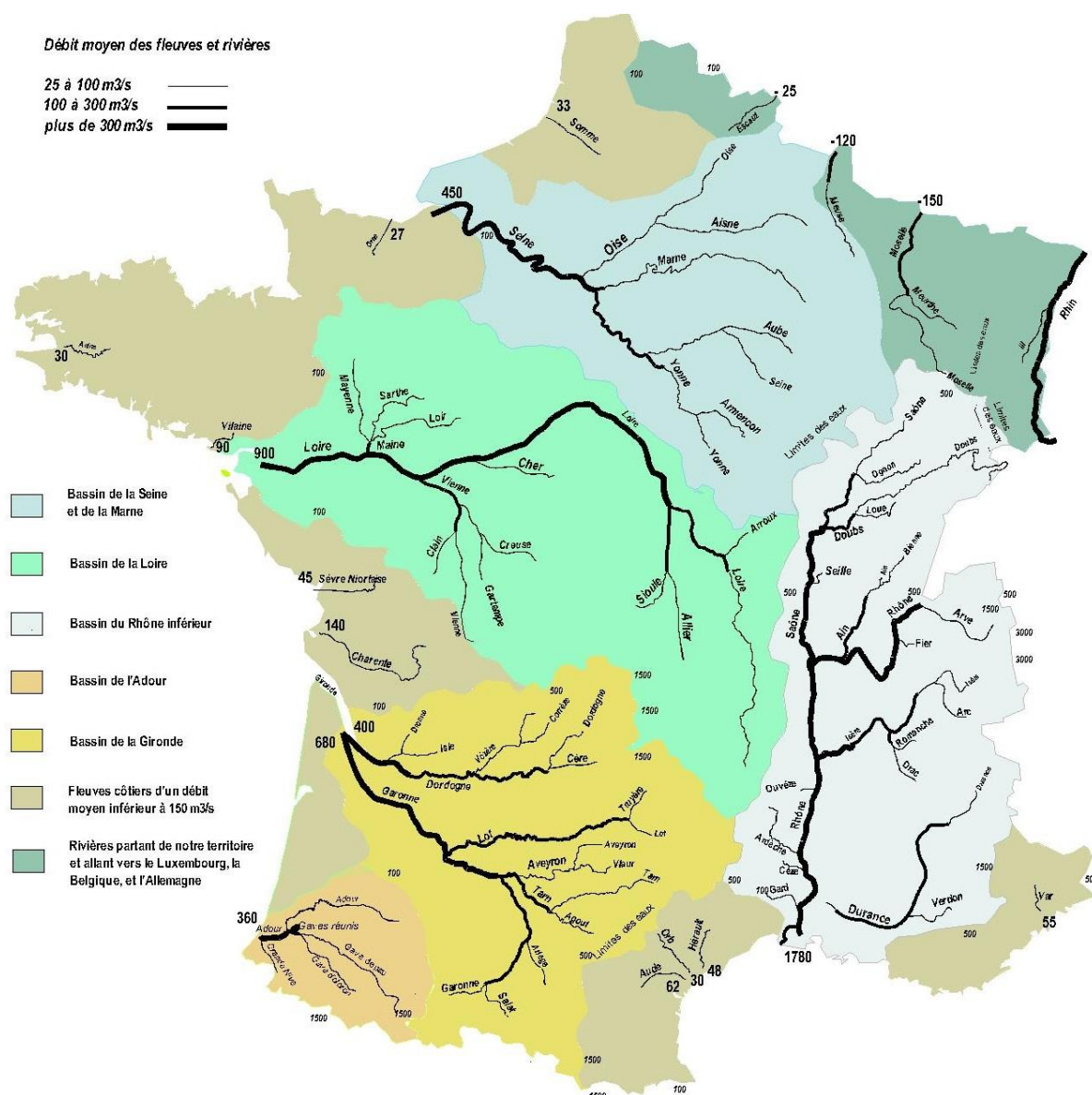
La ville et la campagne



L'étalement urbain



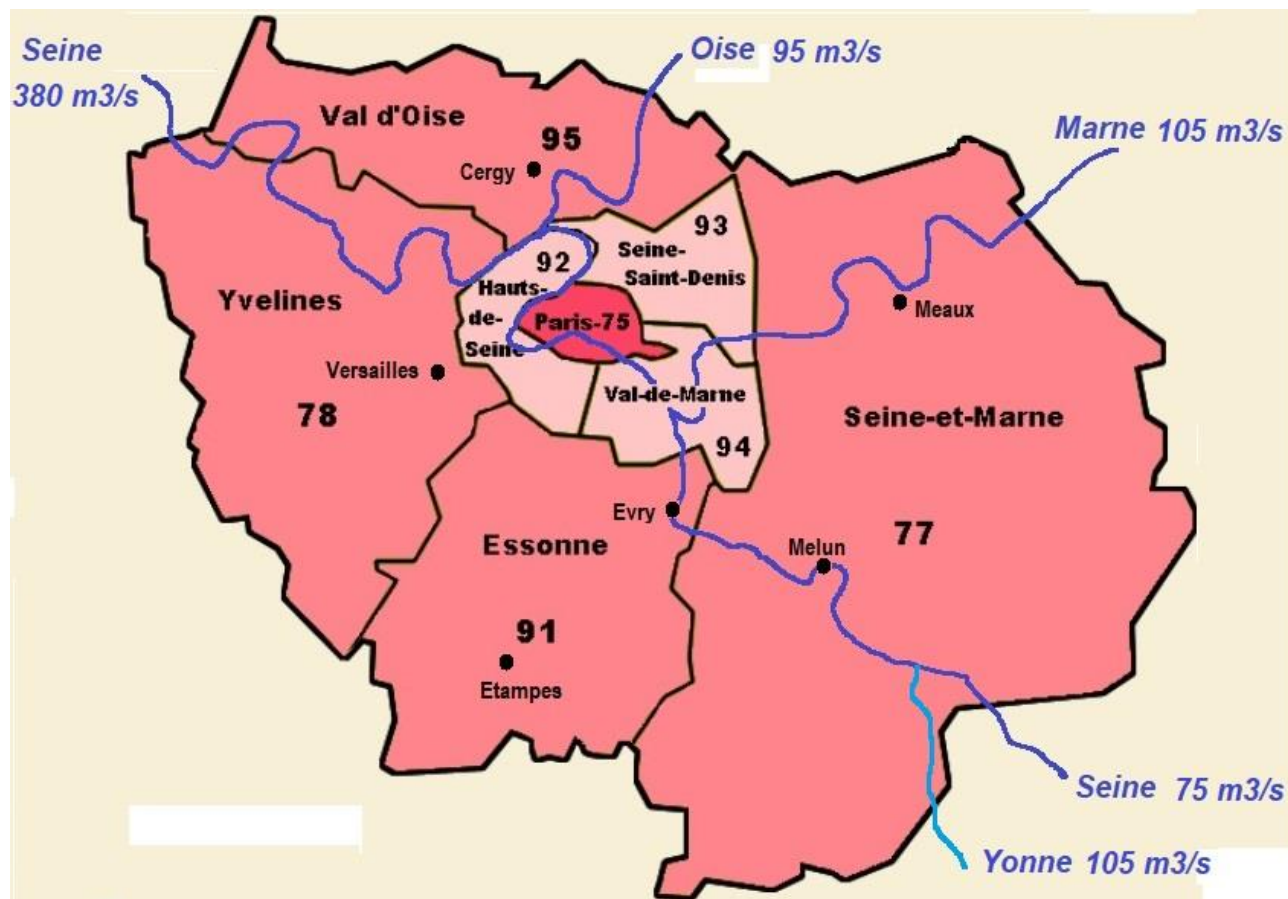
Les eaux superficielles



[Accès à la grande carte des bassins versants](#)

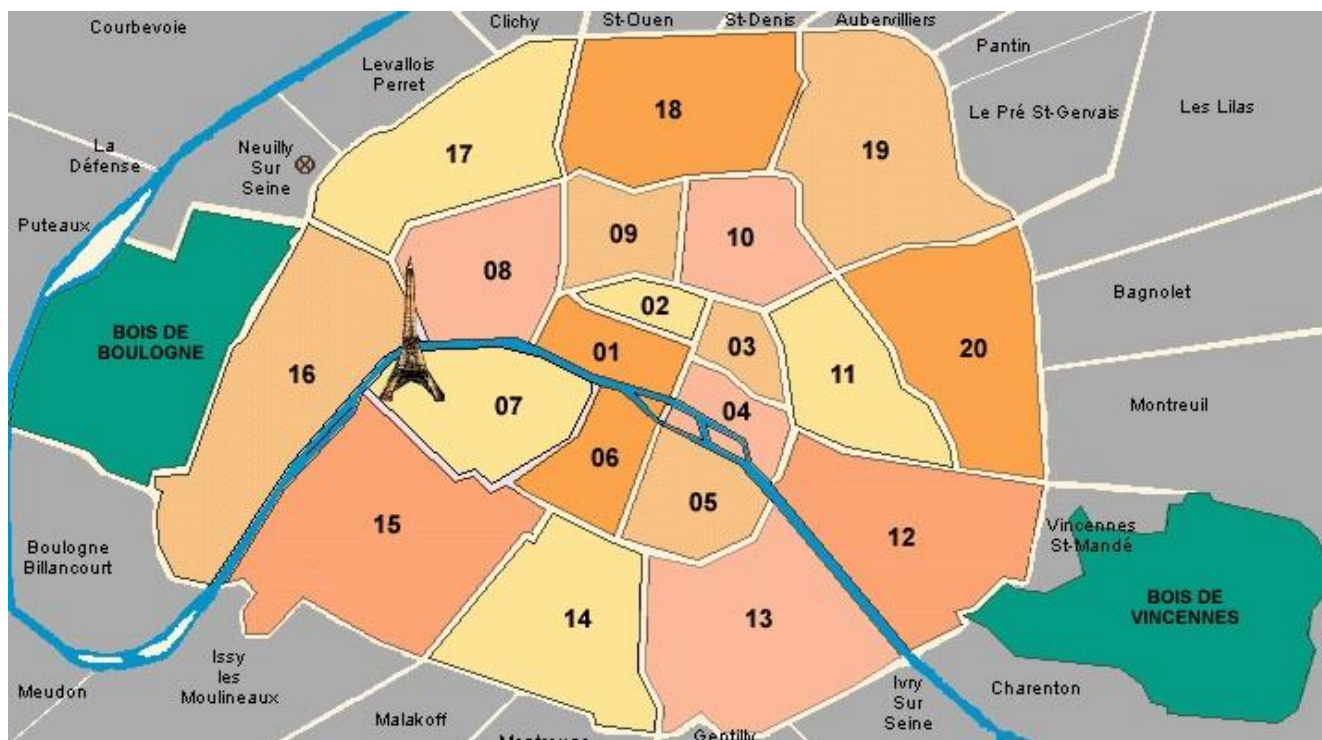


La région IDF



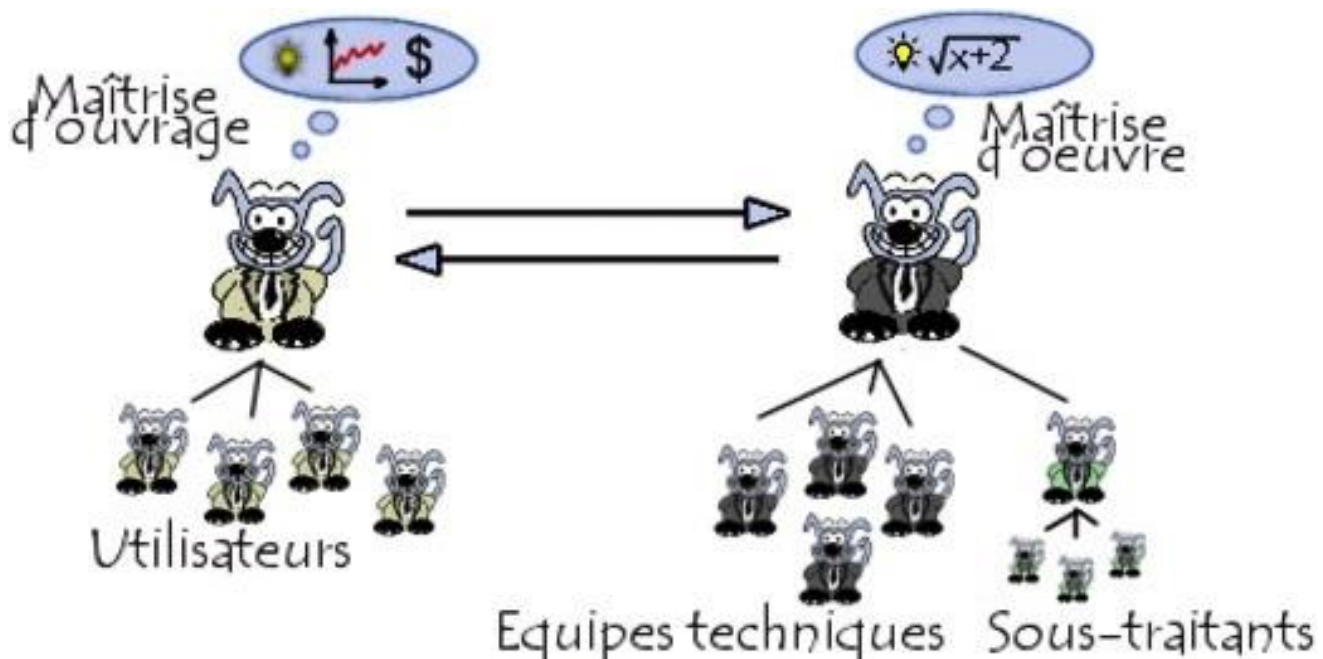
Chiffres clés : 8 départements, 12 millions d'habitants, 12 000 km², 1000 m² au sol par francilien

Paris intramuros



Chiffres clés : 20 arrondissements, 2 millions d'habitants, 100 km²
soit 20 000 habitants au km² et 50 m² au sol par parisien

Les deux principaux acteurs du changement



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

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 DIRE
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

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 terme 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-elle compris les fondements de la transition écologique ?

Quoiqu'il en soit, elle 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...)

Les aides financières de l'état français

Complexes et difficiles à comprendre, assujetties

- à un contrôle technique : [Audit collectif](#), [UNPI](#) ?
liées au respect de l'environnement (RGE)
- à la qualité de la fourniture [Qualipac](#), ([AFPAC](#) association française des pompes à chaleur)

elles sont aussi trop nombreuses :

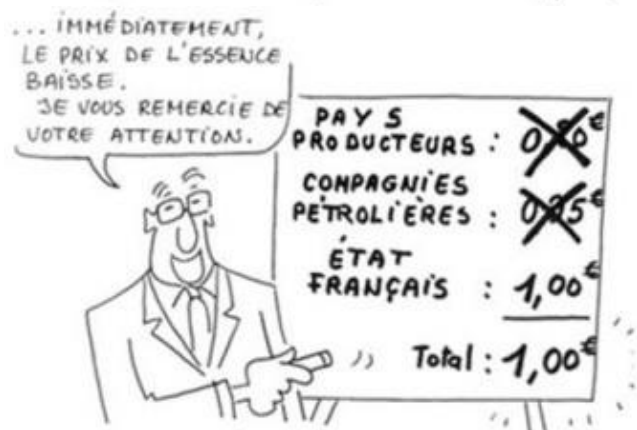
- Privatives pour les plus démunis avec [l'ANAH](#)
- Collectives avec l'Ademe
- Certificat d'économie d'énergie (CEE)
- Le fond chaleur renouvelable (FCR)
- Bancaires avec le prêt à taux zéro (PTZ)
- Cheque énergie

Inciter aux EnR en rendant l'aide inutile ?

L'état serait au service de l'individu

Expliquer...expliquer...expliquer

La finance internationale



Les combustibles fossiles

La taxe carbone

Et le kérozène?