

## AVIS sur *Les Réseaux de chaleur*

Une part importante des énergies fossiles importées par notre pays (27% de la facture énergétique, soit 18,7 G€) sert uniquement à être brûlée pour chauffer nos bâtiments et notre eau chaude sanitaire, produire de la chaleur pour nos industries, nos serres etc. Cette situation constitue un triple paradoxe :

1. on brûle des hydrocarbures à température de flamme supérieure à 1000 °C pour chauffer à basse température 70-80 °C (gaspillage de potentiel énergétique).
2. on continue à émettre des gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>) de façon importante.
3. on prolonge le déséquilibre de la balance de notre commerce extérieur.

L'utilisation de la chaleur disponible directement sur notre territoire éviterait ces trois inconvénients.

En effet la France dispose d'une réserve importante de « chaleurs fatales » (issues d'installations industrielles, urbaines ou simplement locales) ou renouvelables (énergies thermiques<sup>1</sup>) dont l'ampleur pourrait [largement] contribuer à couvrir les besoins décrits plus haut. Il est possible d'imaginer des solutions de collecte afin que cette réserve de chaleurs récupérables ou renouvelables soit transportée et distribuée efficacement. Il s'agit dès lors de se préparer à constituer des systèmes intégrés et optimisés, gérant en permanence le mix énergétique de ces chaleurs en fonction des besoins et des coûts.

Plusieurs recommandations peuvent être émises dans ce cadre :

1. Recenser au niveau national les gisements de chaleurs fatales et les besoins en chaleur en les qualifiant et les localisant. Ce recensement doit prendre en compte le niveau de température, la nature du fluide chaud (liquide, solide, gaz) et ses propriétés d'encrassement, de corrosion ou d'érosion, ainsi que la dynamique de production de cette chaleur fatale (continu, cycle programmé, journalier, saisonnier, aléatoire...). La localisation des gisements et notamment la proximité de consommateurs locaux en quantité suffisante pour consommer le flux, voire de réseaux de chaleur existants doit faire partie de cette analyse. L'espérance de vie résiduelle du site producteur de chaleur fatale est aussi un élément à prendre en compte dans cette analyse.
2. Pour les installations industrielles dont la production de chaleur est considérable, prévoir d'intégrer le processus de récupération voire de cogénération dans le cadre de la construction d'**installations neuves**, voire de la rénovation en profondeur d'installations existantes.
3. Pour la récupération de certaines **chaleurs locales**, telles que : eaux usées, extractions d'air des bâtiments, data centers, laveries industrielles, etc., promouvoir des technologies spécifiques en les combinant en vue d'une optimisation intelligente des systèmes.

---

<sup>1</sup> Telles qu'énoncées p. 54 dans le Bilan annuel 2012 du MEDDE (paru en juillet 2013) sur les ENR thermiques : solaire thermique, géothermie profonde, pompes à chaleur, biomasse solide (bois-énergie, déchets urbains, déchets agricoles), biogaz.

4. Pour les réseaux de distribution de chaleur dans tous les aménagements neufs, rendre obligatoire la réalisation de réseaux de chaleur à basse température (<100°C) dans les travaux de VRD, de façon à minimiser leur coût. La technique du réseau trois tubes pourrait être retenue, étant l'une des plus appropriées pour distribuer des chaleurs à basse température issues de pompes à chaleur, ou en direct lorsque les sources de chaleur s'y prêtent.
5. Pour les réseaux de distribution de chaleur dans le tissu urbain existant, il est recommandé l'extension de proximité d'un réseau de chaleur déjà installé, qui reste souvent la solution la plus économique ; à défaut, le réseau d'assainissement urbain existant peut être utilisé, en récupérant alors la chaleur des eaux usées à l'aide de pompes à chaleur. La recharge de ce réseau avec des chaleurs fatales est une option à considérer. De même, l'utilisation du réseau d'eau potable, dans certains cas, pourrait faire sens pour transporter des calories.
6. Développer les technologies de stockage local d'énergie provenant des sources continues de chaleur « fatale », soit pour des raisons de saisonnalité (pendant l'été), soit afin de régulariser les pics de demande ou de production. Ce stockage devrait s'appliquer aussi bien aux installations industrielles de grande capacité, qu'aux sources locales diffuses comme les eaux usées ou l'incinération des déchets. Il pourrait être réalisé à l'aide de sondes géothermiques, et intégré aux travaux de VRD au moment de leur exécution. Ainsi, lors de la commercialisation des terrains aménagés par les collectivités territoriales, la solution du mode de chauffage serait imposée et optimisée.
7. En matière de financement, il est recommandé de développer la taxation des émissions de CO<sub>2</sub>, selon le principe pollueur = payeur et exclusivement affectée à son objet. En parallèle, il devrait être procédé à l'élimination de certains « détournements » effectués de différentes façons lors de la commercialisation de l'énergie des réseaux de chaleur par des collectivités locales. Enfin la réglementation devrait être modifiée pour que la distribution et le stockage de chaleur soient pris en compte dans la construction des VRD des aménagements neufs.

Une approche volontariste sur les plans règlementaire et incitatif, avec des objectifs affirmés de couverture des besoins par paliers raisonnablement fixés sur des périodes de 5 à 10 ans, permettrait ainsi d'avancer vers la mobilisation de ces énergies abondantes et aujourd'hui perdues.

## Exposé détaillé de l'avis

### Synthèse

Pour chauffer ses logements, produire son eau chaude sanitaire, chauffer ses hauts-fourneaux, ses serres, ses couveuses, etc., la France consomme chaque année une énergie sous forme de chaleur équivalente à 74,3 Mtep. Dans cet ensemble, plus de la moitié environ de la chaleur utilisée est produite à partir d'**énergies fossiles** entièrement importées (pétrole, charbon, gaz), qui pèsent lourdement sur le déficit de notre commerce extérieur et qui brûlent inutilement à très haute température (>1000°C) en émettant du CO<sub>2</sub> sans possibilité de capture. Pourtant il existe dans notre pays un potentiel important de chaleurs dites « fatales » (générées par des processus d'origine industrielle ou ménagère, aujourd'hui dissipées dans la nature) et d'énergies renouvelables thermiques (biomasse, géothermie, eaux usées, etc.) utilisables directement sous forme de chaleur et sans émission de CO<sub>2</sub>. L'emploi de ces chaleurs à capter sur des sites industriels de grande taille, ou localement sur des sites dispersés, le transport et la distribution par des réseaux de chaleur spécialisés, ont fait l'objet d'une première évaluation économique qui montre leur faisabilité. Les investissements nécessaires sont à réserver, de préférence, aux aménagements nouveaux, que ce soit pour la récupération de la chaleur perdue, pour les réseaux de distribution en milieu urbain ou périurbain, ou pour le stockage saisonnier de chaleur, indispensable au chauffage des bâtiments et à la régularisation des flux de chaleur (demande et offre).

Compétitive par rapport aux énergies fossiles, la chaleur ainsi utilisée devrait faire l'objet d'un mécanisme d'encouragement à l'investissement, via une taxe à l'émission de CO<sub>2</sub>, basée sur le principe pollueur = payeur, de façon à inciter les décideurs à financer des équipements nouveaux plutôt qu'à continuer à brûler des énergies fossiles importées et en émettant du CO<sub>2</sub>. Cette démarche serait largement bénéfique à la nation pour l'indépendance énergétique du pays, sa balance commerciale, les emplois nouveaux engendrés, et la valeur ajoutée créée au niveau national. Elle diminuerait également fortement les émissions de CO<sub>2</sub>, contribuant ainsi efficacement à l'atteinte du facteur 4 en 2050, objectif retenu par le Grenelle de l'environnement.

### Plan

1. Etat des lieux
2. Pourquoi vouloir diminuer la consommation d'énergies fossiles pour se chauffer ?
3. La France dispose d'un gisement important d'énergies disponibles sous forme de chaleur
  - 3.1 Chaleur récupérable issue des installations industrielles de grande capacité
  - 3.2 Autres chaleurs fatales ou ENR thermiques récupérables sur le sol national
  - 3.3 Le cas des sources de production de chaleur dispersée et diffuse (eaux usées)
  - 3.4 Energie renouvelable thermique issue de la filière bois-énergie
  - 3.5. Impact de l'isolation des bâtiments dans l'évolution de la consommation de chaleur
4. Principes d'une conception globale d'un système optimisé
5. Evaluation économique du chauffage par réseau de chaleur « fatale » ou renouvelable
6. Financement du chauffage par réseau de chaleur « fatale » ou renouvelable
7. Essai de projection en 2050 des chaleurs « directes » répondant aux besoins français
8. Conclusion et synthèse

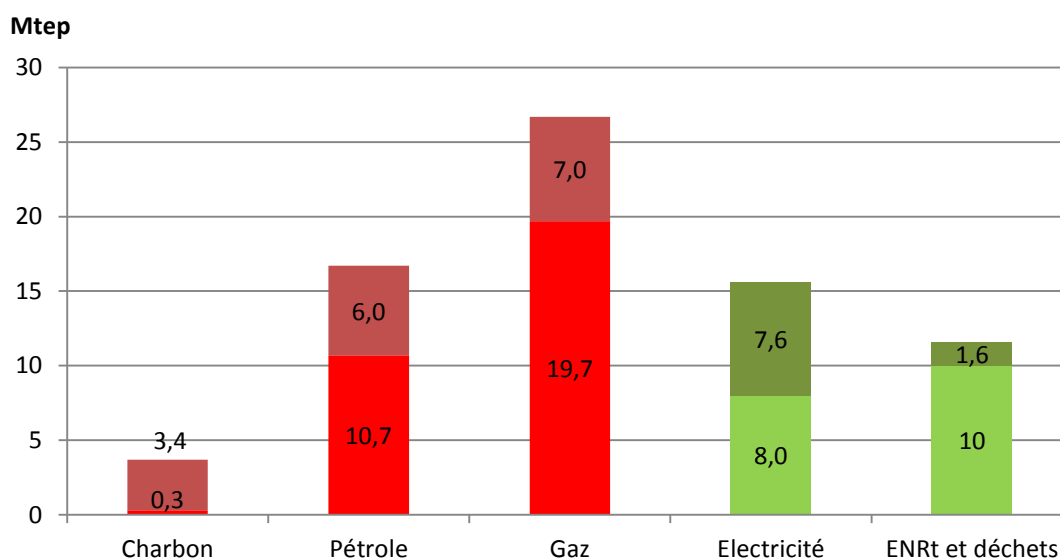
## 1. ETAT DES LIEUX

L'énergie consommée en France en 2012 sous forme de chaleur représente 74,3 Mtep, provenant de deux postes principaux :

- au sein du secteur Résidentiel-tertiaire, qui a consommé en 2012 toutes énergies confondues 68,7 Mtep<sup>2</sup>, la **chaleur** consommée à basse température pour le chauffage des bâtiments et l'eau chaude sanitaire (ECS) se sont élevées à 48,7 Mtep<sup>3</sup> (car il paraît nécessaire de déduire les postes cuisson (4,6 Mtep) et électricité spécifique (éclairage, électro-ménager, informatique, télécom) (15,4 Mtep).
- au sein du secteur Industrie-agriculture, qui a consommé en 2012 toutes énergies confondues 36,5 Mtep selon le même bilan du MEDDE, la proportion de **chaleur** consommée s'élevait selon le CNRS<sup>4</sup> à 70% de ce montant, soit 25,6 Mtep, soit 30% pour les chaleurs à basse température pour le chauffage des locaux, des serres et le séchage, et 40% à haute température pour les fours, les hauts-fourneaux, les chaudières, etc.

Les sources d'énergie pour produire cette chaleur sont très diverses : il peut s'agir d'énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz), d'électricité ou d'énergies renouvelables thermiques (solaire thermique, géothermie, brûlage de biomasse et de déchets). Leur répartition est donnée par les statistiques du MEDDE pour les 48,7 Mtep du poste Chauffage-ECS, mais pas pour les 25,6 Mtep du poste Industrie-agriculture<sup>5</sup> :

Total des chaleurs consommées en 2012 en France dans les deux secteurs  
Résidentiel-tertiaire (statistiques) et Industrie-Agriculture (estimation)  
Total : 74,3 Mtep dont 47,1 Mtep d'énergies fossiles entièrement importées  
Sources : Bilan énergétique de la France pour 2012 et CNRS PIE 2011



<sup>2</sup>Bilan énergétique de la France pour 2012 publié par le Commissariat général au développement durable (CGDD, ministère de l'Ecologie, du développement durable, des transports et du logement) en juillet 2013 adresse : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Bilan-energetique-de-la-France.33703.html>

<sup>3</sup> Chiffres-clés 2012 pour 2011 publiés par le CGDD – le même détail n'est pas disponible pour le bilan 2012 mais le total étant le même, on a repris le même chiffre pour la chaleur

<sup>4</sup> Chiffres du CNRS Programme Interdisciplinaire Energie 2011 dans le rapport intitulé « Le management du vecteur chaleur ».

<sup>5</sup> L'hypothèse faite, faute de mieux, pour l'estimation de la répartition entre types d'énergies est la suivante : 60% utiliseraient des énergies fossiles (industrie), 30% l'électricité (agriculture) et 10% les énergies renouvelables (filrière bois-énergie) (agriculture également).

*Les énergies fossiles (entièrement importées) sont représentées en rouge, les autres en vert.*

La facture énergétique de la France a battu son record en 2012, atteignant 68,7 milliards d'euros et augmentant de 11% par rapport à 2011, selon le rapport « Bilan énergétique France 2012 » du ministère de l'écologie présenté en juillet 2013. A elle seule, la facture énergétique dépasse le déficit commercial de la France », souligne le Commissariat général au développement durable dans ce bilan, et elle représente aussi 3,4% du PIB de la même année. Les énergies fossiles importées constituent l'essentiel de cette facture énergétique. A partir des montants des factures pétrolière (55 G€), gazière (13,5 G€) et charbonnière (10,5 G€), donnés p. 64 du Bilan énergétique 2012, ainsi que les Mtep correspondants (p. 21), la somme consacrée aux seules dépenses de chaleur produite en brûlant de l'énergie fossile (voir tableau ci-dessus) s'élève à  $9,4+9,2+0,1=$  **18,7 milliards €**, soit 27% de la facture énergétique totale.

Or cette dépense pourrait être évitée en partie si on utilisait directement les chaleurs produites et récupérables sur notre territoire. Du point de vue de la création d'emplois, cette couverture des besoins, à partir d'une production nationale, représenterait près de 200 000

emplois directs et au moins autant en emplois indirects, à comparer aux 144 000 emplois (équivalents temps plein) recensés en 2011 pour l'industrie de l'énergie.

## **2. POURQUOI VOULOIR DIMINUER LA CONSOMMATION D'ÉNERGIES FOSSILES POUR SE CHAUFFER ?**

Le chauffage des locaux et la production d'ECS n'ont besoin que de chaleur à basse température, 70- 80°C au maximum. Brûler des hydrocarbures à température de flamme supérieure à 1000 °C constitue un gaspillage du potentiel énergétique. Utiliser les énergies fossiles pour le chauffage, c'est aussi générer des émissions de CO<sub>2</sub> aggravant l'effet de serre, alors que notre pays s'est engagé à réduire ses émissions d'un facteur 4 d'ici 2050<sup>6</sup>. C'est aussi contribuer à créer un déficit du commerce extérieur français, créant ainsi un appauvrissement continu de notre pays. C'est aussi continuer à dépendre de leurs prix, et être, pour leur approvisionnement, tributaires de la conjoncture internationale et d'incidents géopolitiques. Par ailleurs, la substitution de ces énergies carbonées par des énergies renouvelables aurait un effet de création de valeur ajoutée, par les emplois qu'elle engendrerait, et par les économies directes et indirectes produites.

Il est couramment admis que le « rapatriement » en production nationale de 1 milliard d'euros créerait environ 10 000 emplois directs et au moins autant d'emplois indirects. Par ailleurs, ceci contribuerait fortement à stabiliser pour les prochaines années le coût de notre énergie, et à améliorer le solde de notre balance commerciale vers les pays exportateurs de ces énergies. Il s'agit là d'un enjeu d'envergure nationale.

---

<sup>6</sup> Loi 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement (art. 2)

### **3. LA FRANCE DISPOSE D'UN GISEMENT IMPORTANT D'ÉNERGIES DISPONIBLES SOUS FORME DE CHALEUR**

Il existe plusieurs formes d'énergie disponible directement sous forme de chaleur :

- les chaleurs qui peuvent être soutirées de sources ponctuelles à caractère industriel (par ex. centrales électriques, raffineries, cimenteries) ou urbain (incinération de déchets), disponibles en grande quantité, transportables sur de longues distances, et utilisables directement parce que produites à une température supérieure à 100°C;
- les chaleurs dites « fatales », issues de sources ponctuelles à caractère soit industriel (par ex. production agroalimentaire) soit urbain (traitement des eaux usées), disponibles en quantités réduites, transportables sur de faibles distances, et utilisables soit directement soit après recours à une pompe à chaleur, parce que produites à une température bien inférieure à 100°C;
- les énergies renouvelables à caractère ponctuel, dites « thermiques à haute température » (ENRt) (filrière bois –énergie), transportables sur de longues distances, ou basse température (géothermie profonde, géothermie de surface, station de traitement des eaux usées, etc.), transportables sur de plus faibles distances,
- les énergies renouvelables et/ou fatales à caractère dispersé et/ou diffus, dites « thermiques » (chaleur des réseaux d'eau usée, des réseaux d'eau potable, des tunnels, des data centers, des nappes phréatiques, les sources dispersées en milieu urbain, etc...), disponibles en quantités réduites, à basse température, faciles à capturer, et qui peuvent être utilisées localement, soit en direct, soit après recours à une pompe à chaleur.

Ces énergies sont décrites, pour les principales d'entre elles, ci-après.

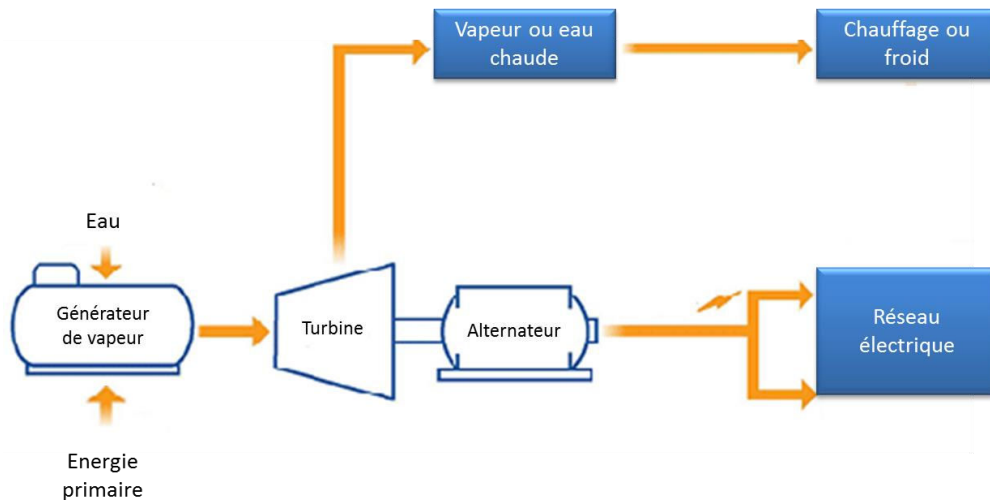
#### ***3.1 Chaleur récupérable issue des installations industrielles de grande capacité***

Cette chaleur récupérable provient en majeure partie des centrales électriques thermiques (nucléaires ou à flamme), auxquelles s'ajoutent des installations comme les raffineries, les aciéries, les cimenteries, etc. Pour simplifier, nous nous en tiendrons au cas de très loin le plus important quantitativement, celui des centrales thermiques. Leur production d'électricité en France a été en 2012 de 479 TWh<sup>7</sup>, équivalents à 124,8 Mtep. Selon les lois de la thermodynamique, leur rendement est limité à un peu plus de 30%, le reste étant dissipé sous forme de chaleur perdue. On pourrait donc théoriquement récupérer les deux tiers de cette énergie sous forme de chaleur, soit 82,4 Mtep, ce qui suffirait à chauffer tout le pays (48,7 Mtep) sans faire appel à une quelconque autre énergie.

Toutefois, « en disponibilité pratique » l'analyse est tout autre. La quantité de la chaleur fatale effectivement récupérable en sortie des centrales thermiques doit être très fortement revue à la baisse. En effet, il s'agit de chaleur à basse température (entre 12°C à 25°C supérieure à la température de l'air extérieur), qui n'a permis jusqu'ici que des utilisations locales en direct à basse température : chauffage de serres, d'installations aquacoles ou de locaux (piscines, groupes scolaires, etc.). Pour un usage général, et surtout pour être transportable en réduisant les pertes au maximum, la chaleur devrait avoir une température avoisinant 140°C, ce qui implique un processus de **cogénération** chaleur-électricité, où la chaleur serait extraite en amont, au sein du cycle thermodynamique, et non récupérée en aval, où la température est trop basse.

<sup>7</sup> Chiffres du Bilan énergétique de la France publié par le MEDDE (CGDD) en juillet 2013

De nombreuses réalisations existent à l'étranger. Elles consistent à extraire une partie de la chaleur, dans le cycle basse pression. Une étude d'EDF basée sur ce principe montre que cela pourrait se traduire par une perte de production électrique, équivalente en MWe à 20% de la chaleur extraite (en MWth). Par ex. une centrale de 900 MWe pourrait produire 100 MWth à 140°C moyennant une perte de production de 20 MWe. Pour un MWe vendu à 75 €, cela mettrait le MWh thermique à 140°C cogénéré au prix de  $75 \times 20\% = 15$  €.



Il est intéressant de noter que de nombreux pays d'Europe et d'Asie ont déjà mis en oeuvre cette « cogénération thermo électrique » pour le chauffage urbain : Bulgarie, Chine, Hongrie, Roumanie, Russie, Slovaquie, Suisse (centrale de Beznau), Tchéquie, Ukraine. Il s'agit certes de pays à climat continental, mais la France possède aussi des territoires soumis à ce climat (Lorraine, Alsace, Lorraine, Franche-Comté, Auvergne, Limousin).

Il doit être répété ici que nous ne sommes plus dans le cas de « rejets thermiques » gratuits, objet de l'article 4 du décret 81-542 du 13 mai 1981, mais dans le cas de **prélèvements de chaleur**, objets de l'article 5 du même décret qui précise : « le prix de vente de la chaleur fournie par Electricité de France par prélèvement sur une unité de production qui fonctionne normalement pour alimenter le réseau électrique national ne peut excéder le prix de cession, au même moment et au même endroit, de l'énergie électrique que cette chaleur aurait permis de produire ». Il semble que ce soit le cas dans l'exemple que l'on vient de citer mais cela demande à être confirmé.

De plus, il faut noter que les investissements nécessaires pour l'extraction des calories à moyenne température sont à l'évidence plus lourds pour les installations existantes que pour les installations neuves.

***Dans ces conditions, une première recommandation serait de prendre en compte la possibilité de la cogénération lors de la construction d'installations neuves et peut-être de la rénovation en profondeur d'installations existantes. En parallèle, il est suggéré que la chaleur ainsi utilisée, puisse être vendue au coût de sa production, et que cela s'inscrive clairement dans le dispositif législatif, probablement en amendant ou en complétant le décret 81-542 du 13 mai 1981.***

Cette cogénération suppose aussi de développer massivement des **réseaux de chaleur**, afin de transporter d'abord, de distribuer ensuite, la chaleur aux utilisateurs, avec toute la sécurité nécessaire. Au niveau de la distribution, notamment, le développement des réseaux de

chaleur dans un habitat urbain existant représente un investissement de long terme, et surtout rendu difficile par la lourdeur des travaux nécessaires (détérioration des chaussées, difficultés de circulation, coût...).

Il s'y ajoute des contraintes de saisonnalité : la chaleur en question est produite tout au long de l'année, alors que le chauffage des bâtiments n'est nécessaire que 6 à 7 mois sur 12. D'autre part, les minima inattendus de température entraînent des pics de demande, pendant lesquels il est nécessaire de mobiliser des quantités importantes de chaleur sur une courte période. Pour le bon emploi des chaleurs soutirées, il apparaît donc judicieux,

- d'une part de prévoir un stockage de chaleur permettant de « lisser » les flux sur l'année et dont la technologie s'appuie sur des puits géothermiques semi-profonds (100 m)(cf §5)
- d'autre part de les compléter par une source calorifique d'appoint locale et mobilisable rapidement pour faire face à une demande extrêmement fluctuante pendant la période de chauffe.

On voit donc que la récupération des chaleurs émises par les installations industrielles de grande capacité suppose une série importante d'investissements et de coûts de fonctionnement :

- le coût de l'extraction de la chaleur (au prix d'une perte de production électrique)
- l'investissement dans les réseaux de transport de chaleur à grande capacité (pour les installations situées à grande distance des agglomérations (<100 km),
- l'investissement dans les réseaux de distribution à l'intérieur des agglomérations consommatrices,
- l'investissement pour le stockage de chaleur, dont la technologie doit être confirmée, en raison de la saisonnalité du chauffage résidentiel et tertiaire,
- le recours à une source de chaleur locale et au stockage momentané ou saisonnier, disponible pour répondre aux pics de demande de chaleur et à la saisonnalité du chauffage résidentiel et tertiaire.

Ces éléments économiques feront l'objet d'une évaluation au §5, assortie d'une recommandation.

### ***3.2 Autres chaleurs fatales ou ENR thermiques récupérables sur le territoire national***

Les autres chaleurs récupérables, mais sans doute en moins grande quantité, et les énergies renouvelables thermiques sont :

- le potentiel des eaux résiduaires (réseaux et stations de traitement des eaux usées, avec un potentiel de 2 à 4 Mtep à développer),
- le potentiel de la géothermie (aujourd'hui 0,1 Mtep seulement mais potentiel de 1 à 2 Mtep à développer),
- le potentiel de l'incinération des déchets urbains renouvelables (1,2 Mtep en 2011, mais croissance faible attendue en raison des contraintes écologiques),
- le potentiel du solaire thermique pour l'ECS, dont la production est de 0,06 Mtep en 2011 mais dont le développement pourrait atteindre 5 Mtep en 2050<sup>8</sup>.

Le total correspondant (énergie supplémentaire sous forme de chaleur) pourrait ainsi se situer entre 9,2 et 12,2 Mtep en 2050.

On a vu que le stockage en sous-sol, lorsqu'il est possible économiquement et géologiquement, doit être encouragé. Ce recours au stockage local dans le sous-sol, à l'aide de

---

<sup>8</sup> Avis du GT Solaire transmis au CGEDD et au CGEIET le 12 septembre 2012.



puits géothermiques, peut aussi être intégré dans la partie Voirie et Réseaux Divers (VRD) au moment de leur réalisation. Ainsi, lors de la commercialisation des terrains aménagés par les collectivités territoriales, la solution du mode de chauffage est alors imposée et optimisée.

Quant aux réseaux de chaleur basse température à trois tubes, ils devraient faire partie intégrante de l'aménagement des travaux VRD, comme c'est aujourd'hui le cas avec les réseaux d'eau pluviale, de câbles, de fibres optiques, etc. : les VRD devraient aussi inclure la distribution de la chaleur. Ainsi le coût du réseau de chaleur, s'il est inclus dès l'origine, sera minimisé car le coût de fourniture des tubes et leur raccordement aux immeubles ne représentent qu'un très faible surcoût dans la construction des VRD, évalué à moins de 5%. Rapporté au prix de vente des terrains, ce surcoût ne dépassera pas quelques pourcents.

***Pour tous les aménagements neufs, il est donc recommandé d'intégrer, dans les travaux VRD, à la fois la construction de réseaux de chaleur basse température et celle de dispositifs de stockage de chaleur (saisonnier ou de régularisation) à l'aide de puits géothermiques, afin d'optimiser leur coût.***

Dans les villes, avec un bâti existant hétérogène, les solutions seront beaucoup plus diverses. Lorsque cela est possible, l'extension de proximité d'un réseau de chaleur existant reste souvent la solution la plus économique.

De même, l'utilisation du réseau d'assainissement urbain permet le transport de chaleur au sein d'une ville, sans avoir à poser de nouveaux réseaux de transport de chaleur. La recharge en chaleur des eaux usées, en période hivernale d'environ une dizaine de degrés Celsius, tout en les maintenant au-dessous des 25 à 30°C réglementaires, constitue une solution innovante et performante. Elle présente aussi le bénéfice d'envoyer vers la station d'épuration une eau à une température plus propice à un développement microbologique rapide, contribuant ainsi directement à l'économie du traitement des eaux usées.

***Dans les tissus urbains existants, il est recommandé l'extension de proximité d'un réseau de chaleur déjà installé, qui reste souvent la solution la plus économique ; à défaut, l'utilisation du réseau d'assainissement urbain existant peut être pratiquée, en récupérant alors la chaleur des eaux usées à l'aide de pompes à chaleur (voir ci-dessous), et en pratiquant des recharges avec des chaleurs fatales de proximité et disponibles.***

### **3.3 Le cas des sources de production de chaleur dispersée et diffuse (eaux usées)**

Les premières ressources diffuses proviennent des bâtiments eux-mêmes, notamment des extractions d'air. La récupération des calories sur ces sources ponctuelles avec un recyclage au sein même du bâtiment constitue une évidence. Lorsque cela est possible, il en est de même avec les eaux usées produites.

Dans les milieux urbains, de nombreuses sources de chaleur sont disponibles : data centers, halls commerciaux, petites industries locales d'origine agro-alimentaire, laveries industrielles, etc. Une bonne connaissance du caractère de leurs émissions de chaleur constitue un préalable, afin de définir les meilleures solutions de leur capture, de leur transport et de leur réutilisation.

En particulier les **réseaux d'eau usée** constituent un vecteur prometteur et plein d'avenir pour ce transport, dès lors que la température des eaux usées respecte les critères de température habituelle pour leur transport dans les réseaux d'assainissement public.

Pour la desserte en énergie des quartiers anciens, dans de nombreux cas, la mobilisation des calories des eaux usées en amont d'une pompe à chaleur constitue une solution décarbonée économique pour assurer la production de chaleur pour le chauffage et l'ECS. La technologie est maintenant bien établie, sa généralisation doit être encouragée au niveau d'ilots urbains, de quartiers, voire de parties d'une ville, avec recharge des calories pour le vecteur « eaux usées » et reprise en aval de ces mêmes calories, en fonction des sources de production et de demande.

De même, la chaleur des nappes phréatiques, captées et transportées par l'eau pompée, de même que la chaleur du sous-sol captée et transportée par de l'eau calo-porteuse vers une ou plusieurs pompes à chaleur, peut permettre de fournir en chaleur des réseaux de chaleur locaux. Des réseaux permettant d'alimenter sur ce modèle, suivant la ressource disponible, plusieurs milliers de logements, ont déjà été installés avec succès.

On observe ainsi que la combinaison de plusieurs sources d'énergie renouvelables permet alors une optimisation intelligente des systèmes.

La flexibilité de la mobilisation des ressources en chaleur dispersée n'est possible que dans la mesure où il est fait appel à une **récupération centralisée**, en amont d'une pompe à chaleur, permettant ainsi de délivrer la chaleur produite à l'aide d'un réseau de chaleur à basse température assurant une température de 55°C à 65°C pour l'ECS dans un tube, une température de 40°C à 50°C dans le second tube pour le chauffage basse température, et le troisième tube servant au retour vers la pompe à chaleur des deux sources décrites ci-dessus, après leur mobilisation.

Par ailleurs, l'utilisation de pompes à chaleur réversibles permet d'assurer le chaud en hiver et le froid en été. En effet, le tuyau de chauffage peut être utilisé pour transporter une eau froide, avec une température comprise entre 3 et 5°C, assurant alors le rafraîchissement des planchers pendant l'été.

Les coûts de mobilisation des chaleurs fatales des eaux usées sont très variables car ils dépendent directement de la difficulté à capter et transporter ces énergies fatales vers la pompe à chaleur. Il est à noter que lorsque les 50% en énergie renouvelable sont atteints, le taux de la TVA descend à 5.5%, ce qui engendre une économie perceptible pour l'utilisateur. Le second problème rencontré provient du coût d'amortissement du réseau de chaleur. Ce coût est actuellement amorti par les premiers utilisateurs, et non réparti sur le prix du terrain lors de l'achat du foncier, contrairement aux réseaux d'eau potable ou d'assainissement, ou même du réseau de gaz ! On ne compare pas des choses équivalentes.

En supposant qu'il soit fait abstraction du coût des réseaux de distribution de chaleur, alors les coûts sont de l'ordre de 50 à 80 €/MWh pour la chaleur des eaux usées en sortie de pompes à chaleur. Lorsqu'il s'agit de chaleur industrielle beaucoup plus chaude, sans besoin de pompes à chaleur, les coûts sont plus faibles, avant transport, de l'ordre de 10 € à 20 €/MWh.

***Compte tenu de l'intérêt présenté par ces récupérations locales de chaleur, en particulier de leur coût modéré, il est recommandé d'abord de faire l'inventaire local des émissions de chaleur existantes (eaux usées, extractions d'air des bâtiments, data centers, laveries industrielles, nappes phréatiques, sous-sol, etc.), ensuite de promouvoir les technologies ad hoc en les combinant en vue d'une optimisation intelligente des systèmes.***

### **3.4 Energie renouvelable thermique issue de la filière bois-énergie**

La filière bois-énergie est déjà largement utilisée en France depuis ... toujours. Le couvert forestier français, dit de production (peupleraies exclues), s'élevait à 15,5 Mha en 2009<sup>9</sup> et représente un des plus importants couverts forestiers d'Europe (le 4<sup>e</sup> d'Europe<sup>10</sup> après la Suède, la Finlande et l'Espagne). Il a connu une progression de 16% pendant les 30 dernières années (1979-2009) et continue à s'étendre. La filière bois-énergie, quant à elle, a connu une forte progression (13%) de 2009 à 2010<sup>11</sup>, mais une diminution équivalente en 2011 (cf. conditions climatiques), passant de 10,2 Mtep à 8,9 Mtep. D'autre part, plusieurs facteurs contribuent à freiner son essor : le statut majoritairement privé et morcelé de la forêt française qui conduit à une sous-exploitation, l'organisation de la filière d'approvisionnement avec un prix stable, le problème créé par l'émission de particules fines, qu'il faudra tôt ou tard prendre en compte avec un traitement approprié, renchérissant ainsi fortement l'économie du système.

Pourtant, les démarches entreprises pour l'atténuation du changement climatique replacent la forêt au cœur des débats. Le développement des usages du bois et de la biomasse est vertueux, car il réduit les émissions des gaz à effet de serre par leur séquestration en forêt, la substitution aux énergies fossiles et le stockage de carbone dans les produits bois.

Il semblerait donc réaliste de lui appliquer à l'avenir une progression « raisonnable » de 5% par an, ce qui est déjà beaucoup, et conduirait à un potentiel de 13,8 Mtep en 2020. Au-delà de 2020, ce potentiel devrait sans doute plafonner à 15 Mtep<sup>12</sup> pour rester compatible avec le renouvellement de la forêt française et aussi parce que plusieurs facteurs structurels et techniques contribuent à freiner son essor : l'absence de filière réelle et le statut privé et morcelé de la forêt française qui conduit à une sous-exploitation, l'organisation de la filière d'approvisionnement avec un prix stable, le problème créé par l'émission de particules fines, qu'il faudra tôt ou tard prendre en compte avec un traitement approprié, renchérissant ainsi fortement l'économie du système. Par rapport à 2011, cela représenterait un complément de 6,1 Mtep.

***Compte tenu de l'atout que représente la filière bois-énergie dans la production de chaleur renouvelable et des décisions politiques prises depuis le Grenelle de l'environnement (2007), il est recommandé de maintenir les efforts en cours, voire de proposer de nouvelles mesures, telles que la collecte et la transformation du bois en produits énergétiques industriels.***

### **3.5 Impact de l'isolation des bâtiments dans l'évolution de la consommation de chaleur**

En convergence avec la récupération des chaleurs « fatales » ou l'exploitation des chaleurs renouvelables, l'isolation croissante des bâtiments, requise par l'application de la RT 2012, devrait contribuer à faire diminuer fortement la consommation de chaleur : selon les objectifs du Grenelle II repris par l'Ademe<sup>13</sup>, en 2050, 27 millions de logements (construits avant 2020) verraient leur consommation passer de 240 à 130 kWh/m<sup>2</sup> (soit -37%) et 9 millions de logements « neufs » consommeraient moins de 100 kWh/m<sup>2</sup>. D'où une diminution de consommation énergétique anticipée de 2010 à 2050 par l'Ademe, à 34,6 Mtep pour le secteur Résidentiel-tertiaire (soit plus de 50% !), à 9,0 Mtep pour l'industrie, et à 1,6 Mtep pour

<sup>99</sup> Données fournies par l'Inventaire forestier national en décembre 2012 (supplément d'IGN Magazine sur l'information forestière).

<sup>10</sup> Statistiques du ministère de l'Agriculture et de la Forêt : [http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Forets\\_en\\_Europe\\_tableau.pdf](http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Forets_en_Europe_tableau.pdf)

<sup>11</sup> Chiffres-clés des énergies renouvelables publiés par le MEDDE (CGDD) en juin 2013

<sup>12</sup> A noter que l'Ademe, dans sa « Contribution à l'élaboration de visions énergétiques 2030-2050 », daté du 8 novembre 2012, estime ce plafond à 18 Mtep.

<sup>13</sup> Document Ademe déjà cité intitulé « Contribution de l'Ademe à l'élaboration de visions énergétiques 2030-2050 » et daté du 8 novembre 2012.

l'agriculture. Pour ces deux derniers postes (industrie et agriculture), ils sont évalués toutes énergies confondues ; on a vu au début que la chaleur représente 70% de l'énergie consommée. L'économie de consommation en chaleur serait donc de  $10,6 \text{ Mtep} \times 0,7 = 7,4 \text{ Mtep}$ . L'investissement nécessaire pour atteindre ces économies des secteurs industrie et agriculture n'est pas connu aujourd'hui.

Pour les bâtiments et le tertiaire, l'économie de chauffage-ECS évaluée par l'Ademe nous paraît devoir être réduite : en effet, l'investissement correspondant aux quelque 27 millions de logements à isoler datant d'avant 2020<sup>14</sup>, représenterait environ 540 G€ (soit 15 G€ par an d'ici 2050 !), ce qui rend cet objectif largement irréaliste. Il serait sans doute plus raisonnable de **diviser cet objectif au moins par 2**, soit une économie d'énergie pour le chauffage-ECS de 25% en 2050 : la consommation passerait alors de 48,7 Mtep en 2011 à 31,4 Mtep (baisse de 17,3 Mtep), moyennant un investissement de l'ordre de 270 G€ d'ici 2050, soit environ 7,7 G€ par an.

Au total la part de consommation d'énergie sous forme de chaleur en 2050 baisserait de 17,3 (isolation des bâtiments) + 7,4 (économies en industrie-agriculture) Mtep, soit 24,7 Mtep, de 2011 à 2050, passant donc de 74,3 aujourd'hui à **49,6 Mtep** en 2050.

#### **4. PRINCIPES D'UNE CONCEPTION GLOBALE D'UN SYSTEME OPTIMISE**

La diversité et la variabilité des chaleurs fatales ou renouvelables disponibles conduit à concevoir la notion d'un **système global**, qui permettrait d'optimiser le choix et le dosage des chaleurs fatales ou renouvelables disponibles, en fonction du contexte climatique, temporel, économique et écologique dont on sait qu'il varie constamment.

Lorsque cela est techniquement et économiquement possible, il est proposé de concevoir le système global sur les principes suivants :

- A.** 70 % de la demande annuelle sont assurés par les chaleurs fatales ou des ENR thermiques à débit constant. Un débit constant permet en effet d'avoir une utilisation optimale de ces sources.
- B.** 30% de la demande annuelle, pour répondre aux grandes et rapides fluctuations de la demande en période hivernale, sont satisfaits localement par des chaudières à flamme, par exemple avec 15 % d'énergies fossiles et 15% de biomasse, ou de l'électricité ou encore d'autres chaleurs fatales ou ENR thermiques à caractère local.
- C.** Un lissage de la demande de chaleur, pour permettre de convertir les 70% répartis sur les 12 mois de l'année en 70% répartis sur les 6 mois (environ) de chauffage (d'octobre à mars), nécessite un stockage saisonnier de chaleur (SSC). Par définition ce SSC stocke de la chaleur non utilisée l'été et la restitue l'hiver. Il joue également un rôle pour écrêter les pics de demande ou de production éventuels. La capacité du SSC est déterminée par ajustement entre la production et la demande.

*Il apparaît indispensable de faire évoluer les modes de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire vers un mix de chaleurs fatales ou renouvelables, formant un système cohérent, pouvant être géré en fonction de la conjoncture (offre et demande de chaleur) et optimisé en coût et en efficacité.*

<sup>14</sup> À raison d'un prix moyen de 20 k€ par logement pour passer de 240 kWh/m<sup>2</sup>/an à 130 kWh/m<sup>2</sup>/an, soit -37% de consommation.

## **5. EVALUATION ECONOMIQUE DU CHAUFFAGE PAR RESEAU DE CHALEUR « FATALE » OU RENOUEVELABLE**

S'il a le choix, le consommateur utilisera la chaleur fournie par les réseaux de chaleur s'ils lui coûtent moins cher que l'énergie fossile. Il est donc logique d'essayer d'évaluer le coût unitaire du MWh thermique issu des chaleurs fatales ou renouvelables, en le comparant au coût utilisant les énergies fossiles.

On a vu que l'utilisation de la chaleur issue des installations industrielles de grande capacité s'assortissait des coûts de récupération, de transport, de distribution, de stockage et de source additionnelle d'énergie. Une évaluation de ces coûts a été tentée par une équipe de chercheurs de Grenoble, soutenue par le programme Energie du CNRS et avec le concours du CETHIL (Laboratoire INSA et CNRS de Lyon) pour les calculs thermiques concernant le remplissage du stockage et le déstockage. Voici des ordres de grandeur cités par celle-ci, pour une agglomération de 500 000 habitants, consommant 3,17 TWh/an (on trouvera les justificatifs des résultats en annexe). Selon les principes énoncés précédemment, 70% de cette énergie pourrait être obtenue grâce à la chaleur extraite d'installations industrielles de grande capacité, soit 2,22 TWh/an, le reste 0,95 TWh/an étant par des chaleurs locales ou des moyens classiques :

- coût de la chaleur extraite des installations industrielles : on a vu au §3 que le coût était de l'ordre de 15 € le MWh thermique (pour un prix du MWh électrique de 75 €)
- coût annuel du réseau de transport (caloduc) sur 100 km : coût d'amortissement sur 30 ans de l'investissement (coût 3,3%) + coût de fonctionnement (prix égal à 6,7% soit 2/30 de l'investissement initial) total 3/30 soit 10% : investissement estimé à 300 M€, donc coût annuel 30 M€, rapporté au MWh thermique :  $30/2,22 = 13,5€$  par MWh thermique.
- coût annuel du réseau de distribution en milieu urbain : même mode de calcul que pour le réseau de transport : 450 M€ d'investissement (ville de 500 000 hab), coût annuel (amortissement + fonctionnement) : 45 M€, soit 21€ le MWh thermique.
- coût annuel du stockage (5 mois sur 12) : 18 000 puits de 100 m de profondeur, analogues aux puits de géothermie semi-profonde avec circulation d'eau ; chaque puits occupe 10 m<sup>2</sup>, surface totale 18 ha ; coût unitaire 10 k€, coût total 180 M€, coût annuel 18 M€, coût unitaire du MWh thermique :  $18/2,22 = 8,1 €$ .
- Il convient d'ajouter la charge d'actualisation (taux proposé : 10%) sur les trois derniers postes.

Ainsi, pour la part de chaleur utilisée directement à partir des chaleurs fatales issues des installations industrielles, le coût du MWh thermique s'élèverait hors actualisation entre 50 € et 58 € avec stockage ( $=15+13,5+21+8,1$ ) à comparer au coût du MWh thermique actuel issu des énergies fossiles : 43 € pour le gaz naturel, 48 € pour le fioul.

***Le coût du MWh thermique utilisant les chaleurs « fatales » ou renouvelables issues à 70% d'installations industrielles à grande capacité apparaît donc comme assez voisin de celui relatif à la combustion des énergies fossiles. L'utilisation de ces chaleurs dispose en outre de deux atouts considérables par rapport aux énergies fossiles : l'absence d'émission de CO<sub>2</sub> et l'absence d'importation d'hydrocarbures pour le chauffage, qui grève de 18,7 G€ notre commerce extérieur.***

***Il est donc recommandé que cette première évaluation soit approfondie et si possible validée.***

## **6. FINANCEMENT DU CHAUFFAGE PAR RESEAU DE CHALEUR « FATALE » OU RENOUEVELABLE**

Les chiffres précédents semblent encourageants. Pour autant, cela ne suffit pas pour déclencher la mutation souhaitée.

En effet, il ne suffit pas d'avoir des coûts équivalents (ou même inférieurs, si le cours actuel des énergies fossiles augmente) pour déclencher une mutation aussi radicale. Le changement a d'ailleurs lui-même un coût.

C'est là que peut intervenir la fiscalité sur le CO<sub>2</sub>, en cohérence avec l'European Emission Trading System (ETS) et l'engagement des Etats-membres de l'UE pour la diminution des émissions de gaz à effet de serre (2020 : -20%, 2050 : -75%).

L'impact sur le coût de l'énergie « chaleur », à l'échelle du pays, relève de la réglementation, et/ou d'un ajustement de la fiscalité sur le CO<sub>2</sub> et de sa redistribution à travers des aides directes et indirectes à mettre en place pour favoriser l'utilisation de ces énergies locales françaises.

Au préalable, il devrait être mis en évidence puis corrigés certains "détournements" effectués de différentes façons sur la commercialisation de l'énergie des réseaux de chaleur par une partie des collectivités locales. Les formes de ces "détournements" sont aussi diverses que peu apparentes : vente avec un bénéfice indu de la chaleur des usines d'incinération (qui devrait être vendue au coût marginal de sa récupération), redevances pour occupation de la voirie et autres (contrôle), tarif très préférentiel pour les bâtiments municipaux, etc. C'est là que réside une des principales raisons du faible développement des réseaux de chaleur en France.

Quant à la taxation additionnelle, elle permettrait de prendre en compte la volatilité du prix des énergies fossiles importées et l'absence de valorisation des émissions de CO<sub>2</sub>. C'est par le biais de la réglementation qu'il sera possible de contraindre les aménageurs à prévoir dans leur conception des nouveaux aménagements urbains, la distribution de la chaleur, lors de la construction des voiries et réseaux divers (VRD), au même titre que les autres réseaux, déjà intégrés dans le prix de vente des terrains aménagés. Aujourd'hui, dans les villes existantes, le montant de la construction, ou de l'extension des réseaux de chaleur représente un coût difficile à amortir économiquement avec les critères classiques (20 à 30 ans) par le biais du coût de l'énergie facturé au client, alors que la durée de vie de cet investissement est très élevée (de 50 à 100 ans). Il faut aussi noter que la problématique n'est pas la même, dans notre pays, selon que les bâtiments à chauffer se trouvent au nord ou au sud, à l'ouest ou à l'est de la France ; de même l'impact de l'altitude est sensible. Un différentiel important dans le nombre de degrés-jours apparaît entre ces positions géographiques. Les solutions choisies doivent en tenir compte.

Enfin, il est à noter que la fiscalité sur le CO<sub>2</sub> peut constituer une solution, sous réserve qu'elle soit entièrement reversée à l'aide nécessaire pour accélérer le développement des réseaux de chaleur et la mobilisation des énergies fatales, et dans des conditions plus réactives que celles constatées aujourd'hui dans le fonctionnement du fond chaleur de l'Ademe. Le principe « pollueur-payeur » retenu dans les années 1970 pour lutter contre la pollution des eaux ne doit pas être oublié et mériterait d'être copié pour l'énergie, sous des formes modernisées.

Avec le temps, le choix des réseaux de chaleur pour transporter les énergies thermiques fatales ou renouvelables est porteur d'avantages, car le coût de l'énergie fournie est a priori bien maîtrisé, et ne peut qu'être bénéfique demain aux usagers. Encore faut-il se projeter sur un coût complet sur une période d'amortissement des équipements installés, soit d'au moins 30 ans pour les réseaux de chaleur, et ne pas se focaliser uniquement sur le coût d'investissement initial.

***En matière de financement de la récupération des chaleurs fatales ou renouvelables et de la construction de réseaux de chaleur, il est donc recommandé à la fois d'identifier et de corriger certains détournements de recettes de la commercialisation de l'énergie des réseaux de chaleur, et de développer la taxation des émissions de CO<sub>2</sub> selon le principe pollueur = payeur. Cette taxation devrait être exclusivement affectée à son objet, et la réglementation devrait être modifiée pour que la distribution et le stockage de chaleur soient pris en compte dans la construction des VRD des aménagements neufs.***

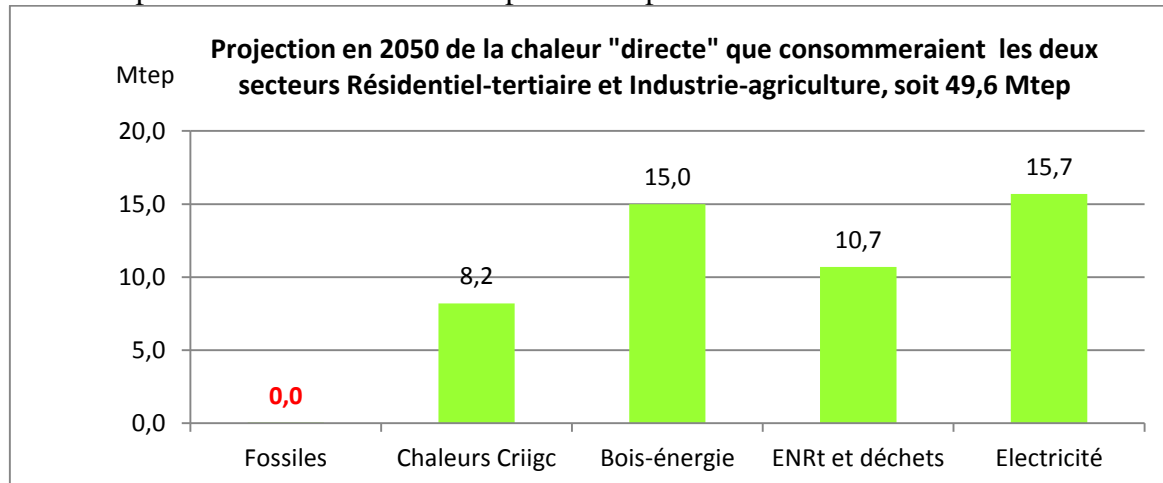
## **7. ESSAI DE PROJECTION EN 2050 DES CHALEURS « DIRECTES » REpondant AUX BESOINS FRANCAIS**

Il paraît souhaitable de traduire les éléments exposés ci-dessus en une projection en 2050 des énergies utilisables directement sous forme de chaleur, avec comme objectif de viser à la substitution des énergies fossiles importées.

Pour ce qui est des chaleurs fatales ou renouvelables disponibles localement, l'évaluation a été faite aux paragraphes 3.2 (filrière bois-énergie : 15 Mtep) et 3.3 (autres énergies fatales ou renouvelables : entre 9.2 et 12.2 Mtep). On choisit la moyenne 10,7 Mtep pour cette dernière filière.

Pour ce qui est des chaleurs fatales issues des installations industrielles, on a vu qu'elle est plus difficile à évaluer, étant donnés les nombreux paramètres en jeu, à commencer par l'effet de seuil : agglomération significativement peuplée ; distance des installations de cogénération inférieure à 100 km, limitation aux installations à construire d'ici 2050, etc. Une hypothèse réaliste serait de ne récupérer que 10% de la chaleur disponible (82,4 Mtep cf. §3.1), soit 8,2 Mtep, ce qui reste un ordre de grandeur purement indicatif.

Si l'on vise à supprimer entièrement l'utilisation d'énergies fossiles à l'horizon 2050, alors la répartition des chaleurs de remplacement pourrait être la suivante :



Criigc = Chaleur extraite des installations industrielles à grande capacité

**L'ensemble des dépenses de chauffage pourrait ainsi être couvert en 2050 uniquement avec des chaleurs disponibles sur le territoire national. Il ne serait plus nécessaire d'importer d'énergies fossiles pour le chauffage du secteur habitat-tertiaire ni du secteur industrie-agriculture.**

NB : Le niveau de l'électricité consommée sous forme de chaleur pour les deux secteurs (résidentiel-tertiaire et industrie-agriculture) resterait en 2050 du même ordre qu'en 2012.

## **8. CONCLUSION ET SYNTHÈSE**

Une part importante des énergies fossiles importées par notre pays (27% de la facture énergétique, soit 18,7 G€) sert uniquement à être brûlée pour chauffer nos bâtiments et notre eau chaude sanitaire, produire de la chaleur pour nos industries, nos serres etc. Cette situation constitue un triple paradoxe :

1. on brûle des hydrocarbures à température de flamme supérieure à 1000 °C pour chauffer à basse température 70-80 °C (gaspillage de potentiel énergétique).
2. on continue à émettre des gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>) de façon importante.
3. on prolonge le déséquilibre de la balance de notre commerce extérieur.

L'utilisation de la chaleur disponible directement sur notre territoire éviterait ces trois inconvénients.

En effet la France dispose d'une réserve importante de « chaleurs fatales » (issues d'installations industrielles, urbaines ou simplement locales) ou renouvelables (énergies thermiques<sup>15</sup>) dont l'ampleur pourrait [largement] contribuer à couvrir les besoins décrits plus haut. Il est possible d'imaginer des solutions de collecte afin que cette réserve de chaleurs récupérables ou renouvelables soit transportée et distribuée efficacement. Il s'agit dès lors de se préparer à constituer des systèmes intégrés et optimisés, gérant en permanence le mix énergétique de ces chaleurs en fonction des besoins et des coûts.

Plusieurs recommandations peuvent être émises dans ce cadre :

1. Recenser au niveau national les gisements de chaleurs fatales et les besoins en chaleur en les qualifiant et les localisant. Ce recensement doit prendre en compte le niveau de température, la nature du fluide chaud (liquide, solide, gaz) et ses propriétés d'encrassement, de corrosion ou d'érosion, ainsi que la dynamique de production de cette chaleur fatale (continu, cycle programmé, journalier, saisonnier, aléatoire...). La localisation des gisements et notamment la proximité de consommateurs locaux en quantité suffisante pour consommer le flux, voire de réseaux de chaleur existants doit faire partie de cette analyse. L'espérance de vie résiduelle du site producteur de chaleur fatale est aussi un élément à prendre en compte dans cette analyse.
2. Pour les installations industrielles dont la production de chaleur est considérable, prévoir d'intégrer le processus de récupération voire de cogénération dans le cadre de la construction d'**installations neuves**, voire de la rénovation en profondeur d'installations existantes.

---

<sup>15</sup> Telles qu'énoncées p. 54 dans le Bilan annuel 2012 du MEDDE (paru en juillet 2013) sur les ENR thermiques : solaire thermique, géothermie profonde, pompes à chaleur, biomasse solide (bois-énergie, déchets urbains, déchets agricoles), biogaz.



3. Pour la récupération de certaines **chaleurs locales**, telles que eaux usées, extractions d'air des bâtiments, data centers, laveries industrielles, etc., promouvoir des technologies spécifiques en les combinant en vue d'une optimisation intelligente des systèmes.
4. Pour les réseaux de distribution de chaleur dans tous les aménagements neufs, rendre obligatoire la réalisation de réseaux de chaleur à basse température (<100°C) dans les travaux de VRD, de façon à minimiser leur coût. La technique du réseau trois tubes devrait être retenue, étant celle préférable pour distribuer des chaleurs à basse température issues de pompes à chaleur, ou en direct lorsque les sources de chaleur s'y prêtent.
5. Pour les réseaux de distribution de chaleur dans le tissu urbain existant, il est recommandé l'extension de proximité d'un réseau de chaleur déjà installé, qui reste souvent la solution la plus économique ; à défaut, le réseau d'assainissement urbain existant peut être utilisé, en récupérant alors la chaleur des eaux usées, qu'il convient de recharger, lorsque possible, avec des chaleurs fatales de proximité, avec ou sans l'aide de pompes à chaleur.
6. Développer les technologies de stockage local d'énergie provenant des sources continues de chaleur « fatale », soit pour des raisons de saisonnalité (pendant l'été), soit afin de régulariser les pics de demande ou de production. Ce stockage devrait s'appliquer aussi bien aux installations industrielles de grande capacité, qu'aux sources locales diffuses comme les eaux usées ou l'incinération des déchets. Il pourrait être réalisé à l'aide de sondes géothermiques, et intégré aux travaux de VRD au moment de leur exécution. Ainsi, lors de la commercialisation des terrains aménagés par les collectivités territoriales, la solution du mode de chauffage serait imposée et optimisée.
7. En matière de financement, il est recommandé de développer la taxation des émissions de CO<sub>2</sub>, selon le principe pollueur = payeur et exclusivement affectée à son objet. En parallèle, il devrait être procédé à l'élimination de certains « détournements » effectués de différentes façons lors de la commercialisation de l'énergie des réseaux de chaleur par des collectivités locales. Enfin la réglementation devrait être modifiée pour que la distribution et le stockage de chaleur soient pris en compte dans la construction des VRD des aménagements neufs.

Une approche volontariste sur les plans règlementaire et incitatif, avec des objectifs affirmés de couverture des besoins par paliers raisonnablement fixés sur des périodes de 5 à 10 ans, permettrait ainsi d'avancer vers la mobilisation de ces énergies abondantes et aujourd'hui perdues.