

# Chauffage: le b-a-ba des gaspillages entropiques

par Louis Rougnon Glasson

## A - Les objectifs du présent article sont les suivants:

1°) **Expliquer** le plus simplement possible ce que sont:

- a) les **pertes entropiques**,
- b) la **cogénération** et pourquoi elle économise les ressources énergétiques beaucoup mieux que ne peuvent le faire tous les autres chauffages, y compris la pompe à chaleur,
- c) la signification très concrète de la grandeur mystérieuse appelée **entropie**,
- d) ce que serait un chauffage sans production d'entropie
- e) comment la **nouvelle référence** des chauffages sans production d'entropie remplace celle des chauffages sans perte d'énergie, et comment cette nouvelle référence balaie **l'illusion d'une perfection** qui serait atteinte avec des rendements énergétiques de 100%.

2°) **Dénoncer** une politique énergétique où la cogénération est laissée de côté, alors qu'elle constitue, et de loin, le chauffage le plus économique en ressources énergétiques.

3°) **Narguer la censure** pratiquée par les médias scientifiques et notamment par Wikipédia, une censure qui est allée jusqu'à faire disparaître d'un coup, fin janvier 2011, le blog Ortograf Nouvelobs, qui consacrait beaucoup d'articles à cette question.

*Noter que cette censure connaît désormais une entorse remarquable. C'est une série d'articles consacrés à cette question et que l'on peut consulter dans l'encyclopédie contributive Larousse en ligne.*

On s'est appliqué ici à rester compréhensible par le public le plus large. Pour une étude plus approfondie, se reporter à l'encyclopédie contributive Larousse en ligne ou aux rubriques « entropie » du site Alfograf.

## B - La bataille de l'entropie

Face à la censure qui cache la réalité des gaspillages entropiques dans les appareils de chauffage et la nécessité de développer la cogénération pour réduire ces pertes, un grand nombre d'articles sur le même sujet a été rédigé par ailleurs sur un ton provocateur ou polémique.

On peut les charger facilement sur internet et éventuellement les rediffuser par photocopie. Ils relèvent de ce qu'on peut appeler la bataille de l'entropie.

Ce sont par exemple:

« Chauffage: le vieil idéal du rendement 100% est dépassé depuis longtemps »

« La cogénération « oubliée » au Grenelle de l'environnement »

« Les trois rendements d'une pompe à chaleur » ( rendement énergétique, rendement maximum théorique, rendement relatif ) (2007)

« Une chaufferie sans cogénération est un crime contre l'environnement »

Dernièrement (mai 2011):

« Les économies d'énergie au théâtre Guignol: les chaudières subventionnées sont périmées avant même d'être fabriquées »

Mais venons-en donc à l'étude directe des pertes en question

## C - La valeur de la chaleur n'est pas

seulement déterminée par sa quantité, mais aussi par sa qualité, c'est à dire en fait par la **température du corps qui la porte.**

Par exemple, dans une installation de chauffage central, la chaleur fournie par une flamme est transférée à un circuit d'eau chaude, ensuite, à partir de celui-ci, elle est dans une deuxième étape transférée aux locaux que l'on chauffe.

**A mesure que diminue la température des substances portant cette chaleur, la valeur de cette chaleur diminue.**

La chaleur contenue dans le circuit d'eau peut faire moins de choses que la même quantité de chaleur lorsqu'elle était contenue dans les gaz du foyer de la chaudière. Lorsque cette même quantité de chaleur se retrouve enfin dans les locaux que l'on chauffe, elle a encore moins de valeur que lorsqu'elle était dans le circuit d'eau chaude.

Cette même quantité de chaleur possède la **valeur zéro** une fois qu'elle se retrouve à la température de l'air du temps après avoir traversé les murs de l'immeuble.

Eventuellement, une partie de cette chaleur peut même prendre une **valeur négative**: c'est la partie qui va se loger dans le réfrigérateur ou le congélateur, et qui va **nécessiter** de l'énergie électrique pour en être extraite.

## D – Chaleur « haute température », chaleur « basse température »

Du point de vue des sources d'énergie et des utilisations pratiques de la chaleur, on distingue deux grands cas assez bien définis:

**a) la chaleur « haute température »**, c'est celle qui est fournie par les combustions. Elle a beaucoup de valeur. On peut la convertir en énergie mécanique ou électrique avec un **rendement maximum théorique** situé autour de 75%. Les **rendements réels** des moteurs thermiques et des centrales thermiques sont souvent situés autour de 35%.

**b) la chaleur « basse température »**, c'est notamment celle des locaux que l'on chauffe. C'est

une énergie de très faible valeur. On va voir comment, grâce à la cogénération, elle peut être à **peu près gratuite quant aux ressources consommées.**

Cette chaleur basse température n'est pas utilisée pour produire de l'énergie mécanique ou électrique. Au contraire, en dépit de leurs imperfections, les pompes à chaleur en fournissent en contrepartie d'une faible quantité d'énergie électrique.

**Le niveau zéro** de valeur de l'énergie-chaleur est donné par la température de l'air du temps. On a vu que la chaleur portée par des corps à une température inférieure à celle de l'air du temps, par exemple celle qui s'est installée subrepticement dans un congélateur, a une valeur négative.

## E – Dégradations d'énergie dans les chauffages traditionnels

En conséquence de ce qui vient d'être dit, lorsque l'on transforme de la chaleur haute température en chaleur basse température, comme c'est le cas avec les **chauffages par combustion**, il y a dégradation d'énergie.

Il y a dégradation d'énergie également lorsque l'on transforme de l'énergie électrique en chaleur, ce qui est le cas dans tous les **chauffages électriques**. Là aussi, l'énergie obtenue en fin d'opération permet de faire moins de choses que l'énergie initiale parce qu'elle a perdu de sa qualité.

**Tous les chauffages traditionnels** font donc intervenir des **dégradations d'énergie importantes.**

En physique, les dégradations d'énergie sont appelées **pertes entropiques**. Les paragraphes qui suivent vont donner la justification de cette dénomination.

**F - L'entropie** est une grandeur qui mesure **l'amointrissement de la valeur de la chaleur**, c'est à dire la diminution de sa **qualité**, comparativement à une quantité égale d'énergie mécanique ou électrique.

Elle a été définie par le physicien allemand

Clausius en 1865, par son expression littérale:

$$S = Q / T$$

(S en joules par kelvin avec Q en joules et T en degrés Kelvin).

Cette formule montre que quand T diminue, S augmente, autrement dit l'amointrissement de qualité de la chaleur augmente, autrement dit la qualité de la chaleur diminue. La chaleur « basse température » a une qualité inférieure à la chaleur haute température.

Une « production d'entropie » est équivalente à un amoindrissement supplémentaire de la valeur de l'énergie ». On a vu qu'il y a production d'entropie notamment

- lorsqu'on transforme de l'énergie électrique en chaleur
- ou encore lorsqu'on transforme de la chaleur haute température en chaleur basse température.

**G – Les dégradations d'énergie sont équivalentes à des pertes de ressources énergétiques, qui seraient utilisées pour chauffer directement l'environnement.**

Pour montrer sur l'exemple le plus simple la réalité sonnante et trébuchante de ces pertes de ressources par dégradation d'énergie, il suffit de comparer le bilan énergétique d'un chauffage électrique avec celui d'une pompe à chaleur.

Pour fournir 100 joules de chaleur à un immeuble,

- un chauffage électrique consomme **100 joules** d'énergie électrique,
- une pompe à chaleur ordinaire en consomme seulement, typiquement, **25 à 33**.

La **surconsommation** du chauffage électrique par rapport à la pompe à chaleur ne peut pas être due à des déperditions d'énergie, étant donné que le rendement triomphal 100% d'un chauffage électrique signifie justement l'absence de toute déperdition d'énergie.

Si cette surconsommation ne peut pas être imputée à des pertes quantitatives d'énergie, il est au contraire facile de montrer qu'elle est due à une perte de **qualité** de l'énergie.

En effet, l'énergie électrique consommée par un chauffage électrique **peut faire beaucoup mieux que d'être transformée bêtement en chaleur**.

On ne peut certes pas accuser le chauffage électrique d'envoyer de la chaleur dans l'environnement, mais on a le devoir de lui reprocher de ne pas extraire **de l'environnement les 67 à 75 joules de chaleur** que de toute évidence il pourrait extraire si on s'y prenait autrement.

Une pompe à chaleur ordinaire permet donc ainsi de prouver **l'existence** de pertes importantes dans les chauffages électriques, mais elle ne permet pas de connaître le montant exact de ces pertes. Il faut pour cela se référer à la meilleure pompe à chaleur imaginable.

**H - C'est la pompe à chaleur « idéale » qui permet de connaître, par comparaison, le montant des pertes entropiques d'un chauffage électrique.**

Cette « pompe à chaleur idéale », c'est celle qui ne présenterait aucun défaut de fonctionnement. Elle donnerait un **chauffage sans production d'entropie**.

Son rendement énergétique ne peut pas être atteint dans la pratique, mais il est parfaitement connu des physiciens, ce qui donne pour un bilan comparatif les valeurs typiques suivantes.

Pour fournir 100 joules de chaleur à un immeuble

- un chauffage électrique consomme 100 joules d'énergie électriques
- une pompe à chaleur ordinaire en consomme 25 à 33
- une pompe à chaleur **idéale** en consommerait seulement **environ trois**.

## I – Pertes entropiques dans les chauffages par combustion

L'étude est un peu plus complexe parce que l'énergie de départ est de la chaleur haute température et non de l'énergie électrique.

On en donnera ici seulement la conclusion: les pertes entropiques représentent typiquement 97% des ressources consommées dans le cas des chauffages électriques, et 95% des ressources consommées dans le cas des chauffages par combustion.

## J – La nouvelle référence des chauffages sans pertes entropiques doit se substituer désormais à l'ancienne référence des chauffages sans perte d'énergie.

L'illusion d'une perfection qui serait atteinte avec un rendement énergétique de 100% vole en éclat quand on découvre l'importance des pertes entropiques qui subsistent dans un tel chauffage.

Une installation doit réduire toutes les pertes. La mesure de ses performances doit notamment se faire par rapport à un chauffage sans production d'entropie.

Celui-ci ne sera jamais réalisé concrètement. Mais il constitue désormais la référence, l'élément de comparaison parfaitement connu, permettant de juger du degré d'efficacité atteint par un système de chauffage donné quelconque.

## K – Pompe à chaleur et cogénérateur: des chauffages à faible production d'entropie:

Pour réduire les pertes entropiques, les deux principaux chauffages à faible production d'entropie que l'on peut utiliser sont la pompe à chaleur et le cogénérateur.

La pompe à chaleur est bien connue en raison de sa grande diffusion commerciale.

Au contraire, le cogénérateur, c'est le grand oublié de notre discours national sur les économies

d'énergie.

Concrètement, un cogénérateur, c'est un groupe électrogène au fioul, au gaz, ou à tout autre combustible, combiné avec un récupérateur de chaleur, de manière à pouvoir utiliser pour le chauffage la chaleur rejetée par le moteur thermique.

Si le récupérateur de chaleur est mis en place sans aucune modification du groupe électrogène, le chauffage est alors un sous-produit totalement gratuit, quant aux ressources consommées, de la production d'électricité. Ceci est conditionné par le fait que l'introduction d'un récupérateur de chaleur n'occasionne aucune production d'entropie supplémentaire par rapport au groupe électrogène rejetant directement ses gaz d'échappement dans l'atmosphère.

Dans ce cas, la correspondance entre consommation de ressources et chauffage fourni est encore meilleure que celle donnée par la pompe à chaleur idéale puisqu'il n'y a plus de ressources consommées.

Dans le cas des centrales thermiques situées en périphérie des villes, comme il en existe beaucoup en Allemagne, on s'arrange pour que la cogénération fournisse par exemple de l'eau au voisinage de 70°C, parce que de l'eau à 30°C par exemple ne serait guère utilisable pour le chauffage. Le manque à produire en énergie électrique occasionné par ce choix correspond alors à peu près à la consommation d'une pompe à chaleur idéale qui fournirait cette chaleur.

Ce dispositif est donc encore une dizaine de fois moins gourmand en ressources énergétiques qu'une pompe à chaleur courante du commerce.

## L - Les petits « oublis » de la politique énergétique

Dans une gestion rigoureuse des ressources énergétiques, on devrait logiquement s'efforcer de **minimiser les pertes entropiques** au niveau des systèmes de chauffage, en développant les

chauffages à faible production d'entropie, c'est à dire en fait la cogénération.

Or, au contraire, sur le marché de l'immobilier, on constate que les trois quarts environ des constructions neuves font appel au chauffage électrique, celui qui manifestement gaspille le plus les ressources énergétiques.

On peut alors logiquement s'attendre à une demande accrue d'énergie électrique dès les prochaines années. En face de cette demande, la pression des écologistes va naturellement s'opposer à la multiplication des centrales.

Le jeu global est alors celui d'une pénurie d'énergie orchestrée. Difficile de trouver une meilleure justification pour faire monter les prix.

Dans cette perspective, le public est soigneusement maintenu dans l'ignorance pour que, au jour J, il soit forcé de cracher au bassinet avec la considération: : « c'est la faute à Pâdchance ». Ami lecteur, il vous appartient de faire passer le message.

## Remarque 1: avantages du cogénérateur par rapport à la pompe à chaleur

Dans le bilan énergétique, si les pertes entropiques d'un cogénérateur sont beaucoup plus faibles que celles d'une pompe à chaleur, c'est dû au fait que le cogénérateur fonctionne avec un seul échange de chaleur. Celui-ci sert à envoyer dans le circuit de chauffage de la maison les rejets thermiques du groupe électrogène.

Au contraire, la pompe à chaleur fait intervenir deux échanges de chaleur: le premier entre le milieu ambiant et la partie froide de la pompe, et un deuxième échange entre la partie chaude de la pompe et le circuit de chauffage de la maison. Or on a vu que chaque échange de chaleur provoque fatalement des pertes entropiques. A ces pertes entropiques là il faut encore ajouter celles occasionnées par la production d'électricité dans la centrale thermique.

## Remarque 2: comparaison entre éolien, photovoltaïque et petite cogénération

Du point de vue pratique, par rapport à l'énergie éolienne ou à l'énergie photovoltaïque, le développement de la petite cogénération aurait un avantage remarquable. Les particuliers se chauffant de cette façon fourniraient de l'énergie au réseau électrique aux heures les plus froides de l'année, qui sont justement celles où la demande en énergie électrique est la plus forte.

## Remarque 3: l'Energie Mécanique Idéalement Récupérable: exergie ou EMIR

La chaleur, énergie plus ou moins dégradée, peut être symbolisée par une bouteille plus ou moins vide. La bouteille pleine symbolise alors l'énergie non dégradée, c'est à dire mécanique ou électrique.

L'entropie, ou amoindrissement entropique, c'est en quelque sorte ce qui manque à une bouteille plus ou moins vide comparativement à une bouteille pleine.

Une autre façon de voir les choses, c'est de s'intéresser à ce qui reste dans la bouteille, c'est à dire à l'énergie mécanique maximum que l'on peut espérer extraire de la quantité de chaleur Q.

Cette Energie Mécanique Idéalement Récupérable est appelée exergie ou EMIR. Par exemple, 100 joules de chaleur basse température contenus dans un local chauffé ont une EMIR de 3 joules.

D'une manière générale, Pour n'importe quel transformateur d'énergie, la mesure du niveau d'optimisation des performances est donnée par son rendement-EMIR, c'est à dire par le rapport:

EMIR totale fournie / EMIR totale consommée.

Dans le cas d'un cogénérateur, l'EMIR totale fournie est la somme de l'énergie électrique produite et de l'EMIR de la chaleur fournie pour le chauffage de l'immeuble.