

# Pour moins de dépenses et moins de CO2

combiner des formes d'énergie qui se stockent et d'autres qui ne se stockent pas

« Stocker l'électricité » - le Graal.

Il existe un moyen peu coûteux de produire à partir d'électricité une forme d'énergie qui se stocke aisément à qui servira, plus tard, à produire de l'électricité : les STEPS

Toutes les autres formes de « stockage d'électricité » coûtent très cher

Or, il faut à chaque instant que production et consommation d'électricité soient égales, et une part croissante de la production est fluctuante et incontrôlable.

Il se pourrait que, grâce à la consommation hybride d'énergie, l'on n'ait pas besoin de moyens supplémentaires de stockage d'électricité.

# Différentes formes de chauffage hybride

Le principe est bien connu : cf. les chaudières électrofioul

Une chaudière au fioul ou au gaz – ou encore avec de la biomasse

Une résistance électrique, plongée dans l'eau du chauffage central  
ou une pompe à chaleur

La résistance ou la PAC est mise hors tension par le fournisseur d'électricité  
quand il le décide, sans préavis, pour deux minutes pour plusieurs  
semaines

Le contrat de fourniture indique seulement la période d'utilisation, la durée  
maximum d'effacement pendant cette période, le prix du MWh et  
l'augmentation du montant de l'abonnement

# Deux approches différentes :

- **La situation actuelle :**

le chauffage hybride est une réponse particulièrement bien adaptée ; un bénéfice pour tous

- **A moyen et long terme**

quel sera le prix de l'électricité selon le parc de production, un impôt CO2

avantage pour le consommateur

s'il n'a pas besoin de changer de chaudière

s'il doit remplacer sa chaudière

avantages pour le réseau : pointe, ajustement, sécurité, CO2, etc.

Comment vérifier si c'est une bonne idée ?

# La situation actuelle du système électrique

Une puissance de production en GW en partie fluctuante et incontrôlable

Une partie des moyens de production financée autrement que par les ventes d'électricité

Des prix trop bas pour financer le renouvellement des moyens

Il faudrait que la moyenne des prix horaires soit de 64,5 €/MWh

Elle a été de 47 €/MWh en 2012, 43 €/MWh en 2013

# La situation actuelle les prix de l'énergie

- Le prix du fioul : 1000 €/m<sup>3</sup> soit 100 €/MWh TTC
- Le prix du gaz : 70 €/MWh
- Ce qu'aurait pu être le prix de l'électricité de chauffage effaçable :

Effaçable moins de 100 h : 58 €/MWh HT sortie centrale

- La moyenne des prix des 400 heures de saison de chauffage les plus bas : 14 €/MWh
- Le coût du renforcement du réseau électrique : 20 €/kVA

# Le chauffage hybride

## une nouvelle demande adaptée à la situation présente

Pour un logement qui a besoin de 20 MWh/ de chaleur utile pour le chauffage, sur une période de 4000 heures par an

Une résistance électrique pour 4 kW effaçables : hypothèse : 1000 €  
La même résistance peut recevoir 2 kW lorsque les prix sont très bas

Chauffé au fioul : économie de 700 €/an à 1000 €/an

Chauffé au gaz : économie de 100 €/an à 200 €/an

Si la période de chauffage est plus longue – hôpitaux, maisons de retraite, blanchisserie,  
- l'économie est plus importante : quelques centaines d'euros de plus.  
- une PAC peut être intéressante

S'ajoute un bénéfice pour le réseau : moyen d'ajustement, sécurité, etc.

Emissions de CO<sub>2</sub> : chauffage hybride fioul : diminution des émissions  
chauffage hybride gaz : légère augmentation des émissions

# Le chauffage hybride

## Une perspective à moyen et long terme

Une simulation à l'échelle française

Production d'électricité :

Il y a des éoliennes et du photovoltaïque mais pas trop

Pour le reste, le parc de production d'électricité est adapté à la demande

Le coût en ruban du nucléaire est 65 €/MWh

Le prix couvre le coût marginal et les frais fixes de l'installation de pointe

Le prix du gaz et du fioul, hors impôt CO<sub>2</sub>, est le même qu'aujourd'hui

CO<sub>2</sub> : deux options : sans impôt CO<sub>2</sub> ou un impôt de 100 €/tCO<sub>2</sub>

# Les prix de l'électricité de chauffage effaçable à l'initiative du fournisseur, sans préavis

Durée de chauffage : 4000 heures

Sans impôt CO2

Sans effacement

Durée d'effacement : 100 heures

Durée d'effacement : 2000 heures

Prix HT sortie centrale

prix : 86 €/MWh

prix : 65,4 €/MWh

prix : 49 €/MWh

Avec un impôt CO2 – 100 €/tCO2

Sans effacement

Durée d'effacement : 100 heures

Durée d'effacement : 2000 heures

prix : 121 €/MWh

prix : 100 €/MWh

prix : 84,5 €/MWh

L'écart de prix de 20 €/MWh est dû à la l'effacement en période de superpointe

# Les options du consommateur

S'il n'a pas à changer sa chaudière – au gaz ou au fioul :  
ajouter une résistance électrique ou une PAC

S'il doit changer sa chaudière – au gaz ou au fioul

une pompe à chaleur

un combiné pompe à chaleur et chaudière au gaz

un combiné pompe à chaleur et chaudière au fioul

une chaudière au gaz

une chaudière au gaz et une résistance électrique

une chaudière au fioul et une résistance électrique

# Avec une électricité effaçable moins chère

## Quel intérêt pour le consommateur qui ne change pas de chaudière?

### **Economies sur le chauffage**

Chaudière au fioul :

une simple résistance électrique, ou une PAC effaçable 100 h :  
avec ou sans impôt CO<sub>2</sub>, l'économie est entre 600 et 800 €/an

Chaudière à gaz

avec ou sans impôt CO<sub>2</sub>, pas ou peu d'économie

### **Economies sur l'eau chaude, hors période de chauffage :**

sans taxe CO<sub>2</sub> : fioul : 180 € par an    gaz : 75 € par an

avec taxe CO<sub>2</sub> : beaucoup plus (prix très bas de l'électricité)

# Avec une électricité effaçable moins chère

## Quel intérêt pour le consommateur qui doit changer de chaudière?

- Question préalable : Pourquoi changer de chaudière ?

En voyant seulement les dépenses de chauffage- y/c les investissements

En comparaison à une simple PAC, paraissent intéressantes  
le combiné chaudière au gaz et PAC

et, sans impôt CO<sub>2</sub>,

la chaudière au gaz

le combiné chaudière au gaz et résistance électrique

Mais il faut aller plus loin et tenir compte des services rendus par les  
solutions hybrides à l'ensemble du système énergétique

# Le chauffage hybride : mieux que le stockage

Le « stockage d'électricité » permet de délier le moment où l'électricité est produite et celui où elle est consommée

Il ne diminue pas (il augmente) la quantité d'électricité consommée

Le chauffage hybride permet de *remplacer* l'électricité par une autre forme d'énergie qui se stocke

Il peut aussi consommer une électricité surabondante.

Il rend donc les mêmes services que le stockage d'énergie – parfois moins bien, souvent mieux.

On a vu l'effet de l'écrêtement de la demande : ~ 20 €/MWh

Autres services : l'ajustement en continu ; la sécurité

# Le chauffage hybride

## Donner une valeur aux services de gestion du réseau

Le ministère de l'Industrie et l'ADEME ont fait faire une étude sur les besoins de stockage de l'énergie, l'étude PEPS.

Elle a donné une valeur aux différents services rendus par le stockage

Pour écrêter la pointe de consommation : 75 €/kW/an

C'est tout à fait homogène à la différence de prix entre l'électricité de chauffage effaçable ou non : 20 à 30 €/MWh

Comme moyen d'ajustement : entre 70 et 130 €/kW/an

Le chauffage hybride fait mieux qu'un stockage mais seulement sur la moitié de l'année. Retenons prudemment 60 €/kW/an.

L'installation hybride peut servir, hors période de chauffage, à chauffer l'eau sanitaire. Retenons alors 50 €/kW/an.

# La sécurité d'approvisionnement en électricité et en énergie -1-

## Les risques et les parades

**Pétrole et gaz** : risques géopolitiques sur la production et le transport  
Parades : diversification des sources, stocks stratégiques.

**Electricité** :

### **Notre vulnérabilité**

toutes les activités (économiques, individuelles, les services publics, etc.),  
et la sécurité personnelle sont dépendantes de l'électricité.

### **Les risques**

- technologiques : pannes, nécessité de contrôles approfondis
- climatiques : mise à mal des réseaux par les tempêtes ou par les inondations, manque d'eau de refroidissement, longues périodes sans vent
- malveillance, terrorisme.

# La sécurité d'approvisionnement en électricité et en énergie -2-

## Une grosse erreur – couramment répétée

On dit souvent

Pour plus de sécurité, « il ne faut pas mettre tous ses œufs dans le même panier ». Donc, il faut diversifier les sources de production d'électricité

**C'est une double grosse erreur de raisonnement.**

1- disant cela, on cloisonne l'électricité alors qu'elle fait partie de l'énergie

2- la sécurité demande que, **en cas de difficulté sur une source d'énergie**, il soit possible d'utiliser une autre source.

Elle ne demande pas qu'en temps normal, on utilise deux sources différentes.

La sécurité peut être parfaite même si l'électricité est produite à 80 % par une même source d'énergie si, en cas de problème, une bonne partie de la consommation peut se reporter sur une autre forme d'énergie qui se stocke.

# La sécurité d'approvisionnement en électricité et en énergie -3-

## La contribution du chauffage et du véhicule hybrides à la sécurité d'approvisionnement en électricité vue du réseau

L'électricité effaçable permet de répondre à un manque d'électricité si elle n'est pas ... effacée.

Un nouvelle demande de 10 GW effaçable sans augmentation de la capacité de production n'améliore pas la sécurité du réseau en cas de défaillance.

Il n'en serait pas de même si une capacité de consommation non effaçable devenait effaçable

L'étude PEPS évalue le service de réserve à 20 €/kW/an. Il semble prudent de ne pas le rajouter aux autres services : éviter les pointes de consommation et être un moyen d'ajustement du réseau.

# La sécurité d'approvisionnement en électricité et en énergie -4-

vue du consommateur équipé d'un chauffage hybride  
ou d'un véhicule hybride rechargeable

Un ménage équipé d'un chauffage hybride (électricité et fioul ou gaz, ou biomasse) peut aisément s'équiper pour ne pas souffrir d'un manque total d'électricité

Il suffit d'un groupe électrogène pour la pompe du chauffage central, l'éclairage et les appareils électroniques.

Sa sécurité d'approvisionnement en énergie est totale.

Quelle valeur donnera-t-il à ce sentiment de sécurité ? 100 €/an, 200 €/an ?

# La valeur des services rendus par le chauffage hybride

## récapitulation

Ecrêter les pointes (ou pallier les creux de production) :  
75 €/kW/an ou 20 à 30 €/MWh

Moyen d'ajustement du réseau  
50 à 100 €/kW/an ; pour 4 kW, de 200 à 300 €/an par logement

Contribution à la réserve stratégique de puissance  
0 €/kW/an

Sécurité d'approvisionnement du consommateur  
100 à 200 €/an/logement

La valeur de la contribution à l'ajustement équivaut à 10 ou 15 €/MWh.

En tenant compte des services rendus par le chauffage hybride

Que choisira le consommateur qui doit changer de chaudière?

A égalité

- un combiné chaudière au gaz et PAC
- un combiné chaudière au gaz et résistance électrique

selon le montant de la taxe CO2 et la valorisation des services : l'avantage sur la PAC seule serait de 100 à 250 €/an

et, de plus, si les avantages externes sont bien valorisés et là où le gaz n'est pas disponible,

- un combiné chaudière au fioul et PAC.

La solution chaudière au fioul et résistance électrique, qui est excellente dans un logement chauffé au fioul dont la chaudière fonctionne bien, n'a pas sa place si l'on doit remplacer la chaudière.

# Dans le paysage énergétique combinaison des énergies au stade de la consommation

L'énergie hybride combine *les possibilités* de consommation de différentes formes d'énergie

Pour la chaleur

Le chauffage hybride individuel

hypothèse : 2,5 millions de logements 4 kW par logement

Les chaufferies hybrides de réseaux de chaleur

alimentées par de la chaleur produite hors saison de chauffe et stockée

Pour le transport

hypothèse : 5 à 10 millions de véhicules consommant 10 GW

# Dans le paysage énergétique combiner les énergies au stade de la production

La cogénération produit ensemble deux formes d'énergie – notamment électricité et chaleur

Autre chose est de pouvoir produire une forme d'énergie ou une autre selon les besoins

L'électricité peut produire de la chaleur utilisée de suite ou stockée dans des ballons de chaleur ou stockée dans les roches

L'électricité peut produire de l'hydrogène introduit dans les réseaux de gaz ou utilisé pour produire efficacement du biocarburant, produit qui se stocke

# Combiner les énergies pour diminuer les émissions de CO2 au moindre coût

L'électricité produite sans émissions de CO2 peut être utilisée pour le chauffage et, hors période de chauffage, pour autre chose.

En période de pointe de consommation ou de creux de production, il peut manquer de moyens de production non émetteurs de CO2. Le chauffage et les véhicules hybrides évitent alors l'utilisation de moyens qui émettent beaucoup de CO2.

Alors, l'électricité pour chauffage ou transport n'émet pas de CO2.

La capacité de consommation effaçable d'électricité pourrait être de 20 GW. Elle diminuerait beaucoup (annulerait ?) le besoin de moyens supplémentaires de « stockage d'électricité » - qui sont très coûteux.

S'il venait à manquer subitement 10 GW, cette capacité serait remplacée immédiatement en période de chauffage (sauf les 100 heures d'effacement) par du fioul ou du gaz ; hors période de chauffage, la production de chaleur ou de biocarburant serait diminuée. Cette possibilité de « réaction » sans créer de gêne est favorable à la sûreté nucléaire.

# Energie hybride : comment progresser ?

## **Passer un obstacle conceptuel** – et, pour certains, « moral »

Il est mal d'utiliser pour se chauffer des résistances électriques car c'est du « gaspillage » d'énergie

Il est mal d'utiliser du fioul car il peut être remplacé plus facilement que du gazole

Or, si l'on n'a pas à changer la chaudière, la combinaison de l'un et de l'autre est très efficace : une économie de 700 à 1000 € par logement et par an.

## **Trouver un prix** de l'électricité effaçable tenant compte des services qu'elle rend

L'utilisation d'électricité effaçable sera encouragée par le marché de capacité. La concurrence et le marché feront-ils « émerger » la valeur des services rendus et la traduire dans les prix ?

Pour commencer et libérer les initiatives *individuelles*, dans le tarif Tempo donner à l'électricité de chauffage effaçable un prix qui donne un avantage aux solutions de chauffage hybride lorsqu'il faut changer de chaudière. Probablement proche de 50 €/MWh HT

- Merci de votre attention
  - Henri Prévot
  - [www.hprevot.fr](http://www.hprevot.fr)