

# Résultats d'un scénario R&D

## Bâtiments France 2050 sans fossiles

publié dans la revue  
Futuribles, juin 2008

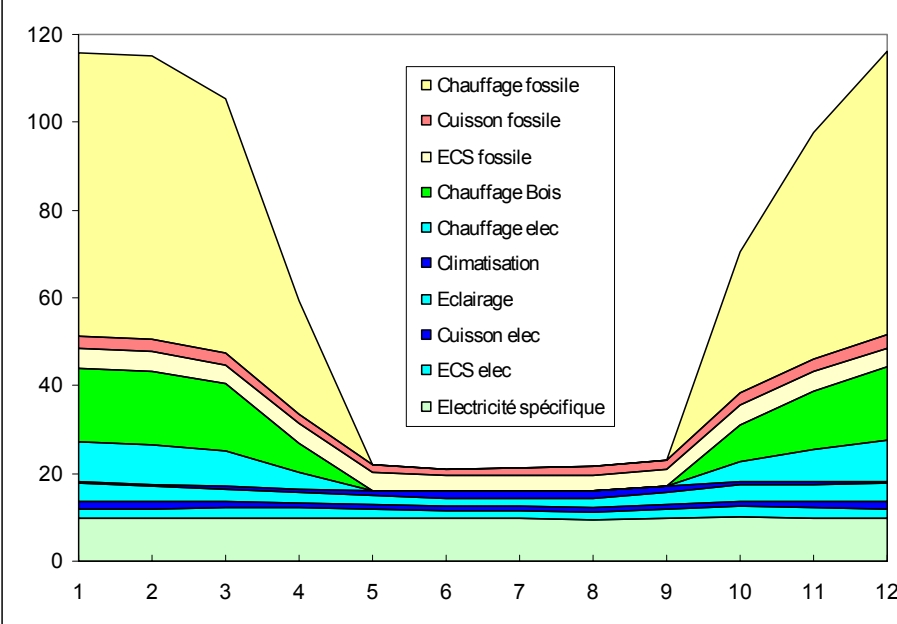
Ch. Marchand, M-H. Laurent, R. Rezakhanlou, Y. Bamberger

Version du 3 juin 2008

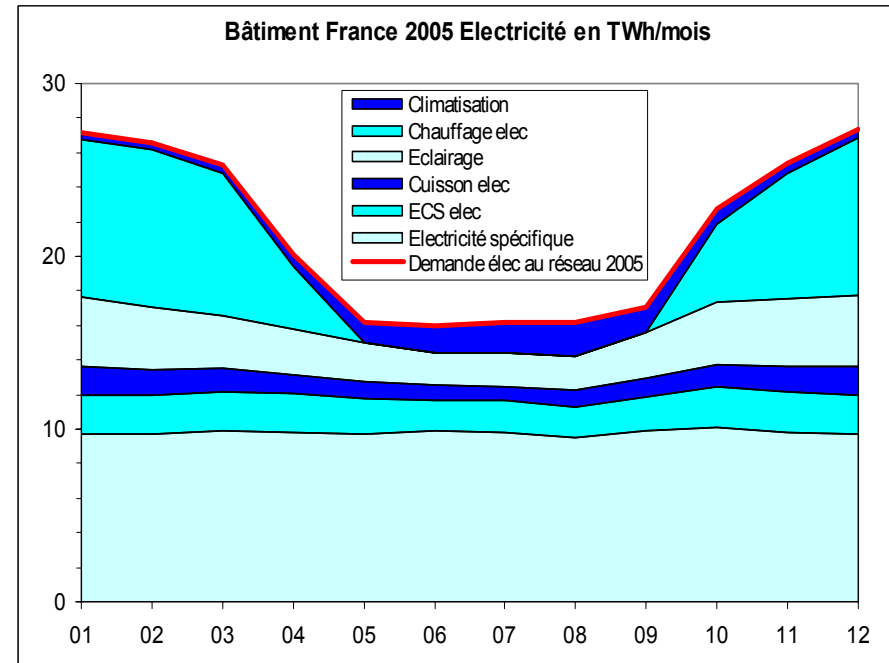


# La consommation actuelle en énergie finale des bâtiments en France est majoritairement dédiée au chauffage, qui est assuré à 70% par de l'énergie fossile.

Bâtiment France 2005 Energie en TWh/mois



Bâtiment France 2005 Electricité en TWh/mois

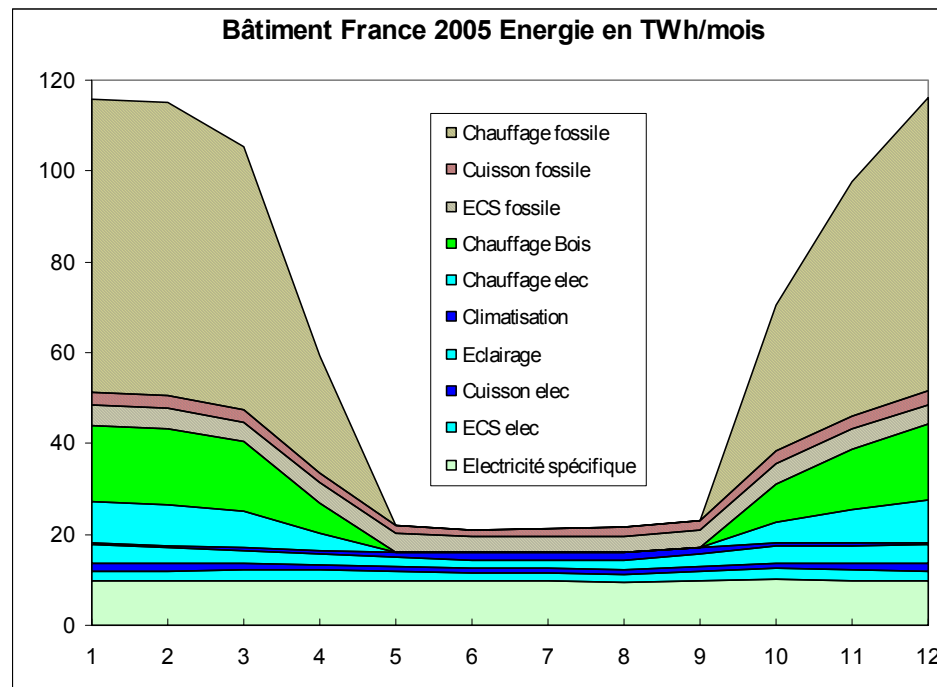


- Pendant l'hiver, les bâtiments consomment au plus 117 TWh/mois dont 91 de chauffage (65 de fossile, 9 d'électricité, 17 de biomasse).
- Pendant le mois le plus froid, le chauffage électrique représente moins de 8% de la demande énergétique totale.
- Durant les mois d'été, cette demande tombe à 21 TWh assurée pour l'essentiel par de l'électricité (16 TWh).
- Les 2/3 de l'électricité dédiée au chauffage sont à très faible contenu Carbone, essentiellement car l'entretien des centrales nucléaires est concentré l'été.

# Est-il possible de se passer des énergies fossiles dans les bâtiments... de manière réaliste ?

● Se passer de fossiles nécessitera de trouver une alternative pour satisfaire les usages représentés en hachuré!

● Serons-nous alors capables de satisfaire ces besoins, en premier le chauffage ?



1. Sans reporter sur l'électricité ce qui peut être reporté plus efficacement ailleurs
2. Sans miser sur des ruptures technologiques incertaines (hydrogène, fusion,... )
3. Sans parier sur des ruptures comportementales
4. Sans solliciter au delà du raisonnable le recours à la biomasse
5. Sans compter sur des politiques d'incitation peu crédibles

# Notre scénario diffuse des technologies disponibles : Isolation thermique, Pompes à chaleur, Biomasse et Solaire.

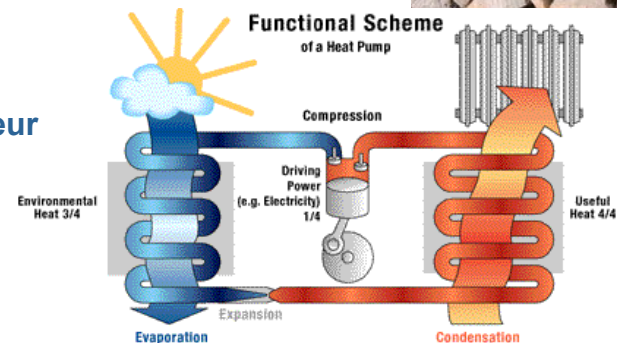
## 1 / Réduire les besoins de chauffage via une rénovation thermique du parc et des performances thermiques du neuf réalistes.

- Besoins de chauffage en 2050 des bâtiments ante 2005 :
  - ▶ Résidentiel : moins 45% vs 2005 (effet rebond inclus)
  - ▶ Tertiaire : moins 20% / 2005
- Performances des bâtiments construits entre 2005 et 2050 :
  - ▶ Résidentiel : BBC (environ RT 2005 moins 30%)
  - ▶ Tertiaire : RT 2005 moins 15%



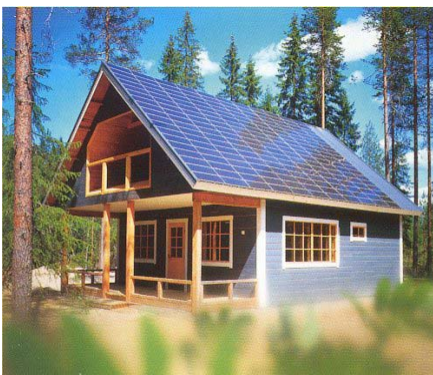
## 2 / Fournir les besoins de chauffage et ECS par des systèmes performants, essentiellement pompes à chaleur et biomasse.

- Parts de marché bâtiments 2050 usage chauffage :
  - ▶ 75% électricité, dont 90% en PAC
  - ▶ 25% biomasse, dont 60% via cogé. sur réseaux de chaleur
- Parts de marché bâtiments 2050 usage ECS :
  - ▶ 80% électricité, dont 70% en PAC
  - ▶ 20% biomasse

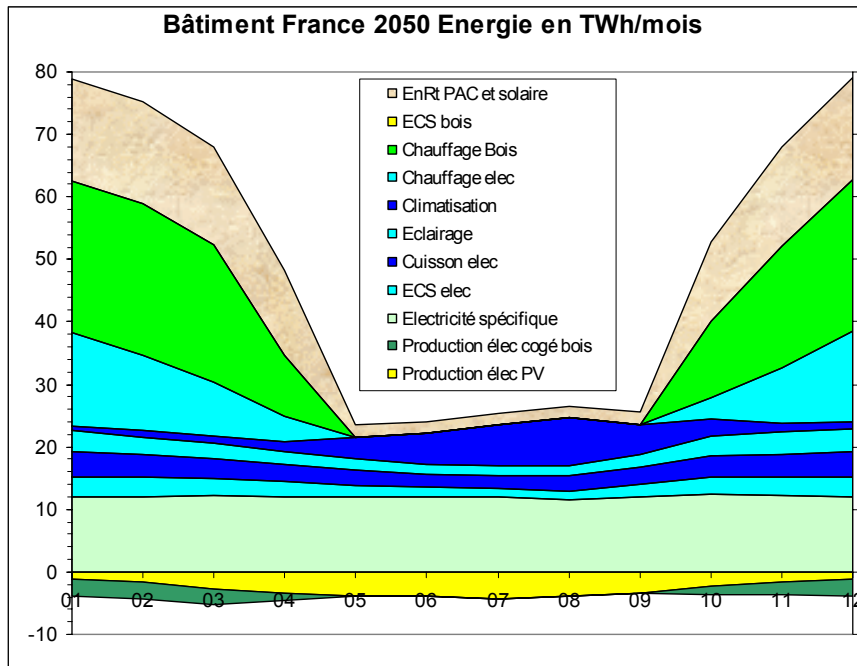


## 3 / Développer les EnR solaires autant que réaliste .

- ▶ 30% des logements et m<sup>2</sup> tertiaires équipés ECS solaire
- ▶ 25% des maisons individuelles dotées 2 kWc PV
- ▶ 75% des surfaces de toit tertiaires équipées PV



# Cette diffusion de technologies efficaces permet de se passer des fossiles dans les bâtiments en 2050, avec une croissance modérée de l'électricité et de la biomasse



BÂTIMENTS (en TWh Final)	2005	dont hiver	2050	dont hiver
Chauffage Elec	51	51	66	66
Chauffage EnRt via PAC	5	5	92	92
Chauffage biomasse	94	94	136	136
Chauffage Fossile	360	360		
ECS elec	25	4	28	13
ECS EnRt via PAC	0	0	17	8
ECS biomasse			11	3
ECS solaire	0		8	
ECS fossile	49	8		
Cuisson elec	15	4	36	11
Cuisson fossile	29	9		
Elec spécifique	118		145	
Eclairage	36	13	30	11
Climatisation	12		37	
<b>Total énergie à fournir</b>	<b>794</b>	<b>541</b>	<b>606</b>	<b>314</b>
<b>EnR/demande totale</b>	<b>13%</b>		<b>43%</b>	
Production Elec PV			33	
Prod Elec Cogé biomasse			15	
<b>Total électricité réseau</b>	<b>256</b>	<b>65</b>	<b>294</b>	<b>82</b>

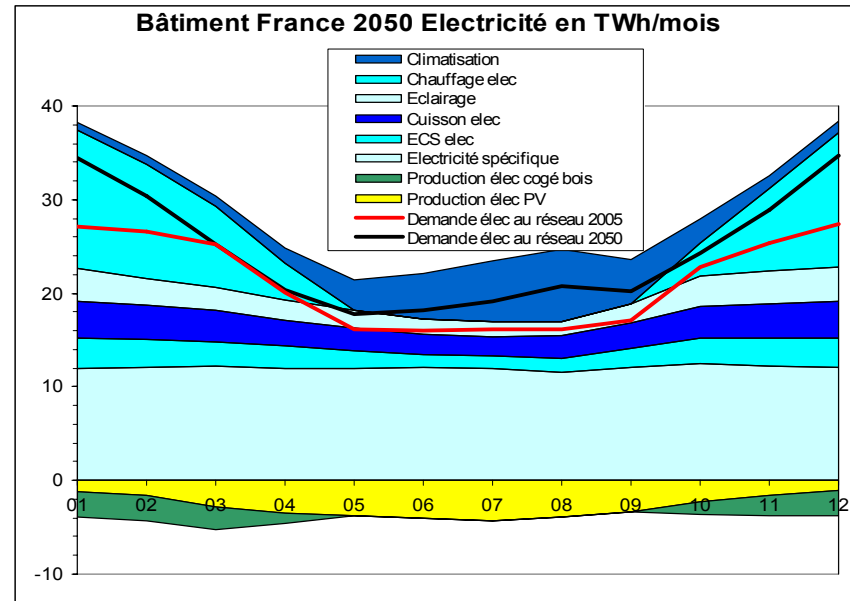
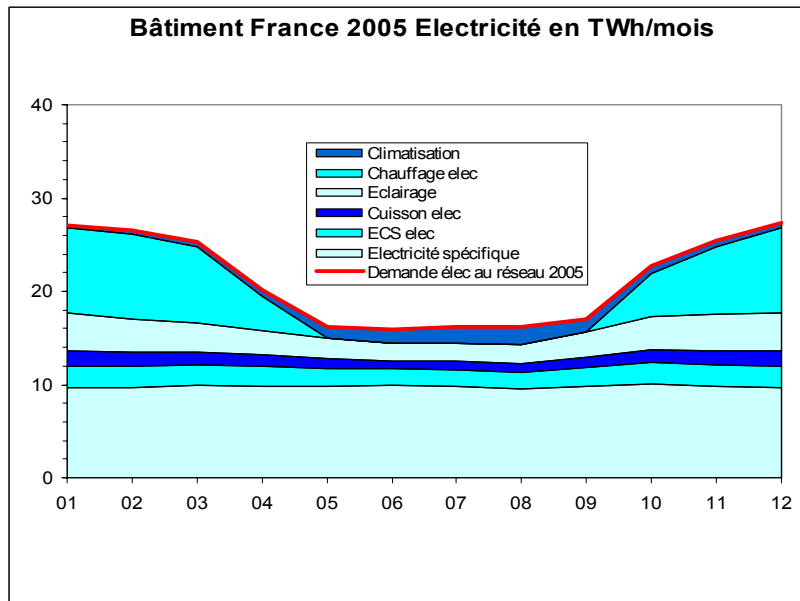
## ● Au bilan, en 2050 :

- ▶ la biomasse a augmenté d'environ 45 TWh par rapport à 2005 (Scénario bas Grenelle)
- ▶ l'électricité centralisée a augmenté d'environ 40 TWh, ce qui représente :

une croissance de moins de 15% par rapport à 2005,  
un taux de croissance annuel moyen de 0,3% de 2005 à 2050.

- ▶ 43% de la demande finale est assurée par des EnR
- ▶ les « apports gratuits » des PAC représentent près de 100 TWh
- ▶ les émissions directes de CO<sub>2</sub> sont nulles (92 Mt en 2005 et 83 en 1990)

# L'augmentation de la saisonnalité « hivernale » de la demande d'électricité au réseau est très faible.



## ● Augmentation modérée de la « bosse » d'hiver :

- Volume chauffage et ECS, et thermosensibilité du rendement des PAC.
- Compensation par cogénération bois, calée sur besoins de chauffage.
- Décembre : de 27 TWh en 2005 à 33 TWh en 2050

## ● Émergence d'une « bosse » d'été :

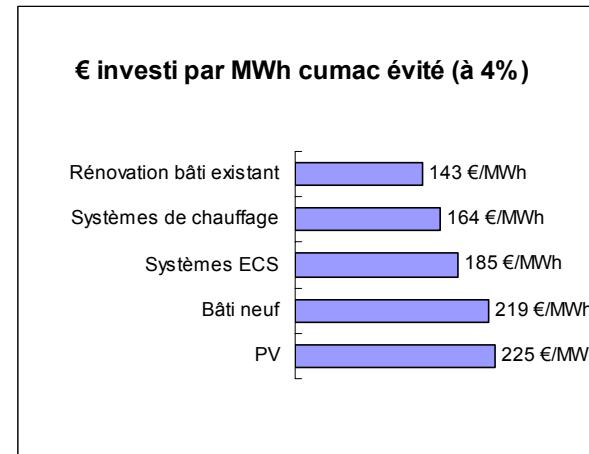
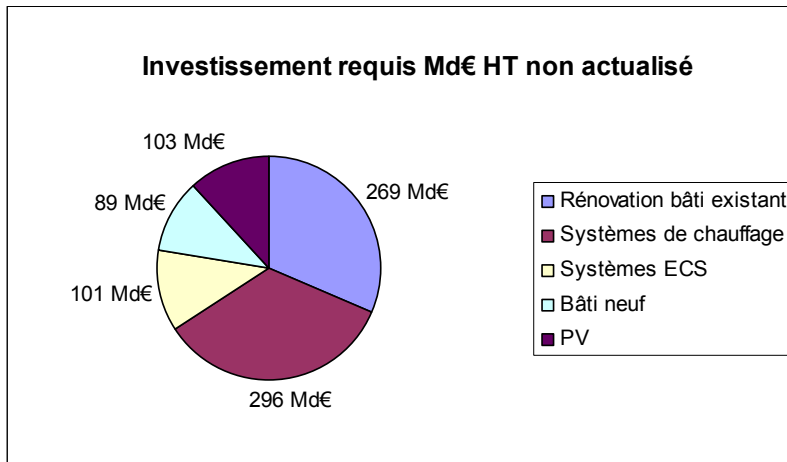
- Usage climatisation (25% logements et 50% tertiaire équipés en 2050).
- Compensation par production PV (vision moyenne mensuelle).
- Août : de 16 TWh en 2005 à 21 TWh en 2050

## ● Globalement, la saisonnalité relative augmente très peu :

- Les usages saisonnalisés passent de 65 TWh en 2005 à 82 TWh en 2050.
- Les usages non-saisonnalisés augmentent aussi, de 191 à 212 TWh.
- Globalement, le ratio saisonnalisé/total passe de 25% en 2005, à 28% en 2050.

# L'investissement pour l'utilisateur final sera probablement rentable... ...mais reste élevé par rapport à son consentement actuel à investir.

- Investissement sur la base de coûts actuellement constatés sur le marché : **1 150 Md€<sub>2005</sub>**
- Ordre de grandeur cohérent avec les évaluations de l'ADEME et de la FFB.
- Avec des hypothèses réalistes de baisse des coûts (- 20% sauf PV - 50%) : **860 Md€<sub>2005</sub>**



- Les ratios en €/MWh ci dessus prennent en compte les malfaçons et l'effet rebond. Les ratios sur le bâti sont évalués par rapport aux besoins de chauffage, et non aux consommations finales (qui dépendent des systèmes de chauffage).
- La rentabilité pour le client final est acquise si le pétrole est durablement autour de **150 \$<sub>2005</sub>/bl**, en deçà des aides sont nécessaires.
- Pour le secteur Résidentiel, les investissements requis sont 3 fois le volume actuel (2002...) investi pour l'efficacité énergétique dans les logements : **des incitations financières sont requises.**
- Notre scénario est compatible avec le volume d'activité du secteur bâtiment, mais la nature de cette activité doit évoluer : moins de fenêtres et de chaudières, plus d'isolation thermique, de pompes à chaleur, de biomasse et de solaire.

# Quelques questions ouvertes... et une conclusion : Les PAC joueront un rôle clé dans les bâtiments français en 2050

## ● Au moins deux questions techniques restent ouvertes :

### ▶ Le système électrique face à cette demande ?

- La courbe de charge 2050 est peu différente de l'actuelle... en vision mensuelle.
- Mais les aléas seront différents :
  - ✓ 33 TWh de PV décentralisé introduit de nouveaux aléas sur la demande centralisée
  - ✓ La performance des pompes à chaleur décroît si la température extérieure est très basse, la sensibilité aux aléas de température des consommations de chauffage sera donc différente d'aujourd'hui, mais est-ce significatif ?
  - ✓ Côté offre centralisée, 30 à 50 TWh d'éolien introduit de nouveaux aléas.
- Pilotage des charges et stockage décentralisé vont jouer un rôle croissant.

### ▶ L'impact du changement climatique sur la demande et ses aléas ?

## ● Bâtiments sans fossiles en France en 2050 ?

- ▶ Dans un pays tempéré tel la France, disposant de biomasse, une diffusion réaliste de technologies existantes d'isolation thermique, de pompes à chaleur, de biomasse et de solaire permet de supprimer les usages directs des fossiles dans le secteur bâtiment.
- ▶ L'investissement pour l'utilisateur final, tel qu'évalué sommairement, est probablement rentable, mais reste élevé. Une focalisation de l'investissement sur les bâtiments les moins performants, et un effort accru de R&D sur les systèmes, devraient pouvoir réduire ces coûts.
- ▶ Le transfert vers l'électricité semble gérable sans difficulté... avec des coûts qui restent à évaluer.