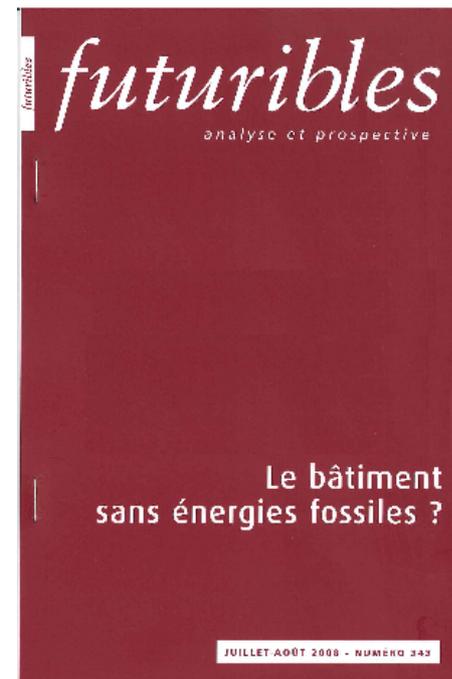


Un scénario EDF R&D : Bâtiments 2050 sans fossiles

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



(Excel : <http://www.edf.com/fichiers/fckeditor/Commun/Innovation/articles/BatimentsFrance2050sansfossilesV28web.xls>)



CHANGER L'ÉNERGIE ENSEMBLE

La présentation habituelle de la demande énergétique France

CONSOMMATIONS RESIDENTIEL France 2005								
TWh	Charbon	Fuel	GPL	Gaz	Elec	Bois	EnRt	total
Chauffage	3,0	93,2	9,1	151,8	34,8	87,9	3,9	383,6
Eau chaude sanitaire	0,4	11,4	2,3	19,8	19,5		0,2	53,6
Cuisson			9,8	12,8	11,1			33,7
Electricité spécifique					73,7			73,7
dont éclairage					12,3			
froid					17,7			
brun					10,2			
lavage					12,2			
total	3,4	104,6	21,2	184,4	139,0	87,9	4,1	544,6

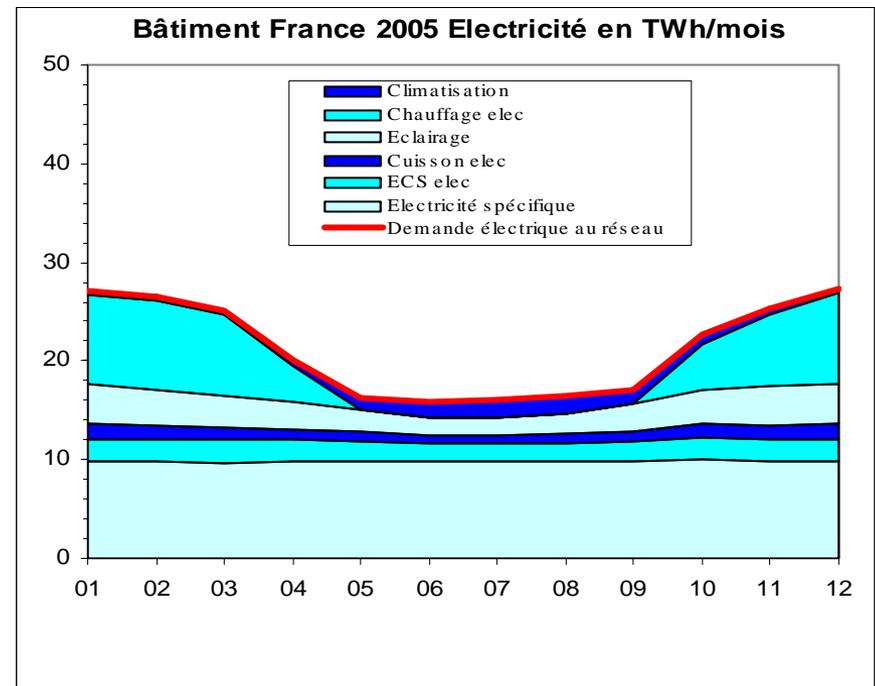
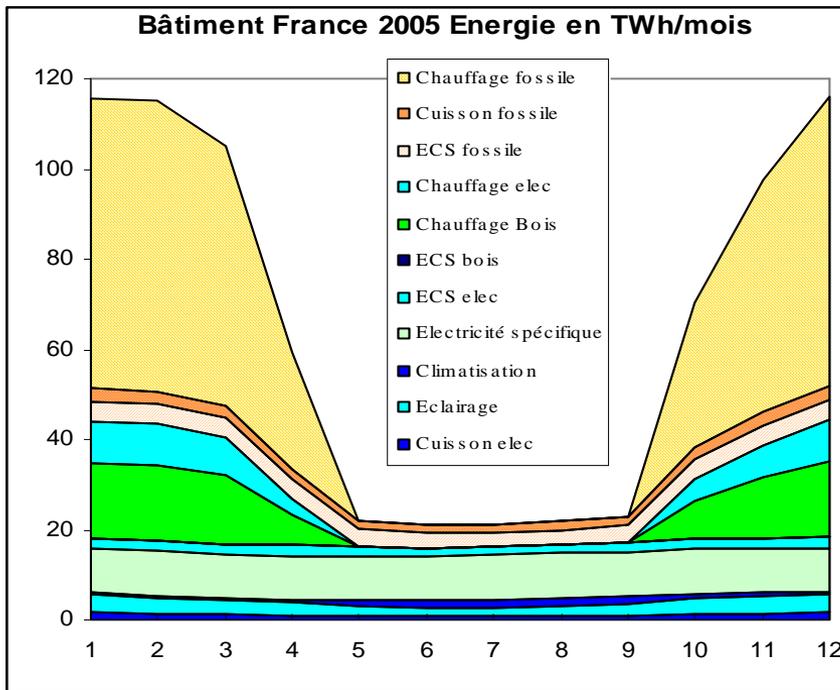
Chauffage =
500 TWh

CONSOMMATIONS TERTIAIRE France 2005								
TWh	Autres	Fuel	GPL	Gaz	Elec.	Biomasse	EnRt	total
Chauffage	0,9	39,6	3,4	59,1	16,4	6,3	1,4	127,1
Eau chaude sanitaire		4,6	0,3	10,3	5,9			21,0
Cuisson		0,1		5,9	3,5			9,5
Spécifique					56,2			56,2
Climatisation					11,7			11,7
Eclairage					17,6			17,6
Eclairage public					5,9			5,9
total	0,9	44,3	3,7	75,3	117,0	6,3	1,4	248,9

Total =
800 TWh

- ▶ Pas de représentation des courbes de charge des énergies.
- ▶ Pour certains usages, les énergies sont substituables (chauffage, cuisson), pas pour d'autres (éclairage, climatisation)

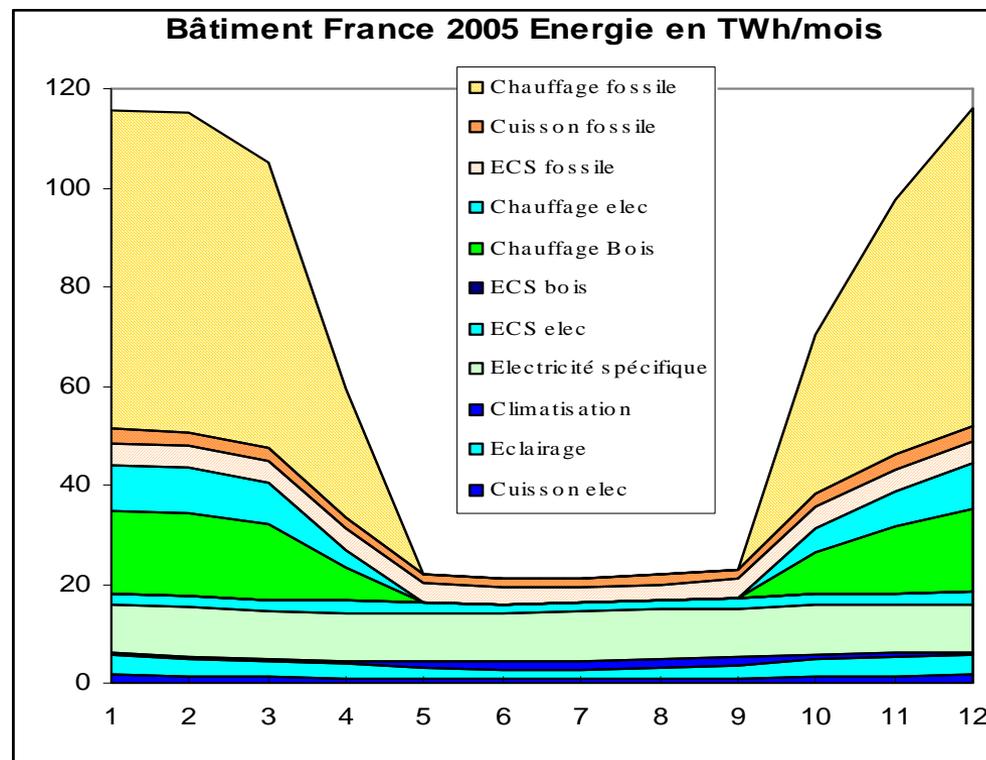
La répartition mensuelle des consommations est très contrastée



- ▶ Janvier : 117 TWh/mois dont 91 de chauffage (65 de fossile, 9 d'électricité, 17 de biomasse).
- ▶ Janvier : chauffage électrique 8% du total
- ▶ Été : plancher à 21 TWh/mois, pour l'essentiel de l'électricité (16 TWh).
- ▶ Les combustibles « stockables » (fuel, bois, gaz en partie) sont adaptés à ce pic hivernal.
- ▶ Le système électrique gère actuellement ces consommations saisonnières de chauffage (13% en volume annuel) par une gestion appropriée des arrêts programmés pour maintenance des centrales de production
- ▶ La part de la demande électrique sensible aux aléas de température est de 20%

Dans ces conditions, envisager des bâtiments sans fossiles paraît a priori peu réaliste....

- ▶ Se passer de fossiles c'est renoncer aux énergies représentées en hachuré !
- ▶ Sommes-nous alors capables de satisfaire l'ensemble des besoins actuels et futurs du parc de bâtiments ?



- Sans reporter sur le parc électrique ce qui ne peut être raisonnablement reporté ailleurs
- Sans miser sur des innovations technologiques incertaines (Hydrogène, fusion,...)
- Sans solliciter au delà du raisonnable le recours à la biomasse (concurrence des usages et exploitation durable de la ressource)
- Sans compter sur des politiques d'incitations peu crédibles du fait de l'état des finances publiques.
- Sans parier sur des ruptures comportementales

Les fondamentaux du scénario : isolation, PAC, bois, solaire.

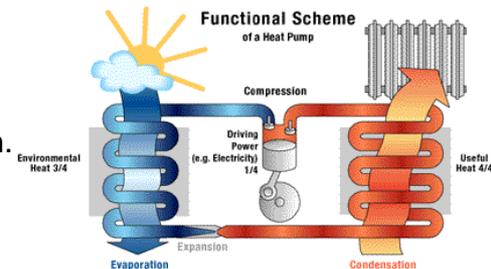
1 / Réduire les besoins de chauffage via une rénovation thermique du parc et des performances thermiques du neuf réalistes.

- ▶ Besoins de chauffage en 2050 des bâtiments ante 2005 : de 540 à 300 TWh
 - Résidentiel : moins 45% vs 2005 (effet rebond inclus)
 - Tertiaire : moins 20% vs 2005
- ▶ Performances des bâtiments neufs : besoin supplémentaire 100 TWh
 - Résidentiel : BBC (environ RT 2005 moins 30%)
 - Tertiaire : RT 2005 moins 15%



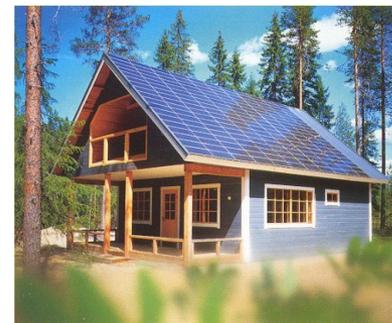
2 / Fournir les besoins de chauffage et ECS par des systèmes performants, essentiellement pompes à chaleur (3/4) et biomasse (1/4).

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

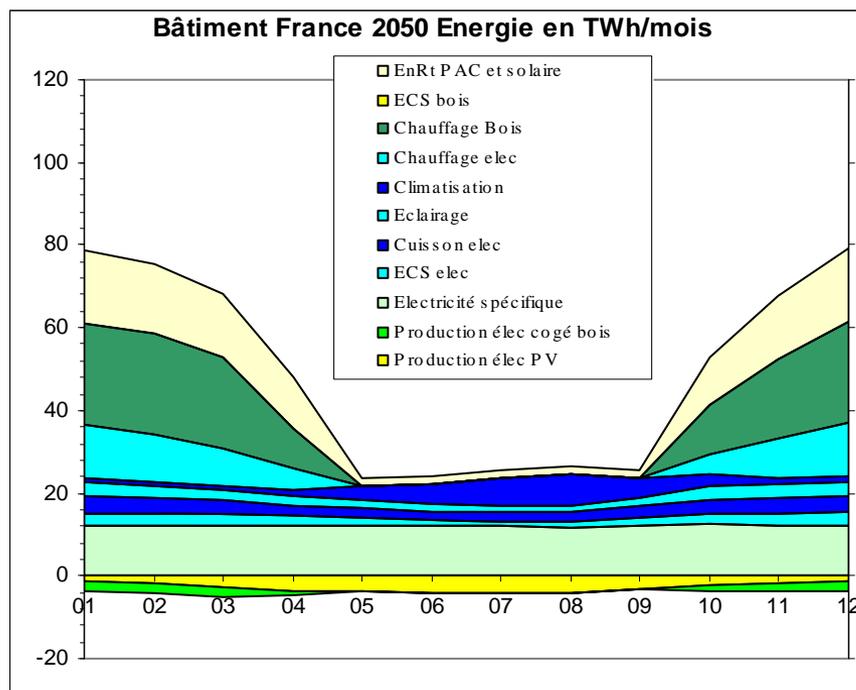


3 / Développer les EnR solaires.

- 30% des logements et m² tertiaires équipés ECS solaire
- 25% des maisons individuelles dotées 2 kWc PV
- 75% des surfaces de toit tertiaires équipées PV



Se passer des fossiles n'entraîne pas forcément une croissance irréaliste des consommations d'électricité et de biomasse

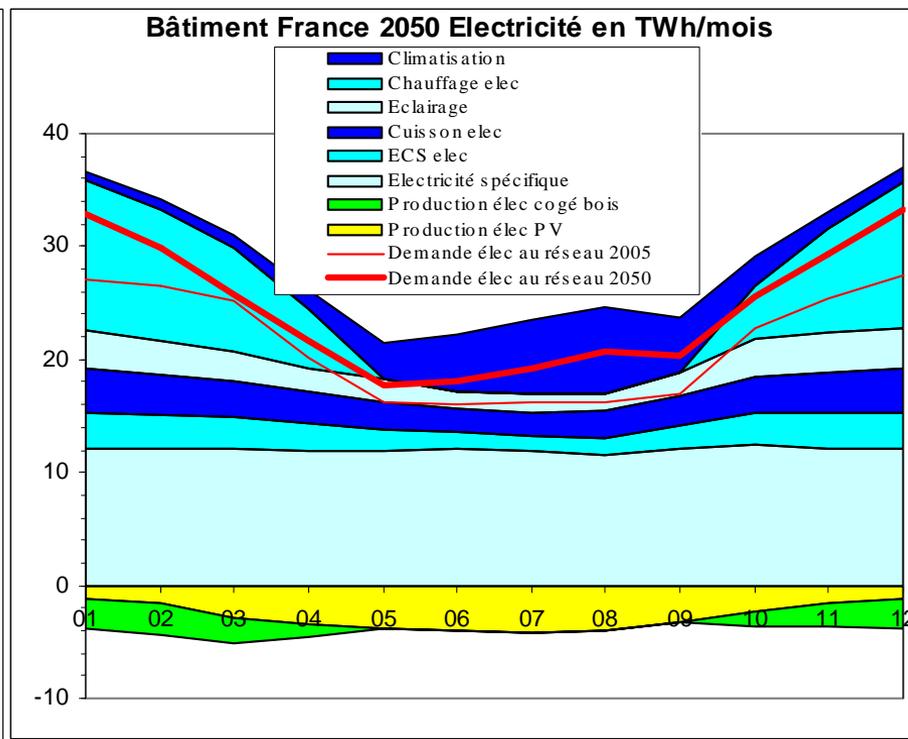
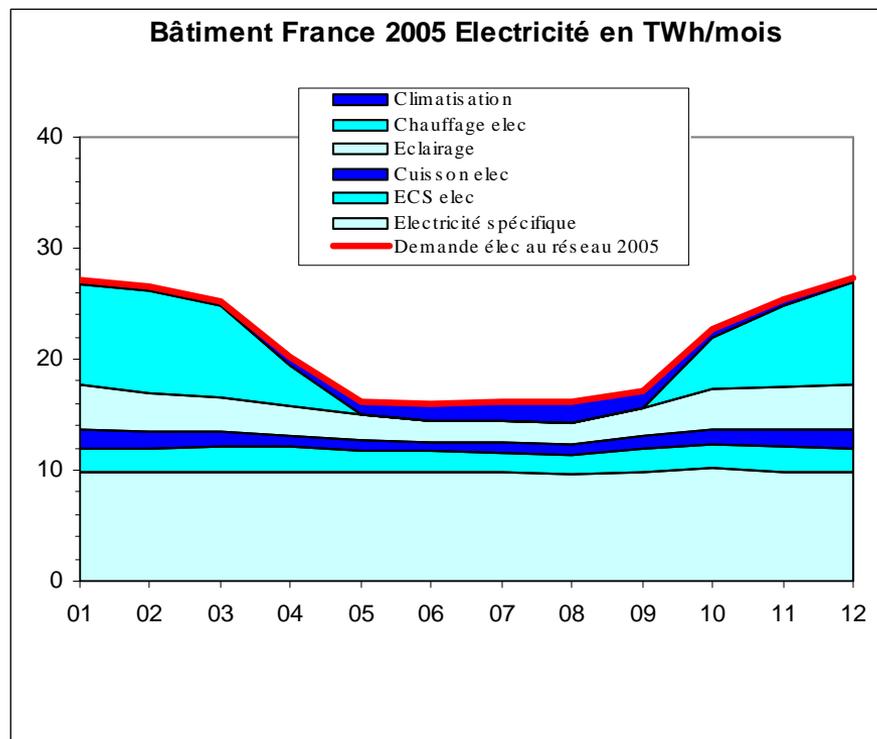


BÂTIMENTS (en TWh Final)	2005	dont hiver	2050	dont hiver
Chauffage Elec	51	51	66	66
Chauffage EnRt via PAC	5	5	92	92
Chauffage biomasse	94	94	136	136
Chauffage Fossile	360	360		
ECS elec	25	4	28	13
ECS EnRt via PAC	0	0	17	8
ECS biomasse			11	3
ECS solaire	0		8	
ECS fossile	49	8		
Cuisson elec	15	4	36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

Au bilan, en 2050 :

- la biomasse a augmenté d'environ 50 TWh par rapport à 2005 (Scénario bas Grenelle)
- l'électricité centralisée a augmenté d'environ 40 TWh, soit tcam de 0,3% par rapport à 2005
- la part de l'électricité sensible aux aléas de température a légèrement augmenté (de 20 à 22%)
- la cogénération biomasse et le PV produisent respectivement 15 TWh et 33 TWh d'électricité par an
- 43% de la demande finale est assurée par des EnR
- les « apports gratuits » des PAC représentent plus de 100 TWh
- les émissions directes de CO₂ sont nulles (92 Mt_{CO2} en 2005 et 83 en 1990)

Une évolution limitée de la saisonnalité et des aléas liés à la température de la demande d'électricité



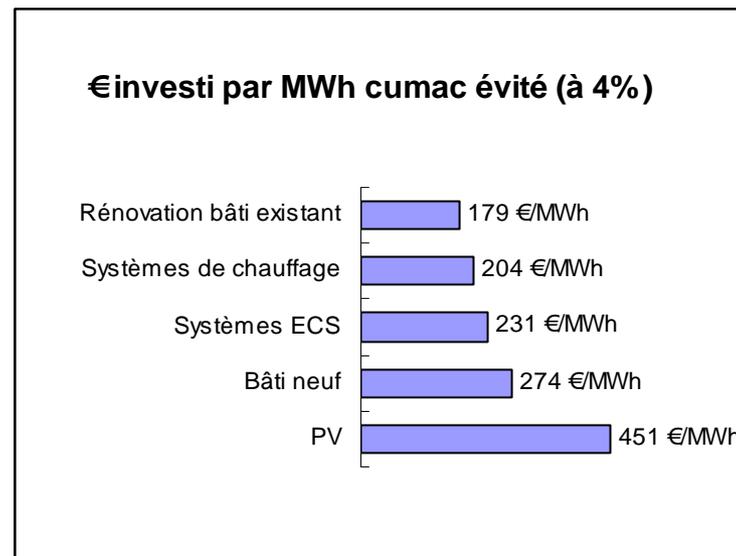
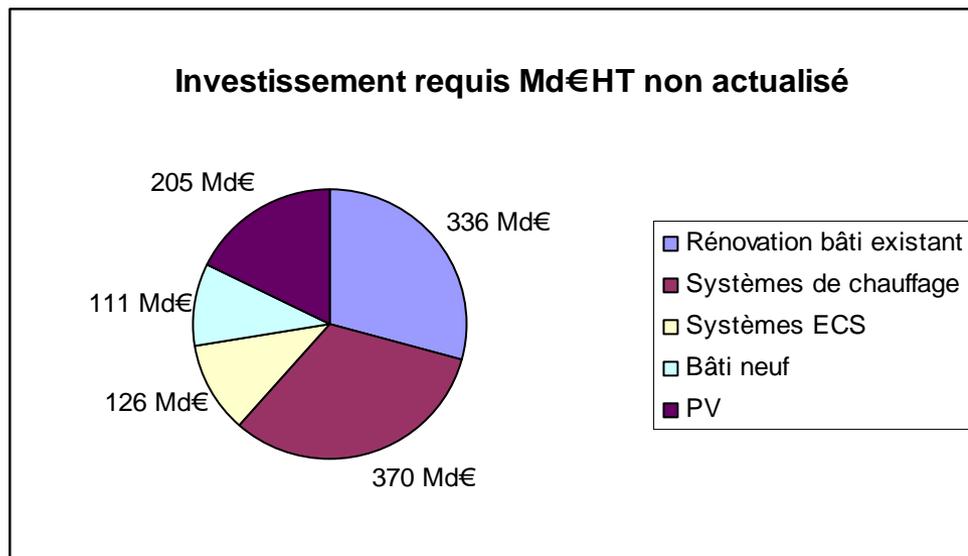
Augmentation modérée de la « bosse » d'hiver :

- Volume chauffage et ECS, et thermosensibilité du rendement des PAC.
- Compensation par cogénération bois, calée sur besoins de chauffage.
- Part sensible aux aléas de température (chauffage) : de 51 TWh/an (20%) à 66 TWh/an (22%)

Émergence d'une « bosse » d'été :

- Usage climatisation (25% logements et 50% tertiaire équipés en 2050).
- Compensation par production PV (vision moyenne mensuelle).
- Part sensible aux aléas de température (climatisation) : de 12 TWh/an (5%) à 37 TWh/an (13%)

L'investissement requis est probablement rentable, mais élevé par rapport à la capacité à investir des acteurs



- ◆ Investissement total : **1150 Md€** (non actualisé, coûts 2005), cohérent avec autres études.
- ◆ Investissement (hors PV) actualisé (4%) par tCO₂ évitées cumulées 2005-2050 : **220 €/tCO₂**
- ◆ Rentable (TRI>6%) si : Pétrole à **150 \$₂₀₀₅/bl**, CO₂ à **75 €₂₀₀₅/t**, Apprentissage : - 25%
- ◆ Le volume d'investissement est 3 à 4 fois supérieur au volume actuellement dédié à l'amélioration thermique des logements : besoin d'outils de financement.
- ◆ Le volume d'activité de la filière bâtiment ne serait pas significativement augmenté, mais la structure de l'activité changerait (plus d'isolation, plus de PAC et de solaire, moins de fenêtres et de chaudières).

Les questions ouvertes !

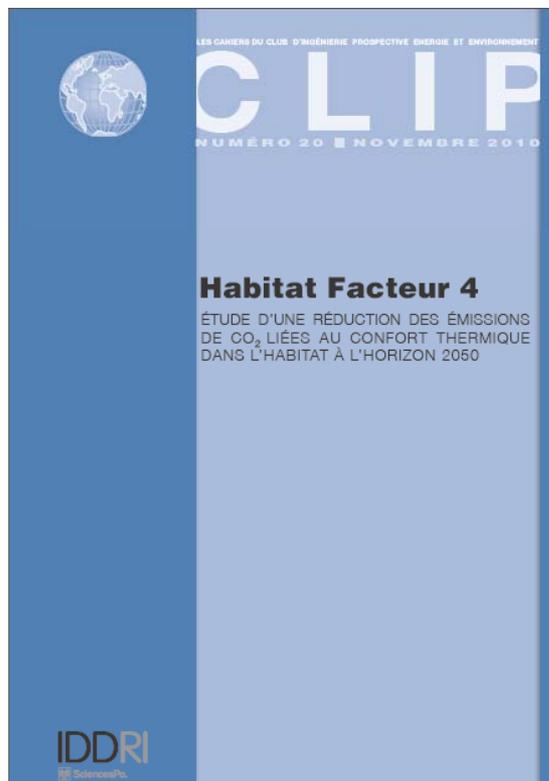
► Comment fonctionnerait réellement le système électrique en 2050 ?

- Aujourd'hui on dispose ~ 30 TWh de fossile pour "gérer" la production électrique, en complément de l'hydraulique. Comment faire sans fossile, demain ?
- Plus que la saisonnalité à climat normal, c'est la gestion des aléas avec l'introduction de 33 TWh de PV et de 30 à 50 TWh d'éolien qui serait difficile
- Quel rôle pour l'effacement ? Quelle place pour les stockages ?
 - ✓ Les STEP (stockage hydraulique) ou les CAES (stockage air comprimé) ?
 - ✓ Les batteries avec le PV si baisse des coûts ?
 - ✓ L'impact des NTIC et du pilotage de charge (chauffage, ECS) (Smart Grids) ?

► Quel impact potentiel du changement climatique en 2050 ? (sans compter l'impact sur la gestion du parc et la production hydraulique).

- positif du point de vue de la demande d'hiver ?
- négatif pour la demande d'été ?
- Impact sur les aléas cumulés - thermo-sensibilité, régime de vent, nébulosité, etc.

P.S. : une étude récente sur le secteur résidentiel



- ▶ Commandite IDDRI
- ▶ Réalisation
 - CNRS-LATTS (JP Traisnel)
 - Énergies Demain
 - GDF-Suez
 - EDF
- ▶ Ciblé sur chauffage et ECS logements
- ▶ 4 scénarios technologiques (selon la priorité accordée aux énergies bois, gaz et électricité), avec bâti en « mode commun »

Première énergie Seconde énergie Troisième énergie	Bois Gaz Élec	Bois Élec Gaz	Gaz Bois Élec	Élec Bois Gaz
Facteur de gain en énergie finale	2.0	3.0	2.3	8.8
Facteur de gain en énergie primaire	2.5	2.9	4.7	5.1
Taux 2050 d'EnR thermiques	52%	64%	36%	42%
Facteur de gain en CO2 (selon CO2 kWh élec)	3 à 4	16 à 6	2 à 4	6 à 4