

Le scénario Négatep (France) – extrapolation à l'Europe

Pierre Bacher
(Claude Acket et Gérard Pierre)

Contexte mondial

- Démographie : 9 milliards d'habitants vers 2050
- Ressources : épuisement des ressources mondiales de pétrole puis de gaz.
- Écologie : changement climatique lié aux rejets de gaz à effet de serre.

Les objectifs de la loi d'orientation de 2005

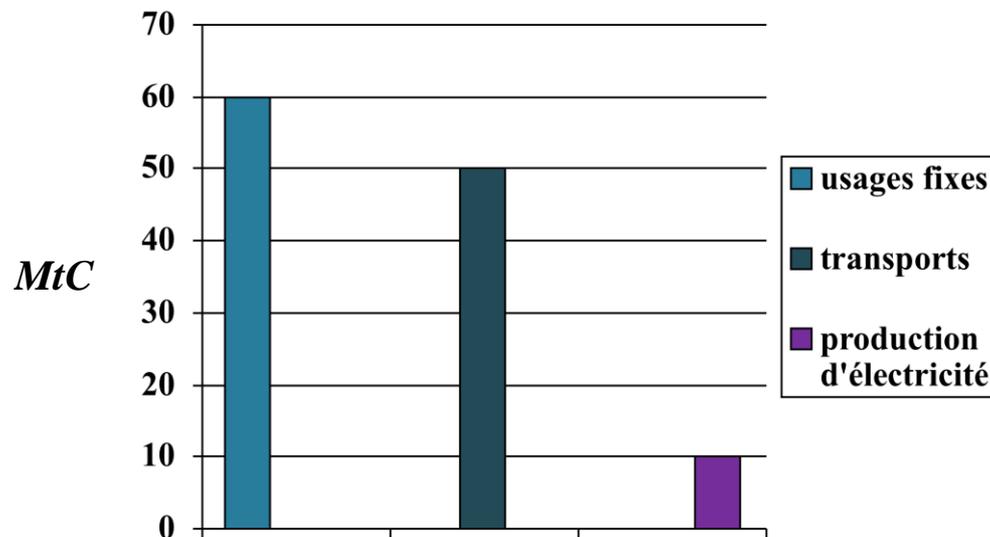
- Indépendance énergétique.
- Prix compétitif de l'énergie.
- Préserver l'environnement, en particulier en luttant contre l'aggravation de l'effet de serre.
- Garantir la cohésion sociale en assurant l'accès à tous à l'énergie.

L'objectif prioritaire de Négatep

- La teneur en CO₂ est restée depuis plus de 400 000 ans inférieure à 280 ppm (partie par millions), elle dépasse aujourd'hui 380 ppm.
- Seule la moitié des 30 milliards de tonnes que nous émettons par an est absorbée par la nature.
- Il faut donc diviser les émissions mondiales d'un facteur 2 (<2 tonnes par personne).
- Les pays développés sont les plus gros émetteurs de CO₂ et doivent diviser leur rejet d'un facteur 4.

L'objectif du scénario négatep est d'atteindre le facteur 4 d'ici à 2050

Le défi énergétique 2020 – 2050: qui émet du CO2 en France



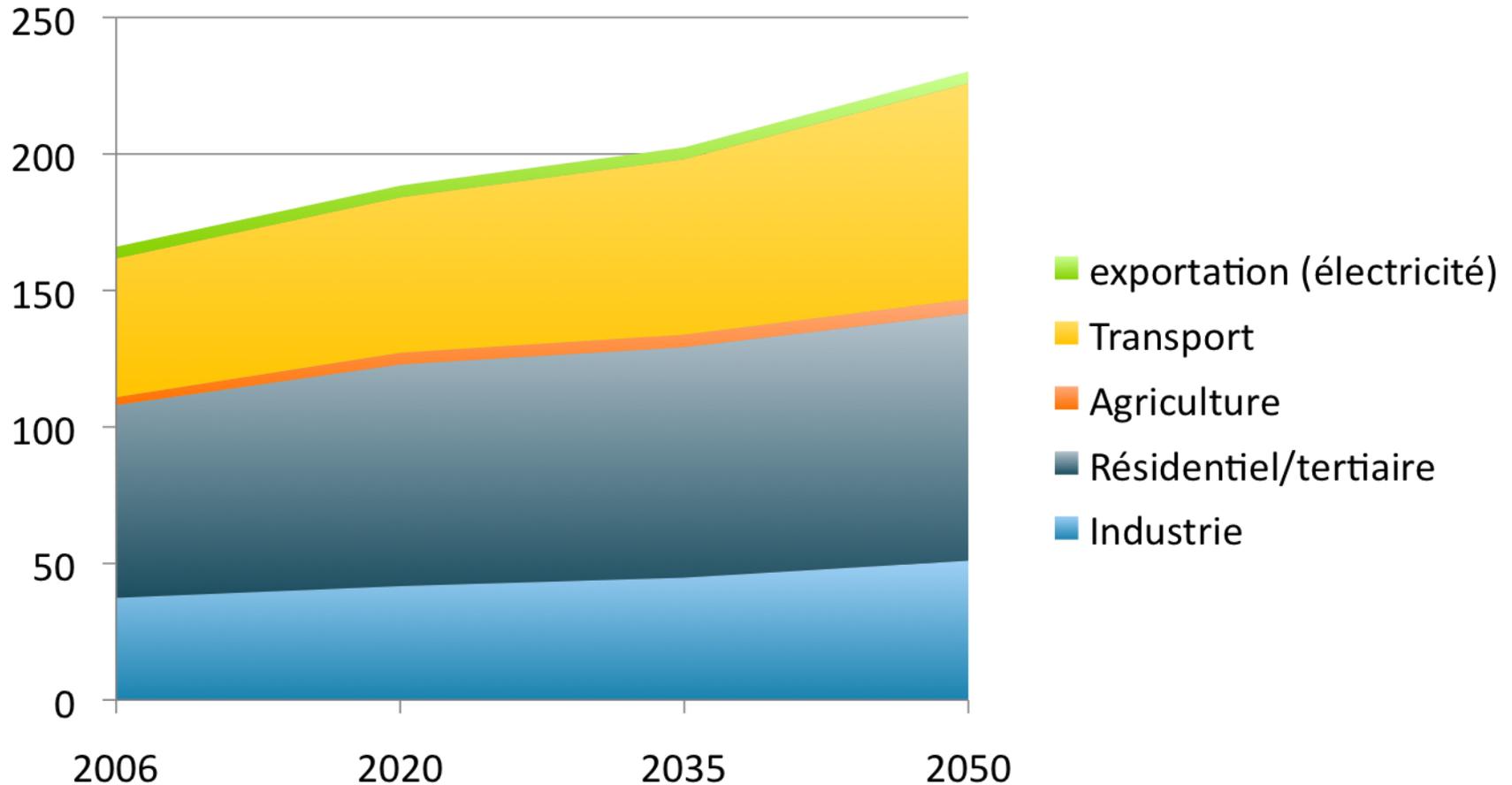
*Les efforts doivent donc porter sur les **usages fixes** et les **transports**, sans augmenter les rejets dus à **l'électricité**.*

En Europe: 25 % de plus par habitant, du fait de l'électricité « fossile »

Le scénario Negatep s'attaque en priorité aux usages des combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz) émetteurs de CO2:

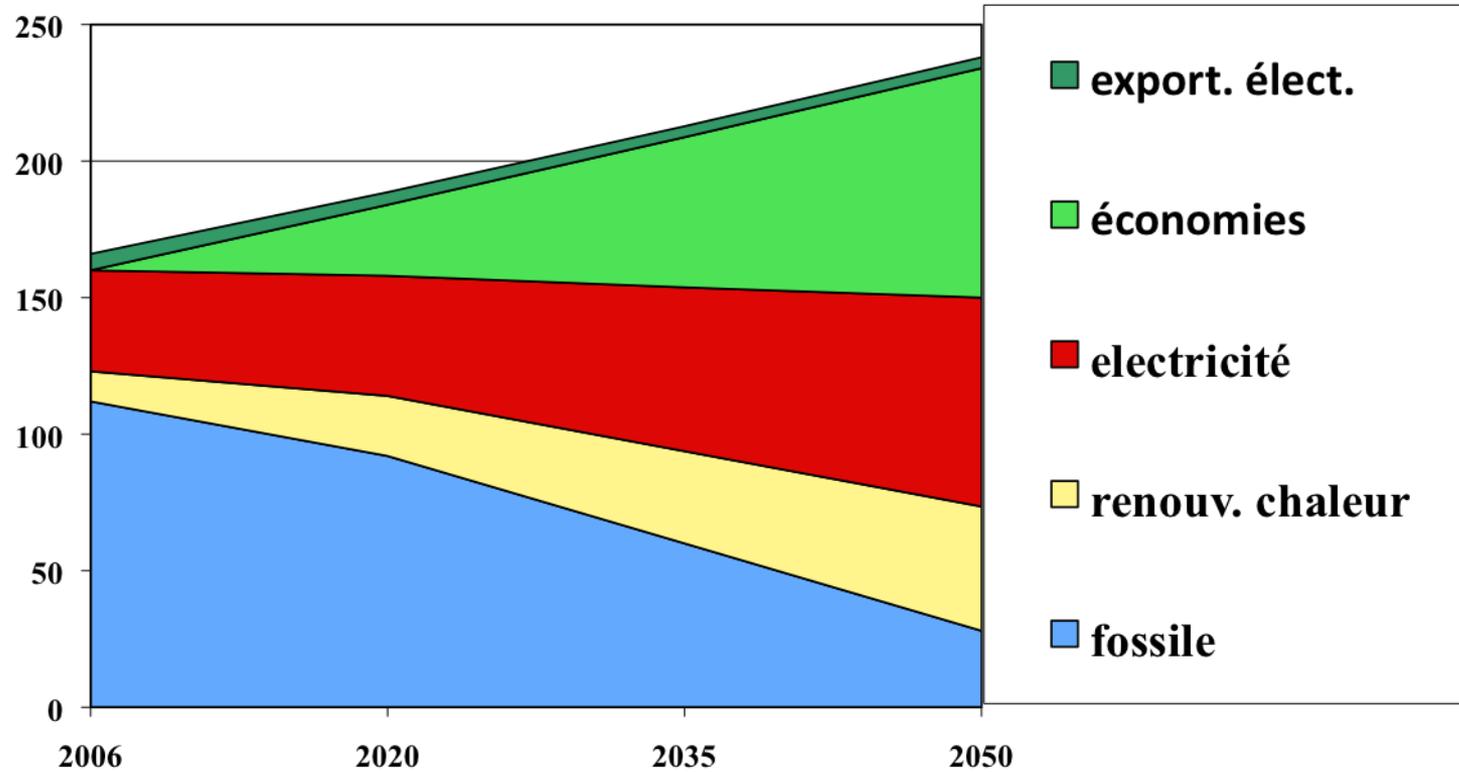
- Efficacité énergétique*
- Substitution d'électricité au pétrole*

Scénario de référence DGEMP* extrapolé de 2030 à 2050



*DGEMP : Direction Générale de l'Énergie et des Matière Premières

Scénario Négatep

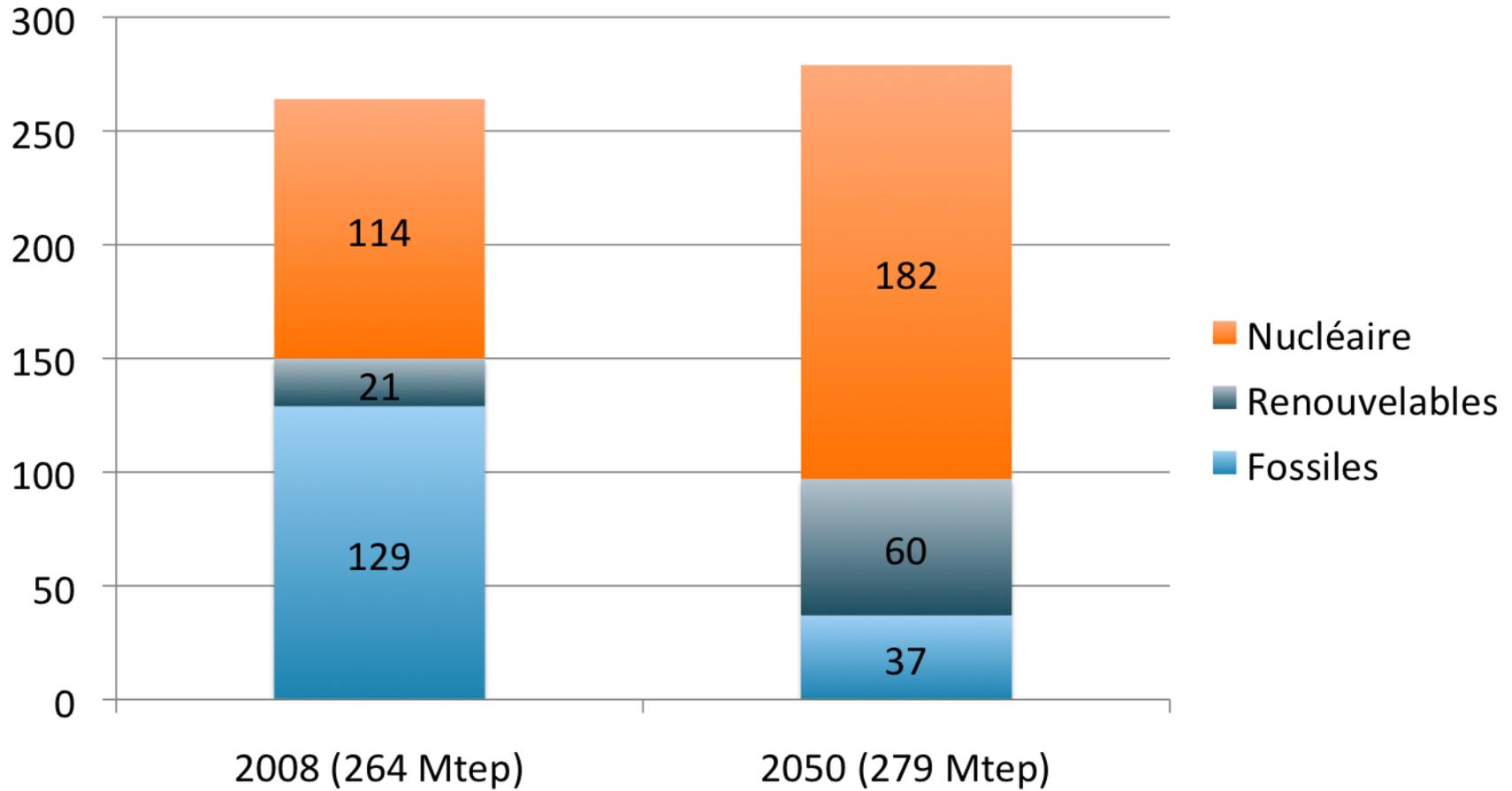


Rejets CO₂ (MtC) 115

90

32

Négatep 2050 en énergie primaire (Mtep)



Les renouvelables thermiques

- Le bois et les déchets agricoles et ménagers peuvent produire 30 à 35 Mtep (10 actuellement).
- Solaire thermique peut produire entre 3 et 5 Mtep.
- Les pompes à chaleur peuvent apporter de la géothermie de surface et de l'aérothermie à la hauteur de 9 Mtep.
- La géothermie profonde ou semi profonde peut encore se développer : 1 à 3 Mtep (0,2 tep actuellement).

Au total on peut espérer que les renouvelables contribuent à la hauteur de 45 Mtep.

Négatep, renforcer l'usage de l'électricité

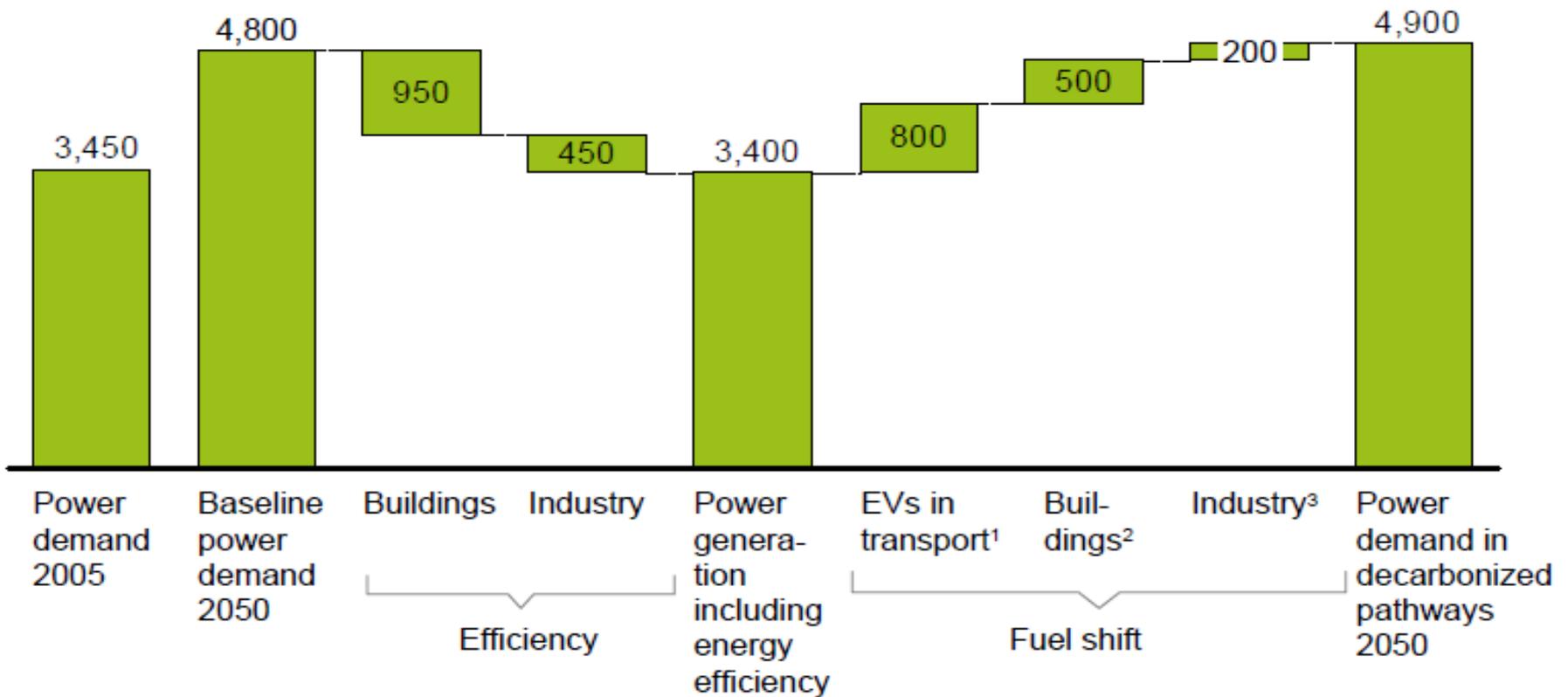
- Renforcer la part de l'électricité dans le mix énergétique.
- Développer la part du nucléaire dans la production d'électricité, tant que les moyens économiques de stockage n'auront pas été développés.
- Limiter la part de la production intermittente d'électricité à un niveau que le réseau électrique peut supporter sans augmenter les capacités des centrales à gaz.

Énergies renouvelables dans la production d'électricité

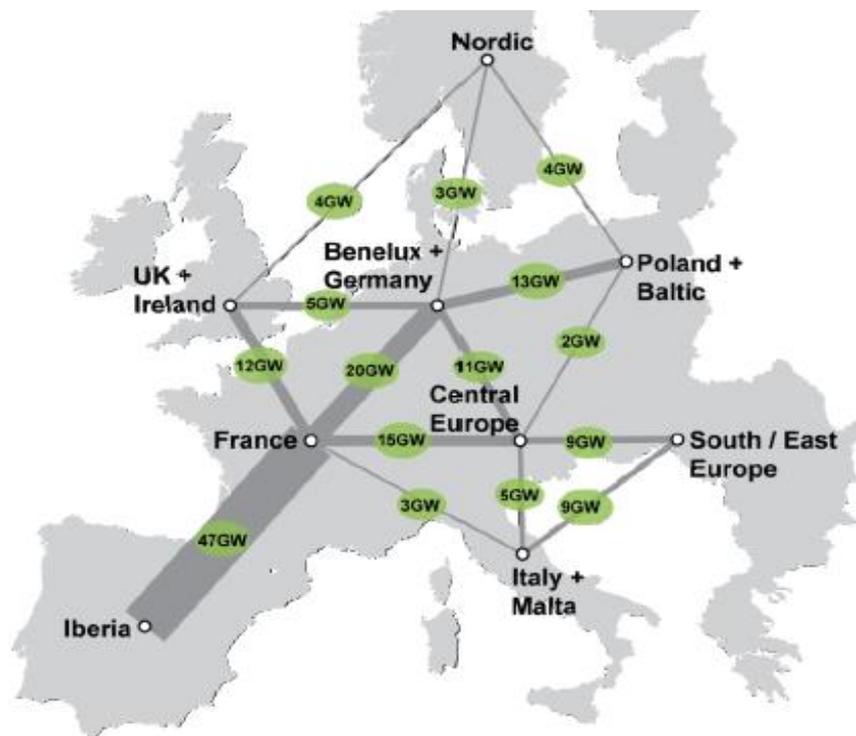
- La source la plus importante est l'hydraulique (6 Mtep), elle ne devrait que très peu évoluer.
- Le bois et les déchets carbonés peuvent contribuer en utilisant la cogénération : 1 Mtep.
- L'éolien peut contribuer à la hauteur de 6 Mtep (Coût, intermittence, fossile indispensable en complément).
- Le photovoltaïque peut au mieux produire 2 à 4 Mtep en 2050.

Au total le renouvelable peut produire entre 15 et 17 Mtep dont un tiers grâce à l'hydraulique.

Demande d'électricité en Europe 27+2 (ECF) (TWh)



Hyper réseau ECF – carte interconnexions (80 % ENR)



2050
Total Transmission Requirements
Assuming 80% RES & 20% DR

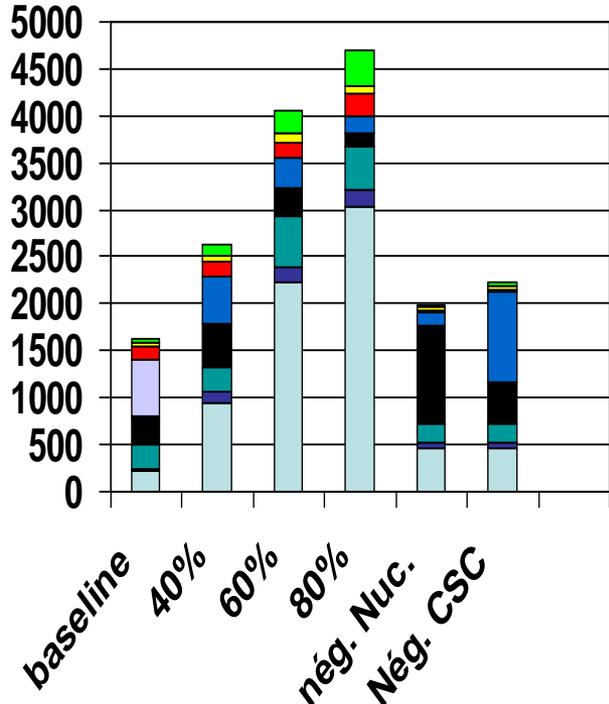
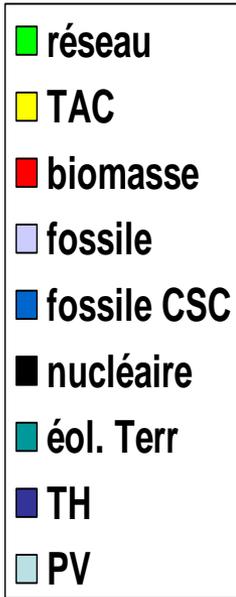
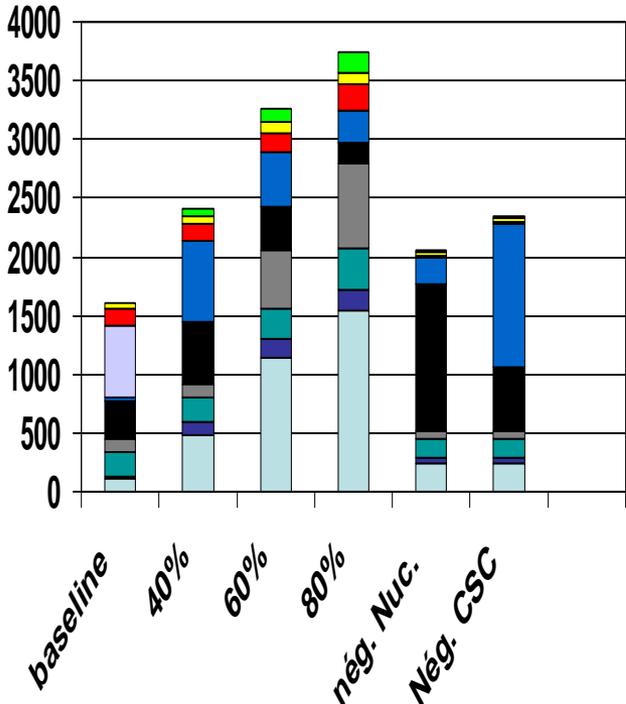


ECF propose 4 scénarios,
avec 20, 40, 60 et 80 %
d'ENR intermittentes,
avec 200 à 1300 GW de TAC
en back up et un hyper réseau

Systeme production – transport : Investissements

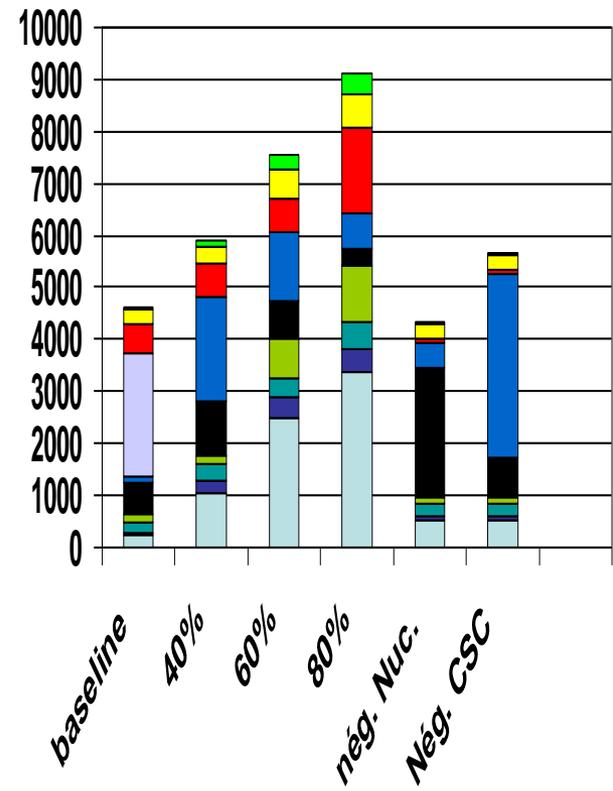
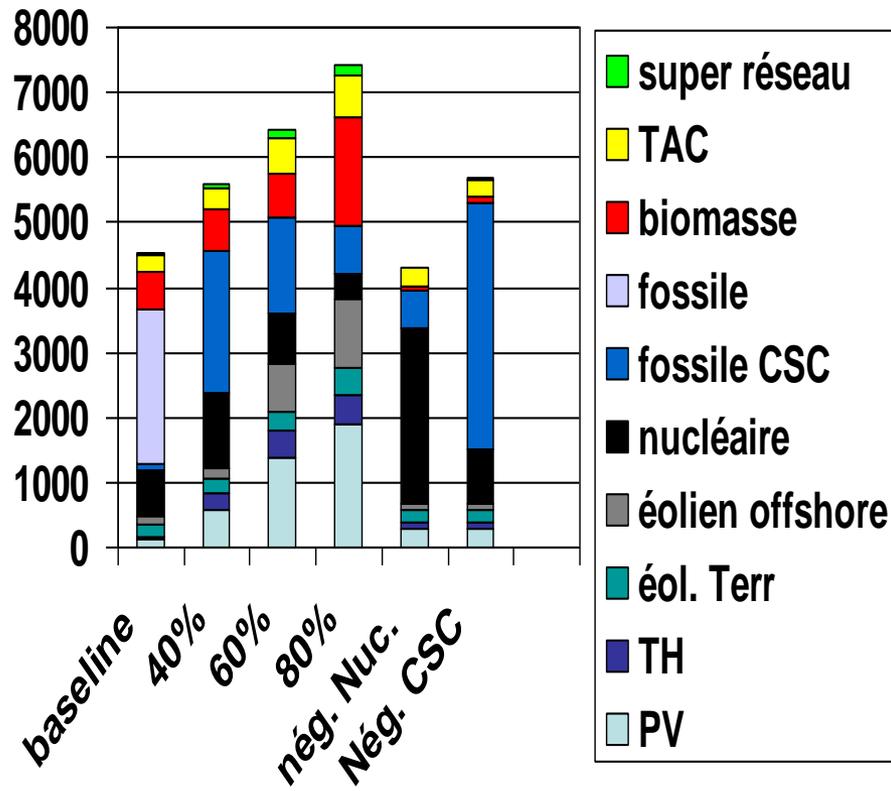
Hypothèses ECF

Hypothèses corrigées

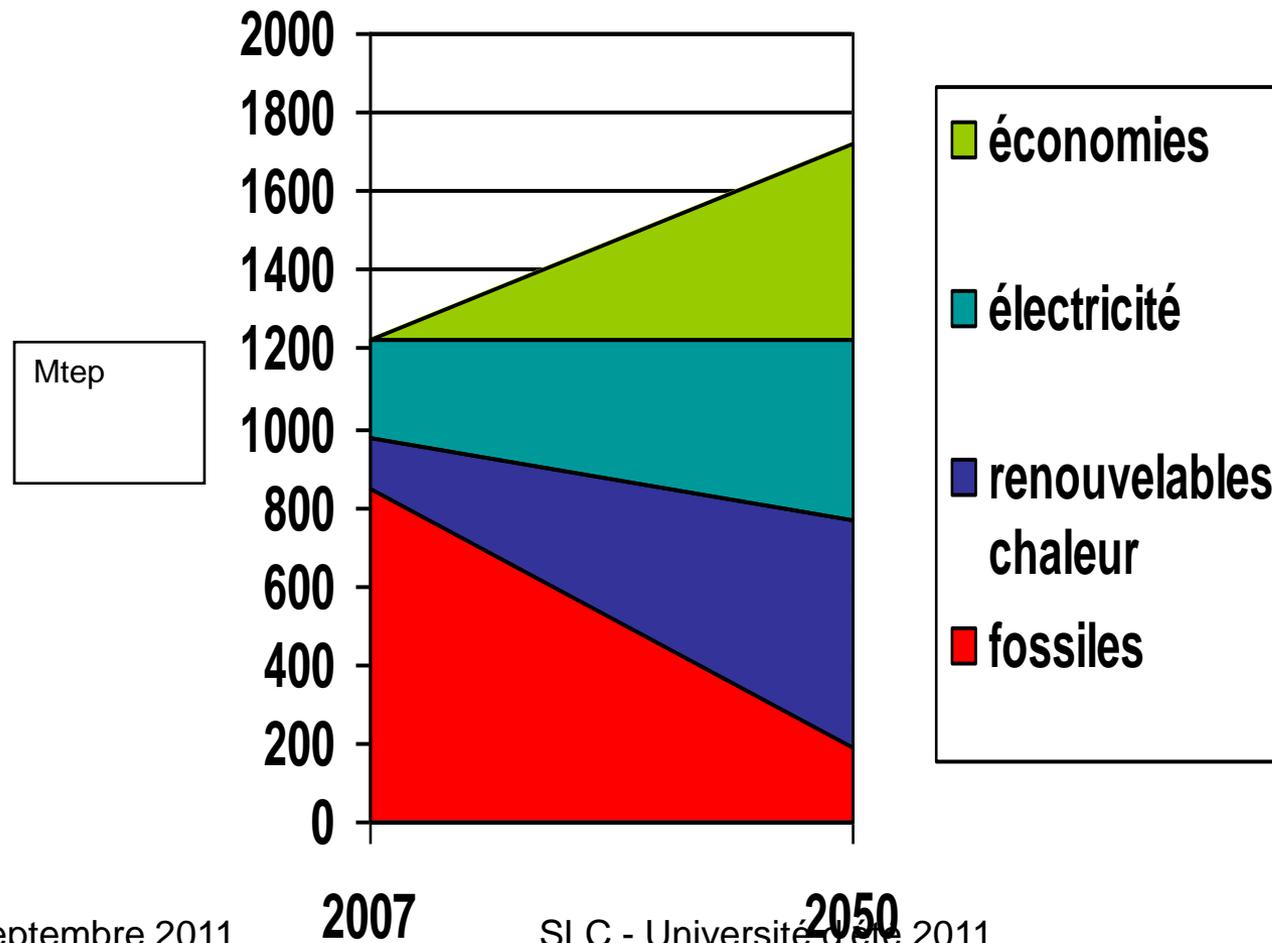


Systeme production – transport: coûts complets

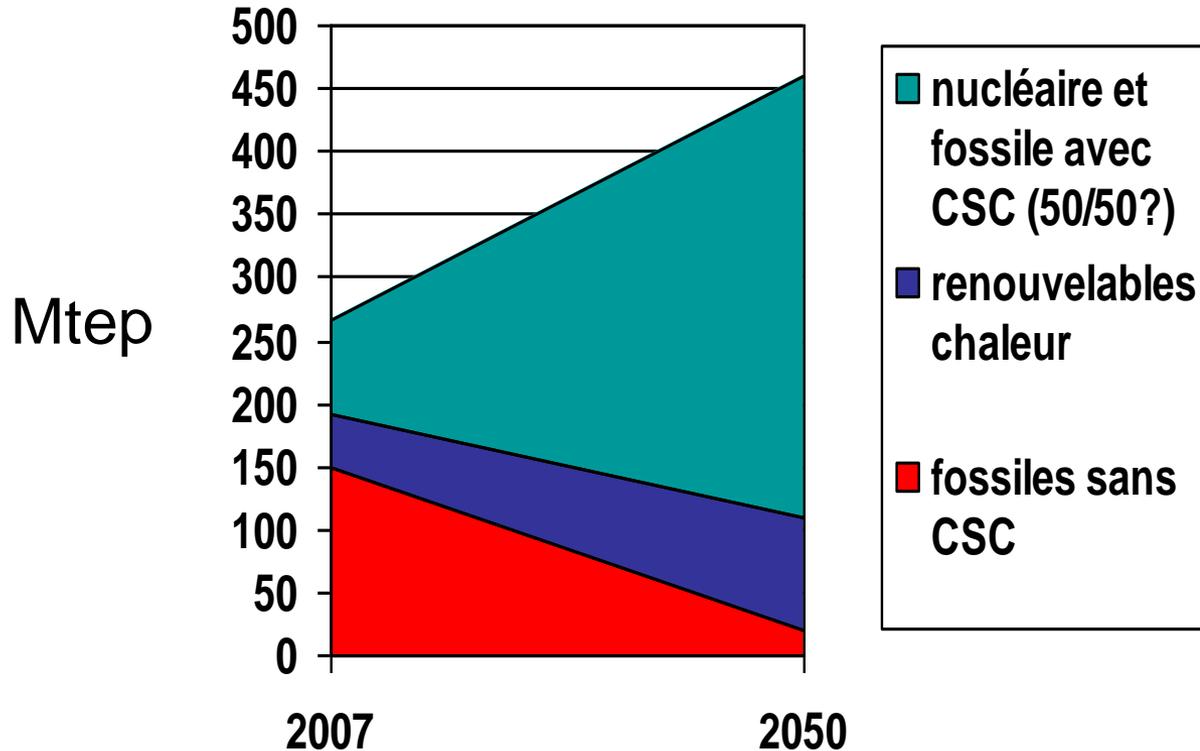
Hypothèses ECF
Hypothèses corrigées



Négatep Europe: consommation d'énergie finale



Négatep Europe: production d'électricité



Conclusions

Convergence des analyses Négatep et ECF:

- Economies « raisonnables » (stabilisation de la consommation) et rôle accru de l'électricité
- ENR intermittentes nécessitent à la fois un hyper réseau et un très fort back-up

Les alternatives

- Fort développement du gaz avec CSC et du nucléaire (ENR en complément)
- Fort développement des ENR, avec hyper réseau

Les critères de choix

- Objectifs CO2
- Économiques
- Sociétaux

Recommandations - 1

- Fixer clairement les priorités au niveau européen (ce que ne fait pas la directive 3x20 % qui met sur le même plan efficacité énergétique, ENR et réduction CO2) :
 - Réduire le CO2 (20 % d'ici 2020, 80 % d'ici 2050)
 - Limiter la dépendance énergétique (pétrole, gaz)
- Proposer une stratégie claire de réduction du CO2 au niveau européen (analogue à propositions Rocard de 2010 : taxe CO2 augmentant progressivement de 30 à 100 €/t CO2, compensation aux frontières)
- Laisser aux Etats la responsabilité des moyens mis en œuvre (efficacité énergétique, sobriété, énergies non carbonées – dont le nucléaire)

Recommandations 2

- Les moyens mis en œuvre doivent l'être au niveau de systèmes cohérents : la directive 3x20 %, conduit à traiter séparément l'efficacité énergétique, le développement des ENR et la réduction du CO₂, alors que ces objectifs peuvent être antinomiques – ex. CSC, biocarburants, biomasse chaleur, qui tous nécessitent plus d'énergie primaire pour une même énergie finale.
- Le développement des ENR non pilotables et celui des réseaux électriques sont étroitement liés : une concertation est indispensable entre les Etats et entre les responsables de réseaux, tenant compte des politiques énergétiques de chaque pays.
- La création du grand marché de l'électricité, censée faire baisser les coûts grâce à la concurrence, aboutit à des hausses de prix incontrôlables, notamment dans les pays où l'électricité est bon marché ; le marché spot est de surcroît très vulnérable, comme l'a montré la crise californienne de 2000. Il est urgent de remettre à plat ce système.
- Les règles imposées aux opérateurs européens du gaz (unbundling) risquent de faire le jeu de GAZPROM qui investit de plus en plus dans le stockage du gaz en Europe et veut s'introduire dans son utilisation. Il est urgent, là aussi, de repenser le système et de mettre en place des mécanismes qui, à la fois, favorisent la diversification des sources(GNL, gaz de schistes) et limitent les rejets de CO₂ liés à l'utilisation du gaz.
- Développer au niveau européen la R&D sur le stockage de l'électricité (y compris le smart grid) et le CSC.

Négatep: le facteur 4, action dans le résidentiel

- **Supprimer pratiquement l'usage du pétrole et du gaz en combinant l'isolation, les énergies renouvelables thermiques associées ou non aux pompes à chaleur.**

Les politiques publiques doivent rechercher systématiquement les voies les moins coûteuses permettant de favoriser la tonne de CO₂ évitée la moins chère au détriment des opérations de communication onéreuses : bâtiment à énergie positive...

Pour l'ancien passer de 300 à 100 kWh/m² coûte aussi cher que de passer de 100 à 50 kWh/m².

Il faut pour chaque opération estimer le coût de la tonne de CO₂ évitée et favoriser celle dont le coût est le plus faible.

Négatep: le facteur 4 dans les transports

- Réduire très fortement le pétrole pour les transports.

Trois voies :

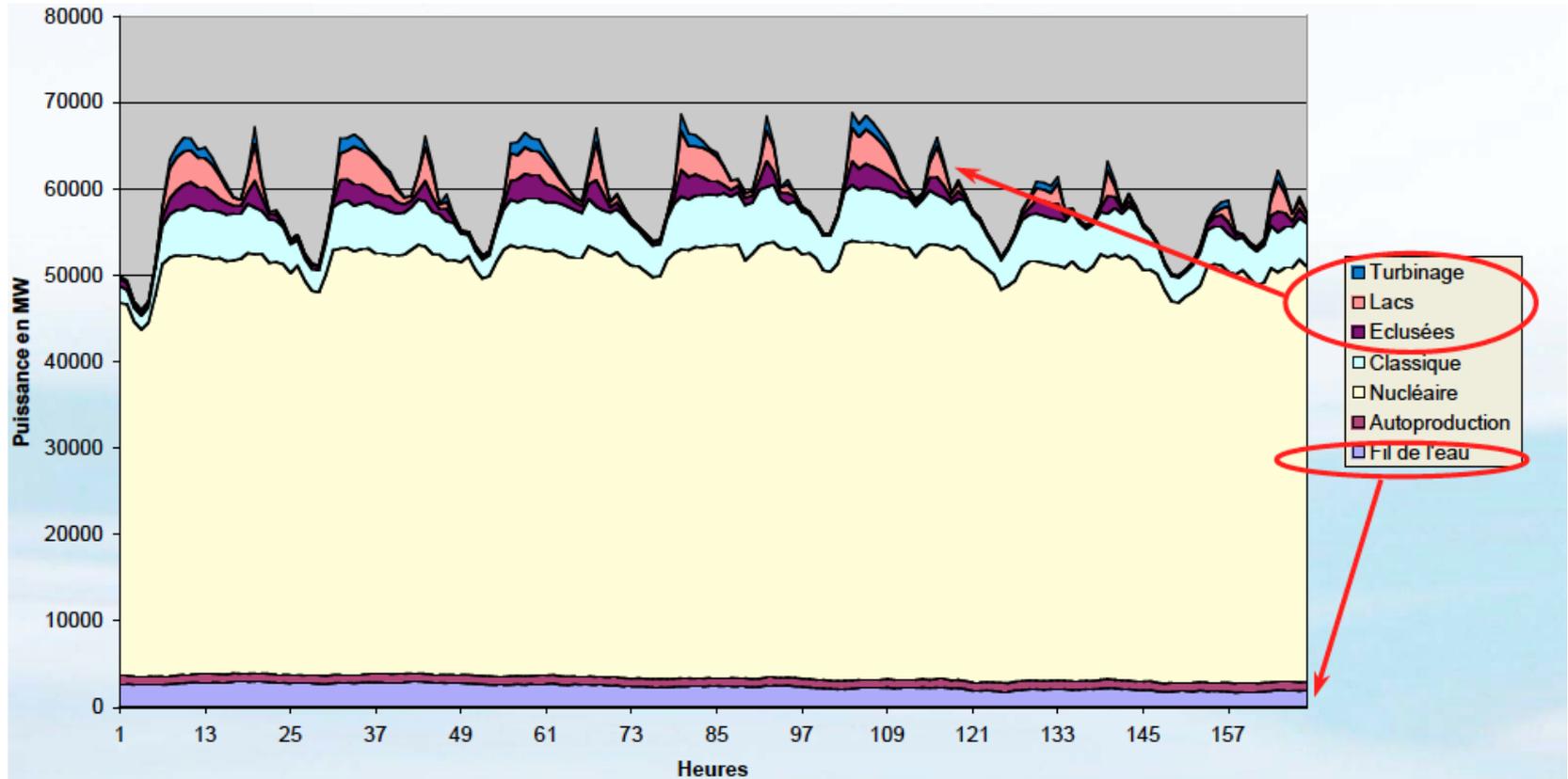
1. Transport en commun, fret..
2. Remplacer autant que possible le pétrole par l'électricité : véhicules hybrides rechargeables ou tout électrique.
3. Apporter tout ou partie de l'énergie nécessaire à la synthèse des biocarburants de seconde génération.

Négatep: le facteur 4 dans l'industrie

- Limiter fortement l'utilisation des combustibles fossiles dans l'industrie.

Cela implique des investissements lourds, car il faut modifier les procédés de fabrications.

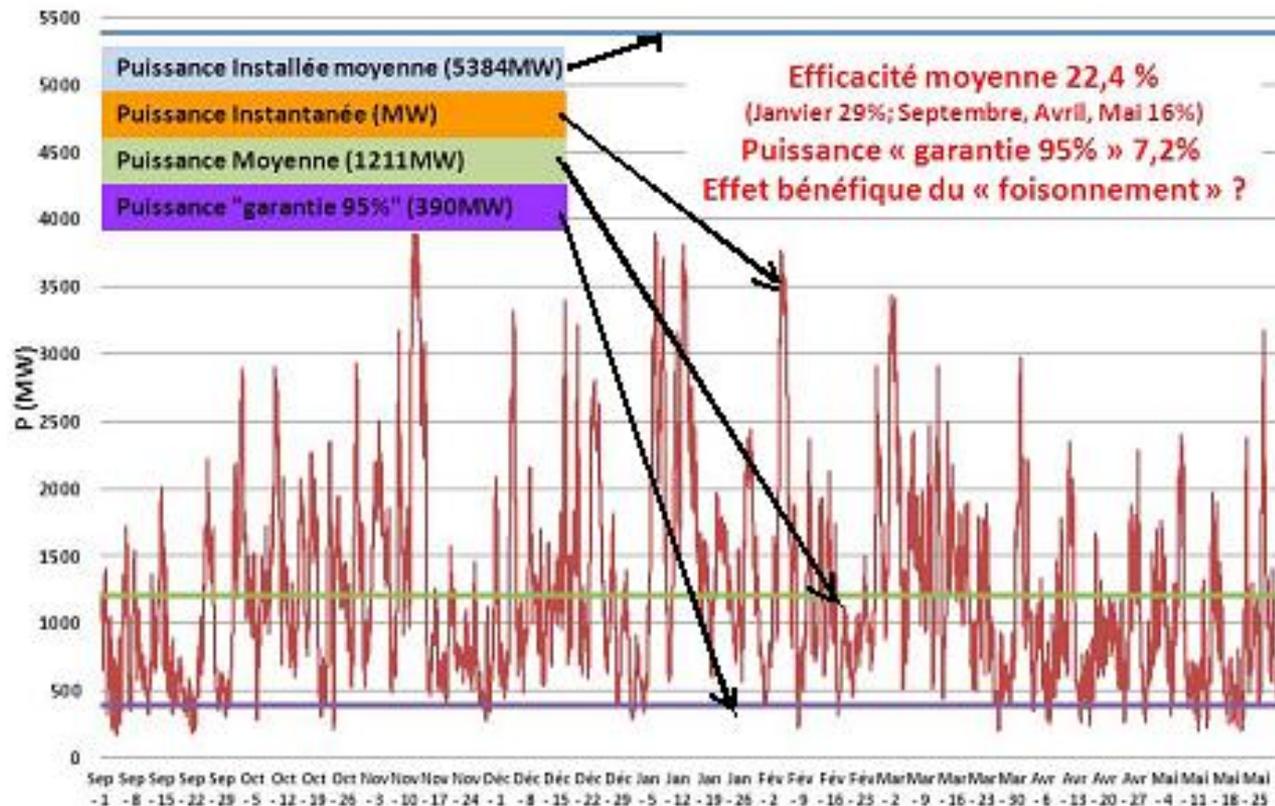
Quelle énergie pour les pointes



Contribution de chaque moyen de production à l'alimentation du réseau en France sur une semaine d'hiver.

Source : EDF

Production éolienne française : sept. 2010 à mai 2011



Source – H. Floccard

Scénarios ECF: sources intermittentes

(GW)	Baseline (~20 % ENR)	40 % ENR	60 % ENR	80 % ENR
Back up (TAC)	120	170	240	270
Éolien	165	169	295	435
Solaire	35	221	613	875
Total intermittent	200	390	908	1310

Hyper réseau ECF: interconnexions

(GW)	Baseline	ENR 40 %	ENR 60 %	ENR 80 %
F/Espagne	1	18	32	47
F/Allemagne	6	10	14	20
F/UK	2	12	8?	12
F/autres	6	2?	7	4,5?
Σ France (dont 15 existants)	15	42	61	83,5
Échanges totaux (dont 34 existants)		56	87	127