



Redesigning the Economy to Achieve Carbon Transition

**THE SHIFT**  
PROJECT

# Analyse comparative de scénarios énergétiques France

Alexandre BARRE

Nicolas GOURDAIN (aidé par Mathieu ROUMEAS)

Joseph HAJJAR

Sebastian MAYR

Thierry NOUAILLES

*Mardi 19 février 2013*



Redesigning the Economy to Achieve Carbon Transition

**THE SHIFT**  
PROJECT

# *Contribution à l'élaboration de visions énergétiques 2030 - 2050*

**ADEME**

*Sebastian MAYR*

# Contribution de l'ADEME à l'élaboration de visions énergétiques 2030-2050

## Contribution de l'ADEME à l'élaboration de visions énergétiques 2030-2050

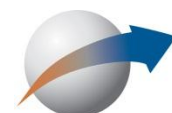


SYNTHESE

08 Novembre 2012

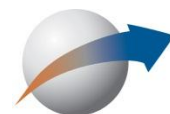
- Pas de captage et stockage du CO2
- Ne plus de consommation du petrol dans le transport à 2050

- Publication: Novembre 2012 (seulement la Synthèse!)
- 2 scénarios énergétiques et climatiques: Visions 2030 et 2050 (= prolongation 2030)
- Projection des changements dans la structure de la consommation énergétique, la production d'énergie (EnR !) et les émissions de GES



# Contribution de l'ADEME à l'élaboration de visions énergétiques 2030-2050

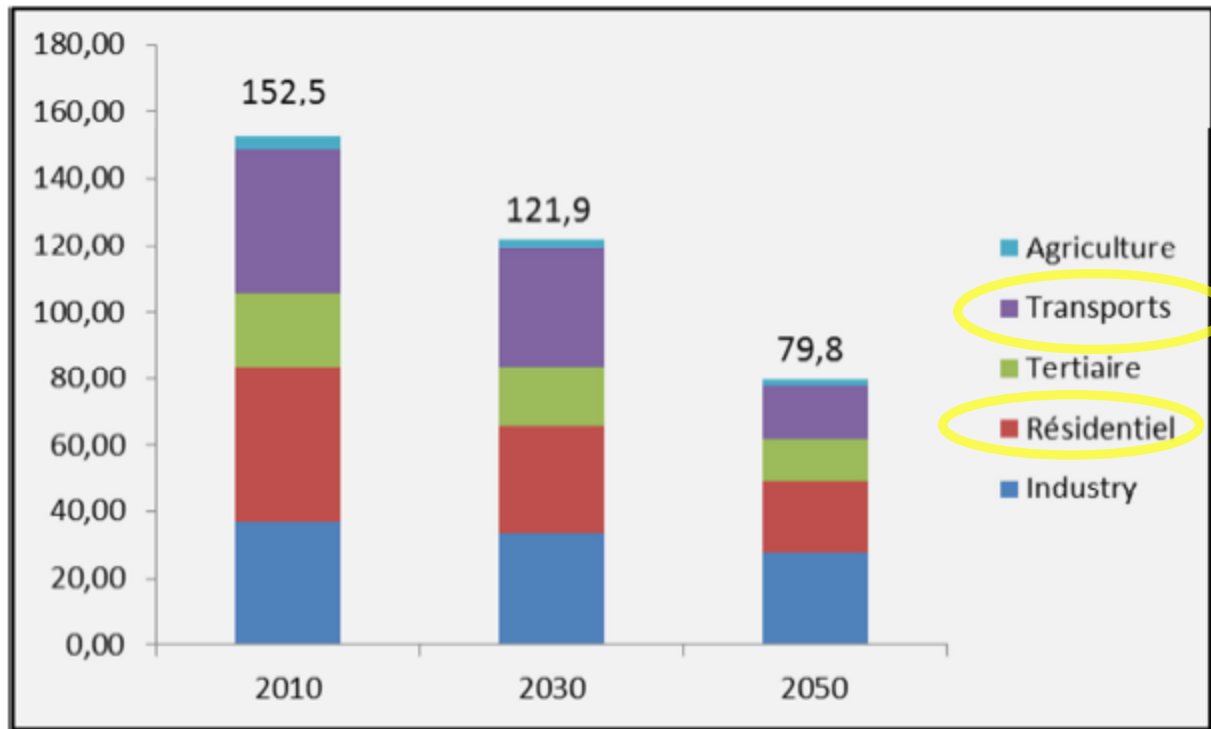
- Engagements de la France au niveau national/international:
  - Facteur 4: diviser par un facteur 4 les émissions nationales de gaz à effet de serre du niveau de 1990 d'ici 2050
  - produire au moins 23% de sa consommation énergétique final de EnR d'ici 2020 (UE), (2010: ~13%)
  - réduire la proportion du nucléaire dans le mixe d'électricité à 50% jusqu'à 2025 (gouvernement Hollande), (2013: 80%)
- „Feuille de route vers une économie compétitive à faible intensité de carbone à l'horizon 2050 » (UE):
  - réduire ses émissions de gaz à effet de serre à raison de 80 à 95 % d'ici 2050 par rapport au niveau de 1990



	Vision ADEME 2030	Vision ADEME 2050
<b>Méthodologie</b>	Exploratoire (forecast)	Normatif (backcast)
<b>Objectif</b>	Tendanciel volontariste	Facteur 4 : division par quatre des émissions de GES
<b>Secteurs considérés</b>	Tous secteurs	Tous secteurs
<b>Indicateurs principaux</b>	Energie, GES (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O)	Energie, GES (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O)
<b>Indicateurs environnementaux ex-post</b>	Qualité de l'air, ressource en eau	Qualité de l'air, ressource en eau
<b>Indicateurs économiques</b>	PIB, emploi, investissements, balance commerciale, facture énergétique	Investissements, balance commerciale, facture énergétique
<b>Prise en compte des conséquences du changement climatique</b>	Non	Oui pour bâtiments et agriculture, (scénario A1B du rapport du GIEC)
<b><u>Résultats</u></b>		
<b>Energie primaire (% 2010)</b>	181 Mtep (-30 %)	79,8 Mtep (-48 %) dont 70 % EnR
<b>Energie finale (% 2010)</b>	121,9 Mtep (-20 %) dont 34 % EnR	79,8 Mtep (-48 %) dont 70 % EnR
<b>GES (% 1990)</b>	377 Mt CO <sub>2</sub> eq (-33 %)	150 Mt CO <sub>2</sub> eq (-74 %)



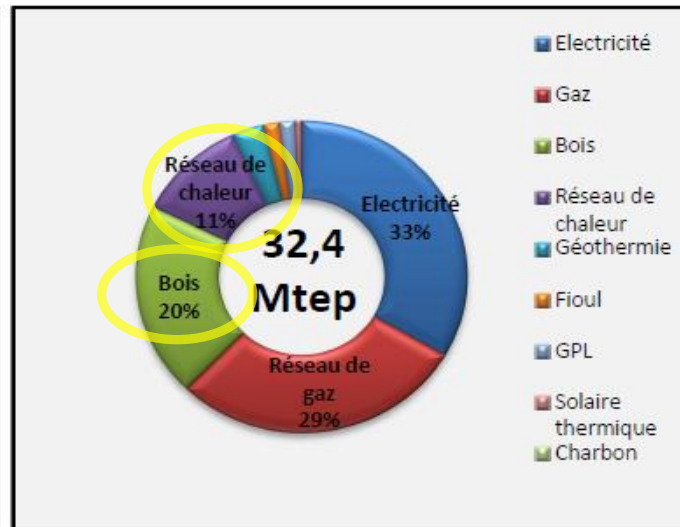
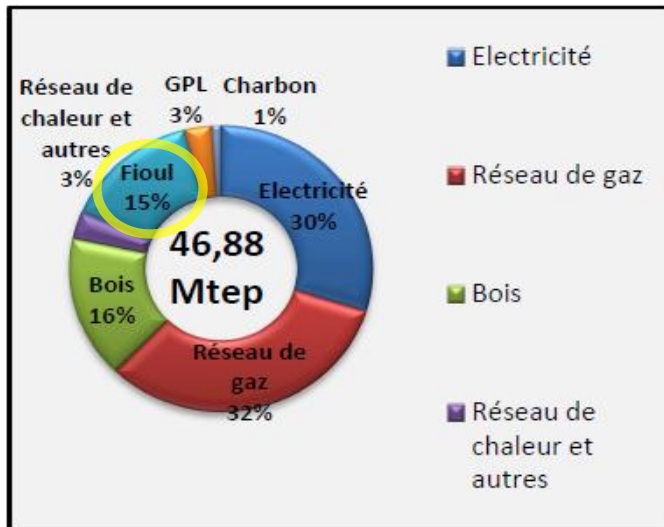
# Contribution de l'ADEME à l'élaboration de visions énergétiques 2030-2050



ENCADRE 34 : BILAN ENERGETIQUE EN 2050 EN MTEP FINALES

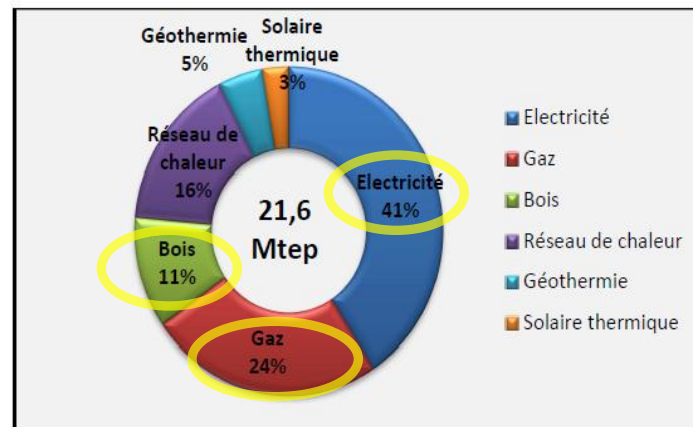


# Contribution de l'ADEME à l'élaboration de visions énergétiques 2030-2050



2010 &  
2030

**Résidentiel:**  
Conservation  
d'énergie et Gains  
d'efficacité

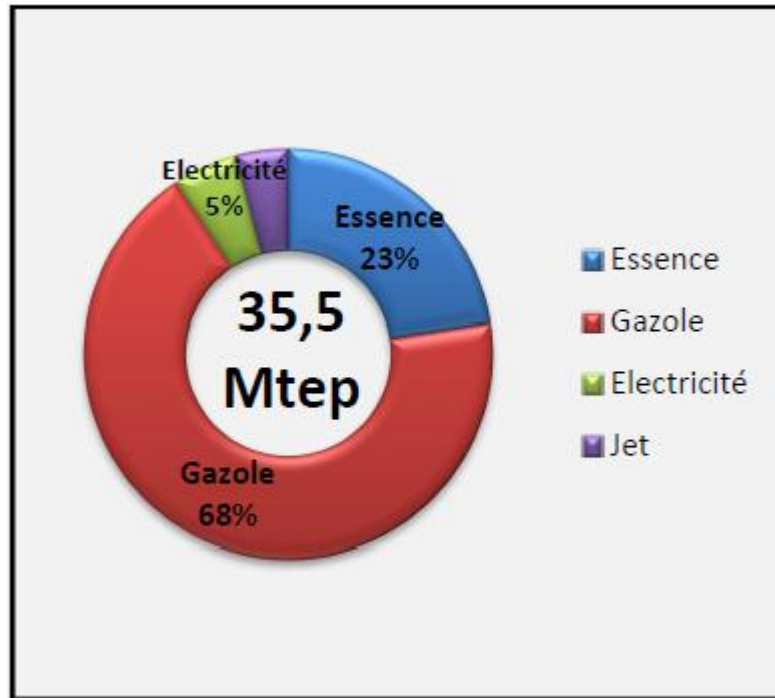


2050



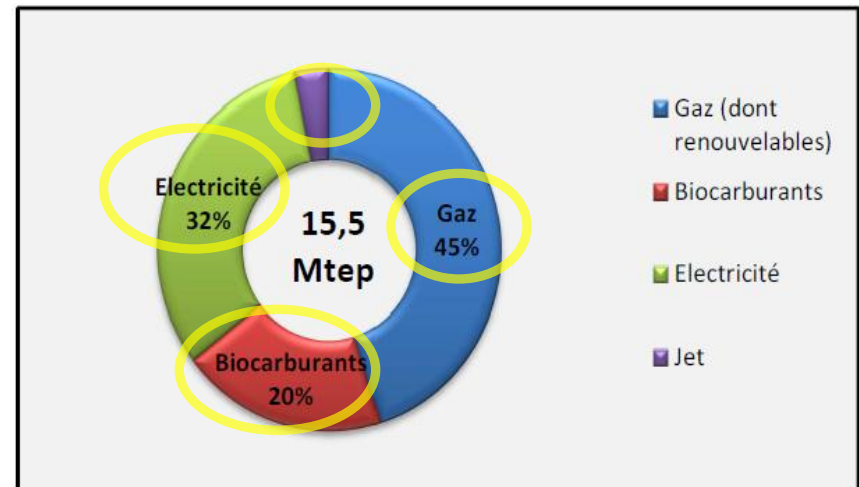
# Contribution de l'ADEME à l'élaboration de visions énergétiques 2030-2050

## Transport



2030

- Ne plus du pétrole dans les transports en 2050
- Changements structurels significatifs à partir de 2030



ENCADRE 28 : BILAN DU SECTEUR DES TRANSPORTS (DONT AERIEN) EN 2050, PAR VECTEUR

2050





# Contribution de l'ADEME à l'élaboration de visions énergétiques 2030-2050

---

- **Le Tertiaire:** Réduction de la consommation énergétique grâce aux facteurs de changement dans le secteur « bâtiment » (Vision 2030) et diminution des surfaces par employé (service à la personne, télétravail etc.) (Vision 2050)
- **Industrie:** Recyclage & Gains d'efficacité énergétique (surtout dans l'industrie agro-alimentaire et l'équipement)



# Contribution de l'ADEME à l'élaboration de visions énergétiques 2030-2050

- Production d'énergie et EnR

Mix énergétique 2030

En Mtep		E. Primaire	E. Finale
Combustibles solides	Charbon	5,4	5,4
	Biomasse	16,2	10,7
	Déchets	1,9	0
Combustibles liquides	Produits pétroliers	53,8	38,5
	Biocarburants	3,2	3,0
Combustibles gazeux	Réseau de gaz	0	21,8
	Gaz Naturel	24	0
	Méthanisation	6	1,2
Chaleur	Réseau de chaleur	0	6,8
	Géothermie	3,5	2,0
	Sol. Thermique	1,0	0,8
	Fatale	0,6	0
Electricité		65	31,7
		<b>180,6</b>	<b>121,9</b>

Mix énergétique 2050

En Mtep		Énergie primaire	Énergie finale
Combustibles solides	Charbon	4,3	4,2
	Bois	16,6	5,9
	Déchets	1	0
Combustibles liquides	Produits pétroliers	13	0,5
	Biocarburants	3,5	3,3
Combustibles gazeux	Réseau de gaz	0	21,7
	Gaz Naturel	19	0
	Biogaz	9	1,4
Chaleur	Réseau de chaleur	0	6,8
	Géothermie	6,8	3,7
	Solaire Thermique	1,8	1,6
	Fatale	1,5	0
Electricité		-	30,7
		-	<b>79,8</b>



➤ Emissions de CO<sub>2</sub>

Mt CO <sub>2</sub> eq	1990	2030	% 2030/1990
Consommation énergétique de l'industrie	89	52	-39,3 %
Consommation énergétique du résidentiel	66	26	-59,1 %
Consommation énergétique du tertiaire	30	13	-56,7 %
Consommation énergétique des transports	114	105	-7,9 %
Consommation énergétique de l'agriculture	9	6	-33,3 %
Production d'énergie	55	20	-64 %
Procédés industriels	60	40	-33 %
Pratiques agricoles	89,7	70	-22 %
Déchets	15	12	-20 %
Divers (agriculture autres, solvants, ...)	35	30	-17 %
<b>TOTAL</b>	<b>563</b>	<b>373</b>	<b>- 33,7 %</b>

ENCADRE 18 : EMISSIONS DE CO<sub>2</sub> EN 1990 ET 2030

Mt CO <sub>2</sub> eq	1990	2050	% 2050/1990
Consommation énergétique de l'industrie	89	30	-66,29 %
Consommation énergétique du résidentiel	66	9	-86,36 %
Consommation énergétique du tertiaire	30	2	-93,33 %
Consommation énergétique des transports	114	11,5	-89,91 %
Consommation énergétique de l'agriculture	9	2,4	-73,33 %
Production d'énergie	55	10	-81,82 %
Procédés industriels	60	20	-66,67 %
Pratiques agricoles	89,7	45	-49,83 %
Déchets	15	5	-66,67 %
Divers (agriculture autres, solvants, ...)	35	15	-57,14 %
<b>TOTAL</b>	<b>563</b>	<b>150</b>	<b>- 74 %</b>

ENCADRE 36 : EMISSIONS DE GES EN 2050



# Contribution de l'ADEME à l'élaboration de visions énergétiques 2030-2050

## EnR (2030 & 2050) – „Gisement accessible/mobilisable“

	GW	Fdc	TWh	Mtep
<b>ADEME 2030</b>				
Eolien total	46	0,24	96	8,3
PV	33	0,13	38	3,3
<b>Intermittent total</b>	<b>79</b>	<b>0,185</b>	<b>134</b>	<b>11,6</b>
Hydraulique	25	0,3	66	5,7
Divers	4,8	0,5	20	1,8
Nucleaire	32	0,74	208	17,9
Gaz & TAC	14	0,11	13	1,14
<b>Total</b>	<b>154,8</b>	<b>0,413</b>	<b>441</b>	<b>38,14</b>
Puissance moyenne de production	51			
Exports+pertes			75	6,5
<b>Consommation</b>			<b>368</b>	<b>31,7</b>

	GW	Fdc	TWh	Mtep
<b>ADEME 2050</b>				
Eolien total	70	0,24	168	14,4
PV	60	0,13	78	6,7
<b>Intermittent total</b>	<b>130</b>	<b>0,19</b>	<b>246</b>	<b>21,2</b>
Hydraulique	25	0,3	75	6,4
Divers	4,8	0,5	24	2,1
Nucleaire	9,8	0,74	72	6,2
Gaz & TAC	14	0,11	15,4	1,3
<b>Total</b>	<b>54</b>	<b>0,41</b>	<b>187</b>	<b>37,2</b>
Puissance moyenne de production				
Exports+pertes				6,5
<b>Consommation</b>				<b>30,7</b>

„Si les gisements EnR indiqués pour 2050 devaient être atteints, des travaux complémentaires sur la part possible d'EnR intermittentes dans un réseau électrique devraient être menés“ (page 29)



# Contribution de l'ADEME à l'élaboration de visions énergétiques 2030-2050

Les ENR en 2030 par vecteur

Vecteur	Mtep	Part de l'EnR dans le réseau
Réseau de gaz	22 (dont pertes 0,2)	Méthanisation : 3,7 Mtep (16,8%)
Réseau de chaleur	8 (dont pertes 1,2)	Méthanisation : 0,4 Mtep (5 %) UIOM : 0,8 Mtep (10 %) Chaleur fatale : 0,4 Mtep (5 %) Biomasse : 4,3 Mtep (53,8 %) Géothermie : 1 Mtep (12,5 %)
Réseau électrique	38,2 (dont pertes et exports 6,5)	Eolien : 8,3 Mtep (21 %) Hydroélectricité : 5,7 Mtep (15 %) PV : 3,3 Mtep (8,6 %) Méthanisation : 0,7 Mtep (1,7 %) UIOM : 0,3 Mtep (0,8 %) Bois énergie : 0,3 Mtep (0,8 %) Géothermie : 0,1 Mtep (0,3 %) E. marines : 0,3 Mtep (0,8 %) Chaleur fatale : 0,1 Mtep (0,3 %)
Direct	-	Méthanisation : 1,2 Mtep Bois énergie : 10,7 Mtep Géothermie : 2,0 Mtep Solaire thermique : 0,8 Mtep Biocarburants : 3 Mtep

Les ENR par vecteur en 2050

Vecteur	Mtep	ENR du réseau
Réseau de gaz	21,9 (dont pertes 0,2)	Biogaz : 5 Mtep (22,3 %) Hydrogène fatal : 1,5 Mtep (7 %) BtG : 1,5 Mtep (7 %)
Réseau de chaleur	8 (dont pertes 1,2)	Méthanisation : 0,4 Mtep (5 %) UIOM : 0,1 Mtep (1 %) Chaleur fatale : 0,5 Mtep (6 %) Bois énergie : 5,3 Mtep (66 %) Géothermie : 1,5 Mtep (19 %) Solaire thermique : 0,2 Mtep (2,5 %)
Direct	-	Méthanisation : 1,4 Mtep Bois énergie : 5,9 Mtep Géothermie : 3,7 Mtep Solaire thermique : 1,6 Mtep Biocarburants : 3,3 Mtep



# Contribution de l'ADEME à l'élaboration de visions énergétiques 2030-2050

---

- **Conclusions**
- Confrontation des objectifs fixés avec la mise en œuvre d'orientations en faveur d'une transition énergétique
- Concentration forte sur les secteurs résidentiel, transport et production d'énergie
- Ambitieux sur le plan nucléaire → Consequences économiques et sociales »? → Coutts? → Sous-estimation du besoin des centrales de gaz (SIC)?!
- Hypotheses realistes?





Redesigning the Economy to Achieve Carbon Transition

**THE SHIFT**  
PROJECT

# *Projet EnCiLowCarb scénario bas carbone pour la France*

CIREN / RAC

*Thierry NOUAILLES*

# *Scénario EncilowCarb - Conception*

---

- Scénario impliquant les parties prenantes
  - Experts sectoriels
  - Associations, laboratoires de recherche
- Modèle dit récursif
  - Identification des paramètres acceptables
  - Conception du scénario par itérations successives
    - Groupe projet
    - Experts
    - Parties prenantes





# *Scénario EncilowCarb - Atouts*

---

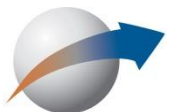
- Les modèles utilisés et les méthodes de calcul, ont été publiés dans des revues scientifiques à comité de lecture
- Sélection des parties prenantes sur critères identiques et expliqués dans le rapport
- Financement via le programme de recherche européen
- Scénario adaptable à d'autres pays
- Données d'entrées ouvertes et standardisées (IEA, Insee)
- Prise en compte de l'acceptabilité des mesures (parties prenantes et système économique)
- Les positions avancées sont majoritairement justifiées et argumentées



# *Scénario EncilowCarb - Limites*

---

- Traitement de la transition énergétique / niveaux d'émission à l'aide d'un modèle macro économique
- Scénario orienté sur un arbitrage acceptabilité / capacité du système économique
- Focus du scénario sur la rapide substitution des énergies renouvelables par rapport au parc électronucléaire
- Les adaptation du réseau électrique permettant d'absorber la génération électrique fatale (éolien)
- Le scénario exprime une vision biaisée du parc électronucléaire ou le parc nucléaire existant est distinct des EPR





Redesigning the Economy to Achieve Carbon Transition

**THE SHIFT**  
PROJECT

# *Scénarios Prospectifs Energie, Climat, Air*

DGEC

*Joseph HAJJAR*

# Scénario DGEC - Contexte

---

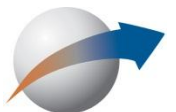
- Exercice prospectif lancé en 2011 piloté DGEC/CGDD
- Modéliser les consommations d'énergie et émissions de GES à horizon 2020 et 2030
- Utilisé par l'administration : Rapport sur les Mécanismes de Surveillance, Plan National sur l'Efficacité Energétique, Plan Climat France 2011
- Réalisé par un consortium de bureaux d'étude
- Seule la synthèse est publique
- Driver : les politiques publiques



# Scénario DGEC - Objectifs

---

- Mise à jour de l'exercice précédent (intégration du Grenelle)
- Traitement intégré des 3 volets énergie, climat et air
- Prise en compte du nouveau contexte économique (crise)



# Scénario DGEC - Deux scénarios

---

- Un scénario « What If les mesures du Grenelles n'avaient pas existé » dit Pré-Grenelle. Prise en compte des mesures existantes avant le 1 janvier 2008 et évolution de la situation basé sur des comportements raisonnables.
- Un scénario Grenelle dit « AMS Objectifs », avec atteinte des objectifs prévus en 2020 et 2030.



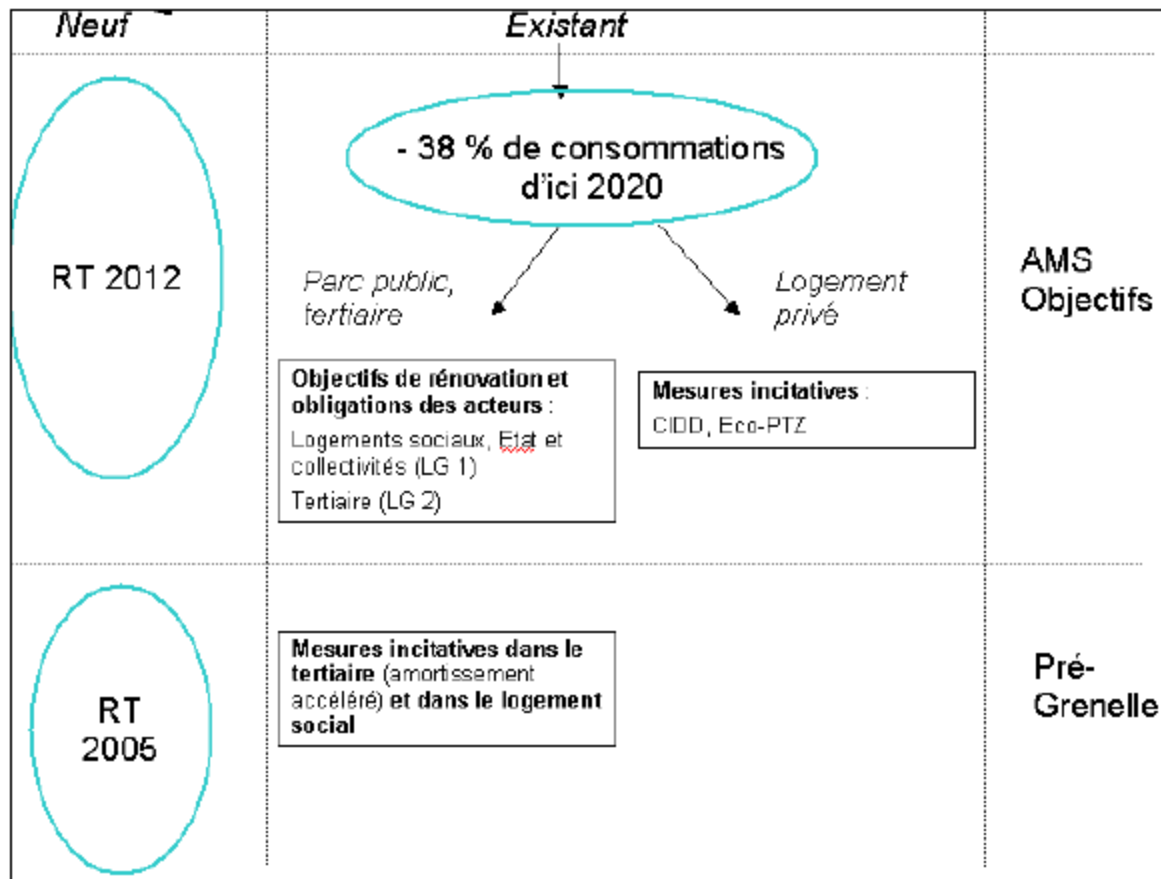
# Scénario DGEC - Méthode

---

- Cadrage macro-économique donné par hypothèse pour les deux scénarios (JMJ pas content) : PIB, démographie, croissance économique des secteurs, prix des énergies et du CO<sub>2</sub>, taux de change euro/dollar.
- Demande finale sectorielle obtenue selon des hypothèses issues des BE, des experts et instances des secteurs concernés et d'un modèle MEDPRO. Elle s'appuie sur les politiques publiques de chacun des scénarios.
- Un modèle POLES, calibré pour satisfaire les objectifs des PPI, permet de passer au parc de production pour l'électricité (mix et prix industrie et résidentiel). Un modèle de l'IFP réalise le bouclage entre demande en produits pétroliers et production des raffineries.
- Le labo ARMINES et le CITEPA font le bouclage pour calculer les émissions



# Scénario DGEC - Exemple méthode 1 : secteur du bâtiment





# Scénario DGEC - Exemple méthode 2 :

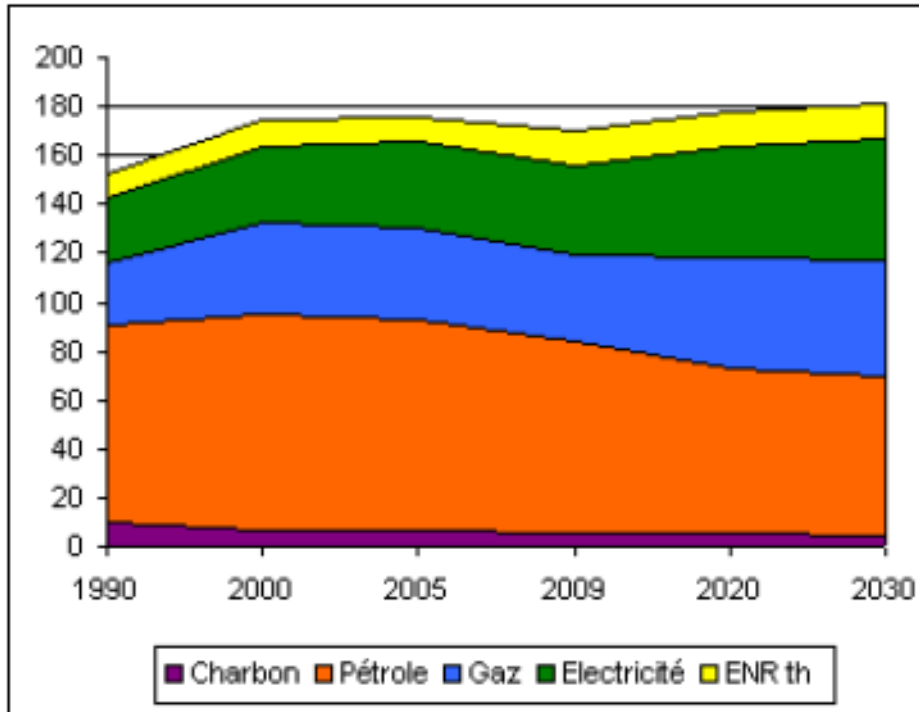
## Capacités électriques

	2008 (PPI)	2020	2030
Nucléaire	63,1	66,3	66,3
charbon	6,9	3,3	3,3
CCG	1	5,4	5,4
cogénération gaz naturel	4,8	2,2	2,2
fioul	5,2	Modèle	0
TAC	1,8	1,8	1,8
Hydro	25,3	28,3	28,3
Eolien		25	30
PV		5,4	10
Biomasse		3,3	3,3

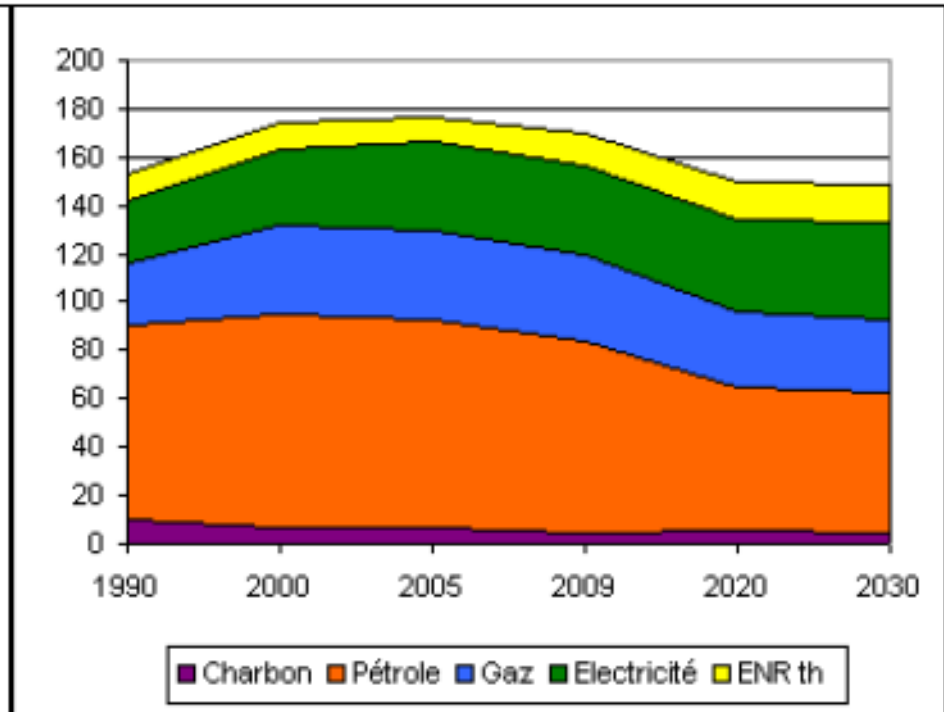
➔ Hypothèses conformes à la PPI 2009 (ou 2006)



# Scénario DGEC - Résultat : conso finale



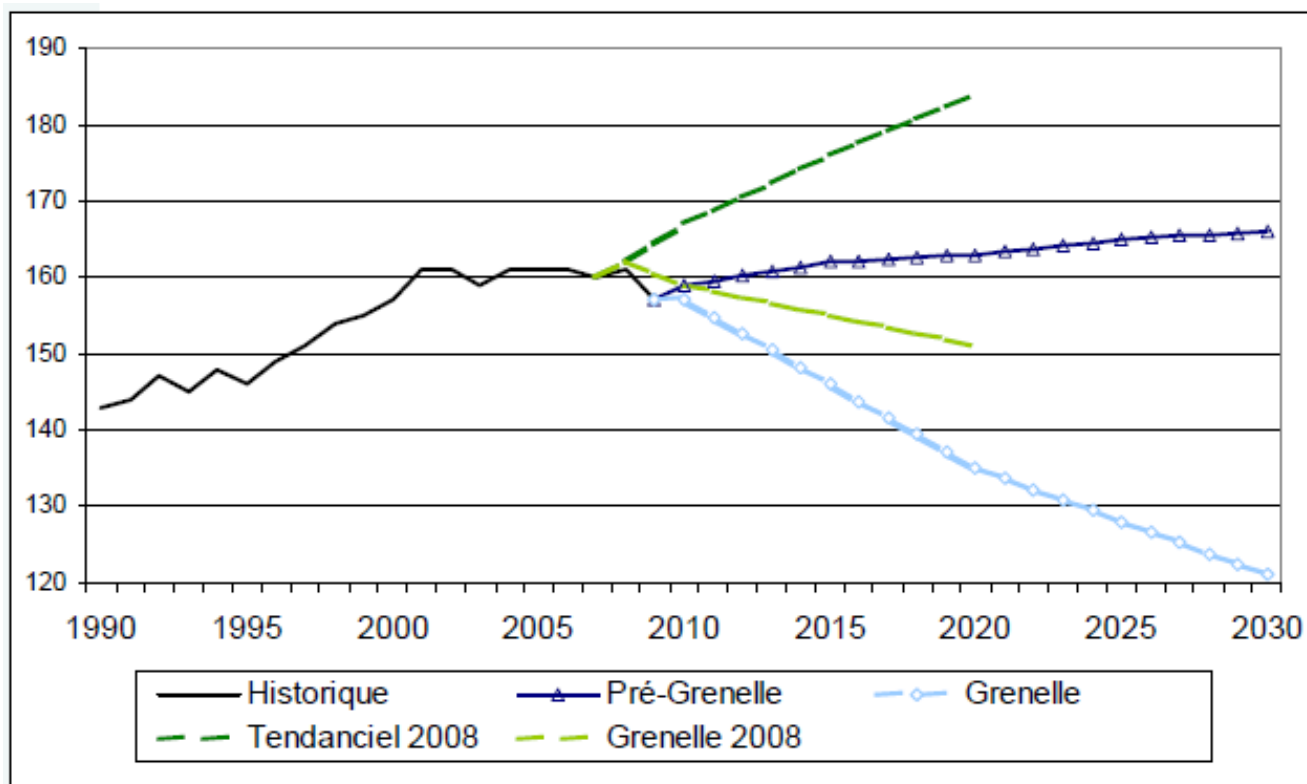
Pré-Grenelle



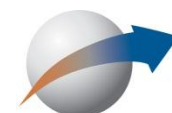
Post-Grenelle



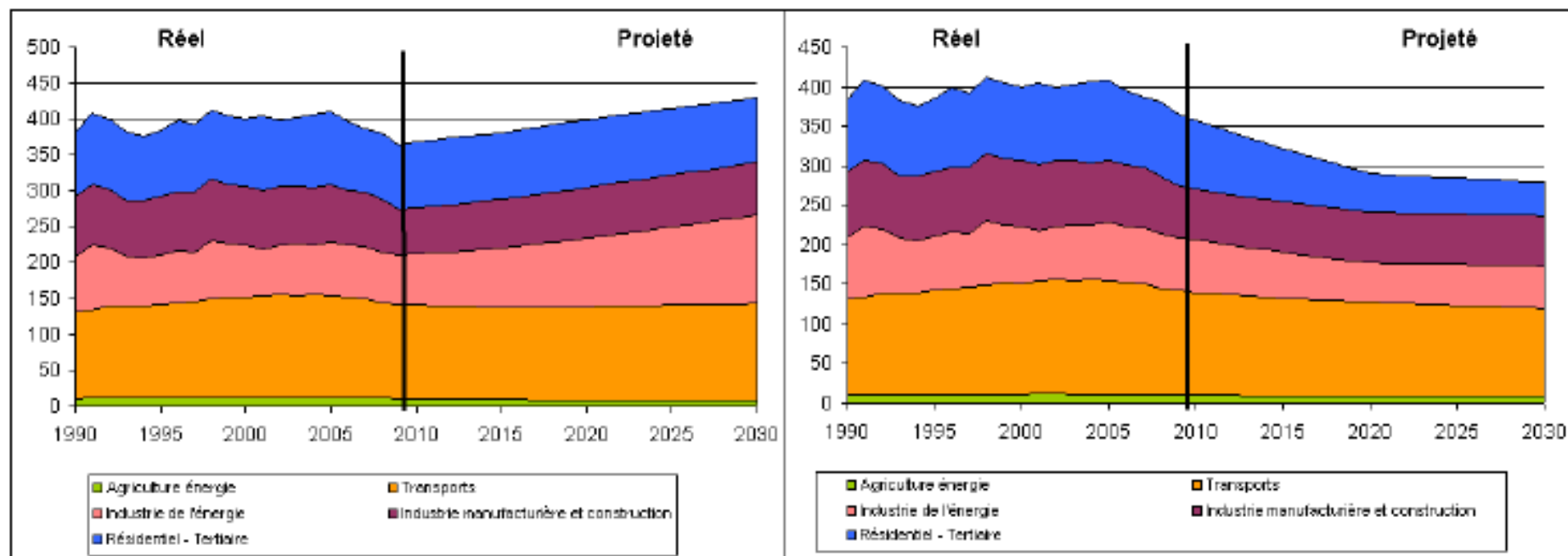
# Scénario DGEC - Résultat : conso finale



Variation en 2020/ à 1990	%
Pré Grenelle	+14%
Grenelle	-6%
Tendancier 2008	+29%
Grenelle 2008	+5%



# Scénario DGEC - Résultat : émissions



# Scénario DGEC - Conclusion

---

- Il faudrait aller plus dans le détail
- Hypothèse de politiques publiques qui marchent à 100%
- Cadre macro-économique donné
- Les objectifs sont atteints par construction
- Les vraies sorties : bilan du Grenelle, émissions, comportement du parc électrique.





Redesigning the Economy to Achieve Carbon Transition

**THE SHIFT**  
PROJECT

*Diviser par 4 les rejets de CO<sub>2</sub> dus à l'énergie*

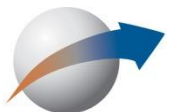
Sauvons le Climat / Négatep

*Alexandre BARRE*

# Scénario *Négatep* - Généralités

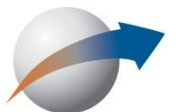
---

- Pour le qui, quoi, comment et les jalons → cf. grille comparative
- Scénario se voulant anti fossile et « réaliste » ( $\text{CO}_2$  divisé par 4 entre 2010 et 2050) et une économie d'énergie de 10% par rapport à 2010



# Scénario *Négatep* - Généralités

- Le projet repose sur 4 « piliers »:
    - Suppression du fossile dans le résidentiel par isolation raisonnée, EnR + Elec
    - Augmenter le nuc ou le EnR pour la prod d'Elec
    - Réduction du pétrole dans le transport par changement dans la mobilité et remplacement du pétrole par de l'Elec comme source (directe ou indirecte)
    - X 3 Enr pour produire Elec
- NB : Introduction d'un critère de coût de 800 à 1200 Euros/tep économisée

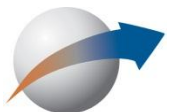




# Scénario *Négatep* – Objectifs

---

- Consommation d'énergie finale en 2006: 2041 TWh
- Secteurs ciblés par les réductions d'énergie :
  - Résidentiel et tertiaire: -6% (768 TWh)
  - Transport: -40% (378 TWh)
  - Industrie: -27% (40 TWh)



# Scénario *Négatep* – Logement

---

- Hypothèses logements non explicitées
- 300 000 logements/an rénovés de la surface du tertiaire, pour arriver à une consommation de 100 kWh/m<sup>2</sup>/an (soit /2)
- On peut chiffrer le coût de cette mesure :
  - logement :  $300\,000 \times 5000^1 = 1,5 \cdot 10^9$  Euros/an



# Scénario *Négatep* – *Transports*

---

- Réduction des besoins d'énergie pour le transport de 10% (changement de comportements, et améliorations technologiques)
- Mise en place de 189 TWh de bioc
- Voitures hybrides et transports en commun élec : 100 TWh



# Scénario *Négatep* – Industrie + agroalimentaire

---

- Gains d'efficacité : 25 %
- Consommation d'énergie en 2050 : (+33 %)  
693 TWh



# Scénario *Négatep– Mix en. 2050*

---

Besoin énergie primaire/an : ~ 1870 TWh

- Fossile : 340 TWh
- Elec : 900 TWh (645 nuc, 175 EnR, 70 Gaz)
- Enr Chaleur : 592 TWh



# Scénario *Négatep* – Ex. de chiffrage

---

## Chiffrage pour l'éolien (DDV 20 ans) :

- 75 TWh en 2050, soit env. 30 GW de puissance installée
- Appel d'offre Etat Français en 2011/2012 pour 3 GW crête en 2020 (côtes Atlantique) : 10 Milliards Euros<sup>1</sup>
- Total pour 30GW : 200 Milliards Euros d'ici à 2050
- Coûts de réseau : 40 milliards d'Euros



# Scénario *Négatep* – Ex. de chiffrage

---

Chiffrage pour le nuc (DDV 60 ans) :

Frais renouvellement du parc actuel : 150 Milliard Euros (que l'on ne ferait pas dans le cas Negawatt)

Sur la base de  $560 \cdot 10^6$  Euros pour 1 TWh/an de production

Augmentation pour scénario Négawatt : 193 Milliard Euros

Coût de réseau : 15 Milliards Euros (10 % des nouveaux équipements)



# Scénario *Négatep* – Ex. de chiffrage

---

Au total des coûts : 660 Milliards d'Euros

Eolien : 240 Milliards Euros

Nuc : 360 Milliards Euros

Isolation thermique des logements : 60 Milliards d'euros

**Gains** : Division par 4 de la facture fossile (60 Milliards d'Euros par an) à terme. Prenons un gain moyen de 20 Milliards par an sur la période (40 ans)

Gain : total: ~ 900 Milliards d'Euros

**Gains > Coûts**







Redesigning the Economy to Achieve Carbon Transition

**THE SHIFT**  
PROJECT

# *Négawatt 2011*

## Négawatt

*Nicolas GOURDAIN (aidé par Mathieu ROUMEAS)*

# Scénario *Négawatt* - Généralités

---

- Pour le qui, quoi, comment et les jalons → cf. grille comparative
- Scénario ambitieux (CO<sub>2</sub> divisé par 16 entre 2010 et 2050) et une économie d'énergie de 65% par rapport à 2010
- Le projet repose sur trois « piliers »:
  - Sobriété (moitié des économies d'énergie)
  - Efficacité (l'autre moitié)
  - Utilisation massive des EnRs



# Scénario *Négawatt* – Objectifs

---

- Consommation d'énergie finale en 2010: 1927 TWh
- Secteurs ciblés par les réductions d'énergie :
  - Résidentiel et tertiaire: -63% (600 TWh)
  - Transport: -67% (400 TWh)
  - Industrie: -50% (200 TWh)
- A priori, pas de ruptures technologiques nécessaires (que des technologies « matures »)<sup>1</sup>



# Scénario *Négawatt* – Logement

- Hypothèse: 2.2 hab./foyer (→ stabilisation du phénomène de décohabitation)
- 750 000 logements/an rénovés + 3.5% de la surface du tertiaire, pour arriver à une consommation de 40 kWh/m<sup>2</sup>/an (soit /4)
- On peut chiffrer le coût de cette mesure :
  - logement :  $750\,000 \times 300^1 \times 100^2 = 22.5 \times 10^9$  Euros
  - tertiaire<sup>3</sup> :  $8.10^8 \text{ m}^2 \times 300^1 \times 0.035 = 8.4 \times 10^9$  Euros
  - Total :  $\sim 31.10^9$  Euros /an



# Scénario *Négawatt* – Transports

- Réduction de l'usage de la voiture (42% des kilomètres voyageurs contre 63% auj.)
- Améliorations efficacité des moteurs
  - Diminution de la consommation de 55%/km
  - Recours au véhicule électrique + carburant gaz (GNV puis GRV)
- Réduction du nombre de kilomètre parcourus par an (-25%)
  - Télétravail, commerce en ligne, etc.



# Scénario *Négawatt* – *Industrie*

---

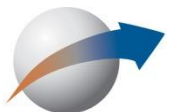
- Diminution des besoins en matériaux de 10 à 70% suivants les secteurs
- Gains d'efficacité :
  - moteurs électriques consomment -35%
  - Procédés recourants aux combustibles : -30% (sidérurgie) à -50% (cimenterie)
- Recyclage ++ en 2050 :
  - 30% des plastiques (4.5% auj.) et 90% acier (52% auj.)



# Scénario *Négawatt* – Agriculture

---

- Seulement 2.5% de la conso. d'énergie auj.
  - Réduction des GES indirects (cheptel, engrais)
  - Utilisation des terres pour fournir de la biomasse (sans « tendre » le marché alimentaire)
- Couplage avec le scénario Afterres 2050
  - 50% surface agricole en bio / 50% en agri. intégrée
  - Réduction du cheptel (diminution conso. viande /2, moins de lait, etc.)
  - Modification du contenu de l'assiette alimentaire



# Scénario *Négawatt* – *Mix en. 2050*

Besoin énergie primaire/an : ~ 1100 TWh

- Bois énergie : 296 TWh
  - Biogaz : 153 TWh
  - Biocarburants : 44 TWh
  - Eolien : 194 TWh
  - Photovoltaïque : 90 TWh
  - EnR divers (marines, etc.)
  - Autres : géothermie (66 TWh), solaire thermique (43 TWh), incinération des déchets (6 TWh), etc.
- ~500 TWh (45%)
- ~350 TWh (30%)





# Scénario *Négawatt* – Ex. de *chiffrage*

Chiffrage pour l'éolien (à faire pour les autres) :

- 194 TWh en 2050, soit 22 GW effectif (donc env. 110 GW de puissance crête – **correct??**)
- Appel d'offre Etat Francais en 2011/2012 pour 3 GW crête en 2020 (côtes Atlantique) :  $10 \cdot 10^9$  Euros<sup>1</sup>
- Total pour 110GW :  $365 \cdot 10^9$  Euros d'ici à 2050 (20% de cette puissance doit être installée avant 2020 selon le scénario Négawatt, soit un investissement de  $65 \cdot 10^9$  à  $70 \cdot 10^9$  Euros)

