



La transition énergétique : de quoi s'agit-il?

24 janvier 2013
Alain Grandjean

L'énergie au cœur de notre vie quotidienne



**Extraire, Transformer, Chauffer,
Transporter, Déplacer, Produire
Modifier le monde qui nous entoure**



Des questions qui touchent le citoyen et le consommateur

- La facture, de chauffage, d'essence, de transport en commun, d'électricité et les taxes et assurances
- Le « confort de vie », la santé et la sûreté des installations
- La possibilité d'agir concrètement
- L'emploi
- La réglementation dans le logement et les transports
- La sécurité d'approvisionnement (ne pas manquer)
- L'ensemble des impacts de la production et du transport d'énergie (éoliennes, gaz de schiste, nucléaire, réseaux)

Comment articuler ces questions « micro » avec une politique publique? Un des enjeux forts de ce débat

La transition énergétique : essai de définition

Aller vers un modèle énergétique qui permette
de satisfaire de manière durable, équitable et sûre
(pour les hommes et leur environnement)
les besoins en énergie des citoyens et de
l'économie française
dans une société sobre en ressources naturelles,
en énergie et en carbone

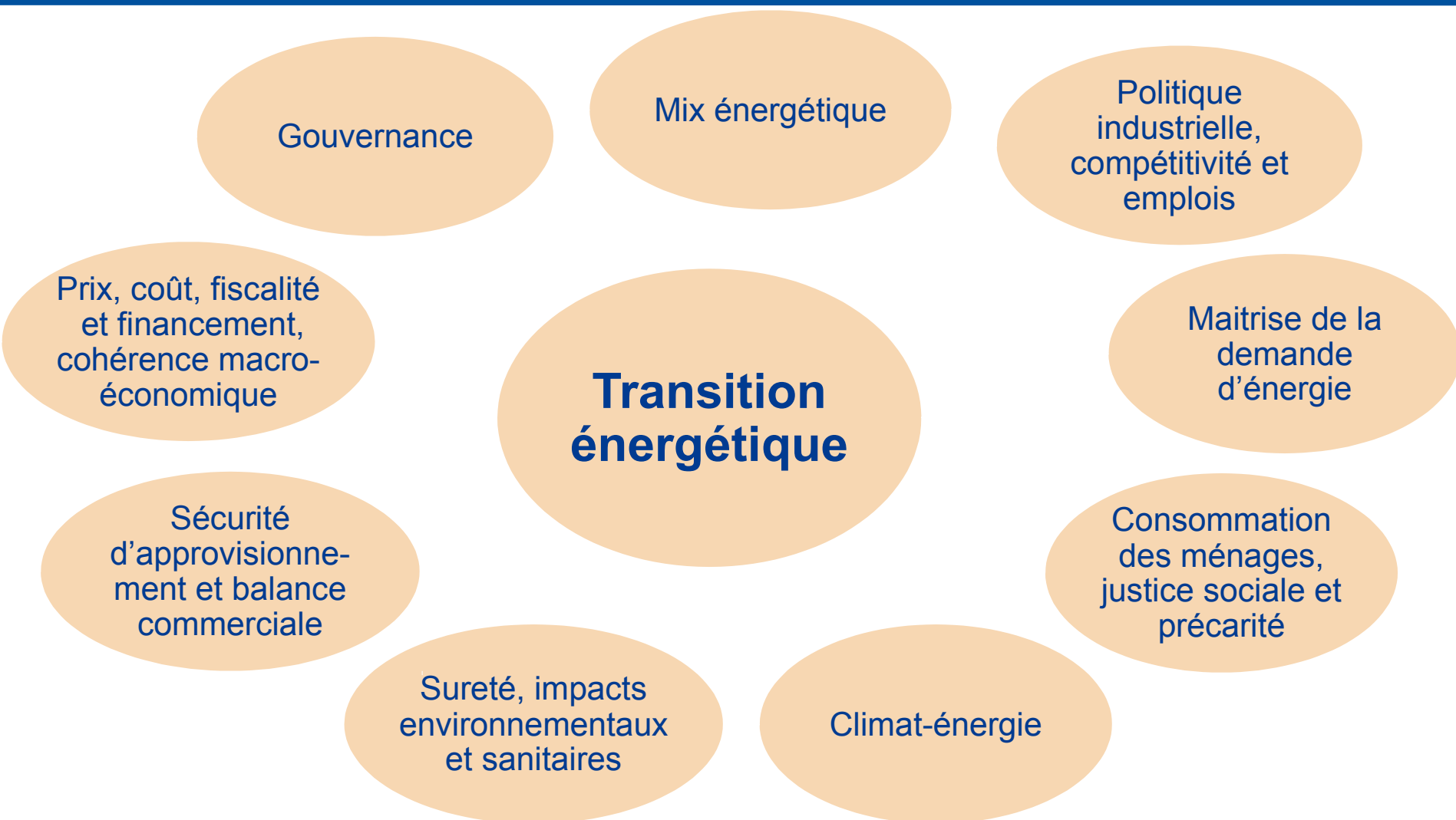
Les leviers de la transition énergétique

- Maîtriser la demande d'énergie en améliorant l'efficacité énergétique et en favorisant la sobriété
 - Moderniser et adapter le « système énergétique », réduire les énergies carbonées
 - Développer les énergies renouvelables
 - Mettre en place des financements adaptés
 - Faire évoluer la gouvernance et le rôle des collectivités territoriales
 - Investir en Recherche et Développement et en formation
-

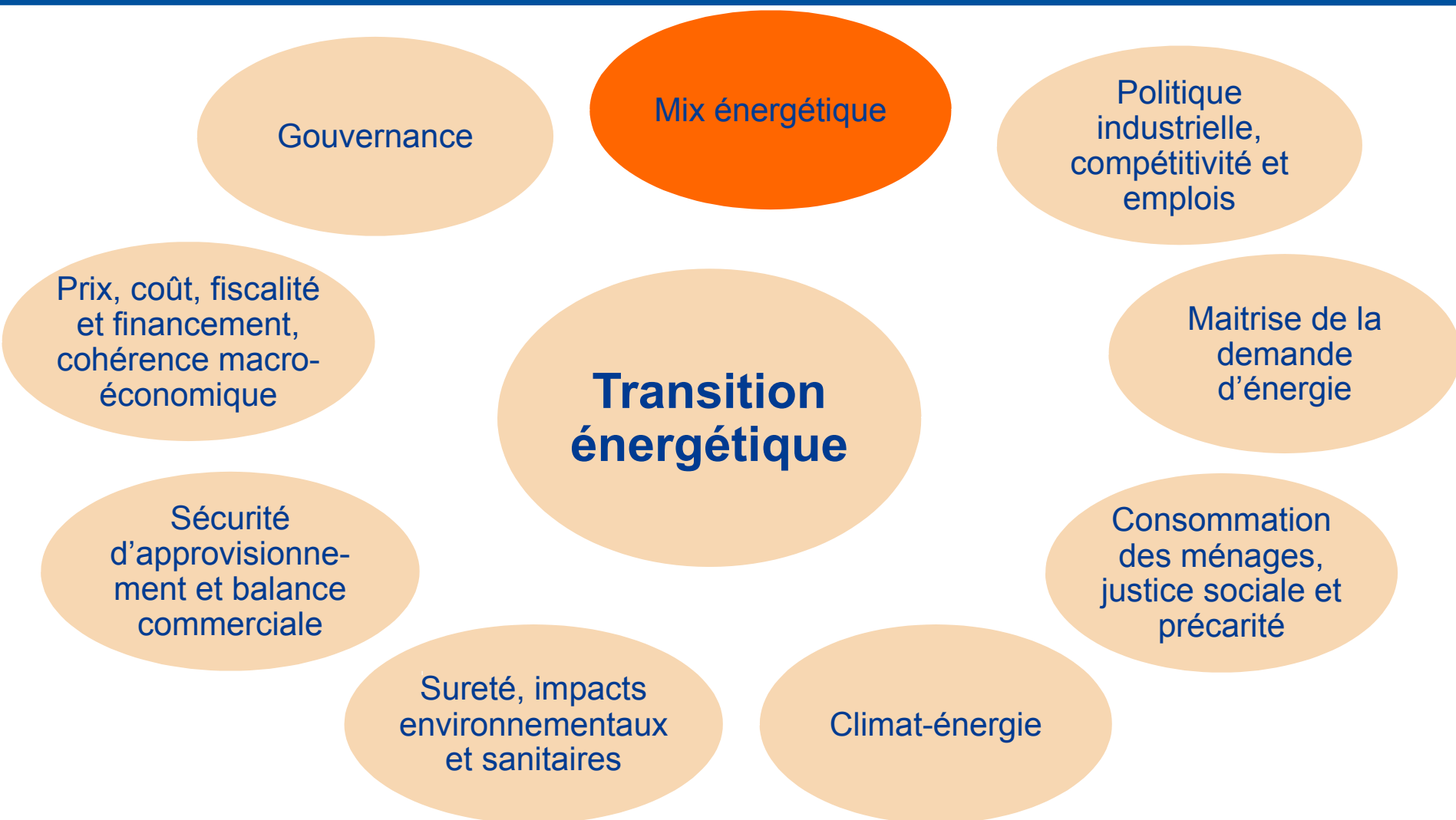
La problématique : les premières questions du CNDTE

- Comment aller vers l'efficacité énergétique et la sobriété ? L'évolution des modes de vie, de production, de consommation, de transport ainsi que des services énergétiques nécessaires doit constituer le point de départ
 - Quelle trajectoire pour atteindre le mix énergétique en 2025 ? Quels types de scénarii possibles à horizon 2030 et 2050, dans le respect des engagements climatiques de la France ?
 - Quels choix en matière d'énergies renouvelables et de nouvelles technologies de l'énergie et quelle stratégie de développement industriel et territorial ?
 - Quels coûts et quel financement de la transition énergétique ?
 - Quelle gouvernance ? Quel rôle notamment pour l'Etat et les collectivités ?
-

La transition énergétique : une problématique à enjeux multiples



La transition énergétique : une problématique à enjeux multiples



Mix énergétique (1)

Messages clefs

Faits

- Au niveau mondial les énergies fossiles représentent 80% de l'énergie primaire consommée
- L'énergie primaire, c'est la consommation intérieure brute d'énergie; l'énergie finale, c'est l'énergie délivrée à l'industrie, aux transports, ménages, services et à l'agriculture; elle exclut l'énergie délivrée aux industries énergétiques (p. ex. raffineries, centrales électriques).
- La France a consommé 266 Mtep (Million tonnes équivalent pétrole) d'énergie primaire en 2011 (soit 4 tep par habitant) et 158 Mtep d'énergie finale (soit 2,4 tep par habitant); la différence représente des pertes (centrales électriques...)
- Le pétrole représente 45% de l'énergie finale consommée en France; le gaz 21%
- Le nucléaire représente 17% de l'énergie finale et 75% de la consommation d'électricité

Mix énergétique (2)

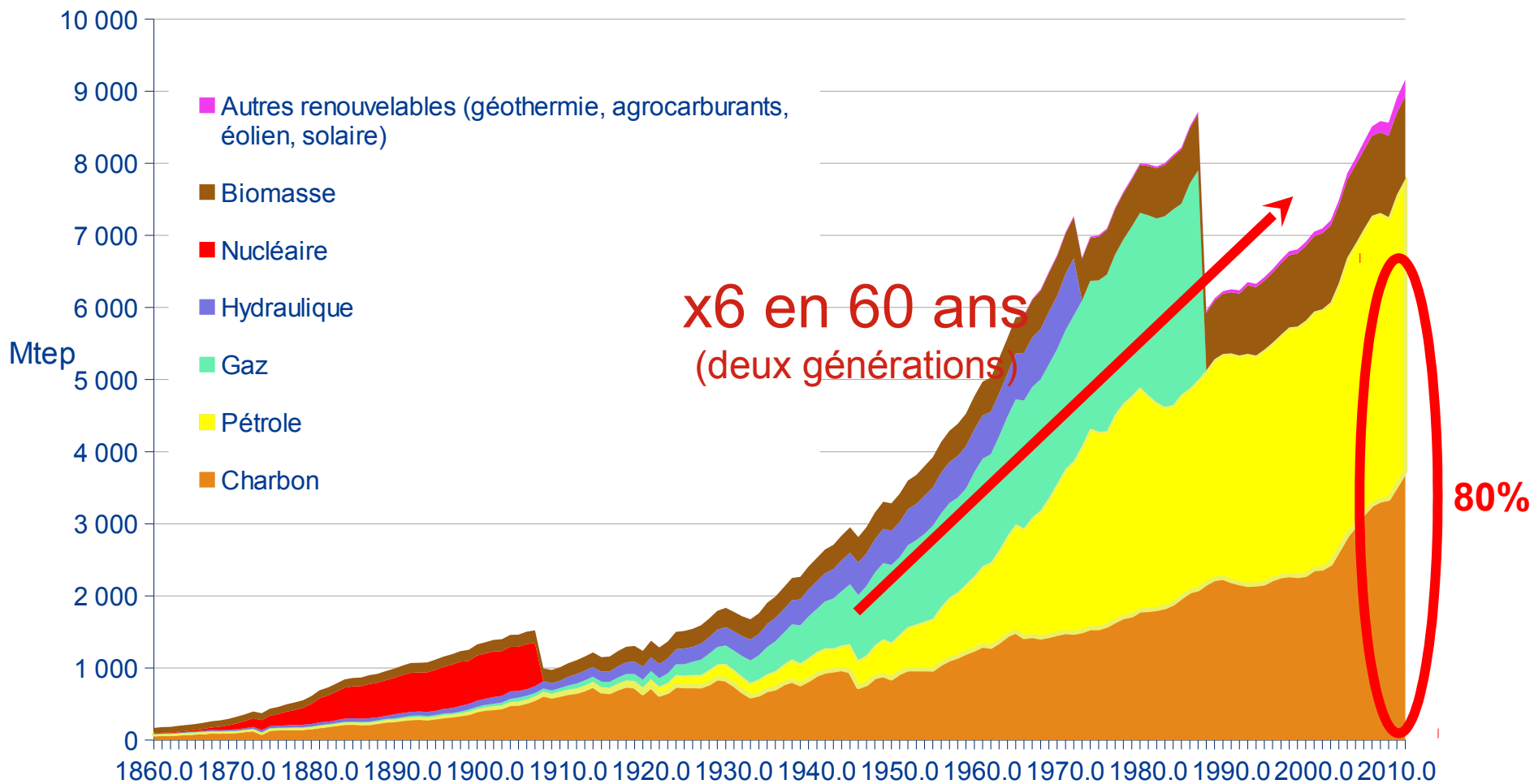
Messages clefs

Questions ouvertes

- En France en 2010, les énergies renouvelables fournissent 19,5 Mtep en énergie primaire (dont 65% est issu du bois et de l'hydraulique) ; la part des renouvelables doit passer à 23% d'énergie finale en 2020
- Le président de la République s'est engagé à ce que la part du nucléaire dans la production d'électricité soit de 50% à 2025. Un déploiement massif des énergies renouvelables sera sans doute nécessaire pour que cet engagement soit cohérent avec nos engagements sur les changements climatiques.
- Ce déploiement suppose des financements adaptés et une maîtrise des coûts d'investissement.
- L'introduction dans le réseau de quantités importantes d'électricité éolienne ou photovoltaïque, par nature variable, nécessitera sans doute des ajustements du système électrique, notamment en matière de stockage et de « pilotage intelligent » dont les coûts ne sont pas encore tous cernés précisément.
- La chaleur renouvelable (biomasse et chaleur solaire) peut sans doute fournir une importante contribution à la transition énergétique.

La consommation mondiale d'énergie ne cesse de croître et est à base d'énergies fossiles pour 80%

Consommation mondiale d'énergie primaire en Mtep

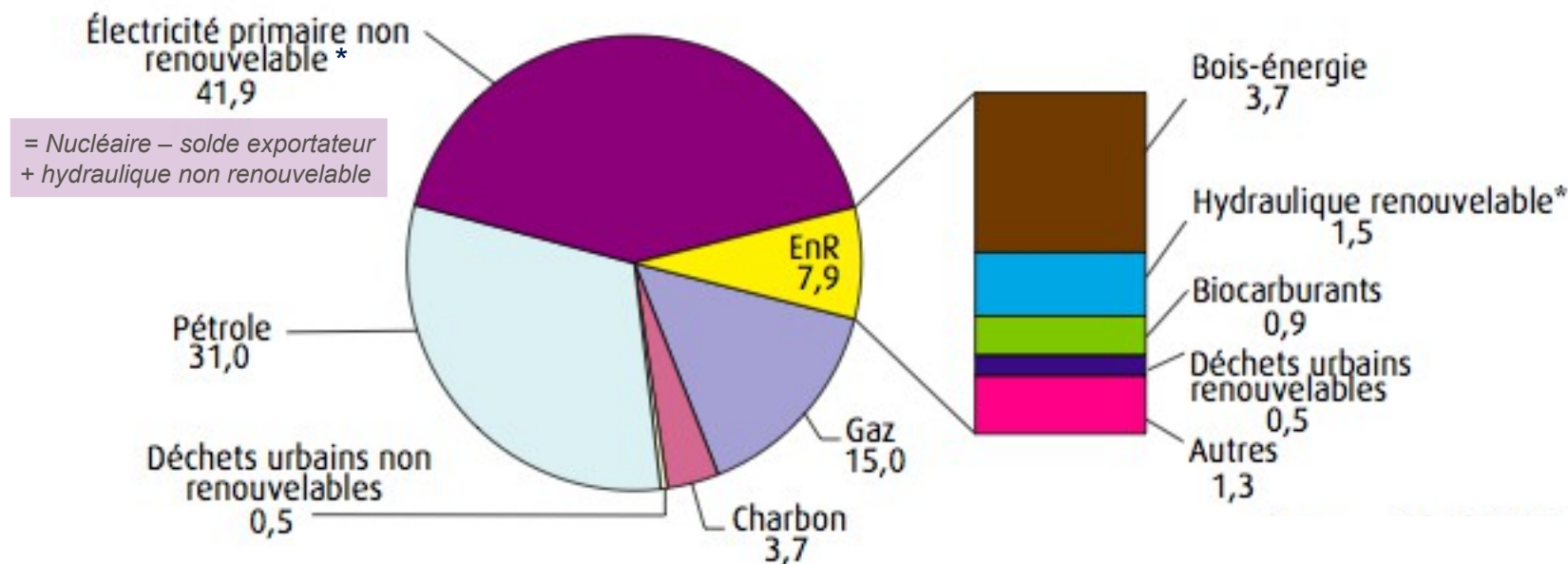


Source: Jancovici, 2012, d'après Schilling et al, 1977 ; BP Statistical Review 2012 ; Woods Hole Centre, 2005

Consommation d'énergie primaire de la France

Répartition de la consommation d'énergie primaire en France métropolitaine

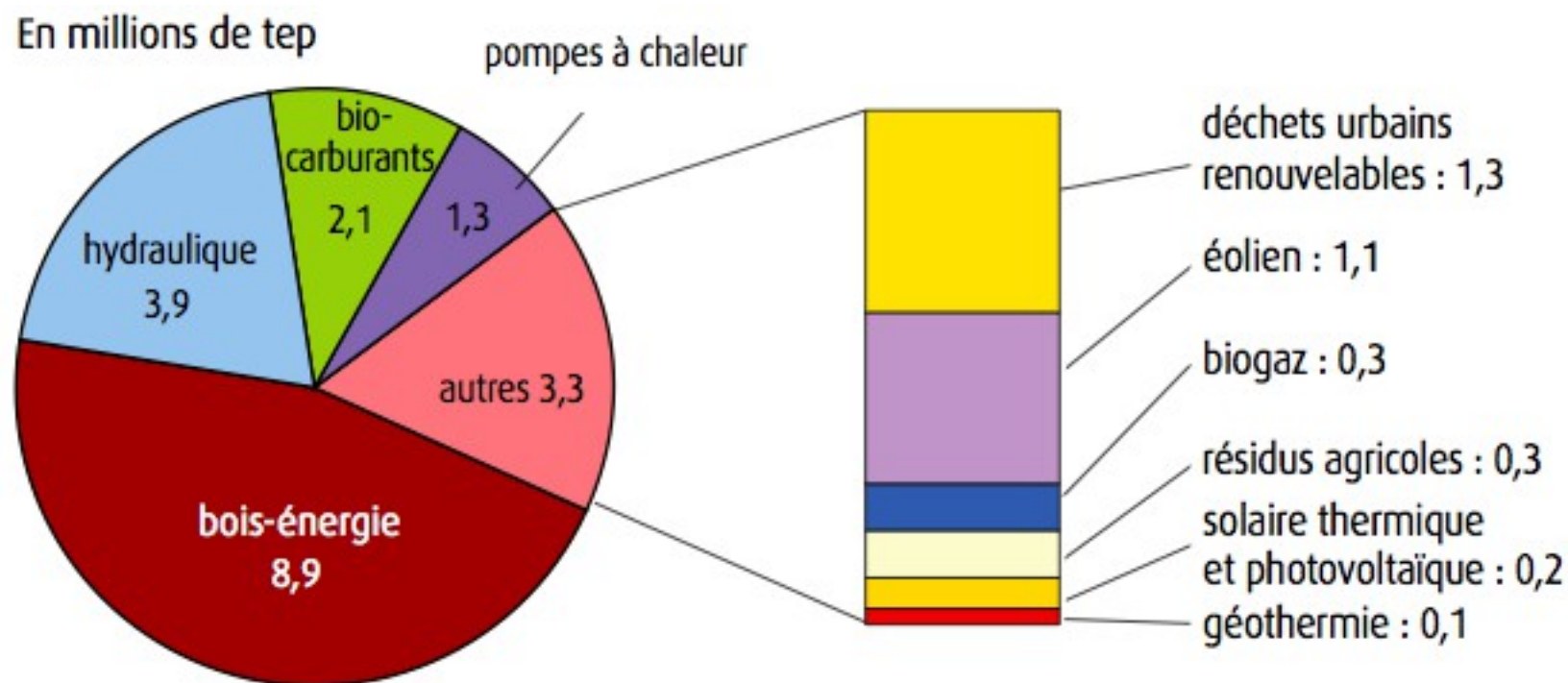
Données corrigées des variations climatiques (266,4 Mtep en 2011) En %



Note: * Hydraulique renouvelable : hydraulique hors pompage. Électricité primaire non renouvelable : électricité nucléaire - solde exportateur + hydraulique non renouvelable (pompage). Source: Chiffres clés de l'énergie ; Calcul SOeS, d'après les données disponibles par énergie

La production primaire d'énergies renouvelables représente 14% de la production énergétique nationale

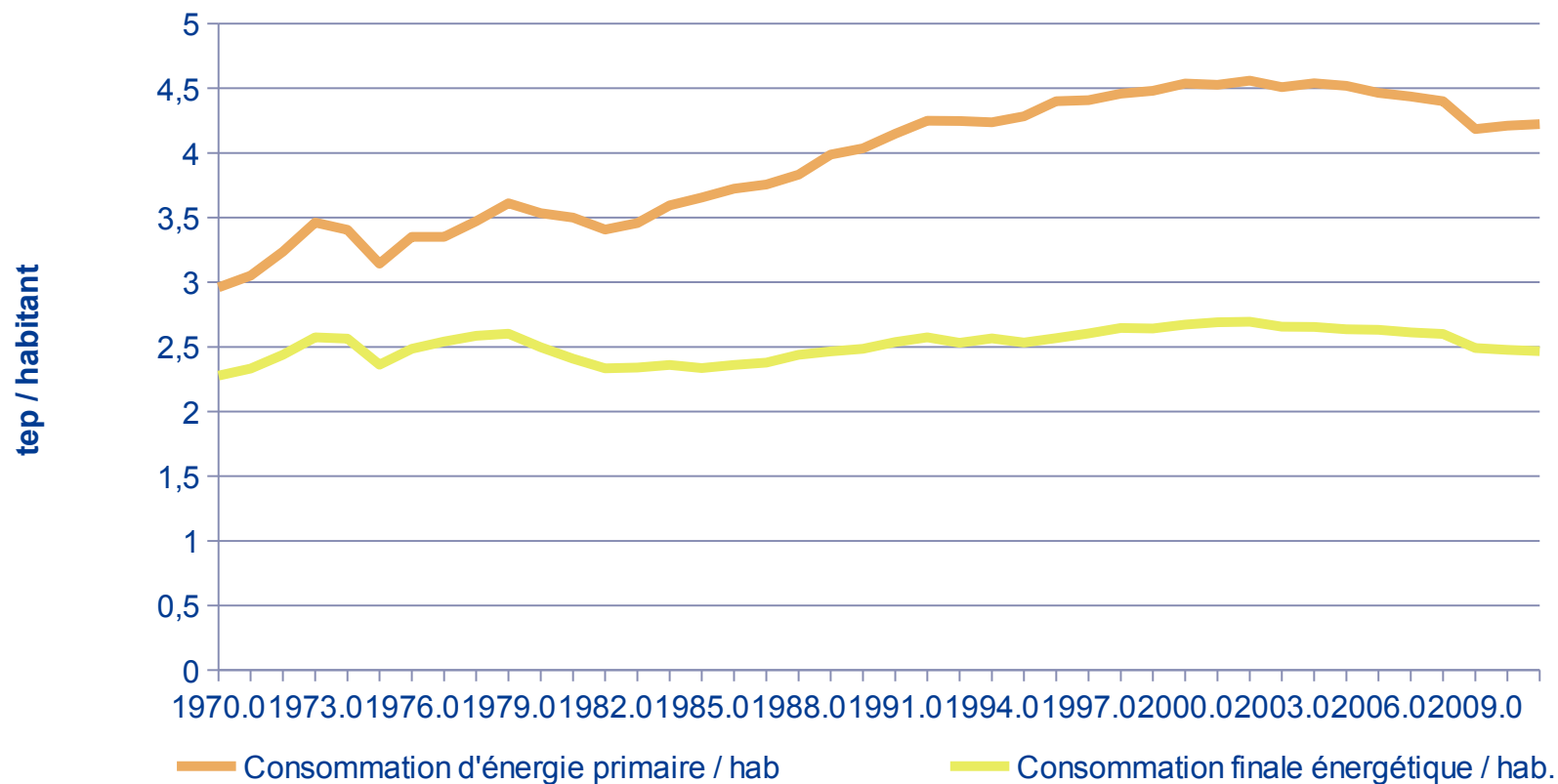
Production primaire d'énergies renouvelables : 19,5 Mtep en 2011



Source: Chiffres clés de l'énergie 2012, d'après SOeS, Bilan de l'énergie

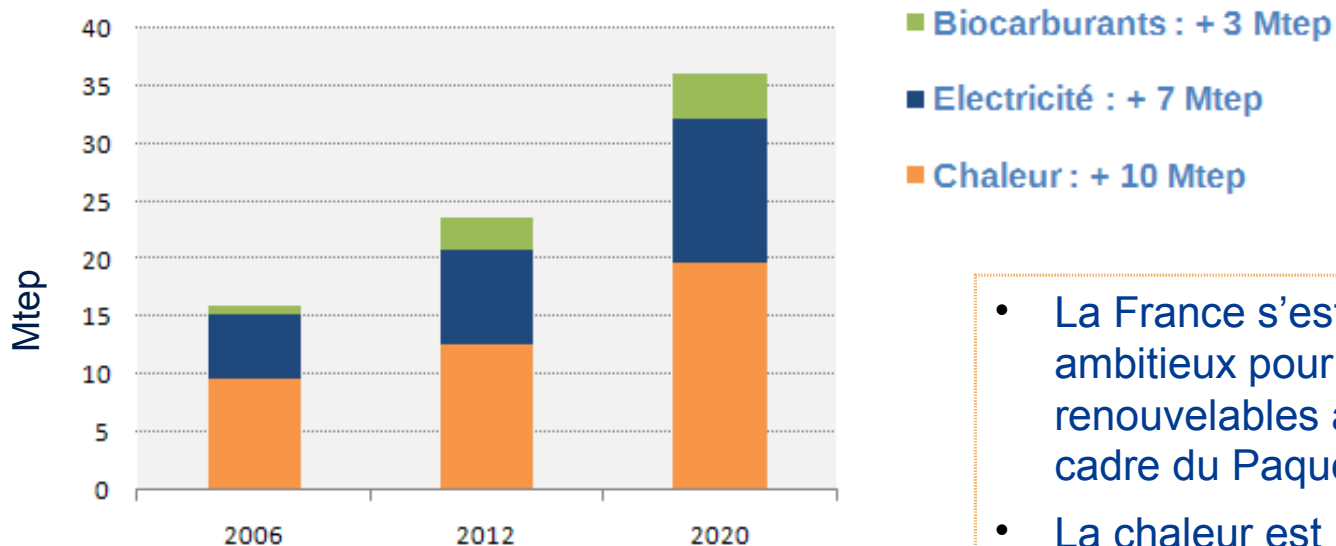
Consommation d'énergie par habitant de 1970 à 2011: une baisse récente très légère

Evolution des consommations d'énergie primaire et finale par habitant en France métropolitaine, 1970 - 2011



En 2011, la production primaire de renouvelables représente 14% de la production énergétique française, dont 45% de bois-énergie et 20% d'hydraulique. L'atteinte des objectifs à 2020 repose principalement sur le développement de la biomasse et de l'éolien (+13 Mtep)

Objectif de développement des renouvelables en 2020 en France (2006-2020)

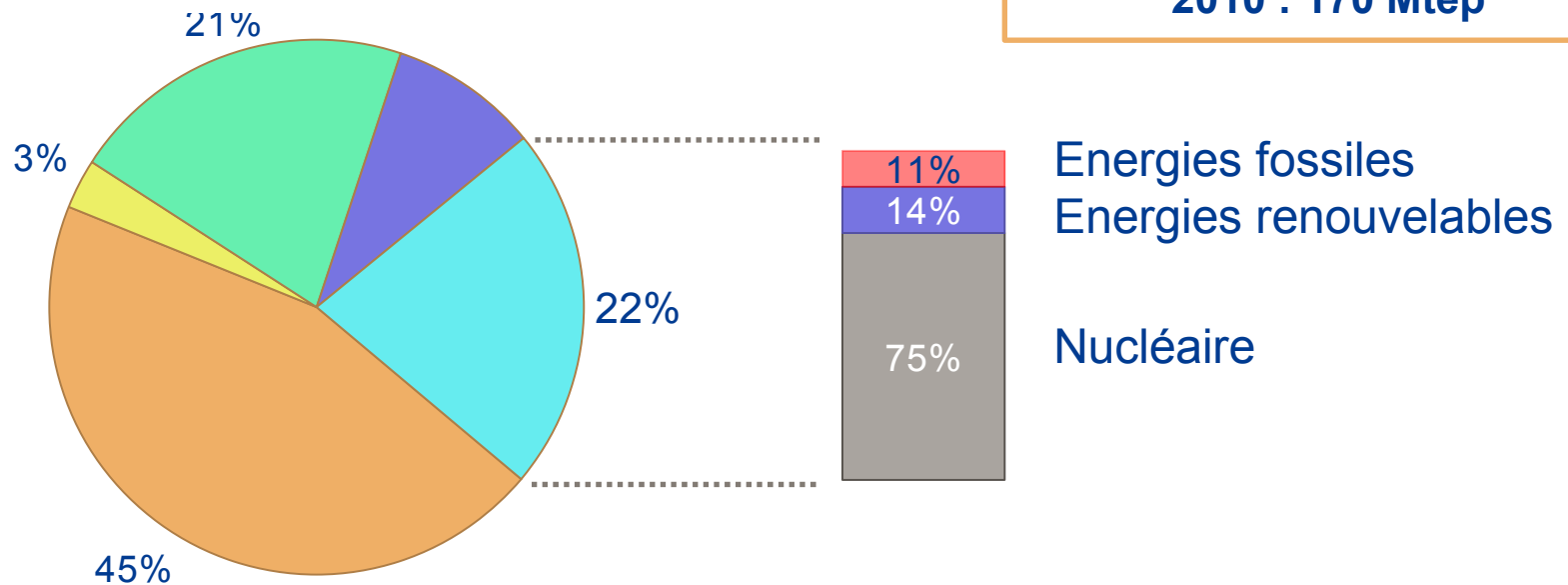


- La France s'est fixée des objectifs ambitieux pour le développement des renouvelables à l'horizon 2020 dans le cadre du Paquet Énergie-Climat
- La chaleur est le secteur clef

Les énergies fossiles couvrent plus de 70 % des besoins d'énergie finale, le nucléaire 75% de la production d'électricité

Répartition de la consommation d'énergie finale en France en 2010

Consommation énergie finale
2010 : 170 Mtep

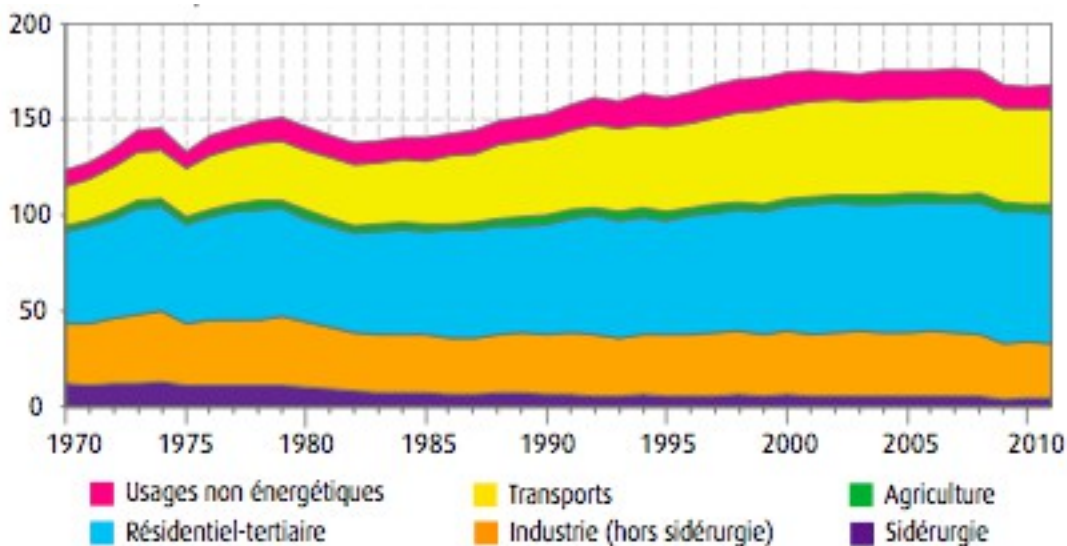


Produits pétroliers Charbon Gaz Energies renouvelables Electricité

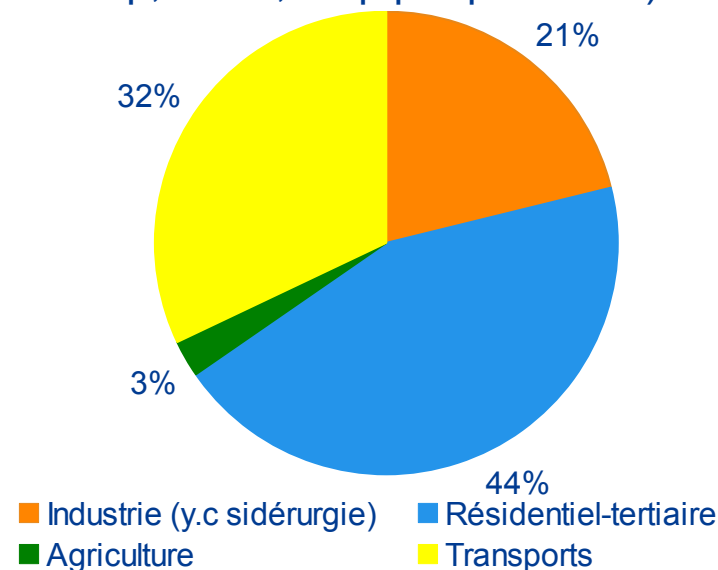
Consommation d'énergie finale en France : Transport et résidentiel tertiaire, à la hausse

De 1973 à 2011, la part de l'industrie dans les consommations énergétiques finales a diminué (de 36 à 21%), celle du secteur résidentiel-tertiaire a gagné deux points (de 42 à 44%), et celle du secteur des transports a fortement progressé (de 19 à 32%)

Evolution de la consommation d'énergie finale par secteur, 1970 – 2011 en Mtep



Consommation d'énergie finale en 2011, hors usages non énergétiques (156 Mtep, soit 2,5 tep par personne)



Note: * Résidentiel-tertiaire: consommation corrigée des variations climatiques. Source: Chiffres clés de l'énergie 2012

Capacités de production électrique en France par filière

Puissances installées par filière au 01/01/2012

GW	Thermique nucléaire	Thermique à flamme	Hydro électrique	Éolien	Photo voltaïque	Total
		26,7				
Puissance installée	63,1	dont centralisé : 18,6 décentralisé fossile : 6,8 décentralisé EnR : 1,3	25,2	6,7	2,4	124,1
Variation annuelle	-	-1,6	-	+0,9	+1,5	+0,8

Thermique nucléaire

- 58 groupes REP (Réacteurs à Eau Pressurisée), 63,1 GW

Thermique à flamme centralisé

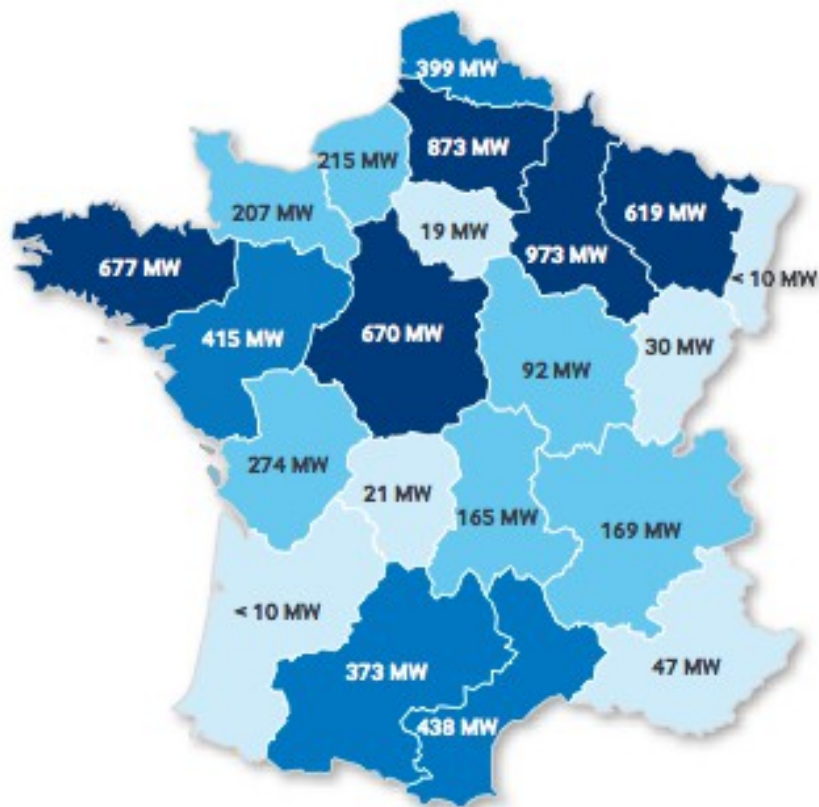
- 6,9 GW de groupes charbon
- 5,3 GW de groupes fioul
- 4,5 GW de groupes gaz
- 1,9 GW de turbines à combustion en cycle ouvert

Note: capacités de production en France continentale (hors Corse).

Source: RTE, Bilan prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité en France, 2012

Puissances éolienne et photovoltaïque installées au 01/01/2012

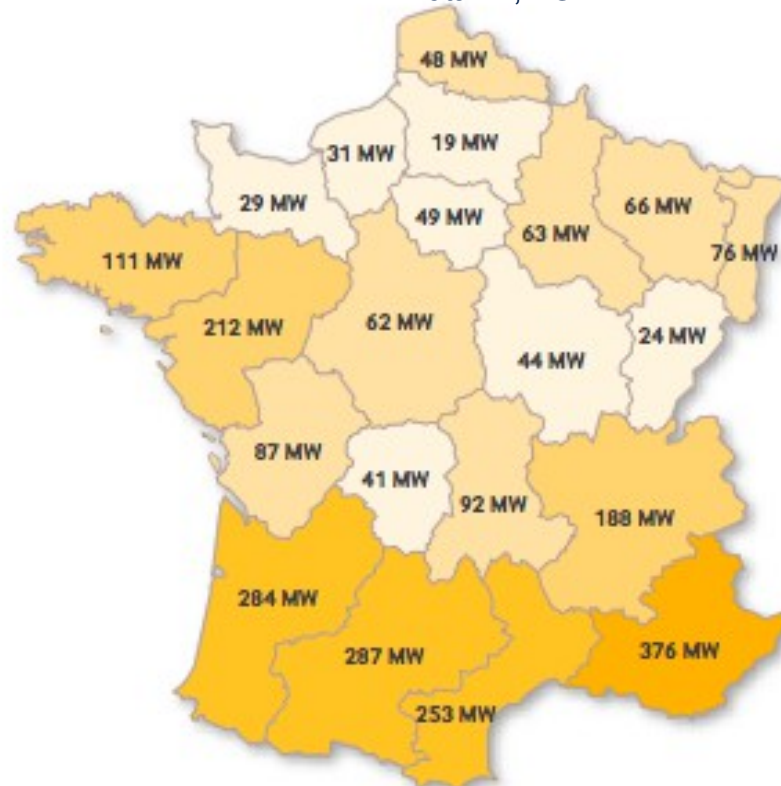
Puissance éolienne en service par région au 1^{er} janvier 2012 (total = 6,7 GW)



Sources : RTE et Gestionnaires de réseau de distribution

Puissance photovoltaïque installée par région au 1^{er} janvier 2012

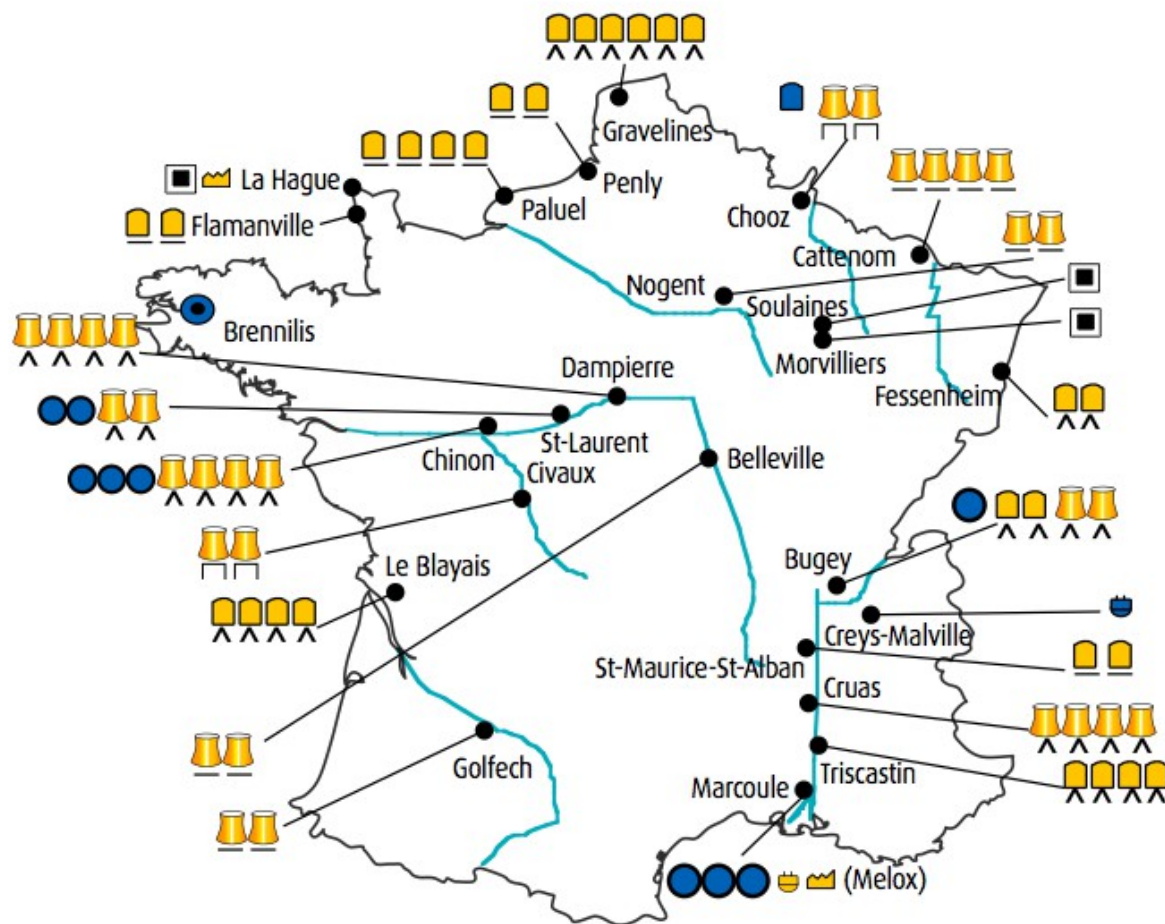
Total: 2,4 GW



Sources : RTE et Gestionnaires de réseau de distribution

Les sites nucléaires en France

Les sites nucléaires en France : situation au 1^{er} janvier 2012



- Réacteur gaz - eau lourde
- ☼ Réacteur à neutrons rapides
- Réacteur à eau ordinaire sous pression (REP) refroidissement circuit ouvert
- ☼ Réacteur à eau ordinaire sous pression (REP) refroidissement circuit fermé, tours
- ☼ Usine de retraitement
- Stockage de déchets

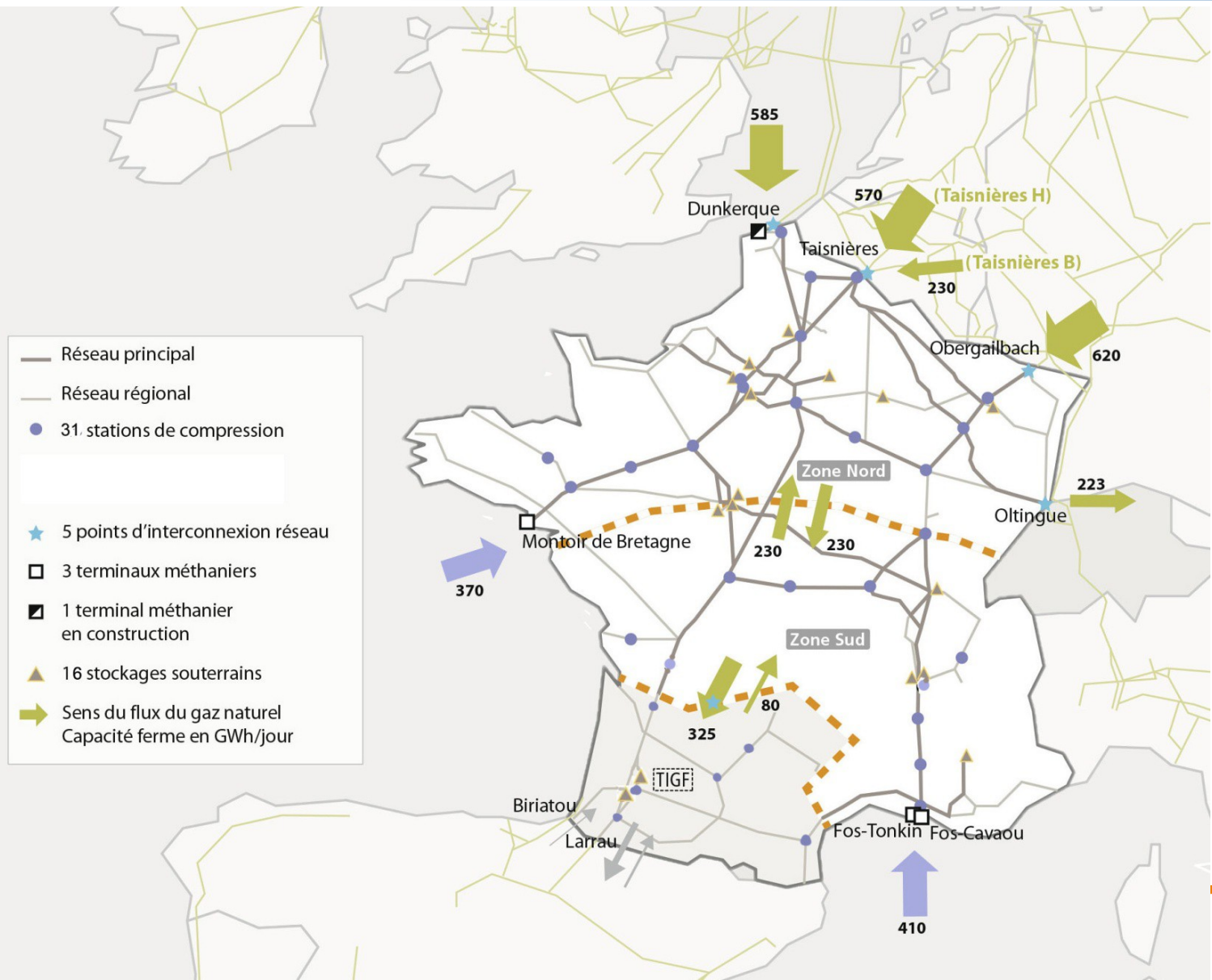
Situation des unités installées

- 59 tranches, 63,1 GWélectrique
- déclassées : 12 unités, 3,9 GWélectrique

Palier REP standardisé

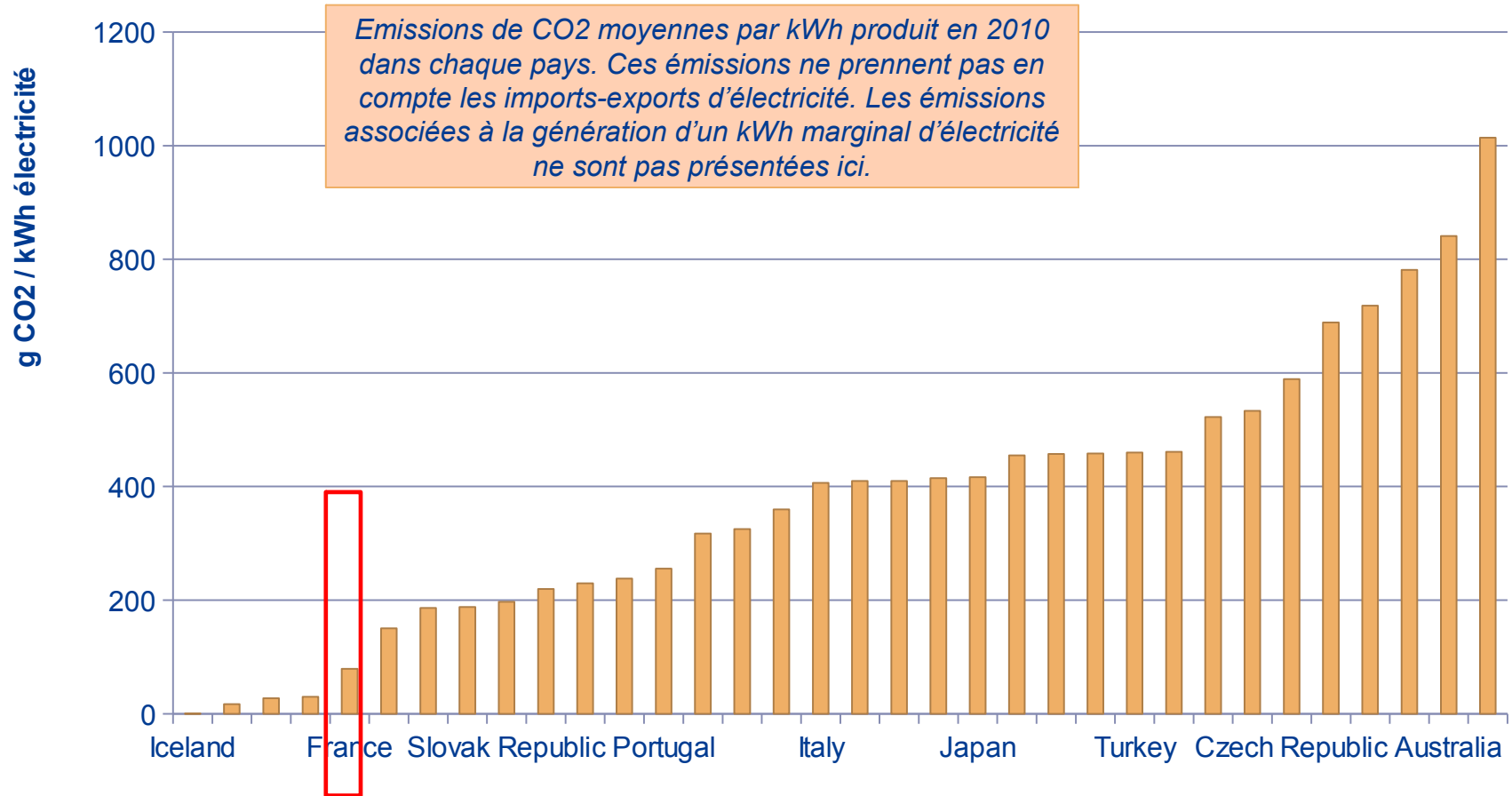
- ▲ palier REP 900 MWe (34 tranches)
- palier REP 1 300 MWe (20 tranches)
- palier N4 1 450 MWe (4 tranches)

Réseaux et stockages gaz, terminaux méthaniers: des infrastructures qui assurent la sécurité d'approvisionnement



L'électricité française est en moyenne peu carbonée

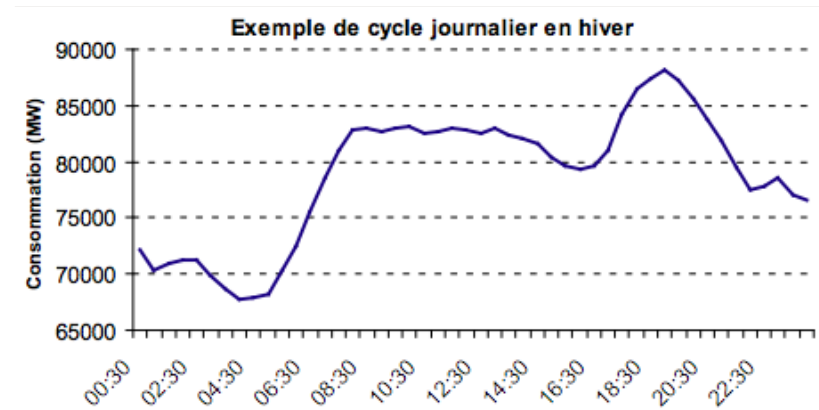
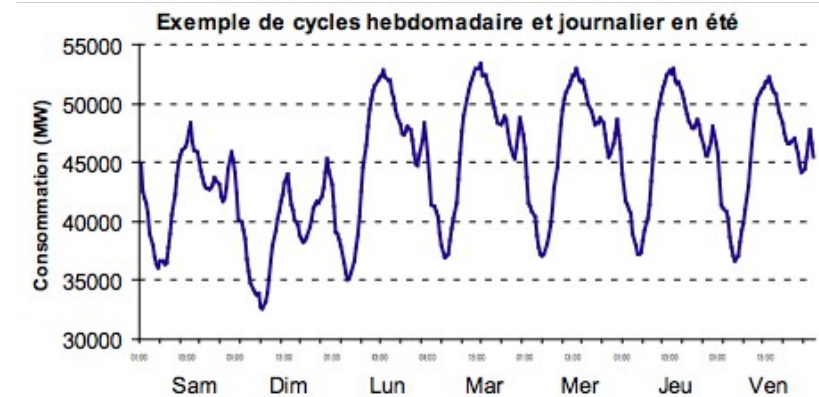
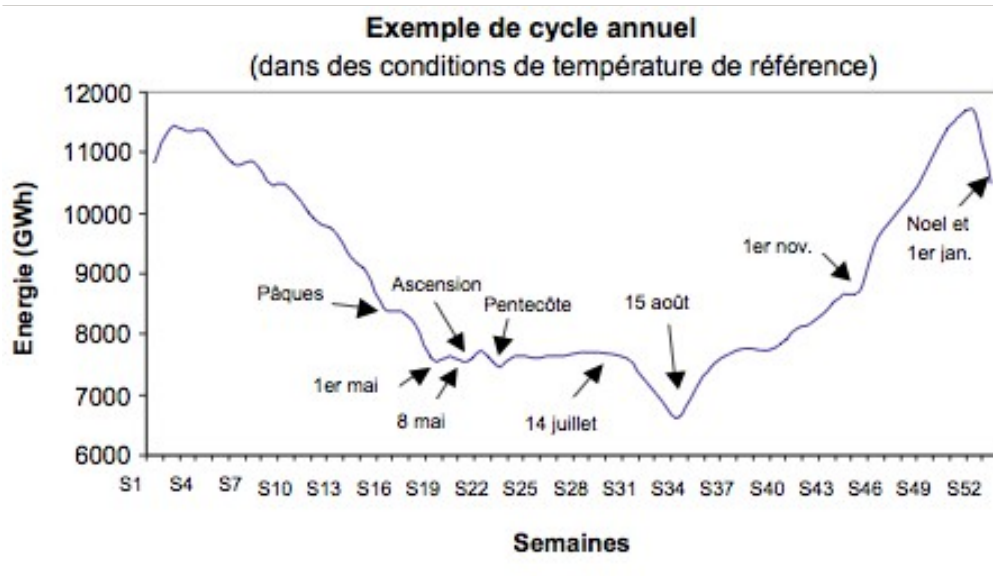
Emissions de CO2 par kWh d'électricité produit dans les pays de l'OCDE, 2010



Source: CO2 Emissions from Fuel Combustion (2012 Edition), IEA, Paris. CO2 emissions per kWh from electricity generation

Disponibilité et équilibrage offre/demande : un besoin permanent

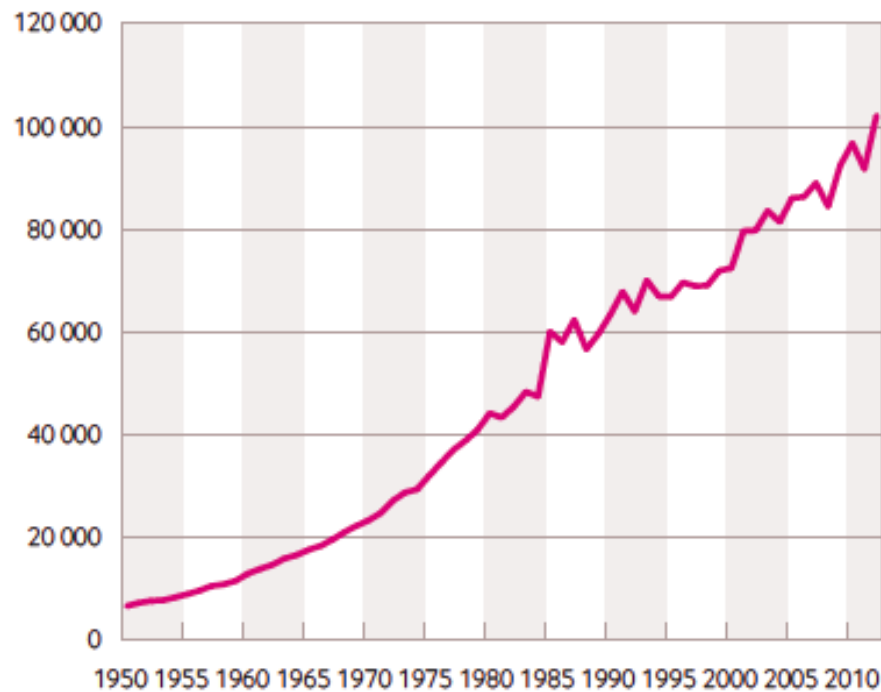
Caractéristiques cycliques de la consommation d'électricité



Source: RTE, Consommation française d'électricité : Caractéristiques et méthode de prévision, Mai 2011

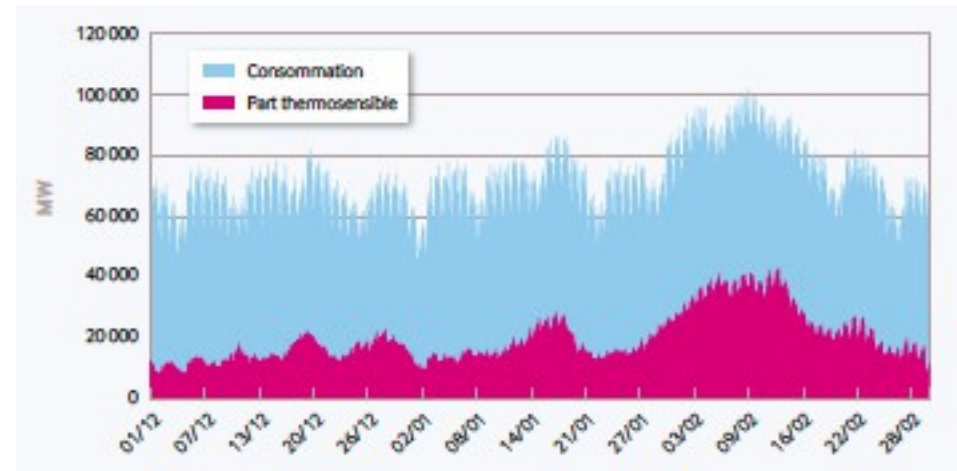
Disponibilité et équilibrage offre/ demande: il est nécessaire de raisonner en puissance

Pics annuels de consommation électrique, MW



*Durant la dernière décennie, on a observé une augmentation des pics de consommation **2,5 fois** plus élevée que celle de la consommation annuelle en énergie*

Consommation électrique et part thermosensible: hiver 2011-2012



La part thermosensible a représenté en moyenne 40% de la consommation pendant la vague de froid de l'hiver 2011-2012

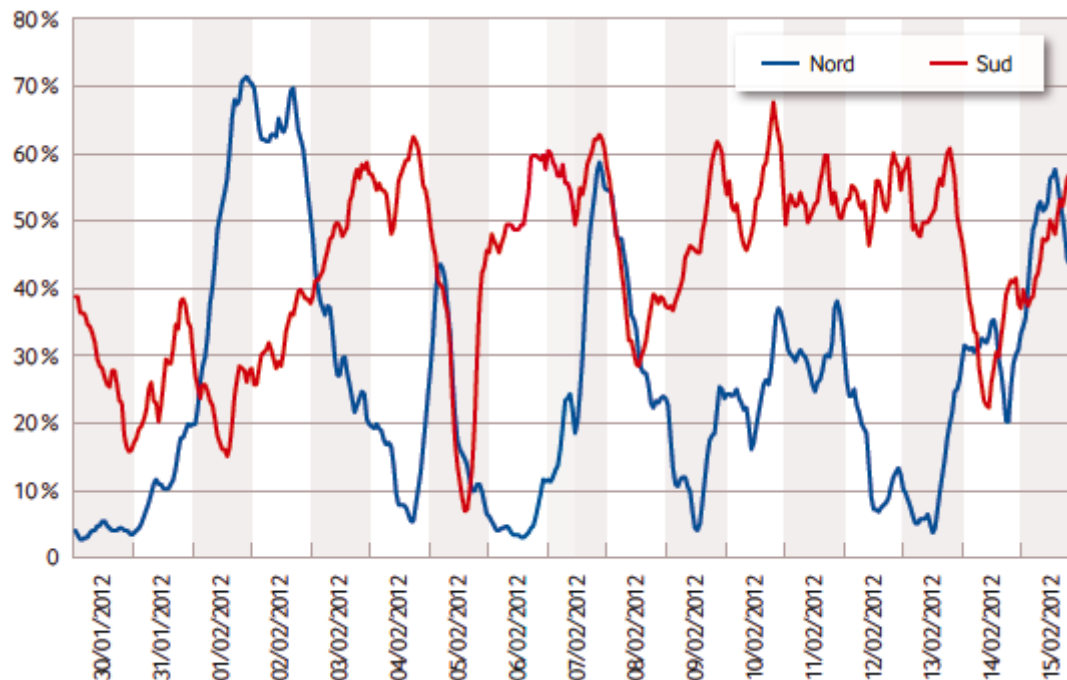
*La France représente **50%** de la thermo sensibilité européenne électrique (due à la part importante du chauffage électrique)*

Note: Thermo sensibilité : Sensibilité de la consommation d'électricité à la température. Une thermo sensibilité élevée induit des aléas forts sur la puissance appelée en fonction des conditions météorologiques (2300 MW/°C à 19h en hiver en 2012)

Source: RTE, Bilan prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité en France, 2012

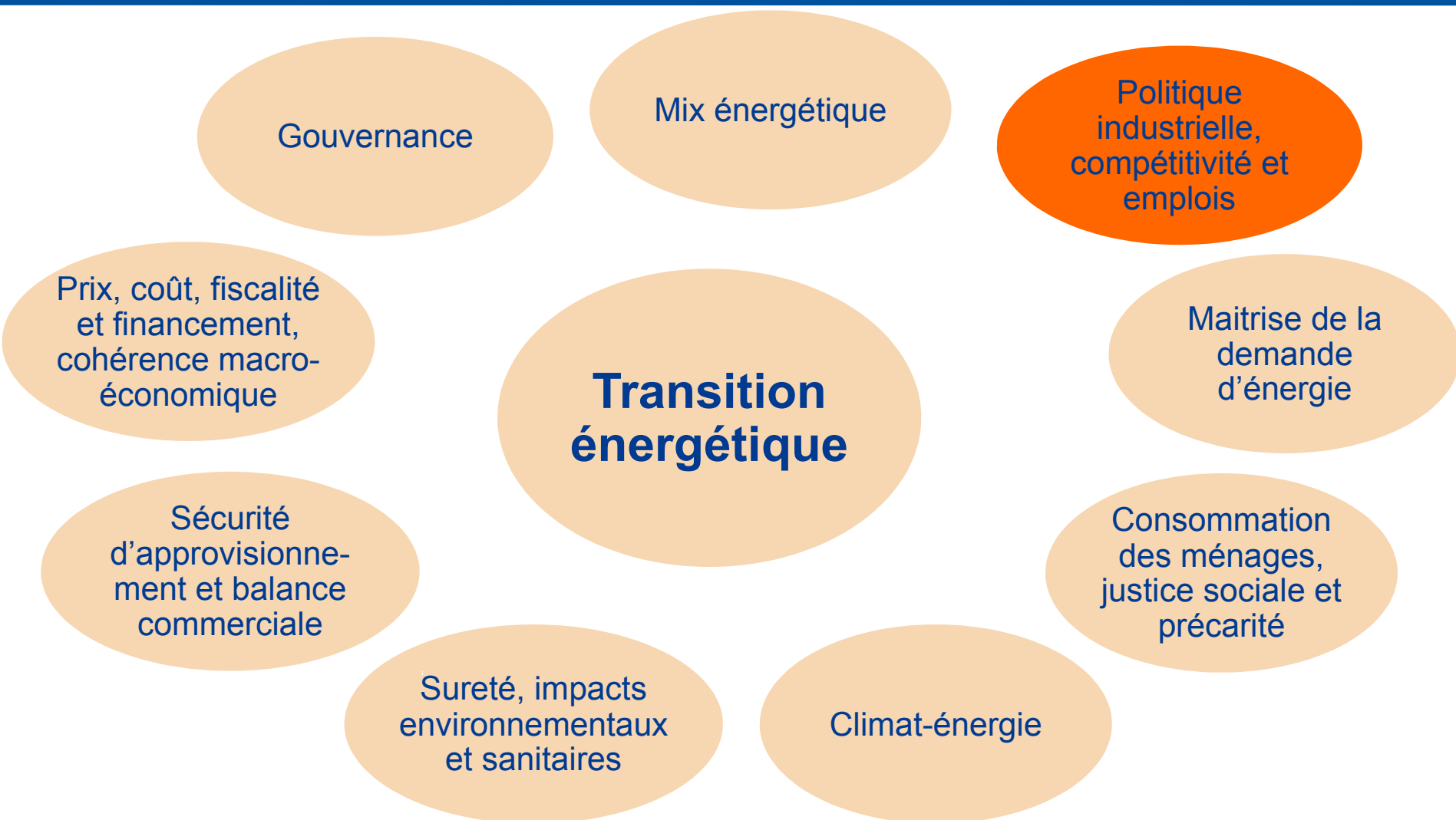
Disponibilité et équilibrage offre/ demande : l'offre ne correspond pas spontanément à la demande, mais le « foisonnement » est réel, dans l'éolien

Facteurs de charge éoliens du nord et du sud de la France pendant la vague de froid de février 2012



- L'existence de plusieurs zones de vent peut contribuer au foisonnement des productions d'énergie éolienne
- Malgré la variabilité de sa production, le parc éolien peut participer à l'équilibre offre-demande
- Améliorer la prévisibilité de la production éolienne participe à la bonne gestion de sa variabilité

La transition énergétique : une problématique à enjeux multiples



Politique industrielle, compétitivité et emplois (1) - Messages clefs

Faits

- La politique énergétique, élément de la stratégie de la Nation, repose sur des compétences humaines et industrielles
- Cela impose une vision de l'avenir qui motive les jeunes talents et des formations adaptées

Questions ouvertes

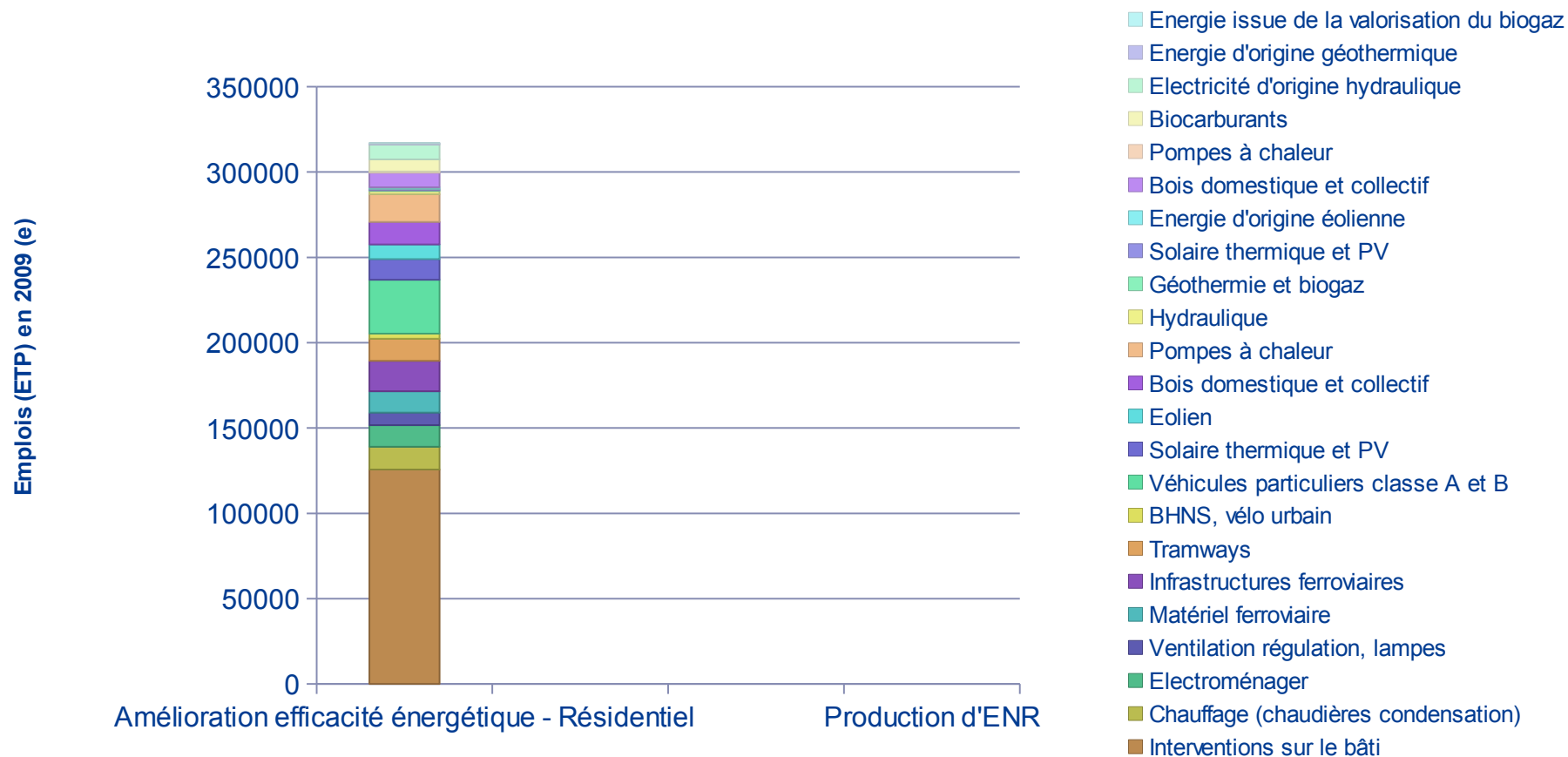
- La transition énergétique suppose et impose des changements dans les organisations et les emplois, actuels et futurs
 - Des systèmes de formation répondant aux enjeux doivent être proposés (formation initiale et continue)
 - Les transitions professionnelles doivent être particulièrement anticipées tant pour des raisons sociales que technologiques et de sécurité
 - En particulier, en toute hypothèse, la France va garder pendant des décennies une activité nucléaire qui nécessite un niveau d'excellence dans les postes en place, les recrutements et les management des équipes
-

Politique industrielle, compétitivité et emplois (2) - Messages clefs

- Les choix de filière nucléaire qui vont se poser pour la 3ème et 4ème génération doivent être pris en tenant en compte de ces questions de manière centrale
 - L'efficacité énergétique dans les transports et dans les procédés industriels, les énergies renouvelables (électrique ou chaleur) peuvent être créatrices d'emplois durables, dans tout ou partie de la chaîne de valeur, pour le marché domestique ou pour l'exportation
 - La France dispose d'atouts évidents dans plusieurs des filières de ces domaines
 - Le calcul des emplois créés par chaque filière fait l'objet de débats méthodologiques et d'incertitudes importantes. De manière générale, deux paramètres clés pour un bilan net en emplois positif : la maîtrise du coût complet des services énergétiques produits et la recherche d'une part élevée de valeur ajoutée produite en France
-

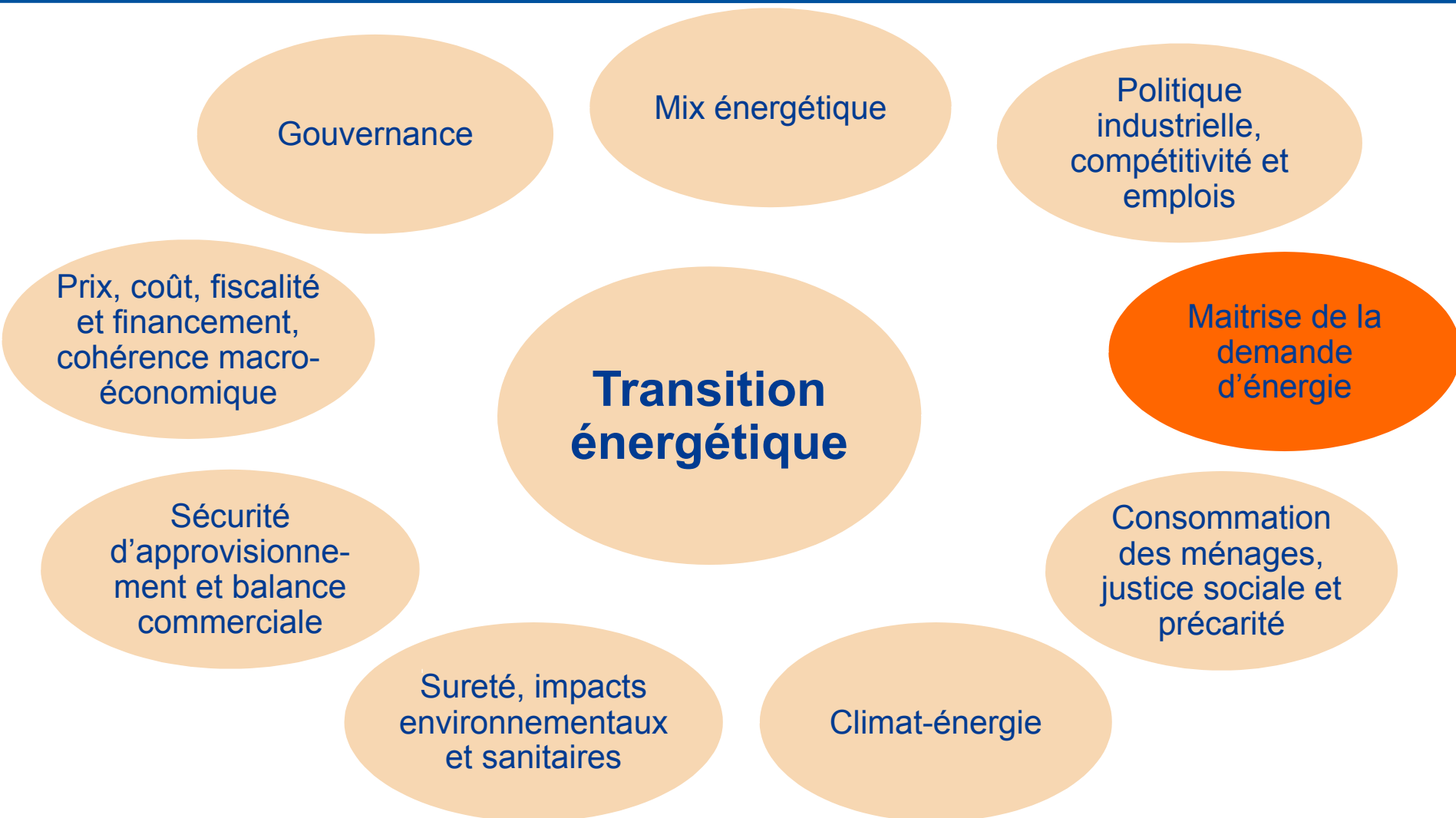
La réussite des renouvelables passe comme l'efficacité énergétique par leur capacité à créer des emplois en France

Plus de 300 000 emplois dans les renouvelables et l'efficacité énergétique, 2009



Note: Hors emplois production de bois énergie du secteur informel, emplois directs uniquement (par ex hors emplois agricoles liés à la production de biocarburants). Source: Ademe, Marchés, emplois et enjeu des activités liées aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique, 2010

La transition énergétique : une problématique à enjeux multiples



Maîtrise de la demande d'énergie (1)

Messages clefs

Faits

- Tous les secteurs sont concernés
- Pour l'électricité il est impératif de raisonner en énergie et en puissance du fait de la variabilité de la demande de puissance et son impact sur les coûts et les émissions de CO2
- La maîtrise de la demande passe par la sobriété, l'efficacité et l'innovation sociale et technologique; elle nécessite toujours la mobilisation d'instruments de politique publique, par exemple des réglementations et des incitations fiscales
- La réglementation thermique dans le neuf a été d'une grande efficacité pour réduire les consommations

Questions ouvertes

- Education, sensibilisation, formation et accompagnement des citoyens usagers sont essentiels
- Les gains obtenus par des actions d'efficacité énergétique sont atténués par l'effet rebond*
- Les deux secteurs prioritaires sont les transports et les bâtiments, qui au total représentent 45% des émissions de GES et 75% de la consommation énergétique finale

Note: * Effet rebond : L'amélioration de l'efficacité énergétique induit des économies financières qui peuvent encourager une plus grande utilisation des services (chaleur ou mobilité) fournis par l'énergie.

Maîtrise de la demande d'énergie (2)

Messages clefs

- Dans le domaine des transports les voies à explorer sont :
 - La réduction de la mobilité contrainte (organisation du travail (télétravail), aménagement du territoire et urbanisme)
 - Le partage accru des moyens de transport (voiture, taxi, car, bus ...)
 - Le déploiement de modes et moyens de transport moins énergivores (voitures et camions plus basse consommation) et moins carbonés (fer, modes actifs*, voitures électriques, à gaz)
 - Le redéveloppement du fret ferroviaire et de l'intermodalité
 - Des solutions innovantes pour le « dernier kilomètre » (la distribution finale en ville)
 - La limitation des transports polluants (fiscalité, réglementation)

Note: modes actifs : modes de déplacement sans apport d'énergie autre qu'humaine comme la marche, le vélo, la trottinette, etc.

Maîtrise de la demande d'énergie (3)

Messages clefs

- Dans le domaine des bâtiments la priorité est à donner à la rénovation de l'existant (bâti et équipements)
- La montée en compétence des professionnels et son contrôle sont des clefs de succès
- Les coûts au m² de rénovation sont très dépendants des habitats concernés et des objectifs visés, ils sont par ailleurs l'objet de débats d'expert; il semble acquis que la plupart des investissements de rénovation ont une rentabilité faible au prix actuel des énergies
- Ils sont inaccessibles aux plus modestes
- Ce chantier nécessite donc une politique d'ensemble : un portage grand public, une professionnalisation des filières, aides au financement, des aides budgétaires, de la réglementation, de la fiscalité...

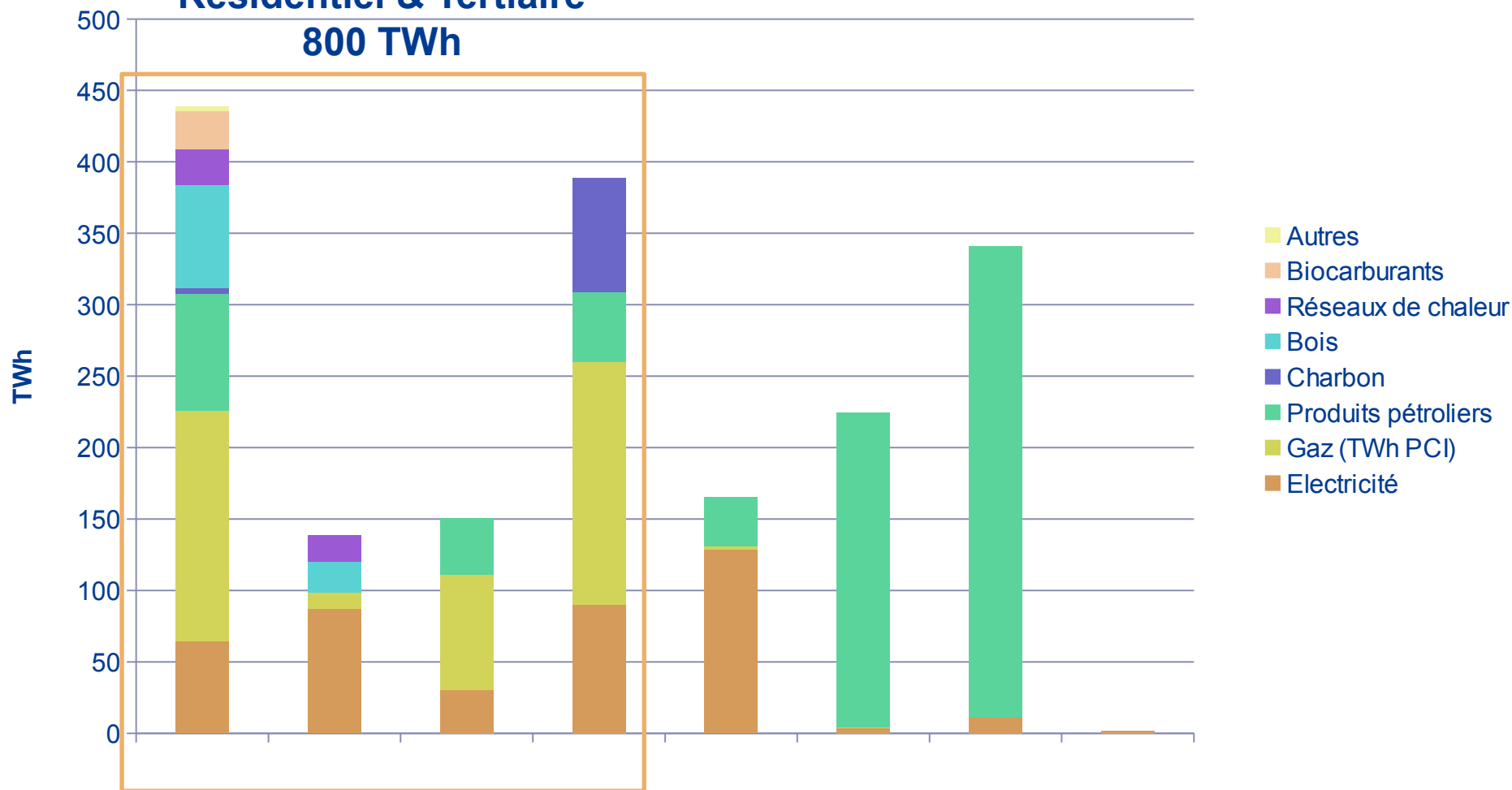
Consommation finale d'énergie en 2011

1 900 TWh

(1 TWh = 0,086 Mtep)

Résidentiel & Tertiaire

800 TWh

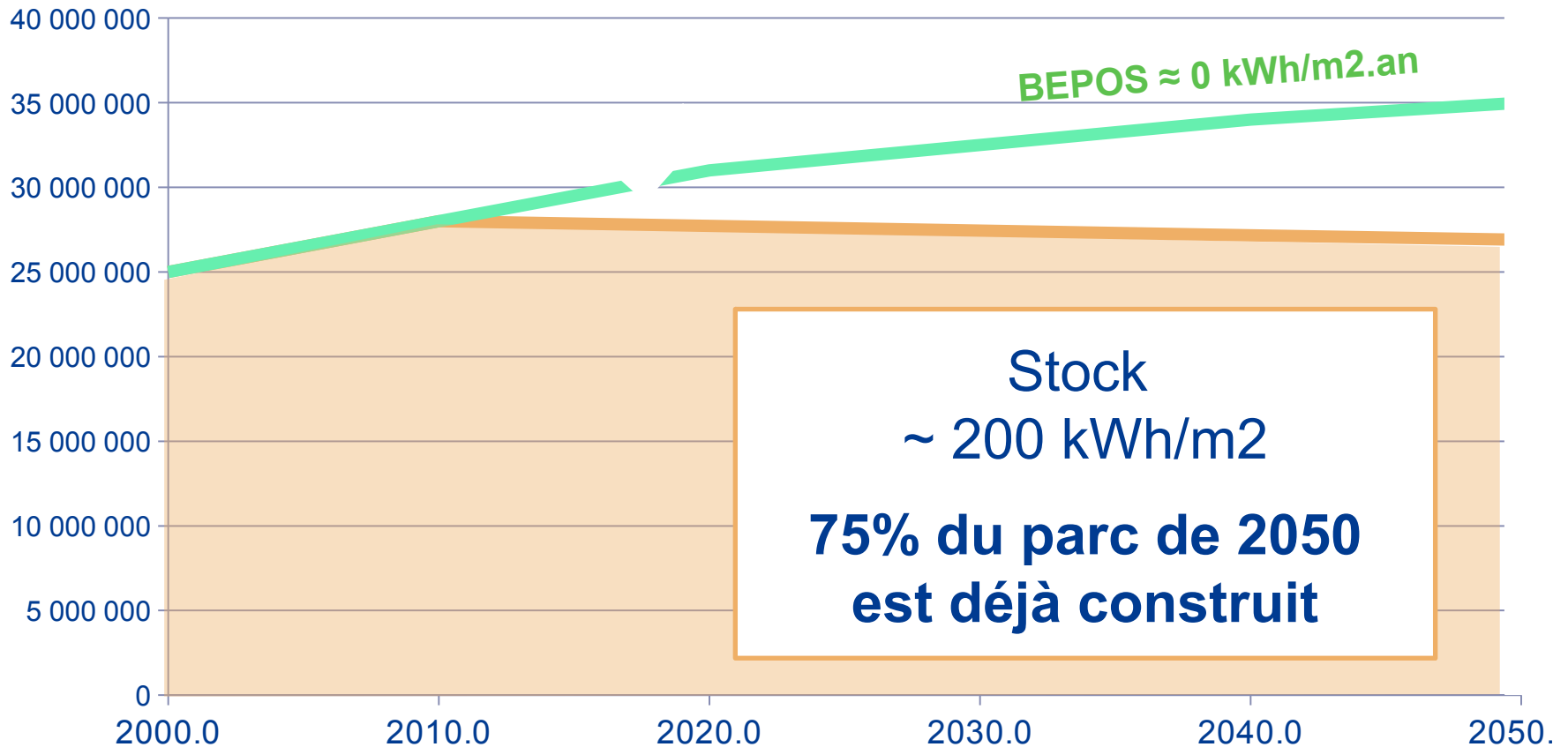


Note: Consommation corrigée des variations climatiques. Source : Analyse Carbone 4 d'après SOeS, Bilan énergétique de la France pour 2011 ; SOeS, Eider 2012 ; SOeS, Memento de Statistiques des transports 2012

Le parc existant au cœur de l'enjeu bâtiment : un dispositif d'ensemble ambitieux est nécessaire pour atteindre le facteur 4

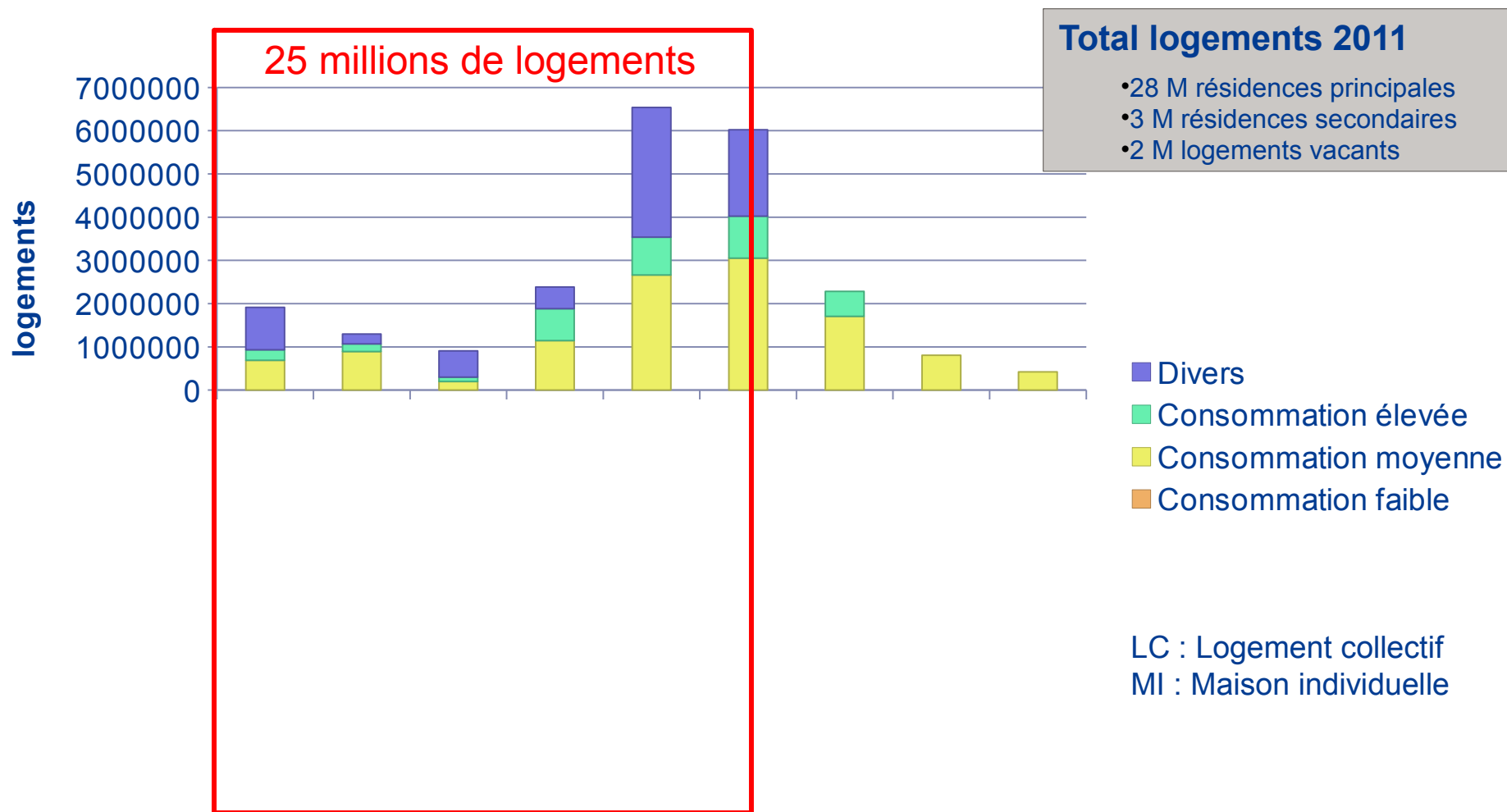
Nombre de logements

Projection du parc de logements en France



Source: Analyse Carbone 4

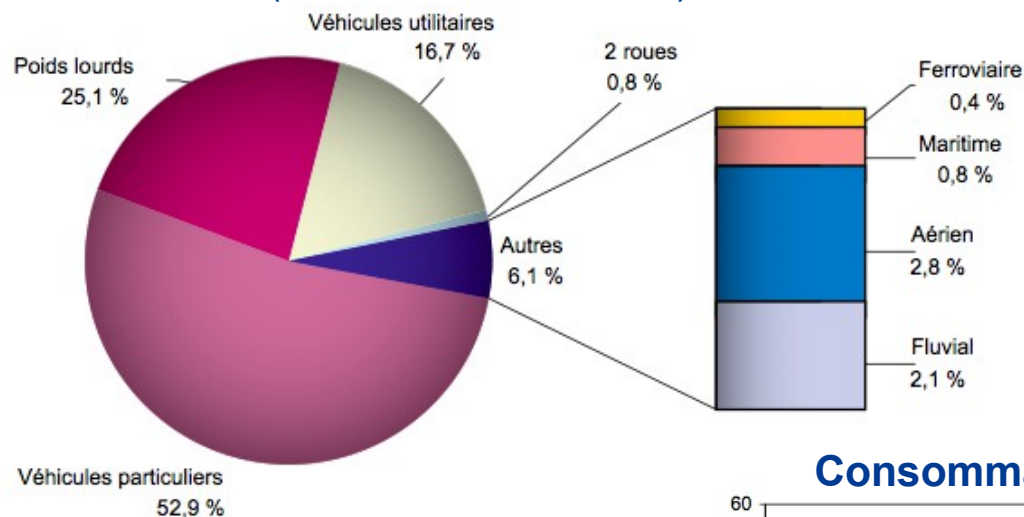
Un parc de logements très hétérogène



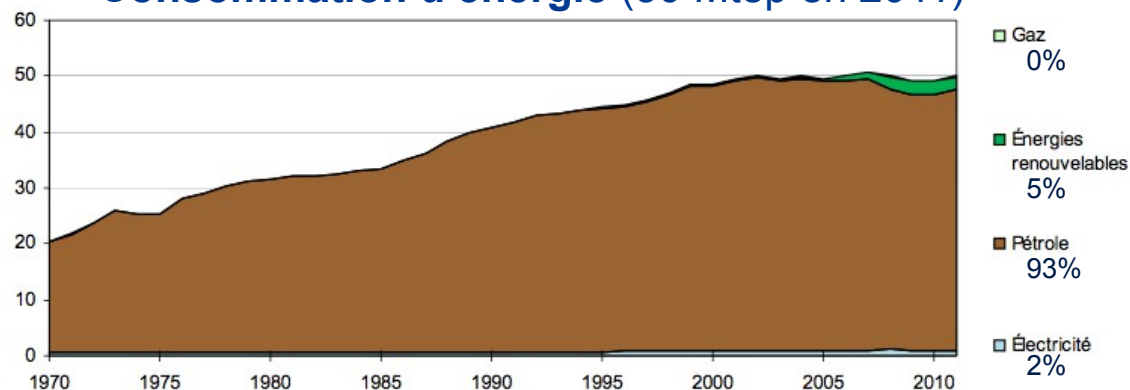
Note: données 2009. ECS : Eau chaude sanitaire. Source : Analyse Carbone 4 d'après SOeS; CEREN; Anah; Insee

Des besoins de transport variés et en augmentation dominés par le pétrole

Émissions de CO₂ par mode de transport (125 Mt CO₂ en 2009)



Consommation d'énergie (50 Mtep en 2011)



Note: Comprend le transport intérieur (hors transport entre métropole et DOM) mais pas les transports internationaux
Source: Chiffres clés du climat 2012; selon CITEPA/format SECTEN; SOeS, Bilan énergétique de la France pour 2011.

L'effet rebond

Les effets rebond ne remettent pas en cause l'intérêt des politiques d'efficacité énergétique mais ils peuvent réduire l'impact prévu

« **Effet rebond** »: L'amélioration de l'efficacité énergétique induit des économies financières qui peuvent encourager une plus grande utilisation des services (chaleur ou mobilité) fournis par l'énergie

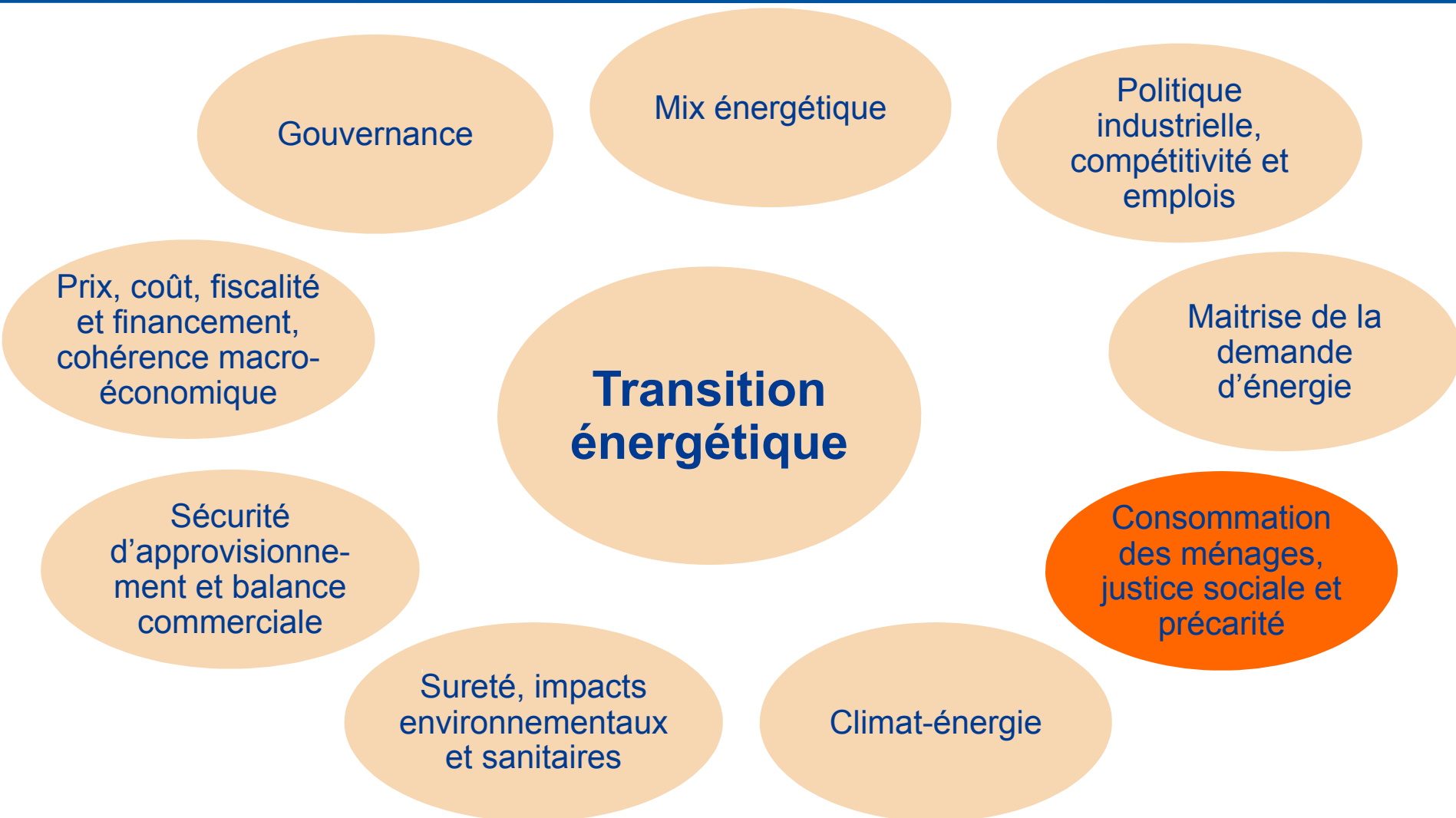
Estimation de l'effet rebond direct à long terme pour les services énergétiques grand public dans les pays de l'OCDE

Usage	Fourchette de valeur trouvée dans la littérature	Nombre d'études	Valeur moyenne estimée par l'UKERC
Transport automobile personnel	5 à 87 %	17	10 à 30 %
Chauffage domestique	0 à 60 %	9	10 à 30 %
Climatisation des locaux	0 à 26 %	2	1 à 26 %
Autres services énergétiques grand public	0 à 49 %	3	

Note: UKERC: UK Energy Research Centre

Source: Ademe&vous, Les effets rebond des mesures d'efficacité énergétique : comment les atténuer ?, mai 2010

La transition énergétique : une problématique à enjeux multiples



Consommation des ménages, justice sociale et précarité - Messages clefs

Faits

- Il existe plusieurs définitions de la précarité énergétique. Un Observatoire national de la précarité énergétique (ONPE) a été créé en 2011
- Selon la définition du taux d'effort énergétique de l'INSEE*, 3,8 millions de ménages étaient considérés en 2006 comme étant en précarité énergétique
 - Ils vivent dans des habitats mal ou très mal isolés
 - Cette précarité concerne en majorité des ménages en zones périurbaines ou rurales habitants en maison individuelle; ce peut être des propriétaires occupants
- Une précarité plus difficile à détecter concerne les ménages modestes qui se restreignent fortement et dont le taux d'effort reste inférieur aux 10%
- Les ménages modestes consacrent une part croissante de leur revenu à l'énergie, alors qu'en moyenne cette part décroît depuis 1985; elle représente environ 8% soit 2300 euros par an

Questions ouvertes

- La précarité énergétique est très probablement en augmentation depuis; elle risque de s'accroître si les prix des énergies augmentent
- La lutte structurelle contre la précarité énergétique ne peut se limiter à subventionner ces dépenses
- Elle passe par un accompagnement personnalisé et suppose que la collectivité prenne en charge une part significative des investissements permettant de réduire les deux postes clefs (les dépenses contraintes de transport et de chauffage)

* Selon définition de l'Insee, 2011 : Taux d'effort énergétique (TEE) supérieur à 10%

(TEE = Part de l'énergie du logement (chauffage, éclairage, appareils électroménagers) dans le revenu brut des ménages)

Usages: que fait-on avec l'énergie?



1 kWh d'électricité

Avec 1 kWh d'électricité on peut...

- Regarder sa télévision (écran LCD) pendant 6 heures
- Faire cuire un plat au four pendant une demi-heure
- Faire 5 kilomètres en véhicule électrique



1 litre d'essence

Avec 1 litre d'essence on peut...

- Rouler 16 km en voiture (6L/100km)

Avec 1 litre de fioul domestique on peut...

- Chauffer 10 m² pendant une journée



1 m³ de gaz naturel

Avec 1 m³ de gaz naturel on peut...

- Chauffer 10 m² pendant une journée
- Avoir de l'eau chaude pendant 2 jours

Pour mémoire :

1 litre de pétrole = 10 jours.homme = 10 kWh

10 litres / français / jour en 2010 *
= 100 jours.homme

1 personne sur un vélo pendant
1 jour: 0,5 kWh/jour



100 personnes pendant 1 jour:
 $10 \text{ €} / \text{h} \times 7 \text{ h} \times 100 \approx 7\,000 \text{ €}$

x 10 →

1 litre d'essence: 10 kWh

4-5 kWh énergie mécanique
3,5 kWh énergie électrique

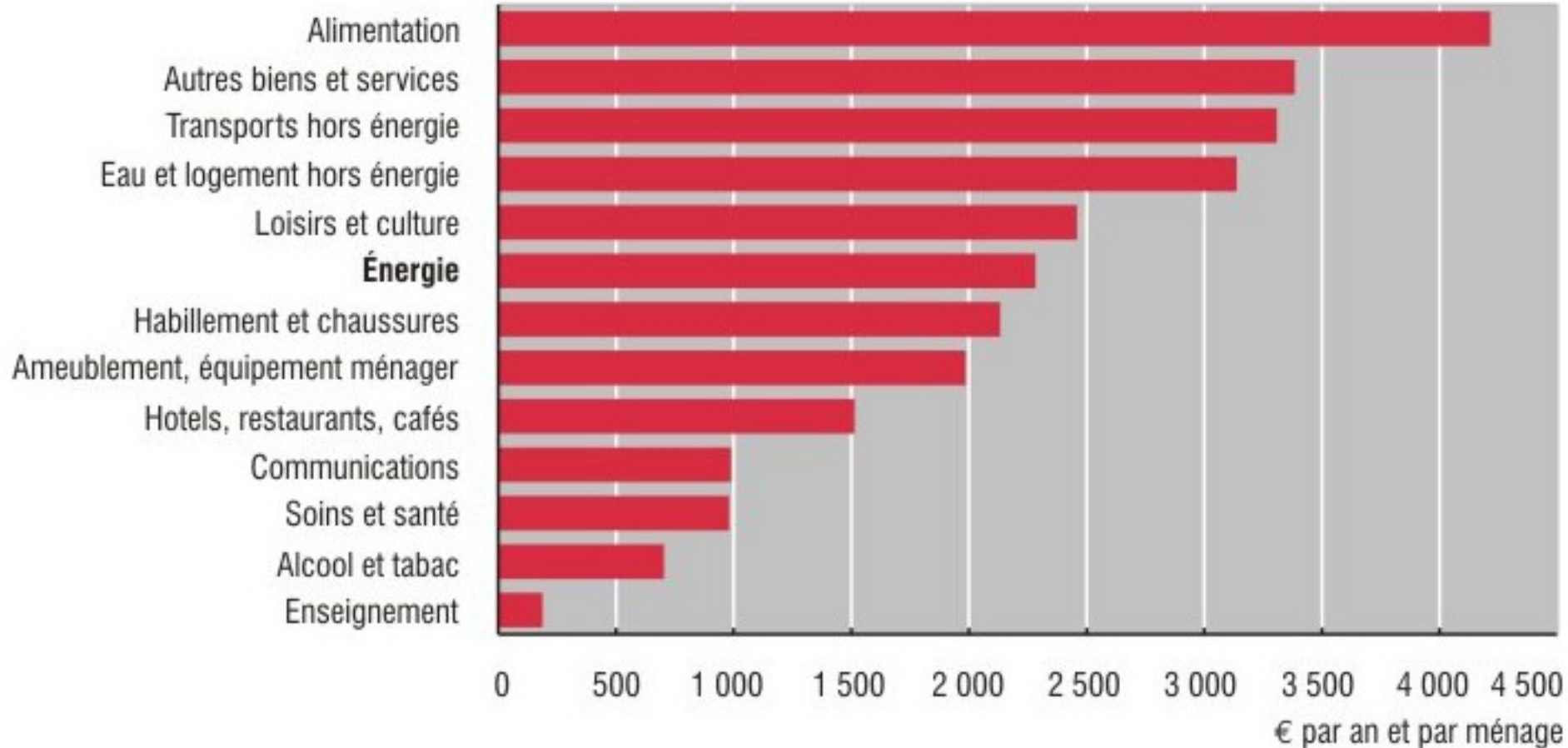


← x 350

2 €/litre x 10 litres = 20 €

L'énergie représente en moyenne 8% des dépenses des ménages français, soit 2300€/an

Les dépenses des ménages en 2006 par postes budgétaires

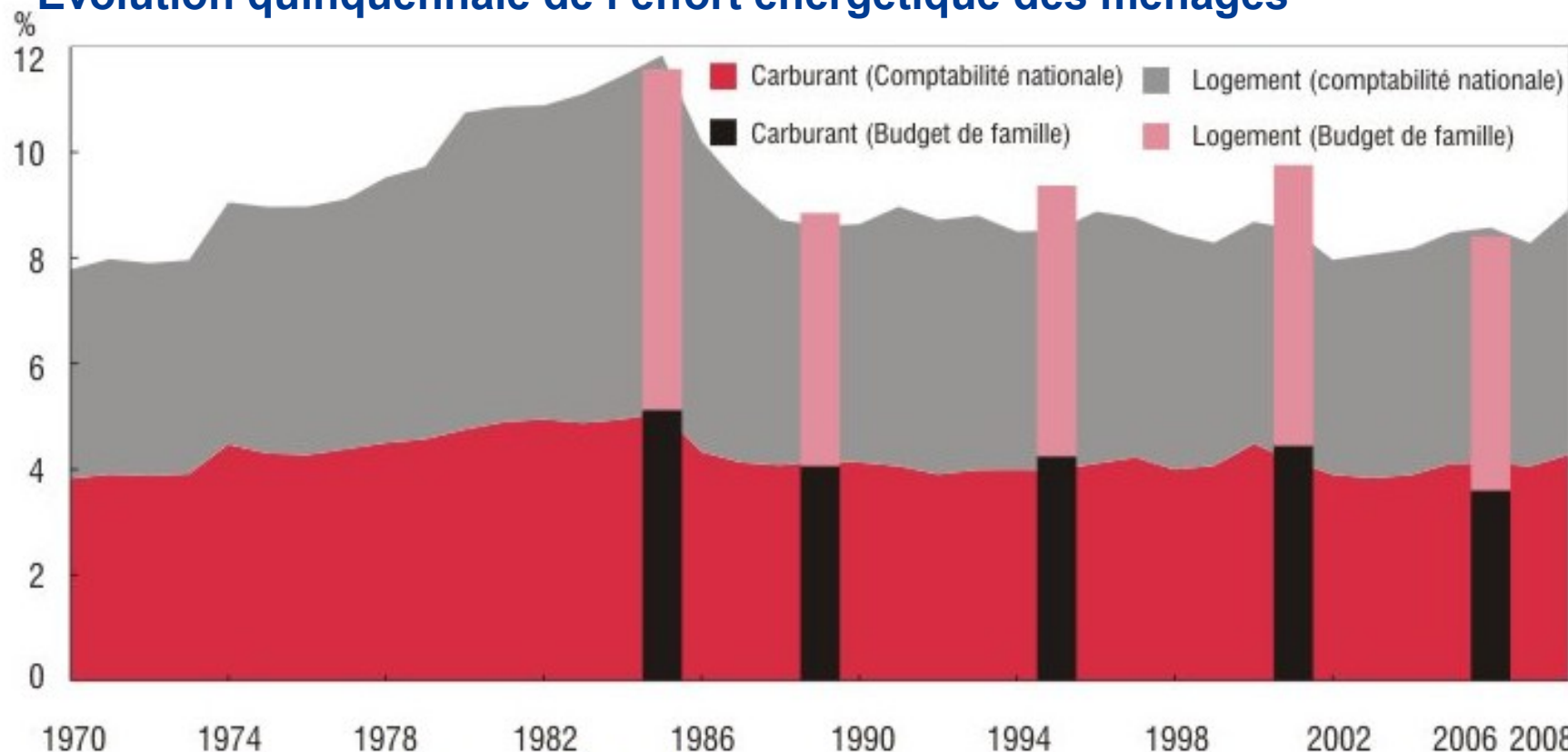


Champ : ménages métropolitains.

Source : Insee, enquête Budget de famille 2006.

En 20 ans, la part budgétaire consacrée à l'énergie a baissé de 3 points en moyenne

Évolution quinquennale de l'effort énergétique des ménages



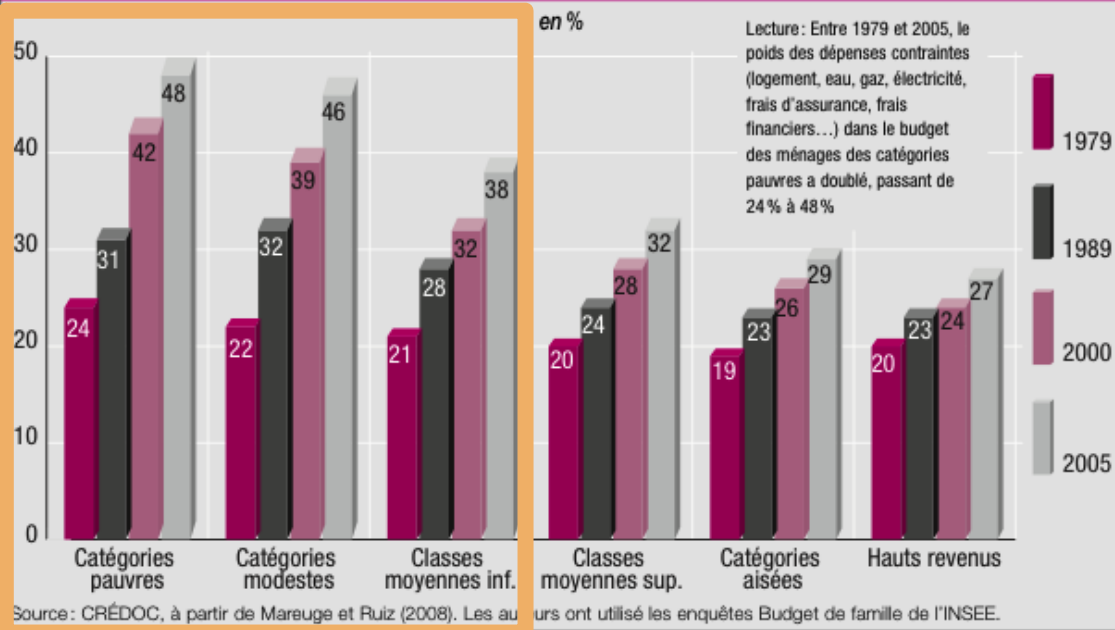
Lecture : Un ménage consacrait 11,8 % de son budget à l'énergie en 1985 selon les comptes nationaux. L'estimation à partir des enquêtes Budget de famille est de 11,6 %. Les parts budgétaires sont calculées en excluant pour les deux sources les loyers imputés de la consommation totale des ménages : les chiffres diffèrent donc de la part budgétaire au sens de la comptabilité nationale.

Champ : ménages métropolitains.

Source : Insee, Comptabilité Nationale et enquêtes Budget de famille 1985, 1989, 1995, 2001 et 2006, calculs des auteurs.

La précarité énergétique est une conséquence de la hausse des prix de l'énergie et de la forte hausse des dépenses contraintes qui touche principalement les ménages des premiers déciles de revenu

La croissance des dépenses contraintes est particulièrement forte pour les classes moyennes inférieures

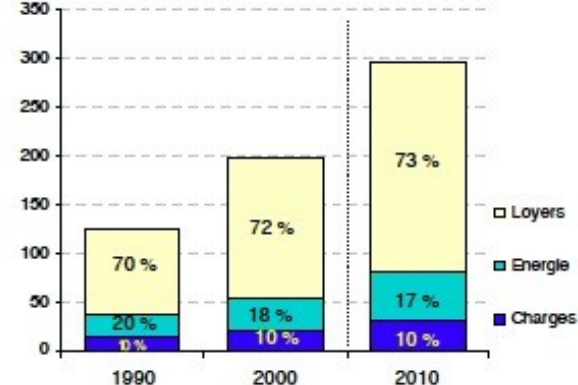


Les loyers représentent une part importante du budget logement, supérieure à l'énergie

Graphique R1.2

73 % DES DÉPENSES COURANTES CONSACRÉES AUX LOYERS

En milliards d'euros courants



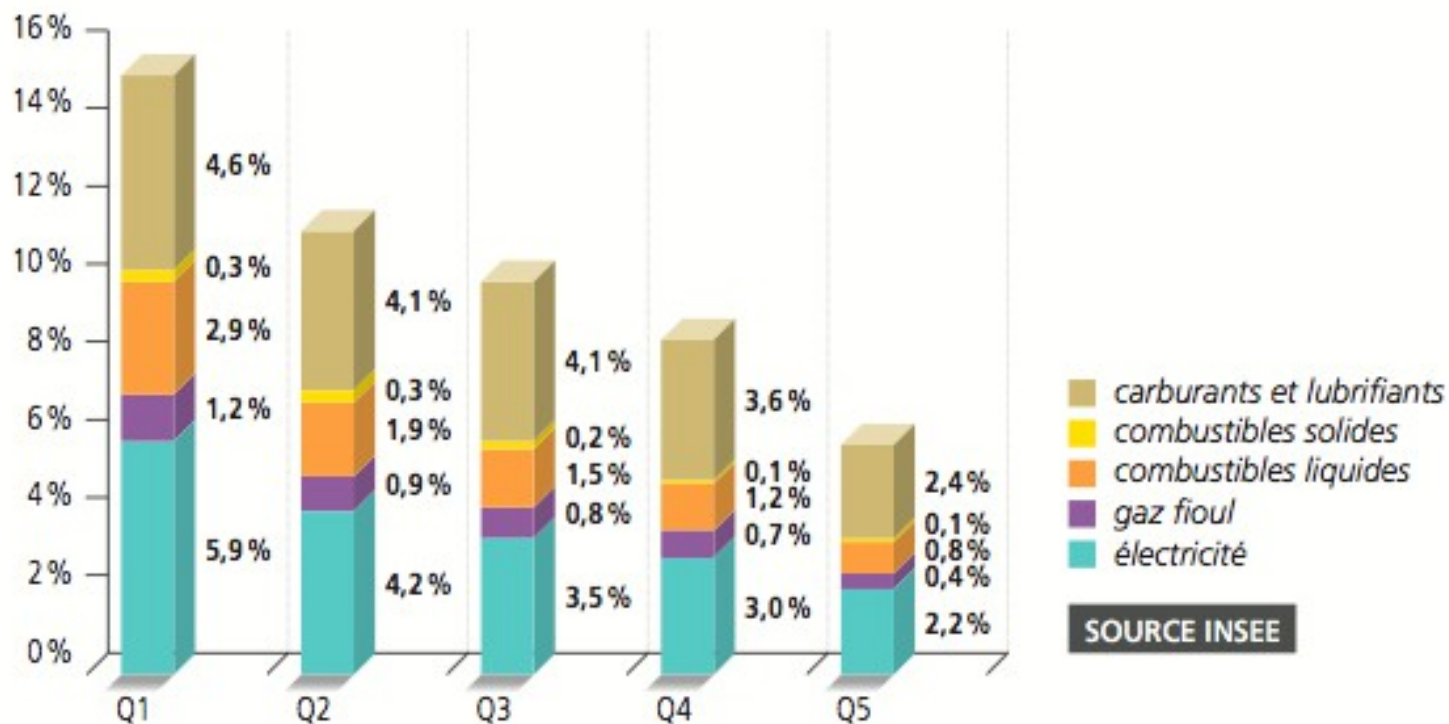
Source : Compte du logement 2009, prévision pour 2010

Une contrainte de plus en plus forte sur les ménages sous la médiane des revenus

Les ménages précaires sont sensibles à une hausse du prix de l'énergie

En 2006, les ménages les plus pauvres consacrent 15% de leur revenu aux dépenses énergétiques contre seulement 6 % pour les 20% plus riches

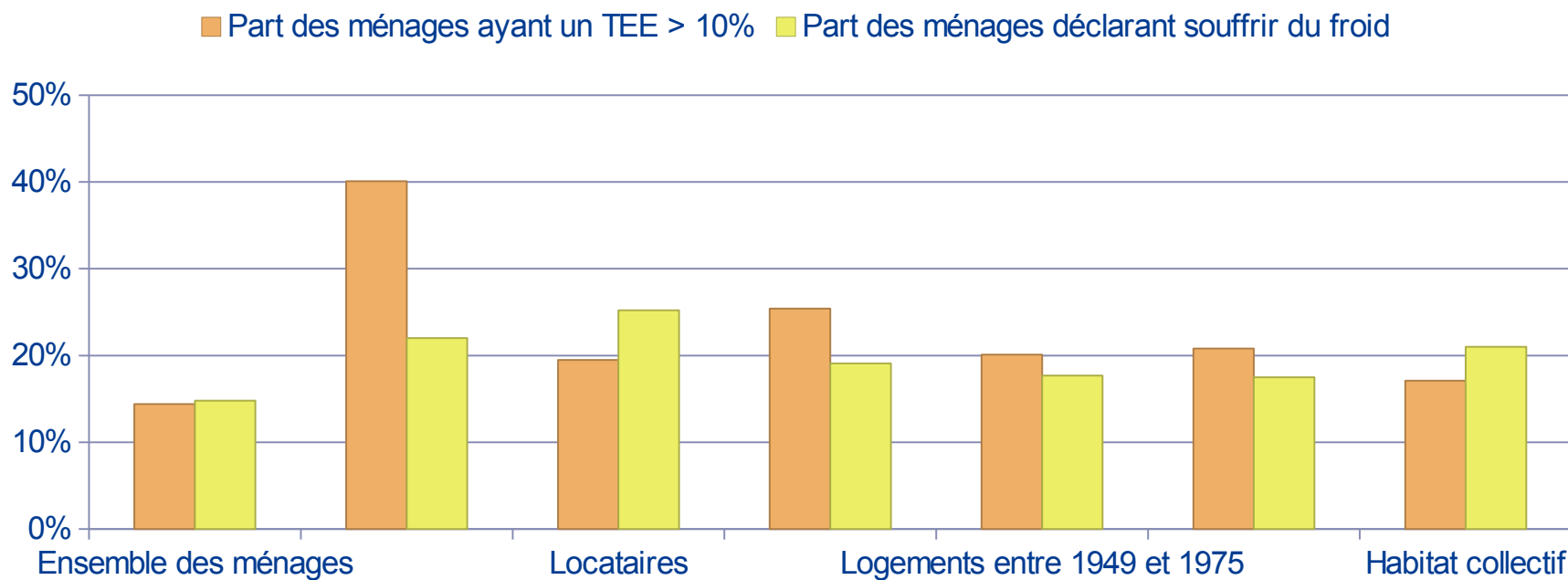
Dépenses énergétiques des ménages par type d'énergie selon leur quintile* en pourcentage du revenu net d'IR en 2006



Note: * Les quintiles représentent chacun 1/5e de la population. Source: Ademe, Chiffres clefs du bâtiment 2011

Bref aperçu des ménages en situation de précarité

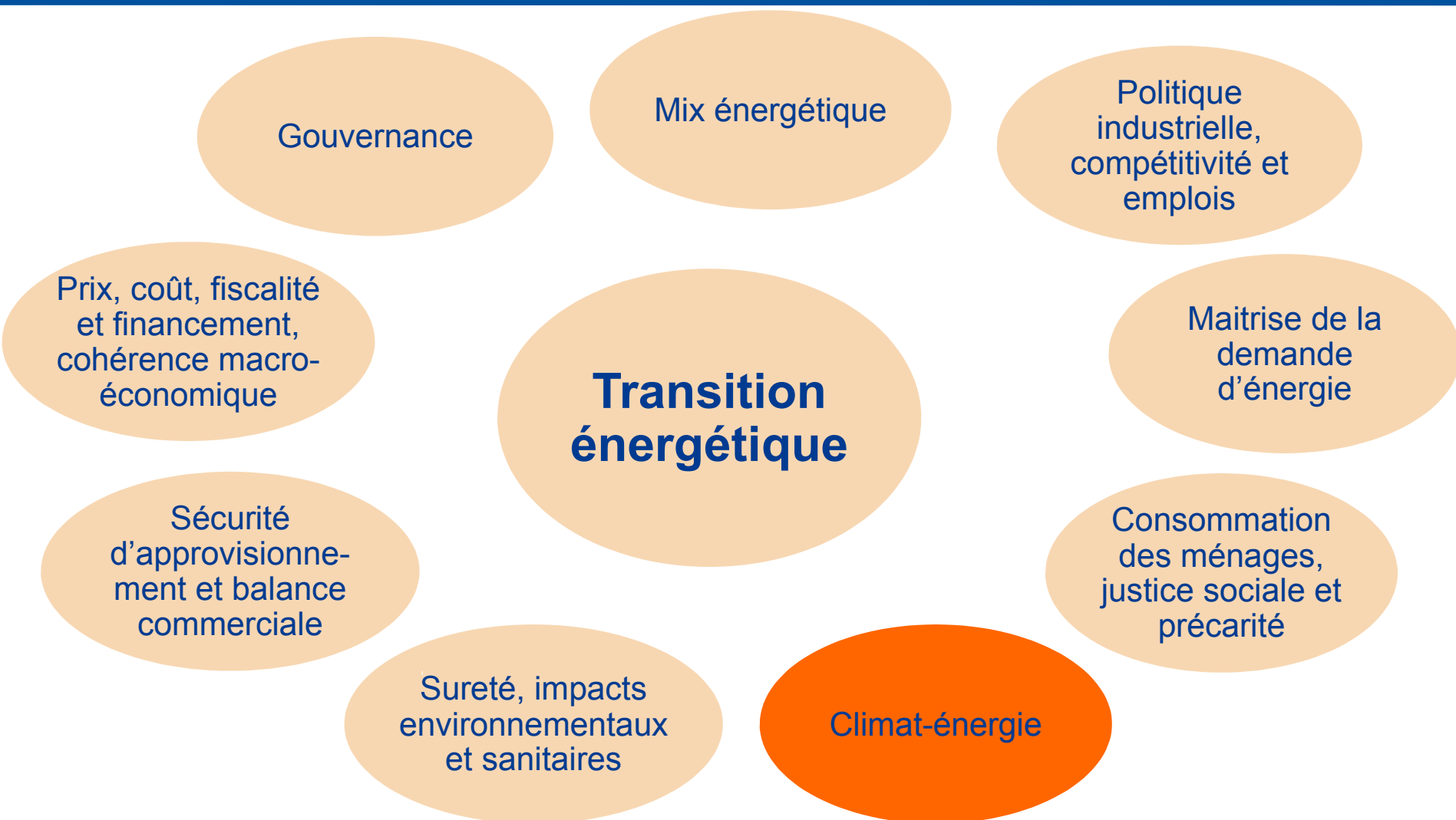
3,8 millions de ménages précaires en France en 2006 *



* Selon définition de l'Insee, 2011 : Taux d'effort énergétique (TEE) > 10%
(= Part de l'énergie (chauffage, éclairage, appareils électroménagers) dans le revenu brut des ménages)

Source : INSEE, Enquête Nationale Logement 2006

La transition énergétique : une problématique à enjeux multiples



Climat-énergie

Messages clefs

Faits

- La politique énergétique française s'inscrit dans les 3 piliers du Développement Durable, et en particulier dans la politique de lutte contre le changement climatique
- Les engagements de réduction des émissions que la France a pris sont des contraintes dans les trajectoires à construire à horizon 2050
- Les émissions de CO2 liées à la combustion des énergies fossiles représentent 70% des émissions françaises de GES*
- Les différentes énergies fossiles n'ont pas le même contenu en CO2
- Tous les secteurs d'activité sont concernés
- Le contenu en CO2 du kWh produit en France est faible en moyenne
- Le kWh consommé en pointe est plus carboné (moyens fossiles et importations)

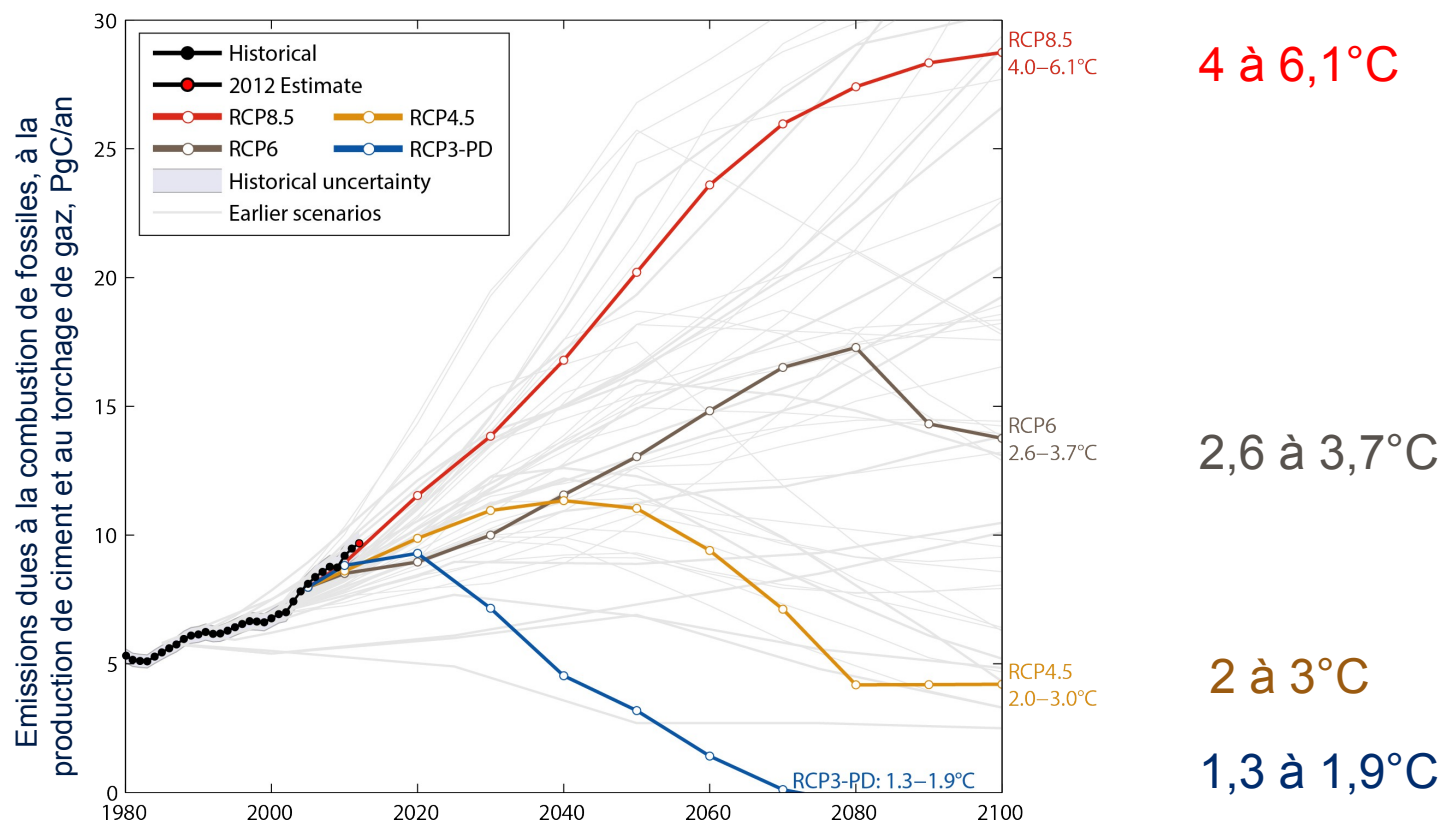
Questions ouvertes

- Les deux leviers clefs (équation de Kaya) sont la réduction de la consommation d'énergie (sobriété, efficacité) et la décarbonisation du mix énergétique.
- Le méthane est un enjeu : GES significatif, sa valorisation énergétique (élevage, déchets) contribue à la transition
- La gestion de la pointe électrique est un enjeu lié à la thermo-sensibilité de la consommation française d'électricité

Note: * GES = Gaz à Effet de Serre

La croissance prolongée des émissions de Gaz à Effet de Serre nous conduirait dans un monde franchement hostile

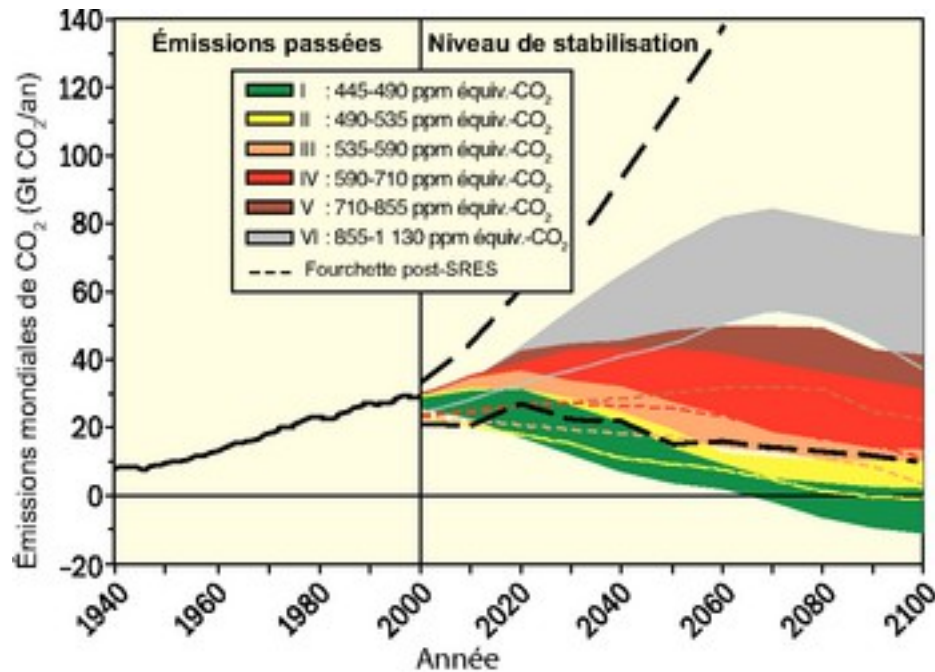
Augmentation « probable » de la température de 4 à 6,1°C
Des efforts prononcés et prolongés de réduction des émissions sont nécessaires pour limiter le réchauffement sous 2°C



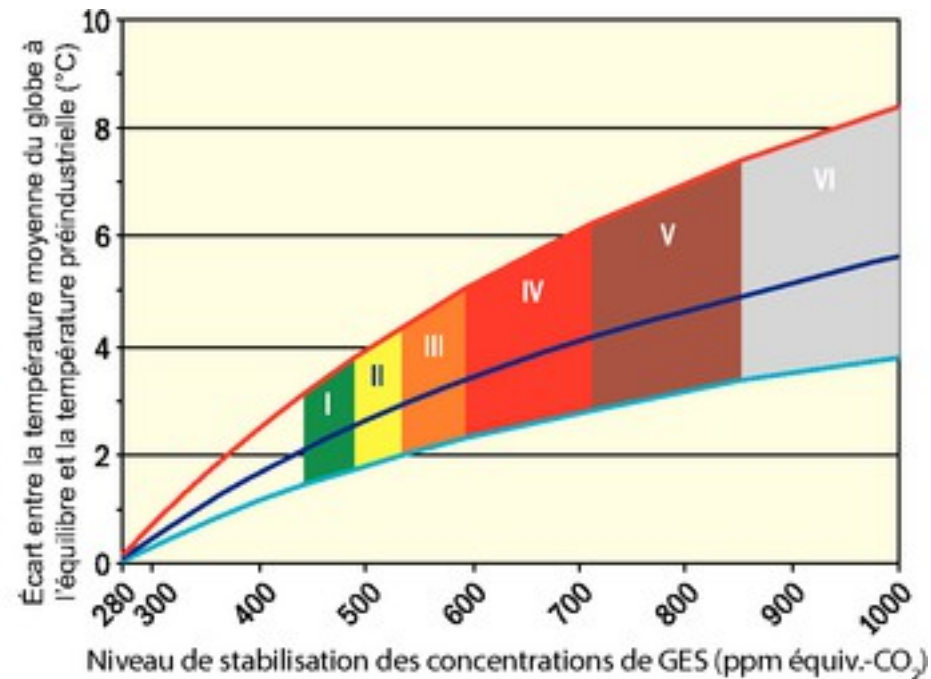
Note: Linear interpolation is used between individual datapoints. Source: Global Carbon Budget 2012

Les scénarios « au fil de l'eau » sont incompatibles avec les objectifs climatiques

Augmentation des émissions de CO₂ et de la température à l'équilibre selon divers niveaux de stabilisation



Émissions mondiales de CO₂ entre 1940 et 2000 et fourchettes d'émissions anticipées pour la période 2000-2100

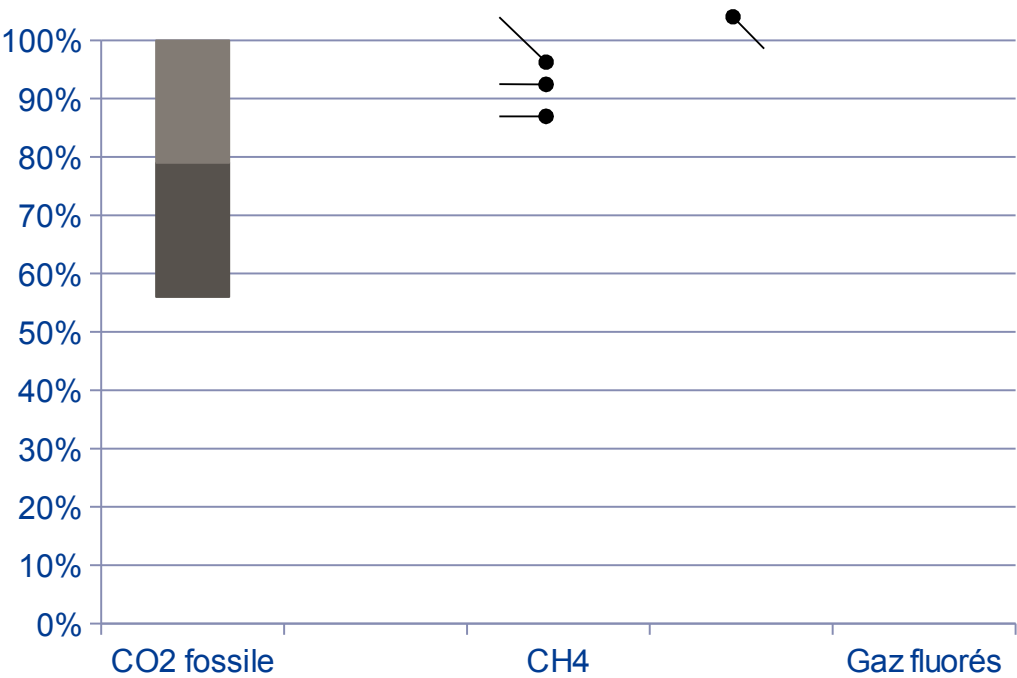


Rapport entre objectif de stabilisation et écart probable entre la température moyenne du globe à l'équilibre et la température préindustrielle

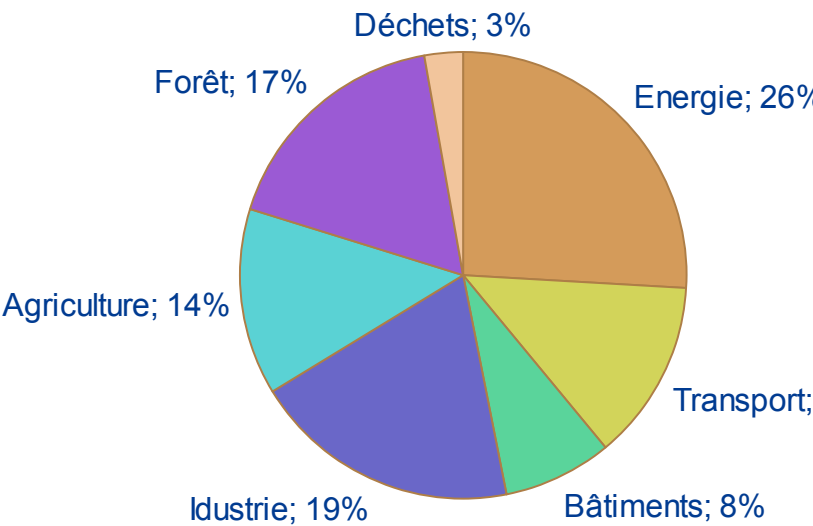
Emissions mondiales de gaz à effet de serre

50 milliards de tonnes CO2eq

Distribution par gaz à effet de serre (2004)



Distribution par source (2004)



Source : GIEC, 4ème rapport d'évaluation, 2007

Tonnes CO2 eq : une unité pour mesurer la contribution au réchauffement de tous les gaz

Le Pouvoir de Réchauffement Global (PRG) à 100 ans, permet de mesurer la contribution au réchauffement sur 100 ans d'un kg d'un gaz par rapport à un kg de CO2



	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆
Concentration atmosphérique 2005	379 ppm	1 774 ppb	319 ppb	60,6 ppt	76,9 ppt	5,6 ppt
Durée de séjour dans l'atmosphère	entre 2 ans et des milliers d'années	12 ans	114 ans	entre 1 et 260 ans	environ 10 000 ans	3 200 ans
Pouvoir de réchauffement global (cumulé sur 100 ans)	1	25	298	[124 ; 14 800]	[7 300 ; 12 200]	22 800
Origine des émissions anthropiques	combustion d'énergie fossile et déforestation tropicale	décharges, agriculture, élevage et procédés industriels	agriculture, procédés industriels, utilisation d'engrais	sprays, réfrigération, fonte d'aluminium		
Modification du forçage radiatif depuis 1750 par les émissions anthropiques (W/m²)	+ 1,66	+ 0,48	+ 0,16	+ 0,337		

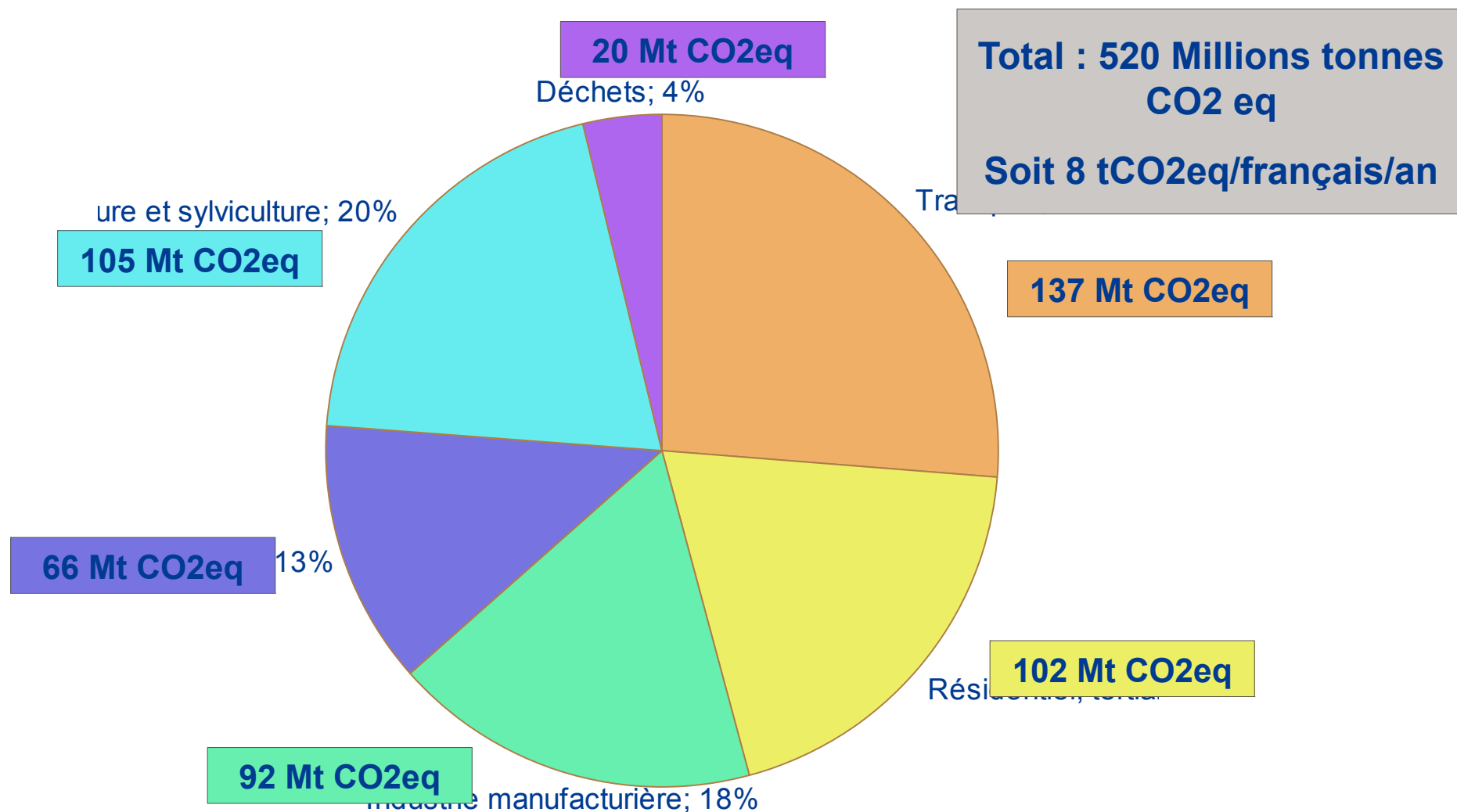
Exemple: 1 kg de CH₄ et 25 kg de CO₂ auront autant réchauffé l'atmosphère au cours du siècle qui suit leur émission

Notes : ozone et vapeur d'eau non inclus du fait de leurs cycles complexes.
ppm = partie par million, ppb = partie par milliard, ppt = partie par trillion.

Source : GIEC, 1^{er} groupe de travail, 2007.

Emissions françaises 2010

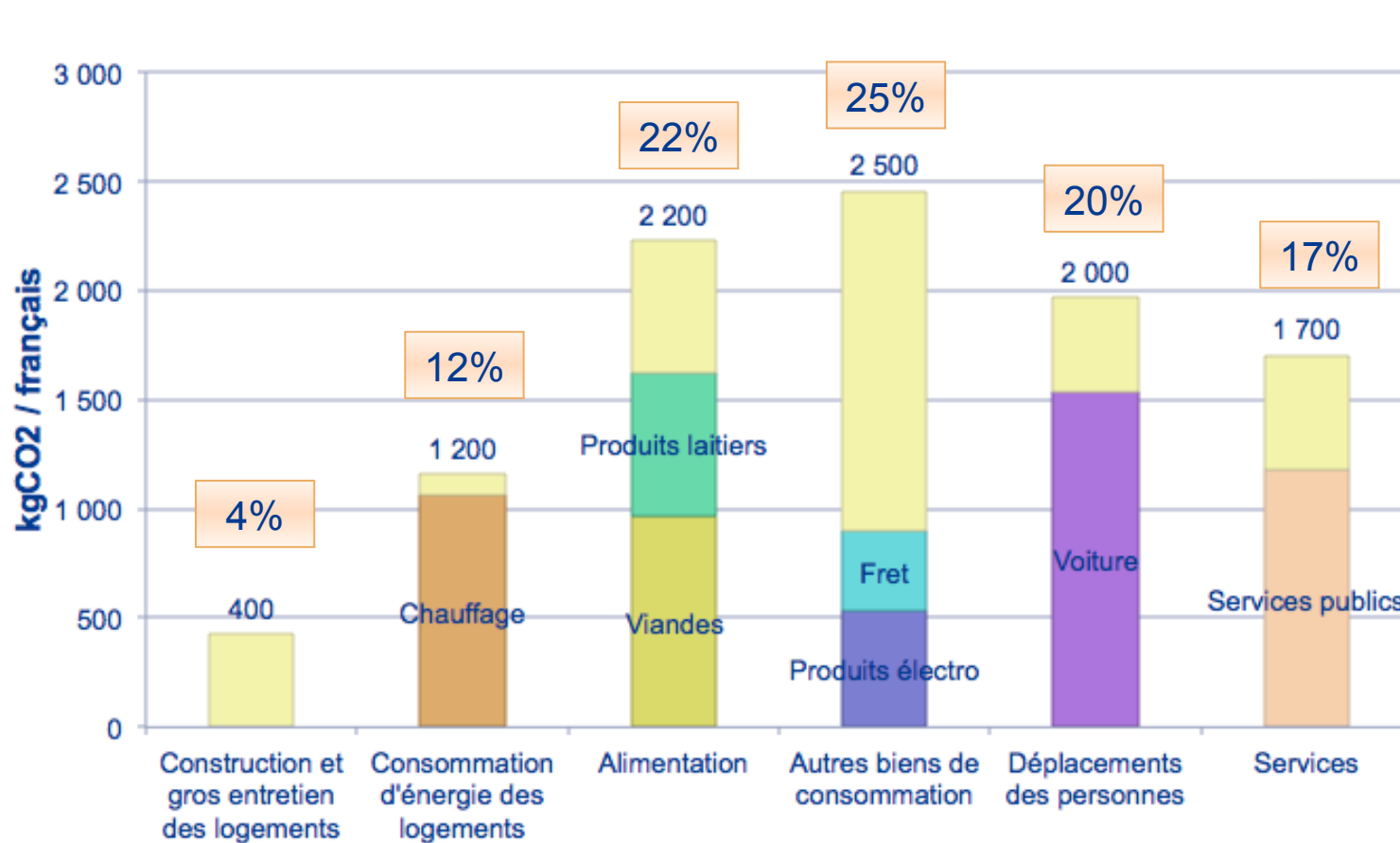
520 millions tonnes CO₂eq



Note: Emissions directes de la France, hors UTCE (Utilisation des terres, leur changement et la forêt). Source : CITEPA 2012

En 2011, les émissions dues à la consommation des français sont de 10 tCO₂eq/français

Emissions dues à la consommation des français: émissions nécessaires à la fabrication et au transport de tout ce que consomment les Français, indépendamment du lieu de production



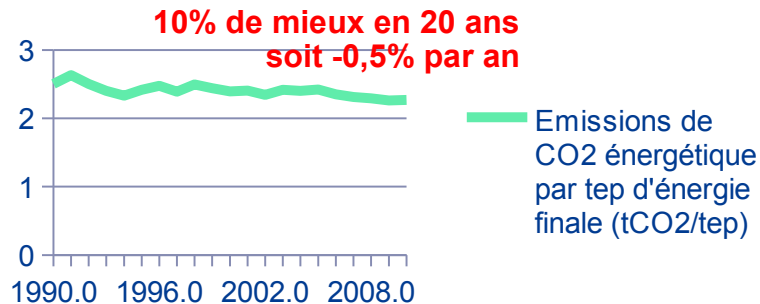
Les enjeux énergie-climat en résumé : résoudre dans un cadre international l'équation de KAYA

$$CO_2 = \frac{CO_2}{TEP} * \frac{TEP}{PIB} * \frac{PIB}{POP} * POP$$

= Consommation d'énergie

**Diviser par 4 en 2050
p/r à 1990**

**« efficacité carbone de l'énergie »
/ 4 d'ici 2050 ? (- 3% / an)**

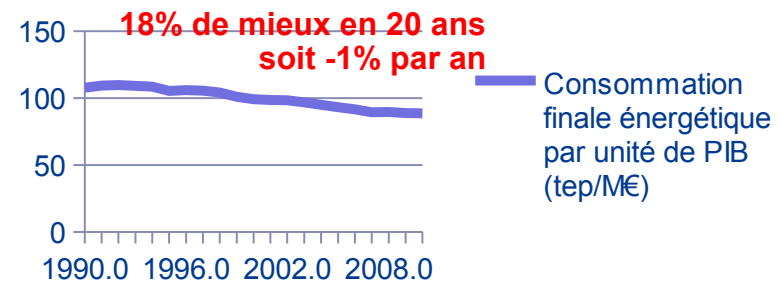


**X 1,28 en 2050
p/r à 1990**

X 3 en 2050?

(réel de 1990 à 2011, 2%
de croissance par an de 2012 à 2050)

**« efficacité énergétique du PIB »
/ 4 d'ici 2050 ? (-3% / an de 2010 à 2050)**

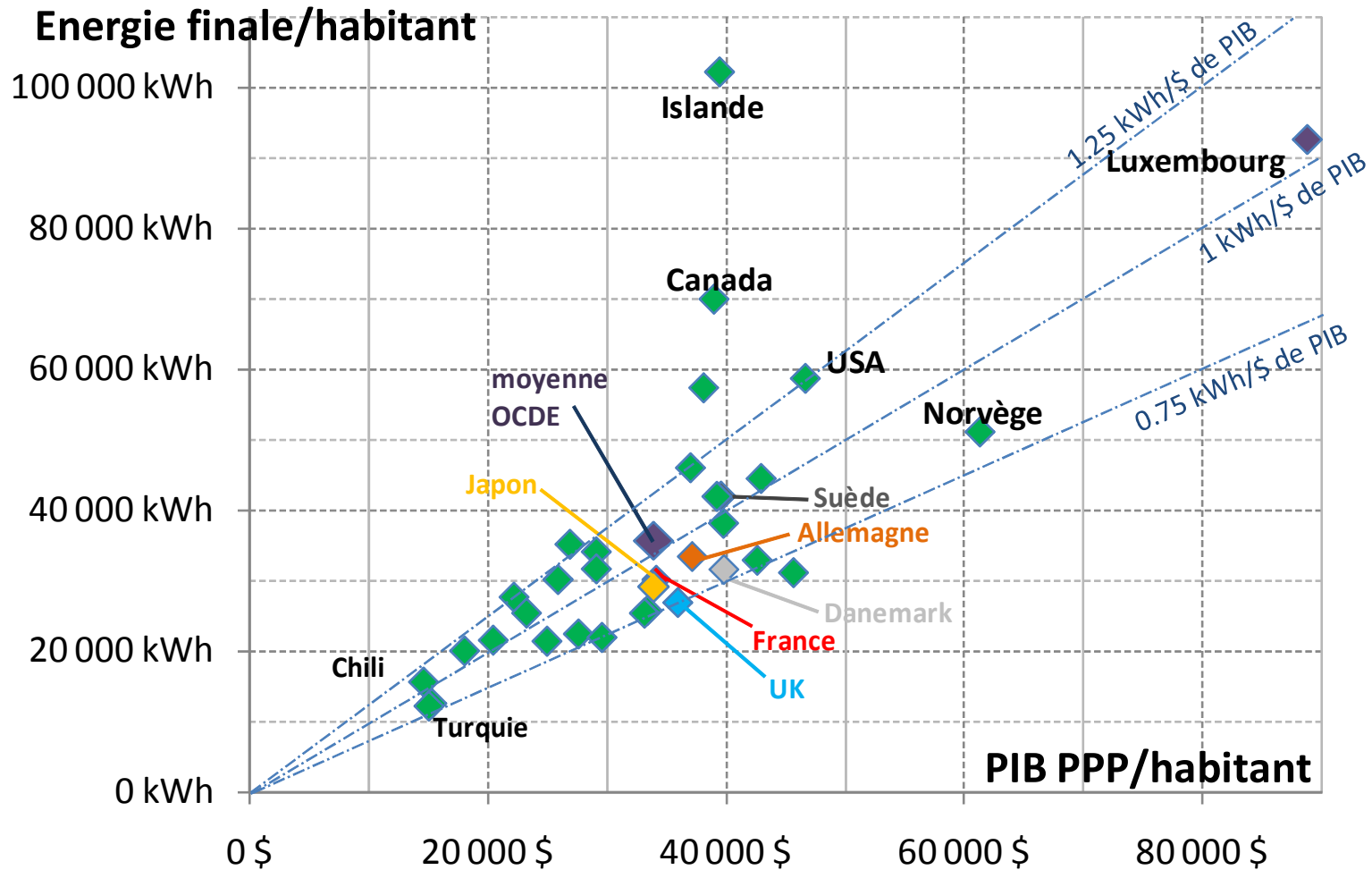


**Mais les trois termes dépendent
les uns des autres. Que se passerait-il
sans croissance?**

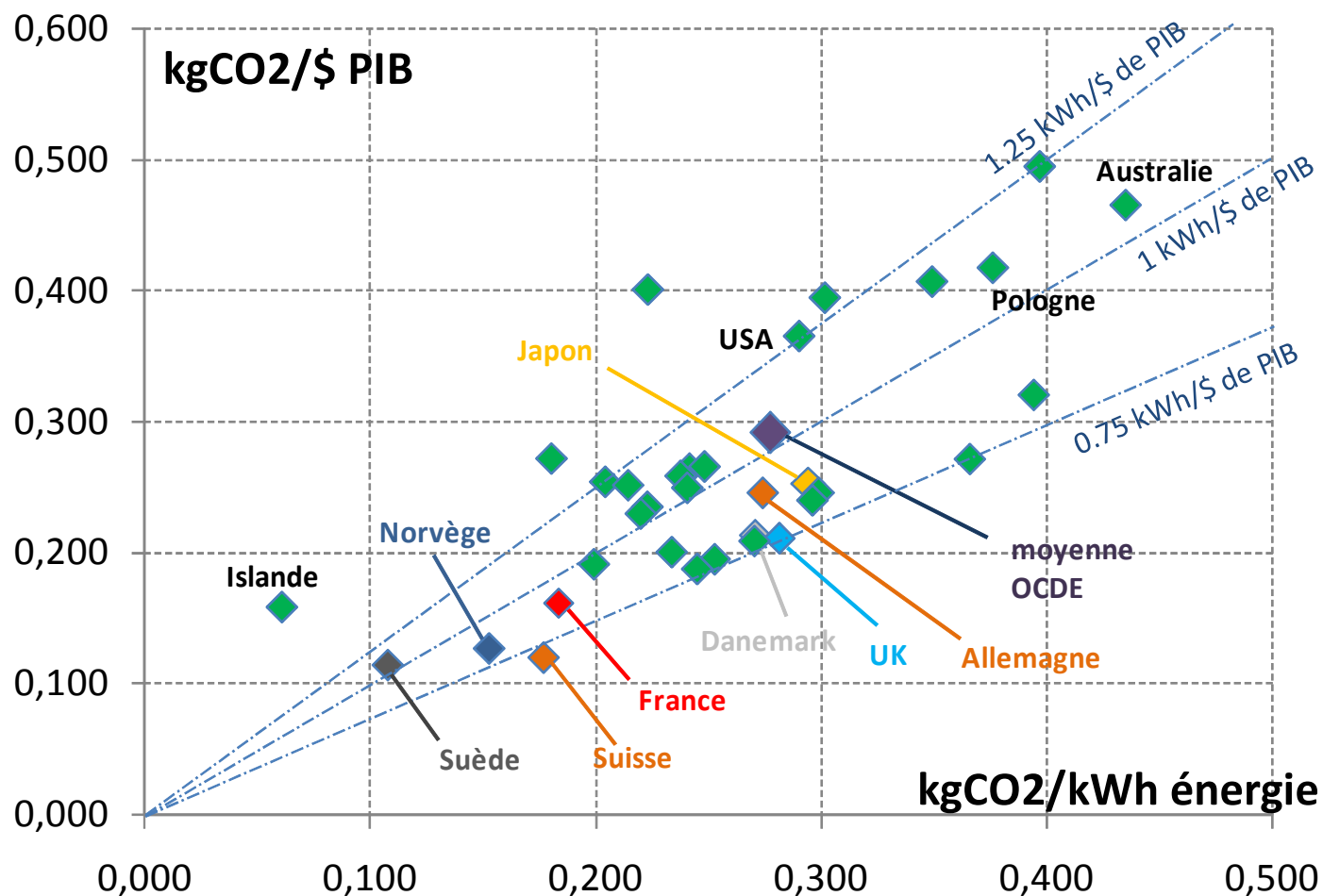
Note: L'équation de Kaya a été développé par Yoichi Kaya, un économiste de l'énergie japonais.

Source : Service de l'Observation et des Statistiques (Bilan de l'énergie 2010); INSEE; AIE, CO2 from fuel combustion 2012

L'intensité énergétique du PIB français est dans la moyenne, tous les pays ont un effort énorme à fournir



Emissions de CO₂ par unité de PIB dans différents pays

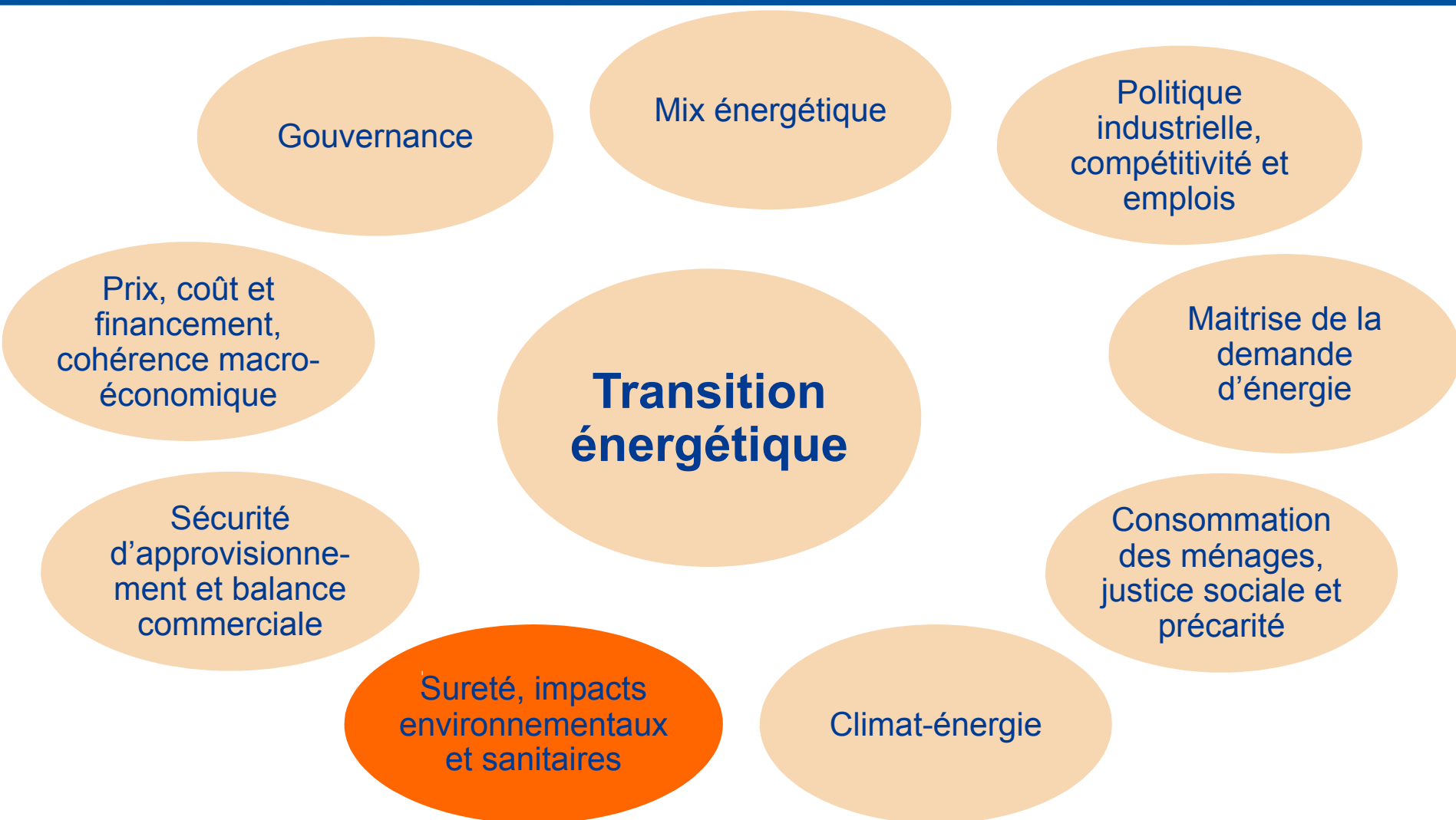


Note: Emissions de CO₂ énergétique uniquement (hors CO₂ ciment et autres GES), toutes énergies. Source : AIE 2008

Des objectifs français et européens très ambitieux

- **Facteur 4** : Diviser par 4 nos émissions de GES en 2050 par rapport à 1990
- **3 x 20 en 2020** de l'Union Européenne
 - Diminuer de 20 % les émissions de gaz à effet de serre p/r à 1990
 - En 2010: baisse des émissions de 6,6% p/r à 1990
 - Atteindre 23 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale
 - Part atteinte en 2011: 13,1%
 - Accroître l'efficacité énergétique de 20% à 2020 p/r à 1990
 - En 2010: 4,6% par rapport au scénario tendanciel Pré-Grenelle
- **Négociations internationales en cours** pour un nouvel accord s'appliquant à partir de 2020
- **Réduction** de la part du nucléaire à 50 % dans la production électrique en 2025

La transition énergétique : une problématique à enjeux multiples



Sûreté, impacts environnementaux et sanitaires (1) - Messages clefs

Faits

- Toutes les énergies dès qu'elles pèsent significativement ont des impacts environnementaux et sanitaires dans leur cycle de vie (de la production à la consommation en passant par le transport et le stockage et la gestion des déchets)
- Ces impacts sont à envisager dans le mode normal et/ou en cas de dysfonctionnement voire d'accident ou de catastrophe
- Les évaluations monétaires de ces impacts permettent de faire des bilans coûts-avantages ou bénéfices-risques

Questions ouvertes

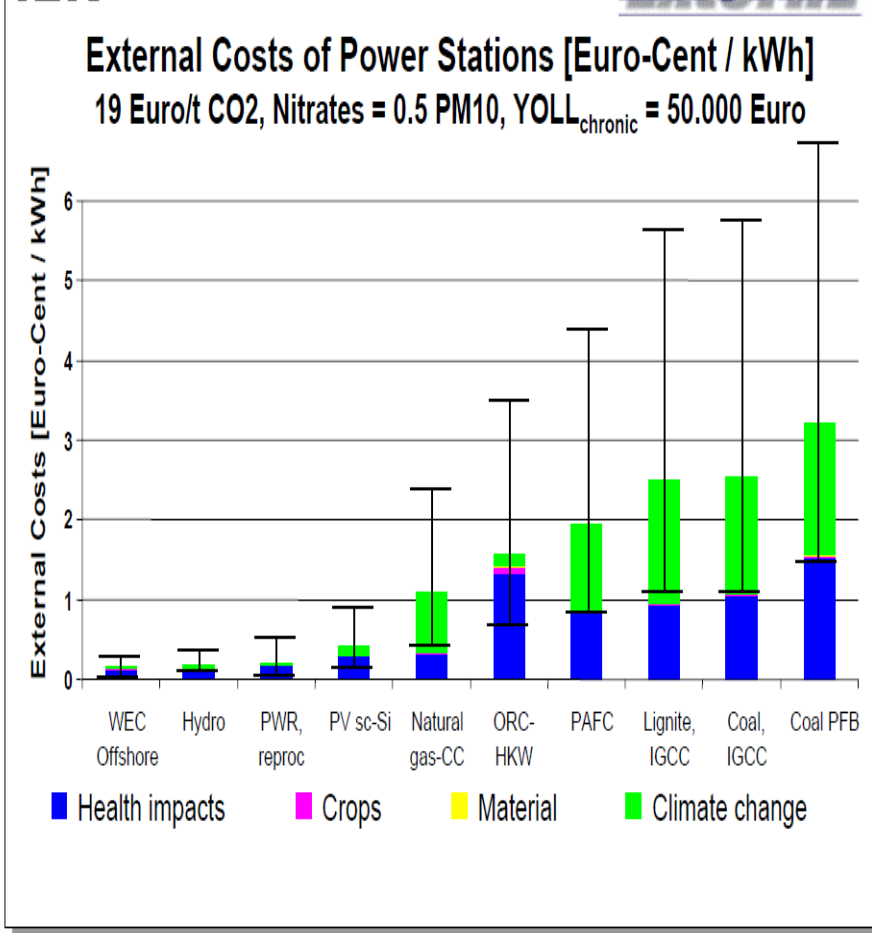
- Mais ces évaluations font l'objet de débats tant sur leur légitimité que sur les modes de calcul; en particulier pour la gestion des déchets le taux d'actualisation est déterminant dans le calcul du coût
 - Il devra être présenté dans un premier temps une cartographie qualitative et quantitative (mais pas monétarisée) de ces impacts
-

Sûreté, impacts environnementaux et sanitaires (2) - Messages clefs

- Les impacts en termes d'occupation des sols et de conflits d'usages peuvent être déterminants en termes d'acceptation sociale surtout si les populations impactées ne trouvent aucun bénéfice aux installations qui leur nuisent
 - Les risques d'accident ou de catastrophe nucléaire et leurs conséquences sanitaires sont l'une des questions clefs du débat sur le nucléaire
 - D'autres aspects structurants concernent la pollution de l'air, des sols et de l'eau. L'exposition à la pollution atmosphérique est l'une des préoccupations majeures des citoyens et fait l'objet de politiques de gestions ambitieuses (France en contentieux avec l'Europe sur les particules)
 - La recherche de co-bénéfices (et l'identification des antagonismes) entre politiques de gestion du climat et de la qualité de l'air est une priorité. Les choix énergétiques impactent le bilan win/win ou win/lost de ces stratégies combinées
-

Une approche des coûts environnementaux

IER **ExternE**



- Les coûts externes environnementaux de la production d'électricité ont été évalués dans les différentes études **ExternE** (aujourd'hui **NEEDS**)
- Ce sont surtout les coûts de la pollution atmosphérique locale pour la santé humaine (en YOLL = années de vie perdues) et les coûts du changement climatique (en €/tCO₂)
- Pour les options fossiles, ils représentent de l'ordre de la moitié des coûts économiques
- L'évaluation des coûts externes de la production d'électricité est un sujet controversé. Mais les efforts pour quantifier l'ensemble des impacts des différentes filières permettent de discuter hypothèses et résultats

Empreinte spatiale de l'énergie

L'empreinte au sol des énergies solaire, éolienne et biomasse est élevée. L'acceptabilité locale des projets est une condition du développement de ces énergies

Biomasse énergie :
0,5 W/m²



Solaire photovoltaïque :
5 W/m²



Eolien : 2,5 W/m²



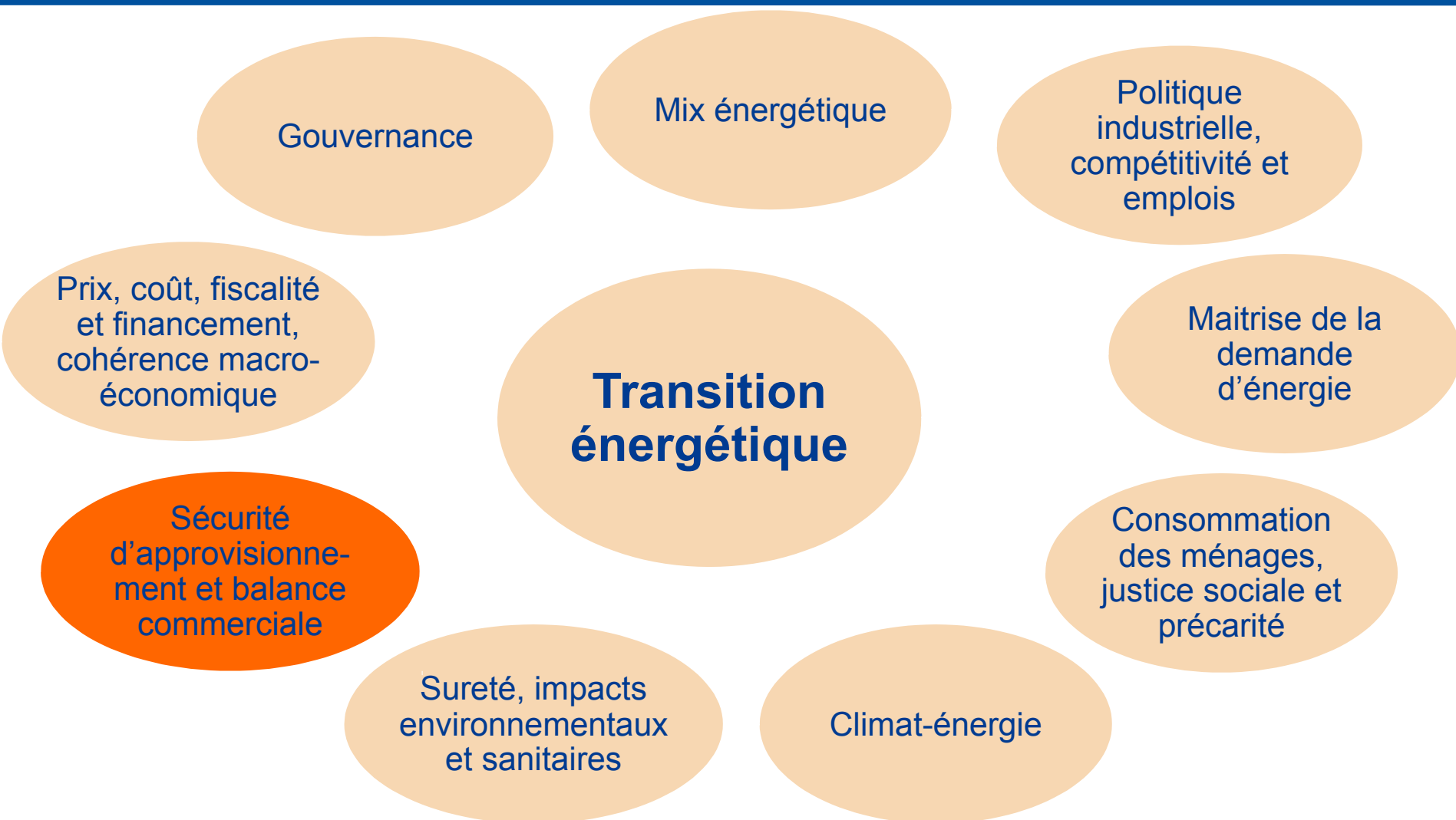
Solaire à concentration :
20 W/m²



Centrale thermique
(charbon, gaz, fioul): 1000
W/m²



La transition énergétique : une problématique à enjeux multiples



Sécurité d'approvisionnement et balance commerciale - Messages clefs

Faits

- La France comme l'ensemble de l'Union Européenne importe l'immense majorité de son énergie (64 Mds€ en 2011 pour un déficit commercial de 87 Mds€)

Questions ouvertes

- Les contraintes dans les décennies prochaines sur l'approvisionnement mondial de pétrole font l'objet de débat
- Dans l'hypothèse où il resterait tendu, l'impact sur l'économie serait significatif et plus élevé que ne semble montrer le seul ratio Energie/PIB
- L'approvisionnement en gaz pourrait devenir plus abondant. La possibilité de substitution du pétrole par le gaz dans le transport terrestre se poserait. Les questions clefs posées alors seraient : le coût relatif gaz/pétrole, les infrastructures (stations-services, offres de voitures, réseau de commercialisation et de réparation...)
- Cela ne peut en rien venir suspendre les investissements dans la domaine de la maîtrise de l'énergie (cf équation de KAYA)

La France dans le Monde

0,01 % des réserves fossiles mondiales (au 01/01/2012)

- 11,62 Mt de pétrole brut
- 0,164 Mt de produits pétroliers extraits du gaz naturel
- 7,92 milliards de m3 de gaz naturel commercialisable
- Un fort potentiel en énergie renouvelable

Production nationale d'énergie primaire (2011) : **139 Mtep**

- 1,1 % de la production primaire mondiale (en 2010, selon l'AIE)
- 16,2 % de la production primaire de l'UE (en 2010, selon l'AIE)

Consommation nationale d'énergie primaire : **260 Mtep**

(2011, en données non corrigées des variations climatiques)

- 2,1 % de la consommation primaire mondiale (en 2010, selon l'AIE)
- 15,3 % de la consommation primaire de l'UE (en 2010, selon l'AIE)

Émissions de CO2 dues à l'énergie (en 2010, selon AIE/OCDE) : **358 MtCO2**

- 1,2 % des émissions mondiales
- 9,8 % des émissions de l'UE

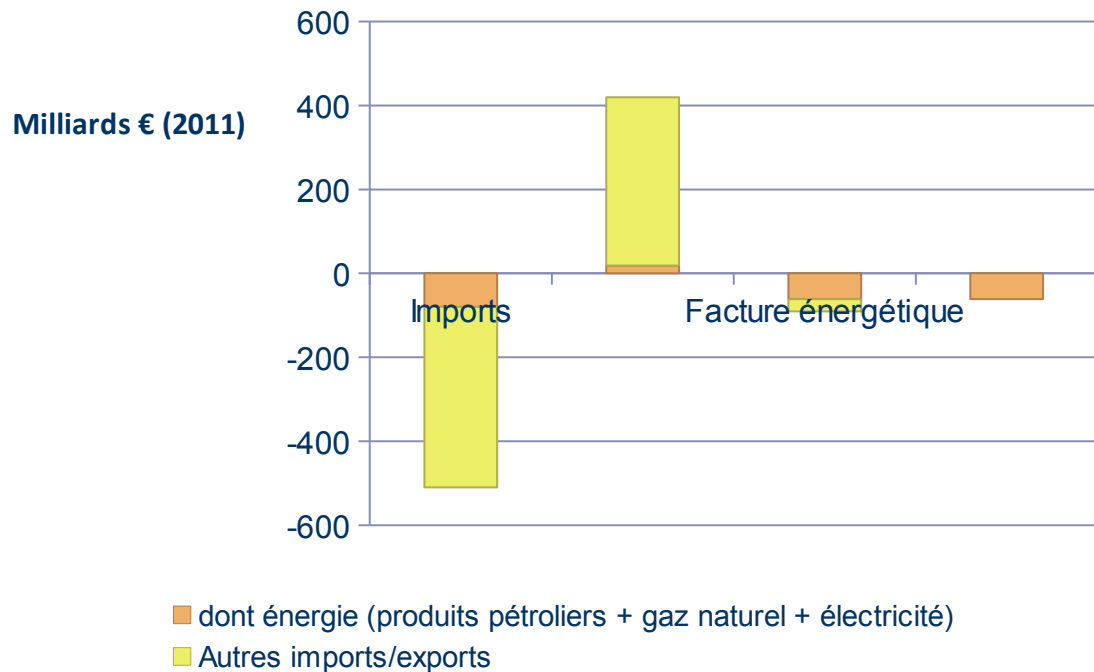
Note: hors DOM

Source : Chiffres clés de l'énergie 2012 ; Calcul SOeS, d'après les données disponibles par énergie, DGEC (réserves fossiles) et AIE

Les achats d'énergie fossile pèsent sur la balance commerciale

La facture énergétique française représente 3,2% du PIB et 68% du déficit de la balance commerciale

Balance commerciale française et poids des énergies, 2011

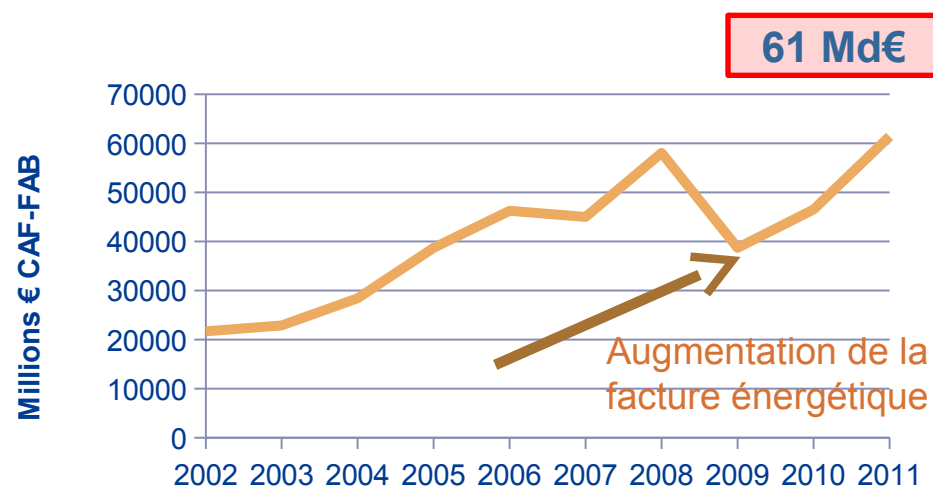


- **12%** des imports français en valeur sont des achats de produits pétroliers et de gaz naturel
- La facture énergétique française (imports-exports) représente **3,2%** du PIB en 2010, soit 61 Md€
- **82%** de la facture énergétique française est due aux produits pétroliers (50 Md€)
- La facture énergétique française représente **68%** du déficit de la balance commerciale

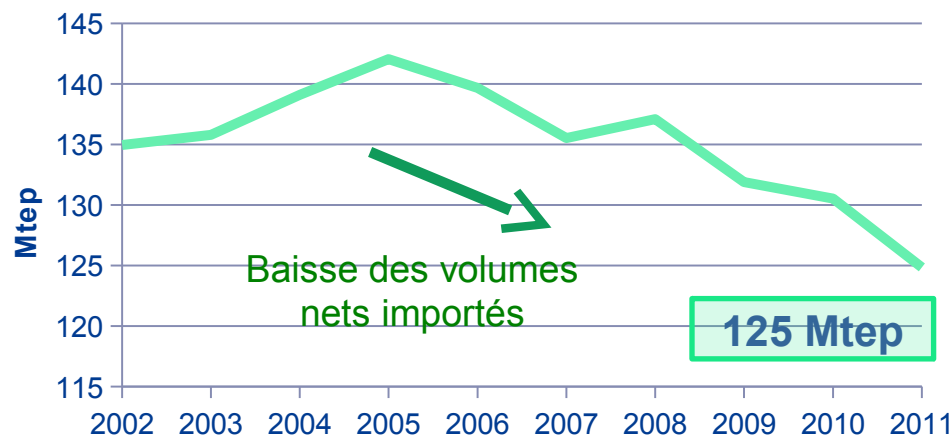
Et un déficit de la balance commerciale dû à la facture énergétique qui augmente

De 2002 à 2011, la facture énergétique de la France a augmenté malgré une baisse des volumes importés.

Evolution de la facture énergétique (M€) et des quantités nettes d'énergie importées



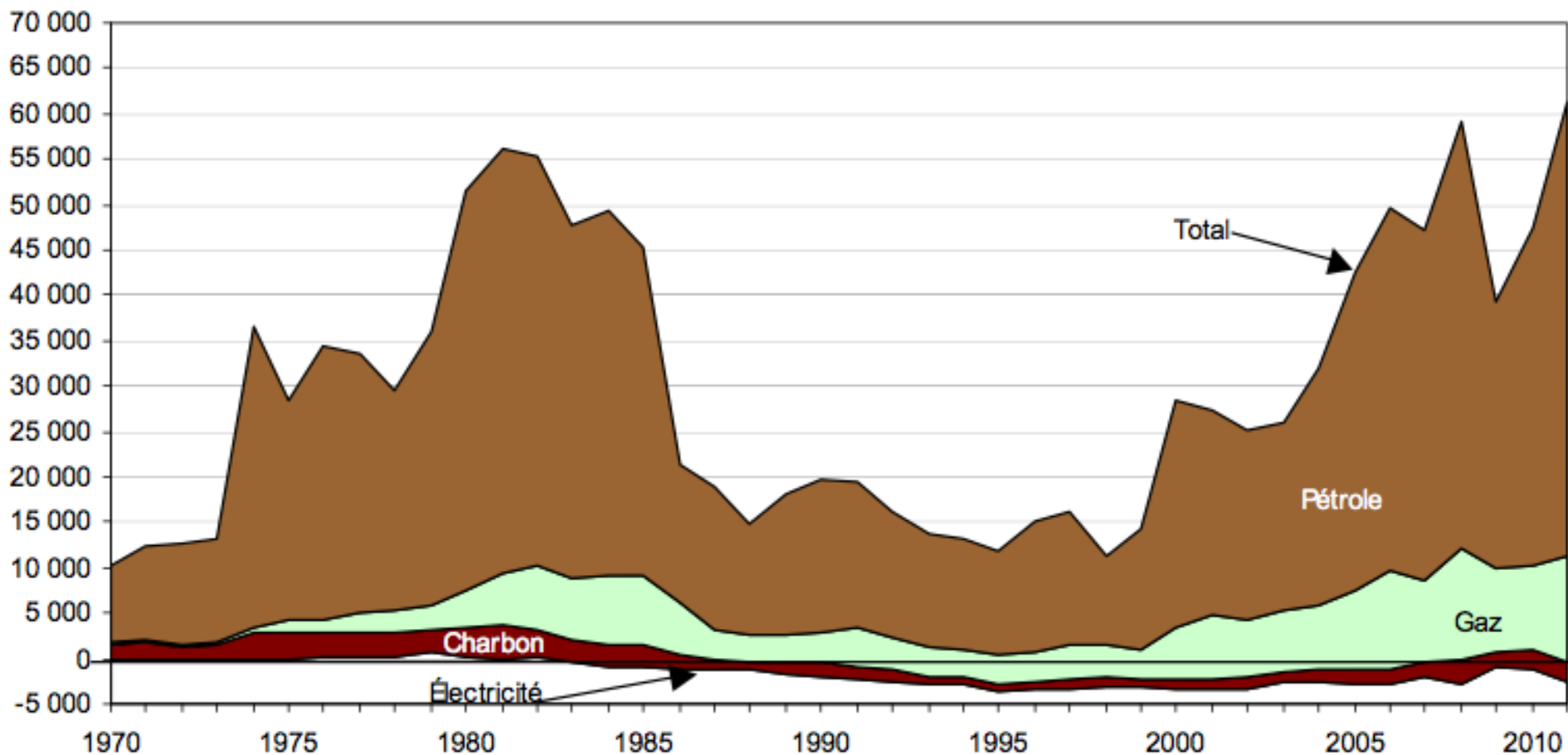
— Facture énergétique totale (en millions d'euros CAF-FAB)



— Importations (+) - Exportations (-) d'énergie en Mtep

La facture énergétique par type d'énergie: le pétrole domine

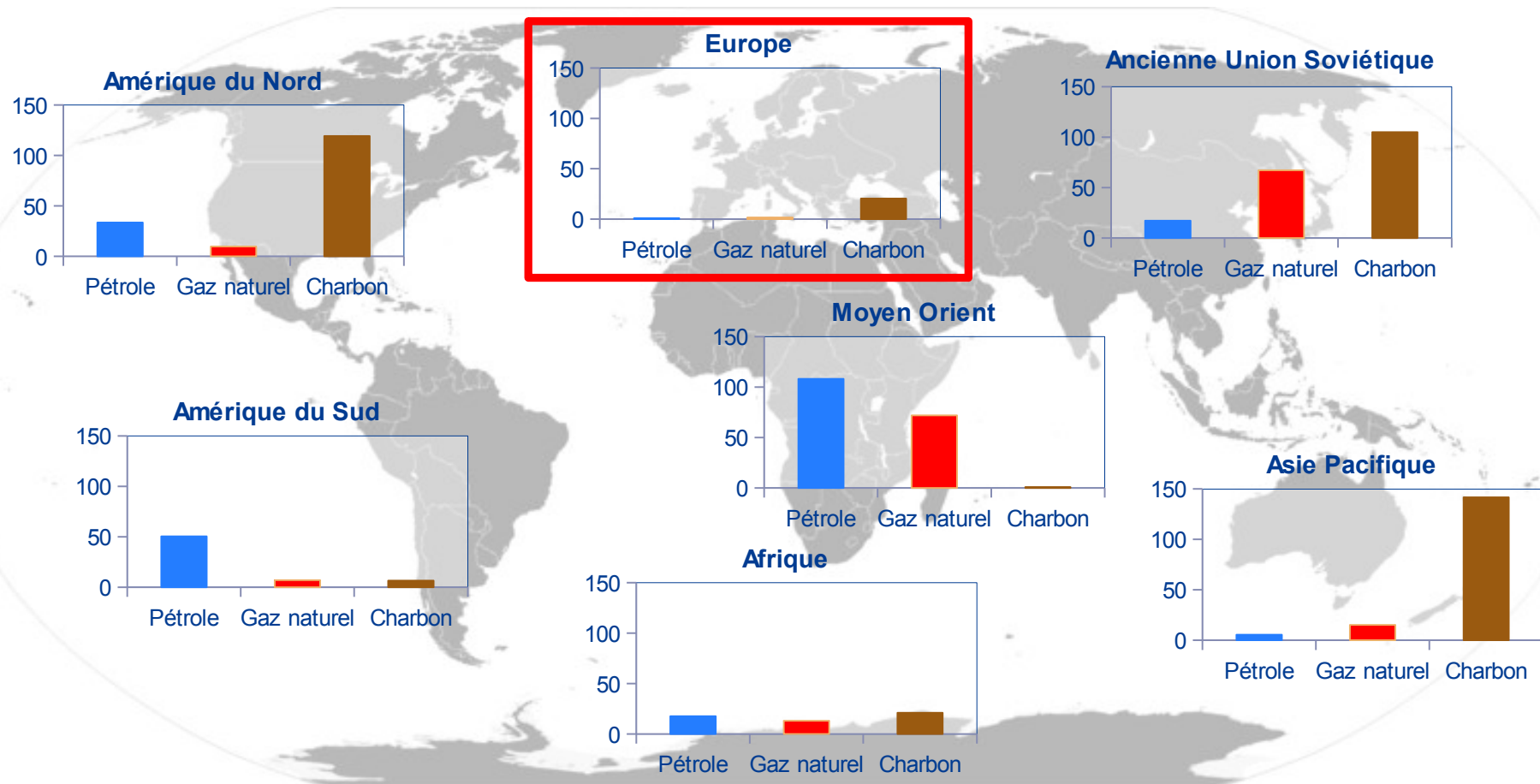
Facture énergétique déclinée par type d'énergie en millions d'euros 2011



Source : SOeS, Bilan énergétique de la France pour 2011, Juillet 2012

En Europe: ni pétrole ni gaz conventionnels, juste un peu de charbon

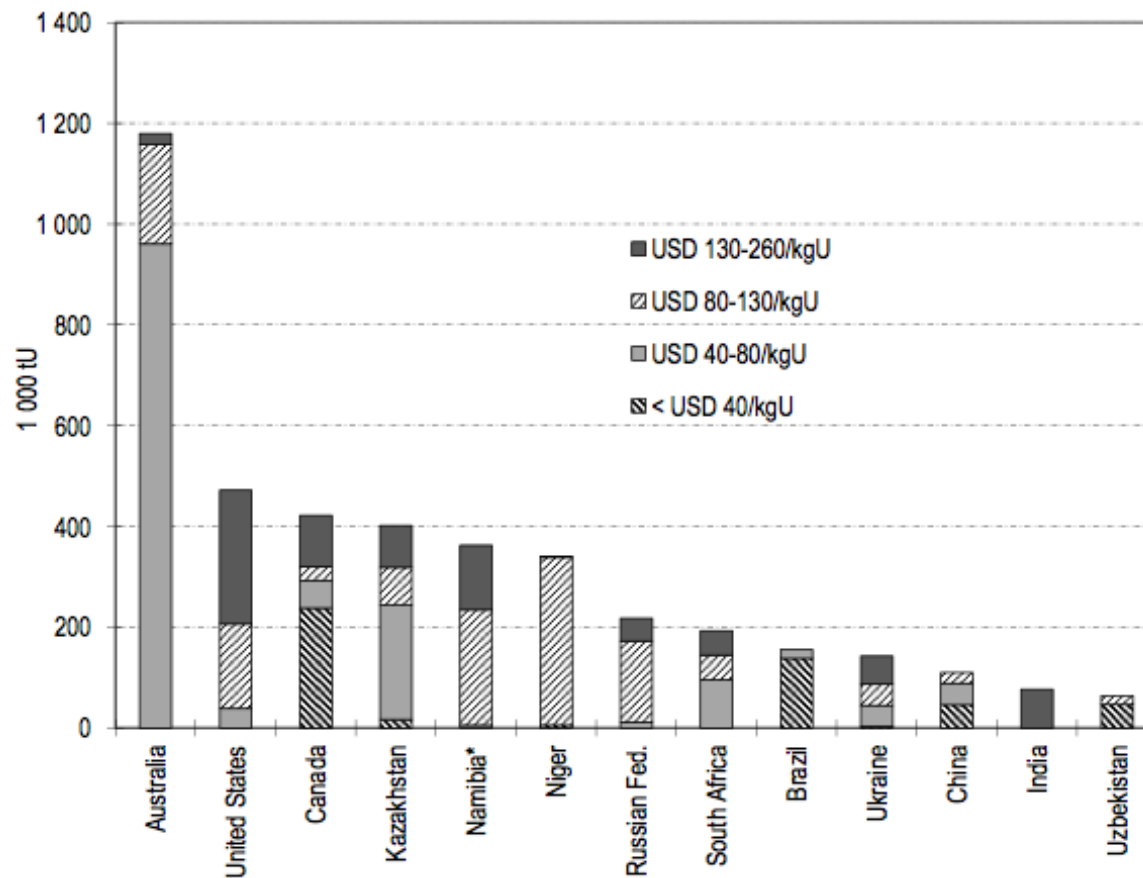
Réserves mondiales en énergies fossiles (Gtep): Réserves prouvées, conventionnelles



Note: Hypothèse 1 tep = 3 tonnes de lignite et 1,5 tonnes de houille / anthracite. Source: d'après BP Statistical Review of World Energy 2012

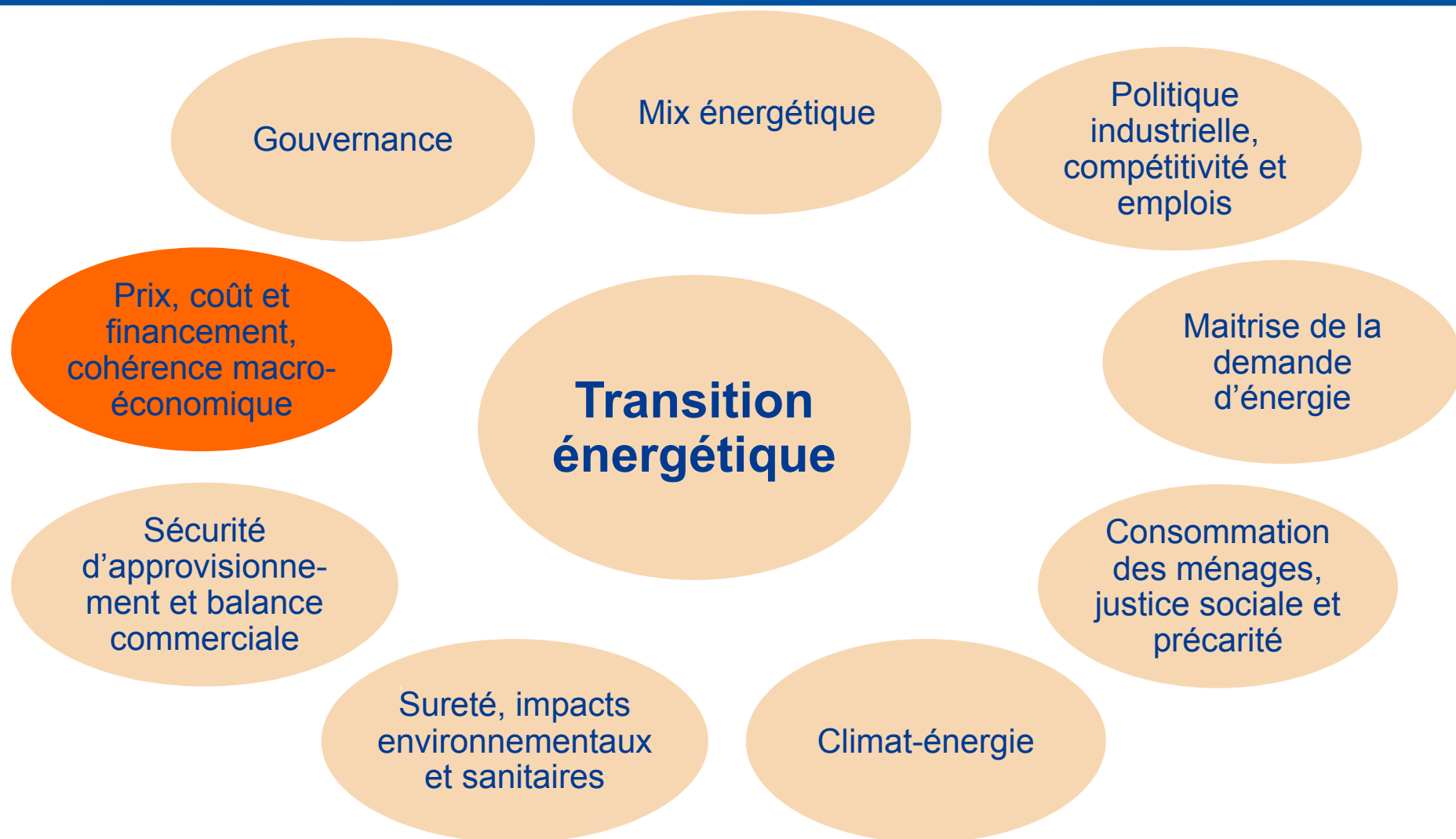
Ressources d'uranium

Uranium: Distribution of reasonably assured resources (RAR) among countries with a significant share of resources



Note: * Secretariat estimate. Source: OCDE, NEA, IAEA, Uranium 2011: Resources, Production and Demand, 2012

La transition énergétique : une problématique à enjeux multiples



Prix, coût et financement, cohérence macro-économique (1) - Messages clefs

Faits

- Les coûts des énergies carbonées sous forme liquide (pétrole conventionnel ou non) sont croissants
- Le coût du nucléaire va croître (passage à l'EPR, investissements de sûreté)
- Le coût des énergies renouvelables est globalement décroissant; la tendance est à la poursuite de cette baisse
- La part du coût du capital est plus forte dans les énergies décarbonées, cela rend aujourd'hui plus difficile leur financement mais assure une stabilité du coût de l'énergie produite
- La mise en place d'une fiscalité écologique avec un volet carbone est étudiée par la commission fiscalité écologique en France

Questions ouvertes

- Les coûts des autres énergies carbonées (gaz et charbon) font débat. La croissance mondiale de la demande, va entraîner la mobilisation de ressources plus chères
- Au total les coûts (hors réseau pour l'électricité et hors carbone) des différents moyens de production de l'électricité pourraient converger à moyen terme; c'est un objet de débats
- Le coût du carbone au niveau européen est sans doute à un point bas; les projections de ce coût, dépendant de décisions politiques européennes, font débat

Prix, coût et financement, cohérence macro-économique (2) - Messages clefs

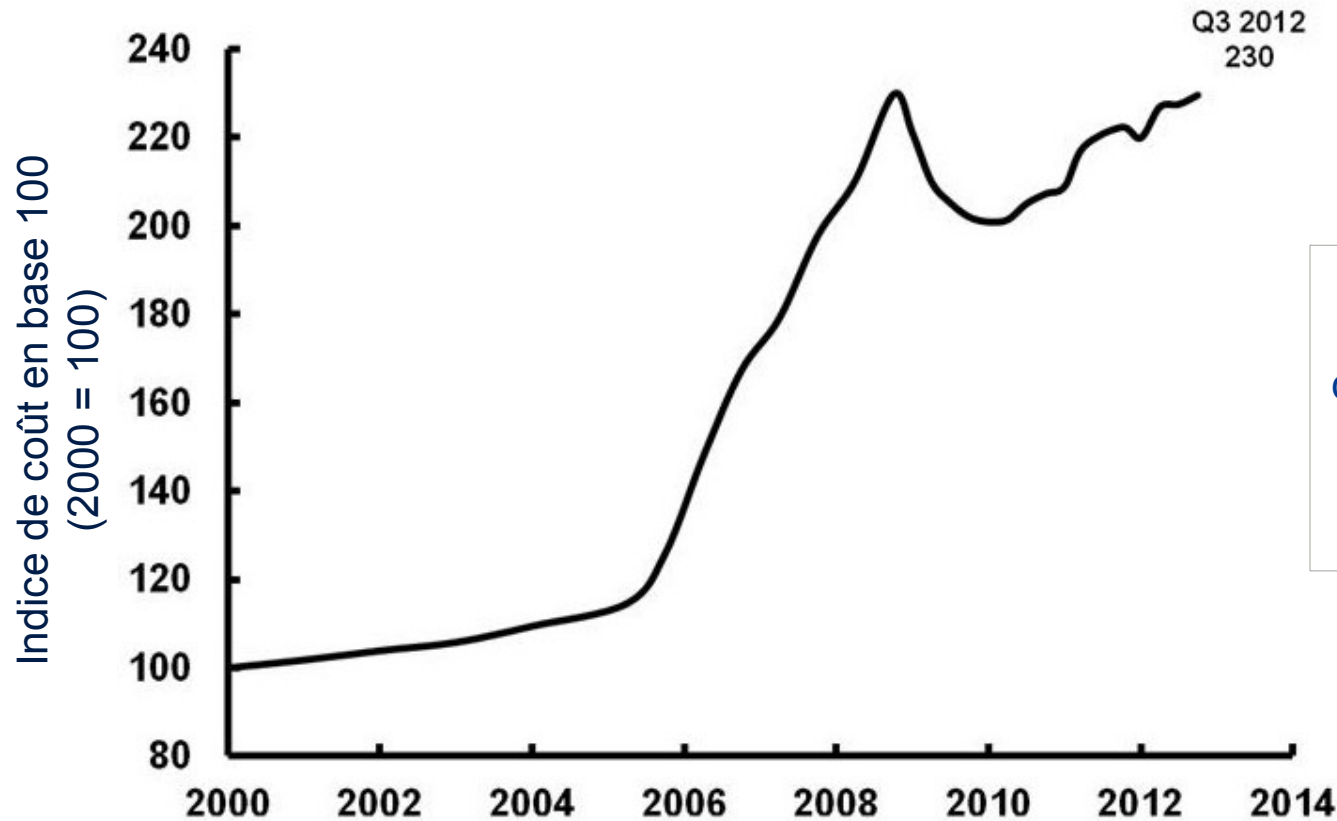
- La volatilité du prix du pétrole et du gaz est croissante
- Le prix de marché du gaz connaît une baisse significative aux Etats-Unis, favorable au secteur de la chimie notamment
- Le prix du charbon livré en Europe connaît de ce fait une baisse (Ile gaz se substitue en partie au charbon aux Etats-Unis qui de ce fait est disponible pour les marchés européens)
- dont l'impact en Europe est discuté
- Le tarif réglementé de l'électricité (environ 14 c€ le kWh) pour les ménages devrait connaître des augmentations significatives : la CRE demande à ce qu'il croisse de l'ordre de 5% par an inflation comprise
- Le financement par la CSPE (Contribution au Service Public de l'Electricité, qui représente 1,3 c€ du kWh) du développement des renouvelables fait débat
- La répartition de la hausse du prix de l'électricité entre ménages, entreprises dont électro-intensives est une décision significative en termes de pouvoir d'achat et de compétitivité
- Le coût de l'énergie dans la compétitivité des entreprises fait débat entre les experts; les entreprises sont attachées à un marché efficace de l'énergie aux meilleures conditions de marché

Prix, coût et financement, cohérence macro-économique (3) - Messages clefs

- Les investissements à réaliser dans les deux prochaines décennies sont considérables tant du côté de l'offre (capacités de production, de transport et de distribution de l'énergie électrique ou non) que de la demande (investir pour réduire sa consommation) et ils peuvent varier significativement selon les scénarios
- Les besoins en capital seront élevés, et le coût du capital déterminant
- Les énergéticiens européens sont considérés comme trop endettés par les marchés financiers
- Les ménages, les entreprises et les acteurs publics sont majoritairement en situation financière difficile
- L'équation économique est donc délicate; sa résolution est néanmoins cruciale pour notre avenir énergétique
- La question du financement et de l'impact macroéconomique d'un plan d'investissement dans la transition énergétique est donc centrale

Les coûts de production de l'ensemble des filières de production d'hydrocarbures sont en hausse

Indice d'évolutions des coûts de production des secteurs pétrole et gaz



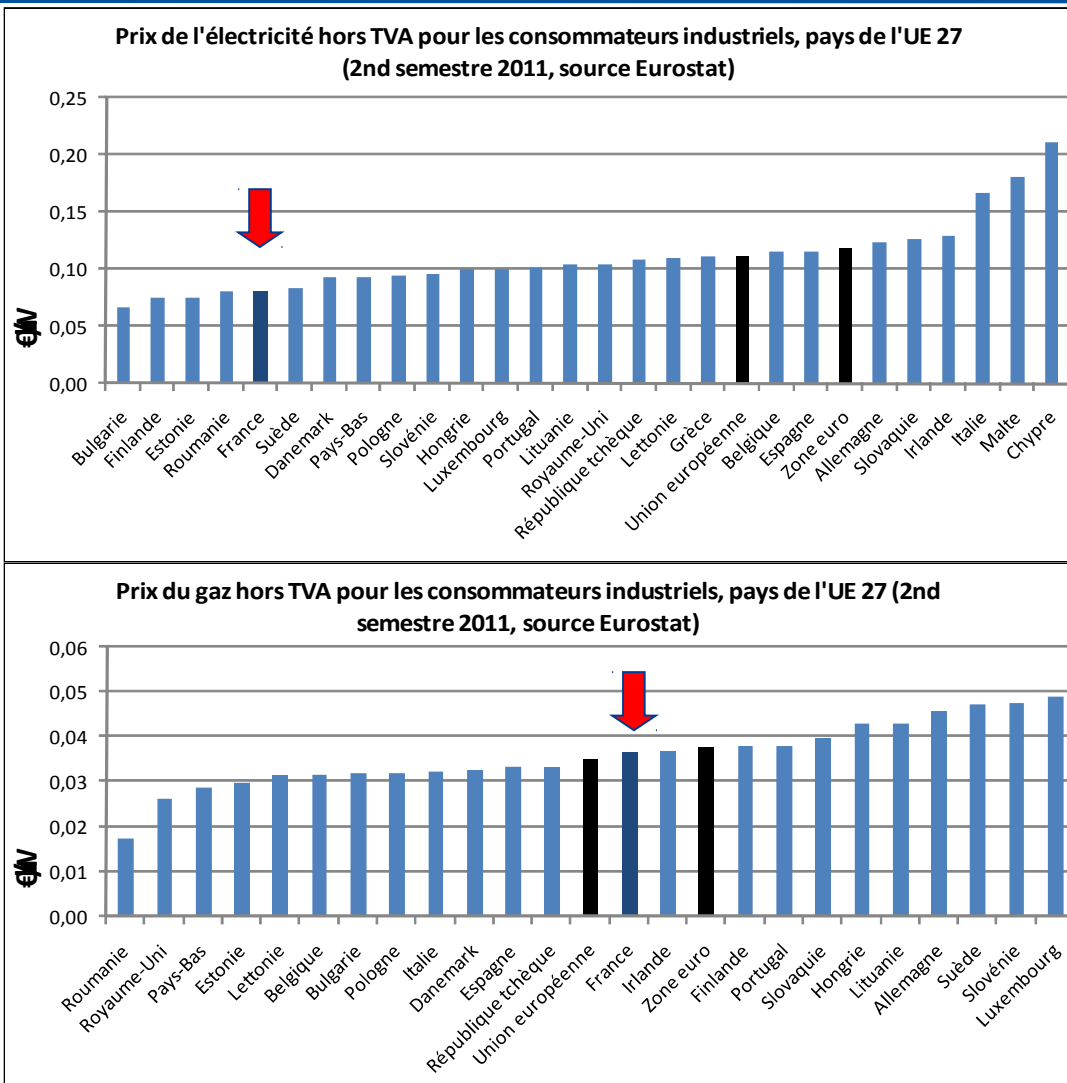
Les coûts de production des filières de production des secteurs pétrole et gaz ont été multipliés par 2 au cours des 10 dernières années

Note: Cet indice suit les coûts de l'équipement, des installations, du matériel et du personnel utilisés dans la construction d'un portefeuille géographiquement diversifié de 28 onshore, offshore, pipelines et projets de GNL. Source: IHS CERA Upstream Capital Cost Index, 12/2012

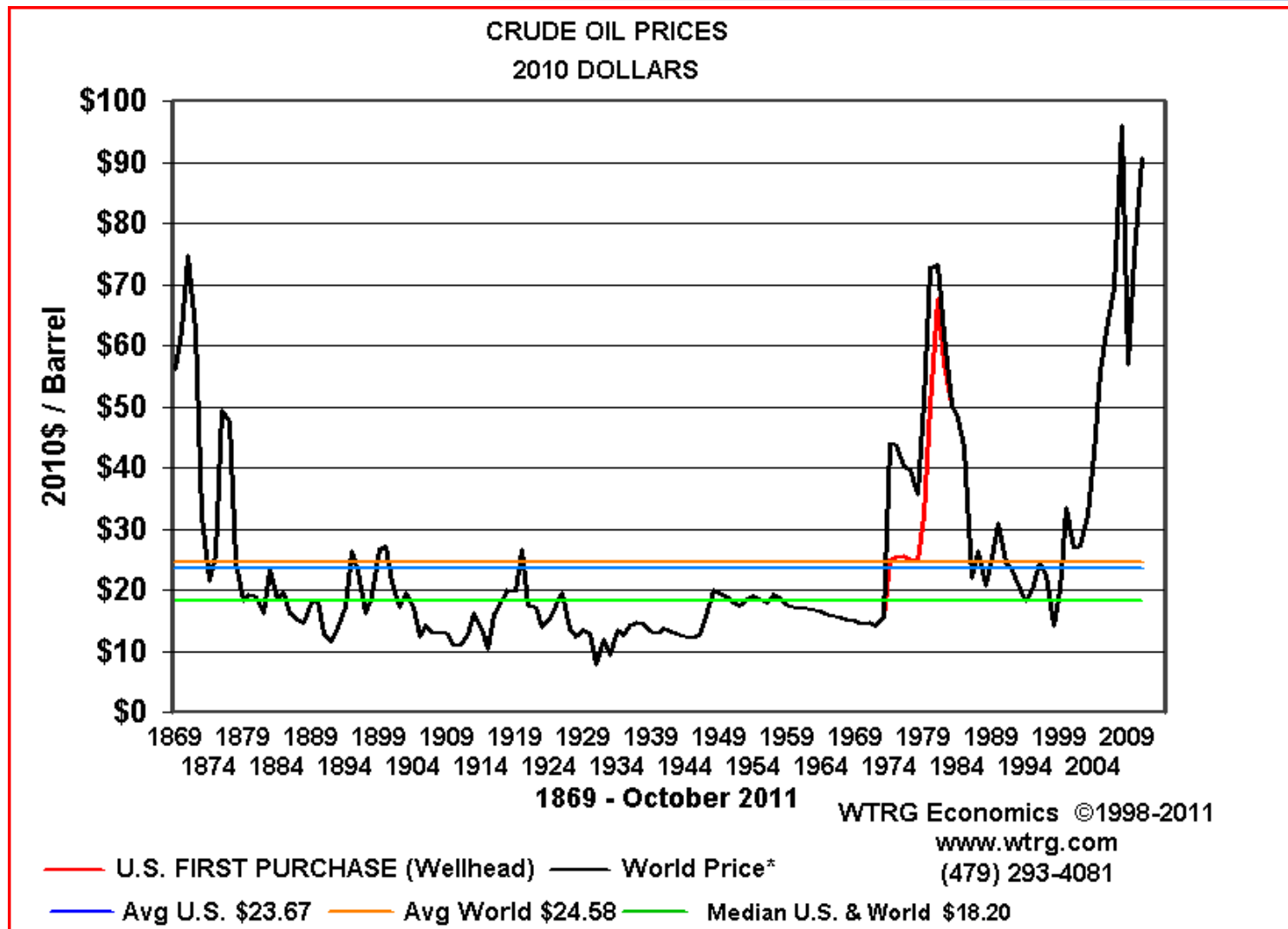
Un enjeu de compétitivité pour les entreprises

L'énergie est un enjeu de compétitivité pour les entreprises

Les dépenses d'énergie
représentent 30% (usine
d'aluminium) à quelques %
(tertiaire) des coûts de production
d'une entreprise

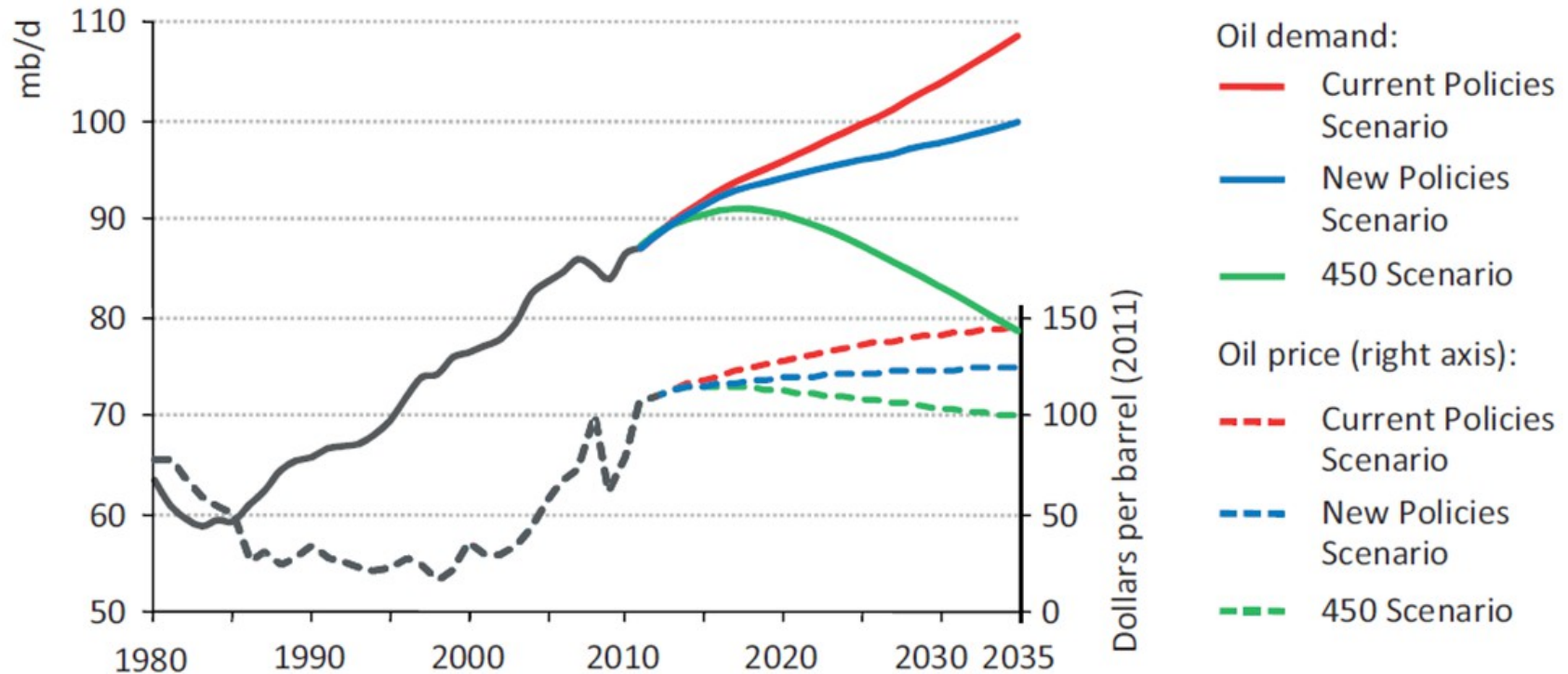


Vers un pétrole durablement cher



Les dernières projections de consommation de pétrole et de prix du baril de l'AIE

Projections de consommation journalière de pétrole et de prix du baril, AIE

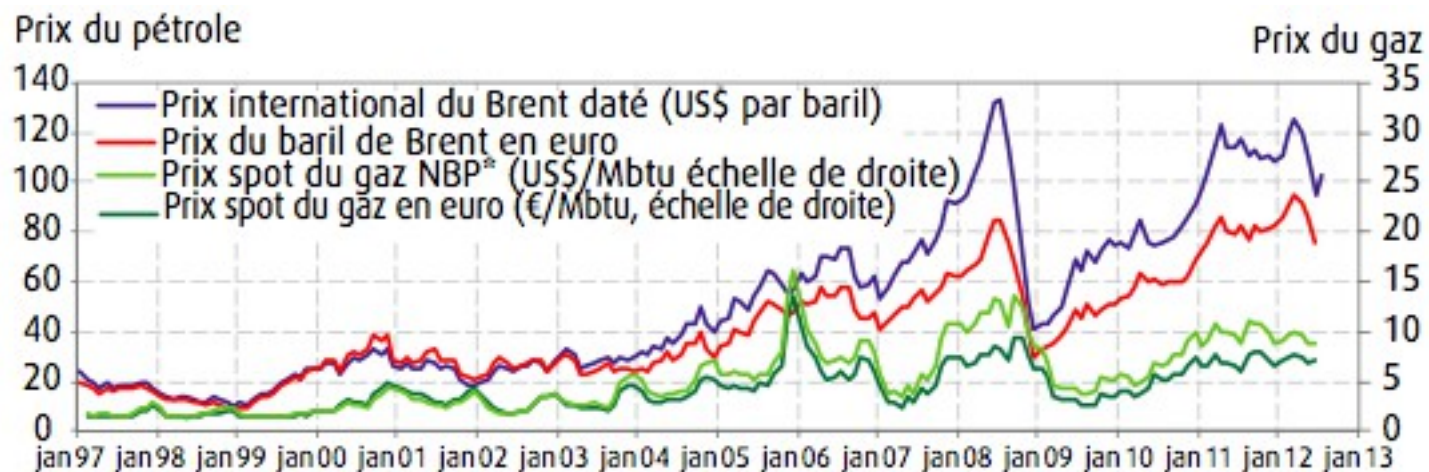


* Average IEA crude oil import price.

Note: mb/d: millions de barils jours. Source: World Energy Outlook 2012

Evolution du prix du pétrole et du gaz depuis 15 ans

Prix mensuels du pétrole et du gaz (\$ et €)

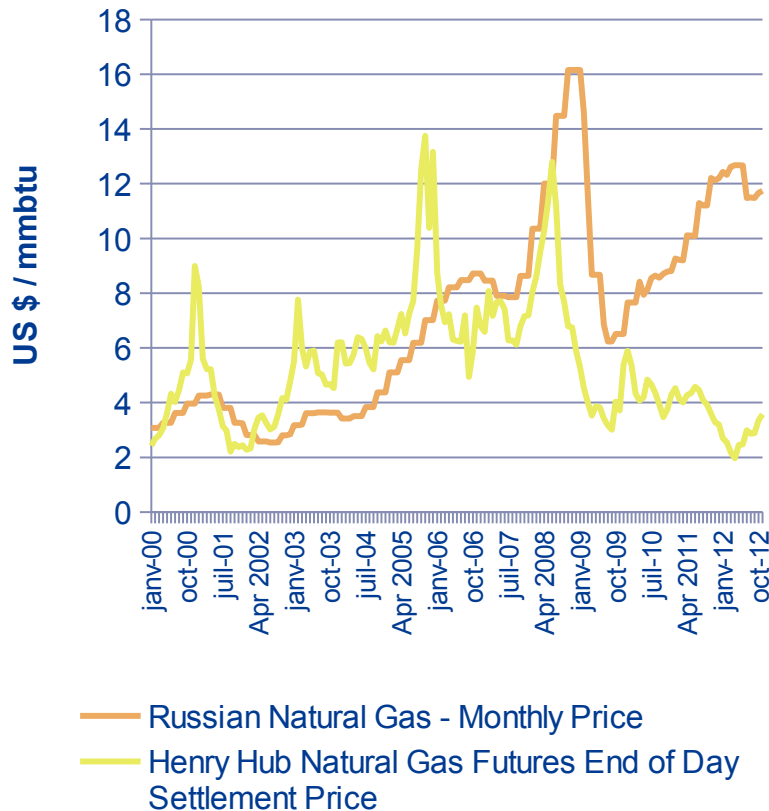


Note: * NBP : National Balancing Point

Source: Chiffres clés de l'énergie 2012

Prix et coûts du gaz naturel *(Index Mundi)*

Evolution des prix du gaz naturel aux Etats-Unis et exportés par la Russie vers l'Europe

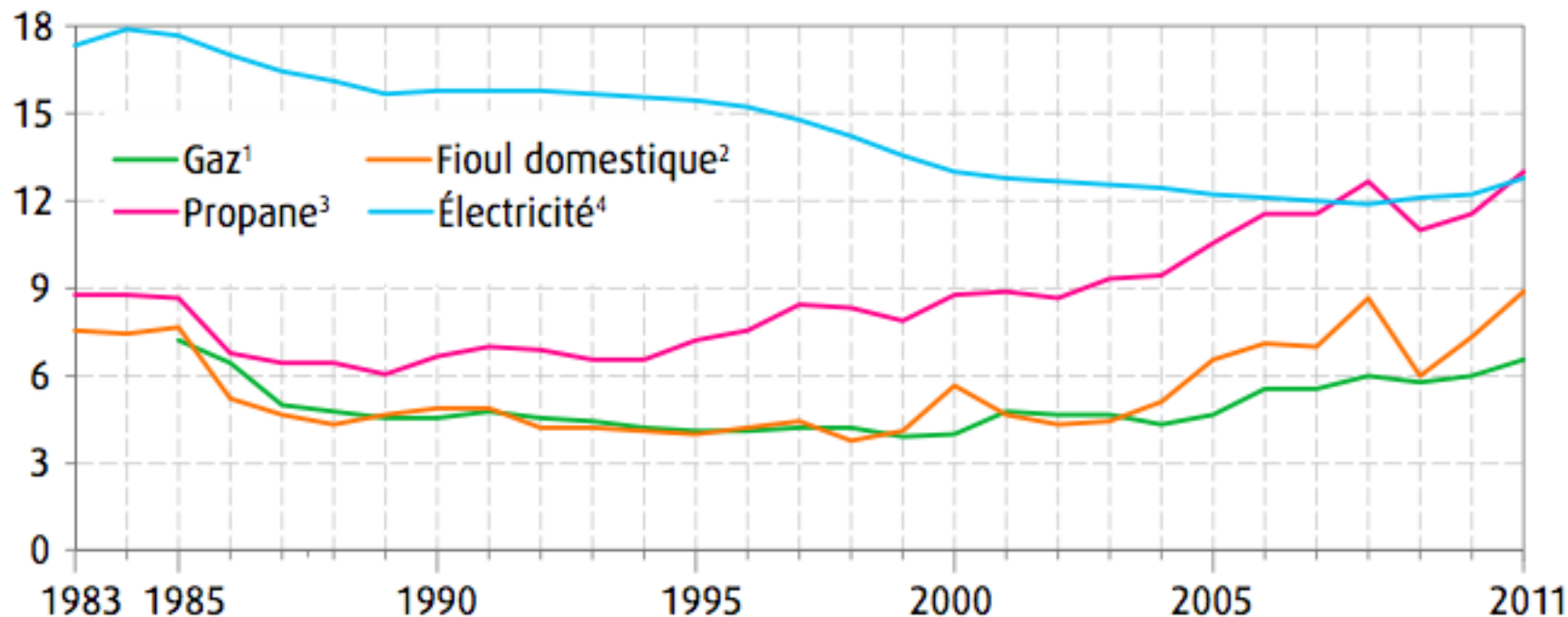


- Il n'y a pas de marché mondial du gaz, mais 3 zones de marchés régionaux (Europe, Etats-Unis et Asie)
- Le gaz russe indexé suit les variations du prix du pétrole (avec retard d'ajustement)
- Après la pointe de l'été 2005 aux Etats-Unis puis l'envolée de 2008, le prix du gaz américain a décroché
- A tel point qu'il n'est plus aujourd'hui qu'à près de la moitié des coûts de production
- On observe un facteur 1 à 3 entre les prix en Europe et aux USA

Prix des énergies en France (usage domestique)

Prix TTC des énergies à usage domestique pour 100 kWh PCI *

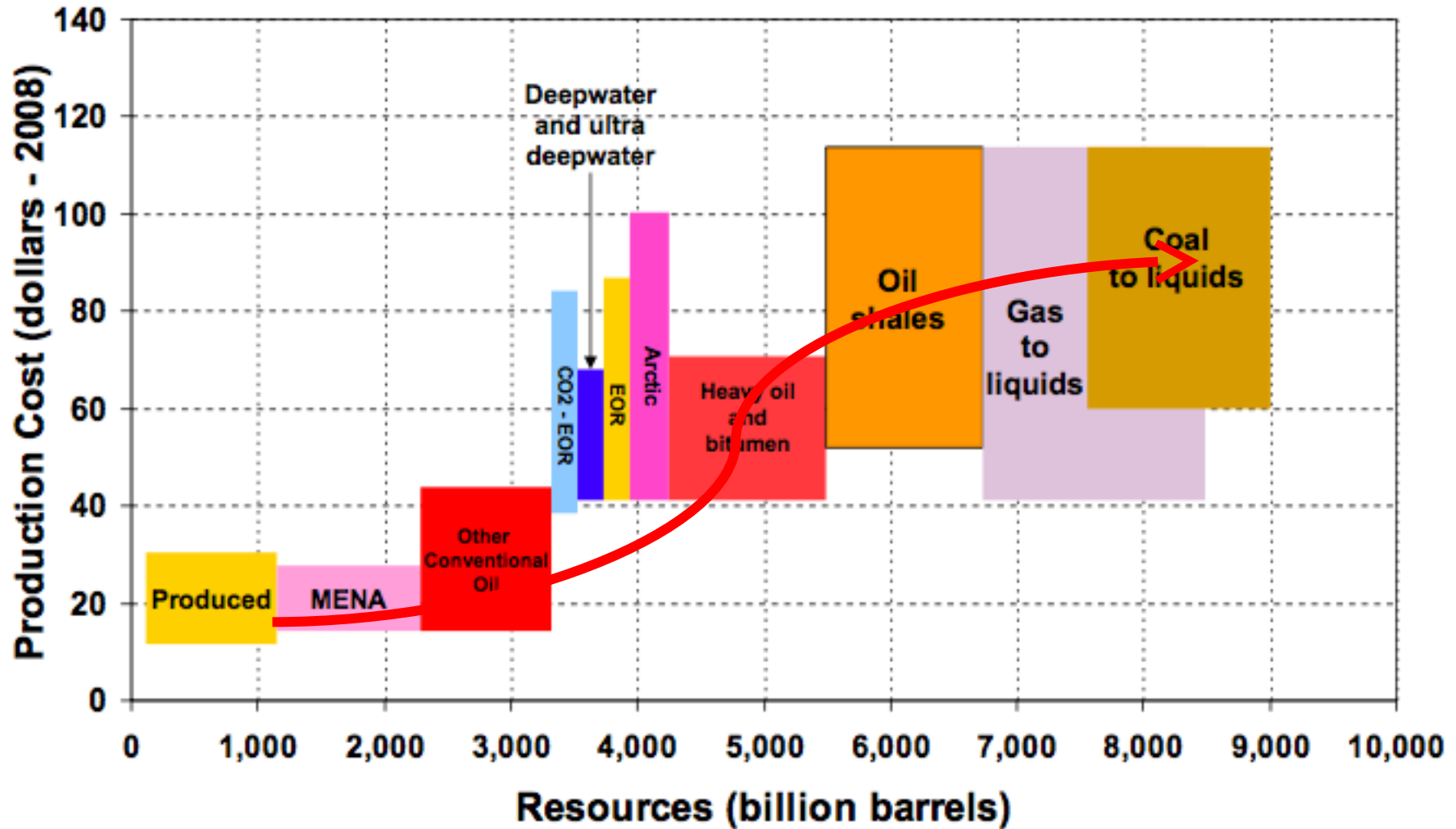
En euros constants 2011



Source : Chiffres clés de l'énergie 2012 ; Chiffres SOeS d'après GDF-Suez, EDF et DGEC

1 Gaz au tarif B2I, pour une consommation annuelle de 34 890 kWh PCS. 2 Fioul domestique, pour une livraison de 2 000 à 5 000 litres. 3 Propane en citerne. 4 Électricité tarif bleu, option heures creuses, pour une consommation annuelle de 13 MWh. * PCI : pouvoir calorifique inférieur, voir définitions page 36.

Le coût des énergies sous forme liquide est croissant



Il est difficile mais nécessaire de donner un prix croissant au carbone

Le prix du carbone sur le marché européen (EU ETS) a atteint un niveau minimum record en 2012, et de nombreuses sources d'émissions ne sont pas couvertes par l'ETS. Il est par ailleurs nécessaire de mettre en place une fiscalité écologique incitative au niveau national, pour les émissions diffuses

Le prix du carbone dans l'EU ETS, Phase 2

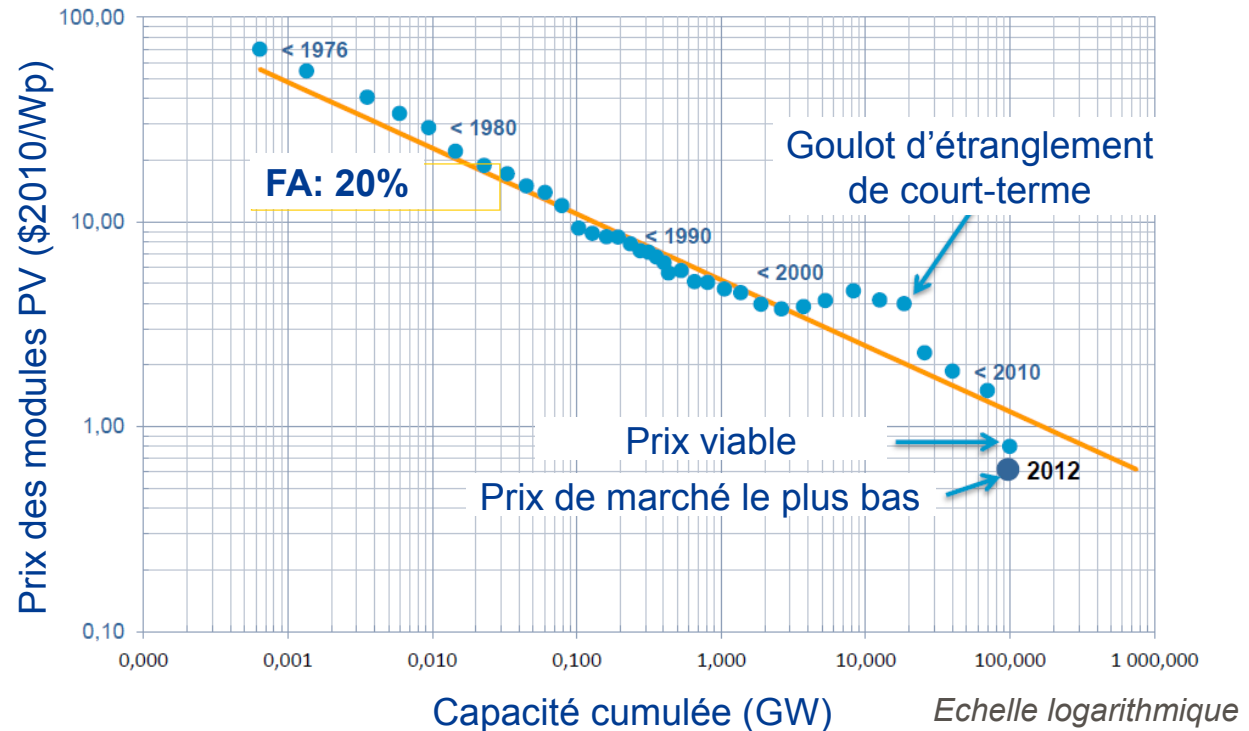


Note : en juin 2012, Bluenext a fermé quelques jours, ce qui explique une rupture dans la courbe.

Source : BlueNext

Les courbes d'apprentissage des renouvelables

Le facteur d'apprentissage (FA) exprime la réduction des coûts pour chaque doublement de la production cumulée



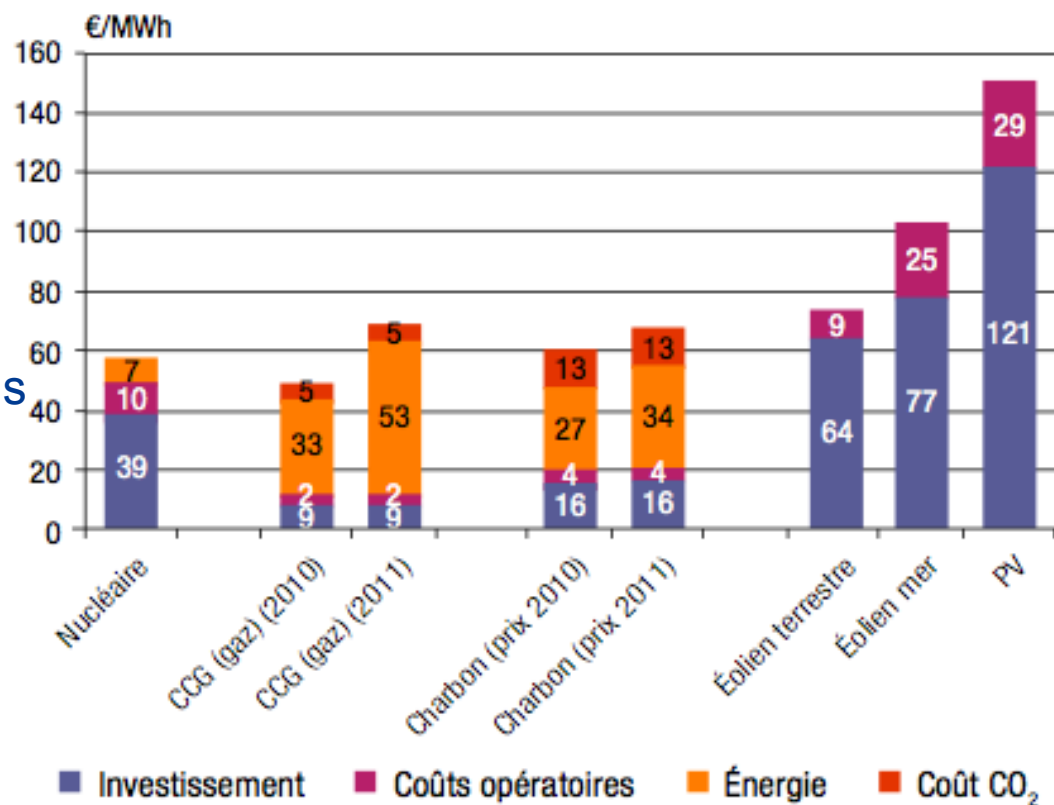
- L'AIE retient un facteur d'apprentissage de 20% pour les modules PV
- Goulots d'étranglement (polysilicium en 2008) ou surcapacités de production expliquent certains écarts temporaires
- La question d'un coût plancher reste posée

Source: AIE

Au total : comment financer des énergies et des économies d'énergie très intensives en capital ?

Le nucléaire, l'éolien, le solaire PV et les solutions d'économies d'énergie sont intenses en capital. Nous sommes face à un mur d'investissement (sécurité nucléaire, renouvellement et/ou déconstruction, réseaux, renouvelables...)

Pour les énergies décarbonées le cout du capital et de son financement est déterminant dans le prix de revient

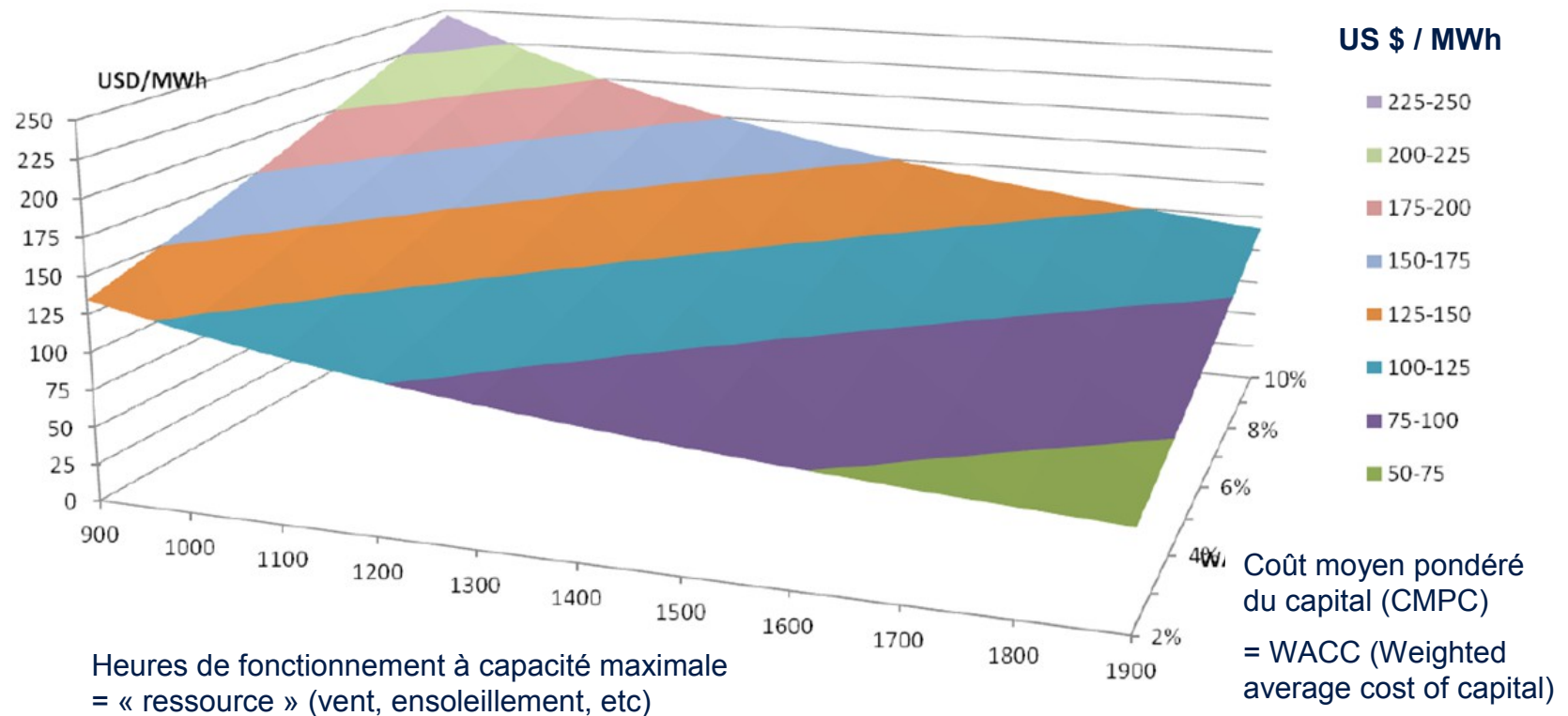


Coûts de production 2010/2011
par filières du secteur électrique

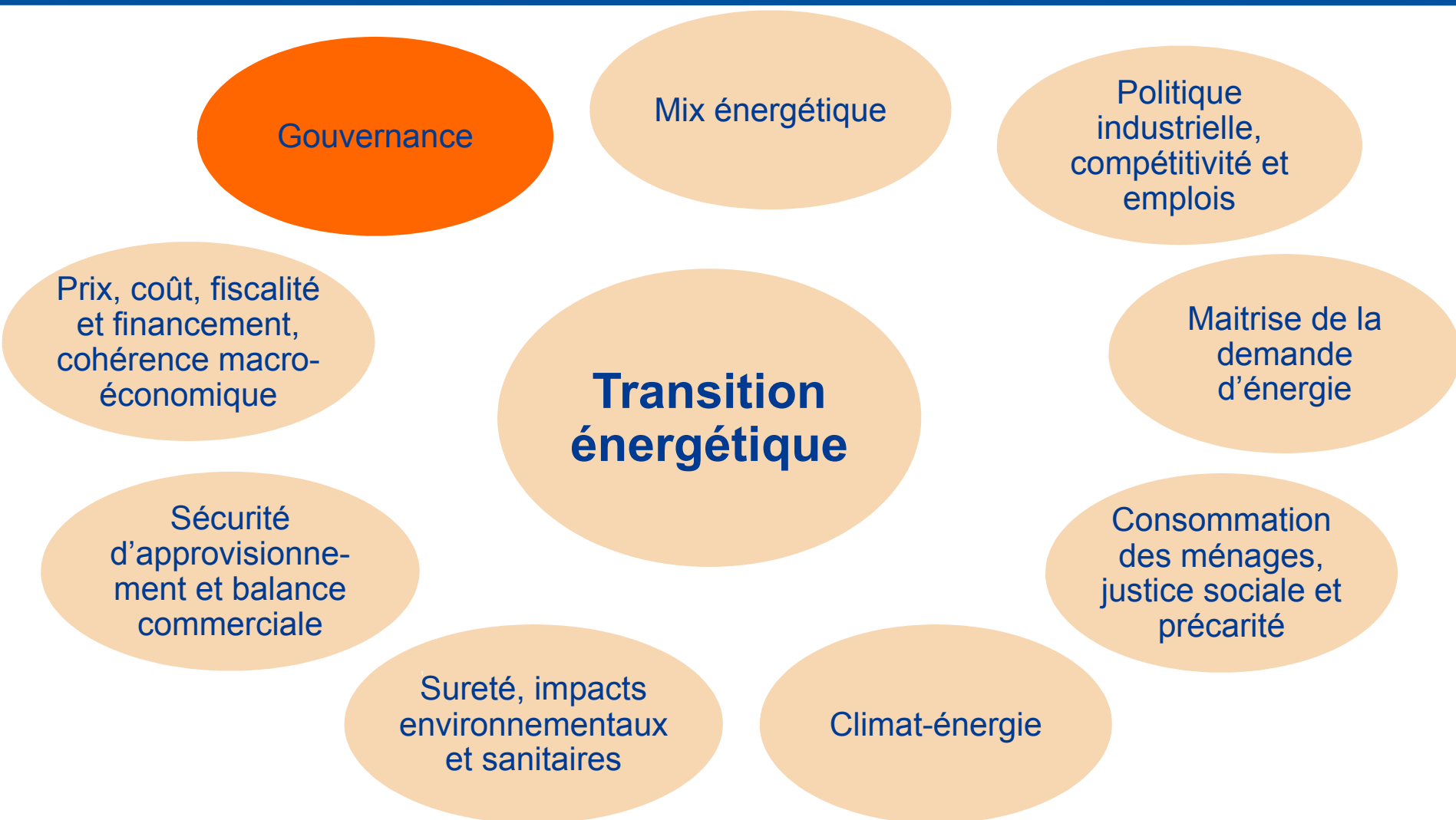
Source: Centre d'Analyse Stratégique, Énergies 2050, 2012

Les coûts des renouvelables dépendent autant du coût du capital que de la qualité des ressources

Centrales photovoltaïque (PV) au sol les moins chères (1,7\$ / W)



La transition énergétique : une problématique à enjeux multiples



Gouvernance

Messages clefs

Faits

- La transition énergétique ne se réalisera dans de bonnes conditions que si la gouvernance de l'énergie évolue de manière cohérente avec les ambitions de cette transition

Questions ouvertes

- Les dimensions internationales et européennes sont indispensables à la transition énergétique, une réponse peut être apportée par la communauté européenne de l'énergie annoncée par le Président lors de la Conférence Environnementale
 - Les trois grands enjeux de la gouvernance de la transition énergétique sont :
 - Comment partager la « rente carbone » entre pays producteurs et consommateurs ?
 - Le marché européen de l'électricité; la France s'adapte avec difficulté à la libéralisation voulue au niveau européen, tant en termes de production que de réseaux. Faut-il faire évoluer la loi NOME?
 - Le transfert de compétence et la responsabilisation des échelons territoriaux (région?) en matière énergétique avec l'émergence des réseaux locaux et une aspiration semble-t-il forte des citoyens à une autonomie énergétique plus forte. Comment concilier une « décentralisation énergétique » avec l'existence de moyens très concentrés ? Cette décentralisation permettra-t-elle de développer des sources d'énergie dont l'empreinte spatiale est plus forte
-

Gouvernance: des enjeux à articuler à plusieurs niveaux

Enjeux internationaux

- Partage de la rente fossile entre pays producteurs et pays importateurs
- Réduction des émissions de GES et maîtrise de la demande énergétique de l'ensemble des pays, y compris des pays hors OCDE

Enjeux nationaux

- Coûts, financements, compétitivité et emplois
- Cohésion sociale, accès et tarification de l'énergie, précarité énergétique
- Gestion sûreté et des impacts environnementaux, respect engagements climatiques
- Filières industrielles et intérêt géostratégique

Enjeux européens

- Géostratégique, sécurité d'approvisionnement, maîtrise de la dépendance extérieure
- Marché commun et libéralisation
- Impact et coordination des politiques énergétiques, climatiques et industrielles nationales au niveau européen

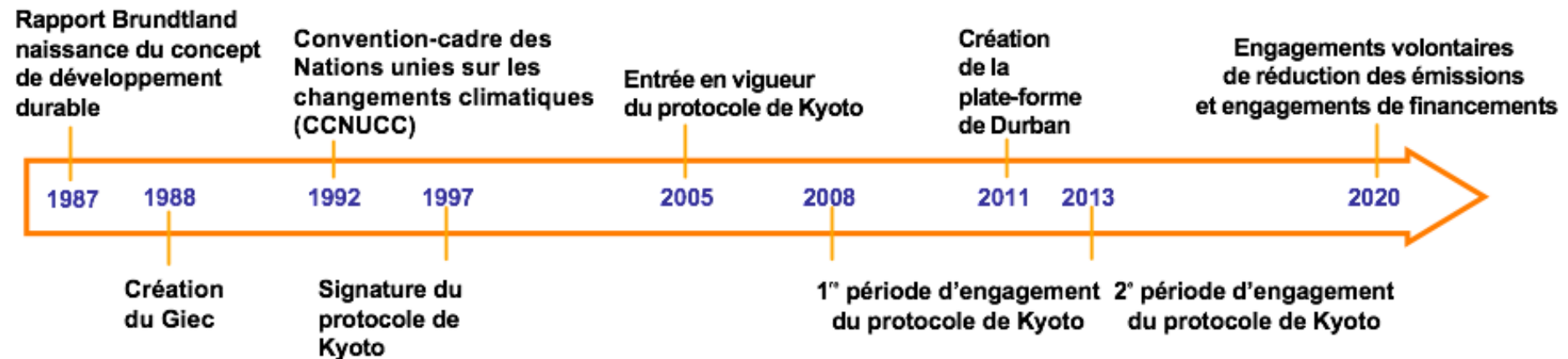
Enjeux régionaux

- Responsabilisation des échelons territoriaux, développement de réseaux locaux et de l'autonomie
- Acceptabilité territoriale des modes de production énergétique
- Précarité énergétique

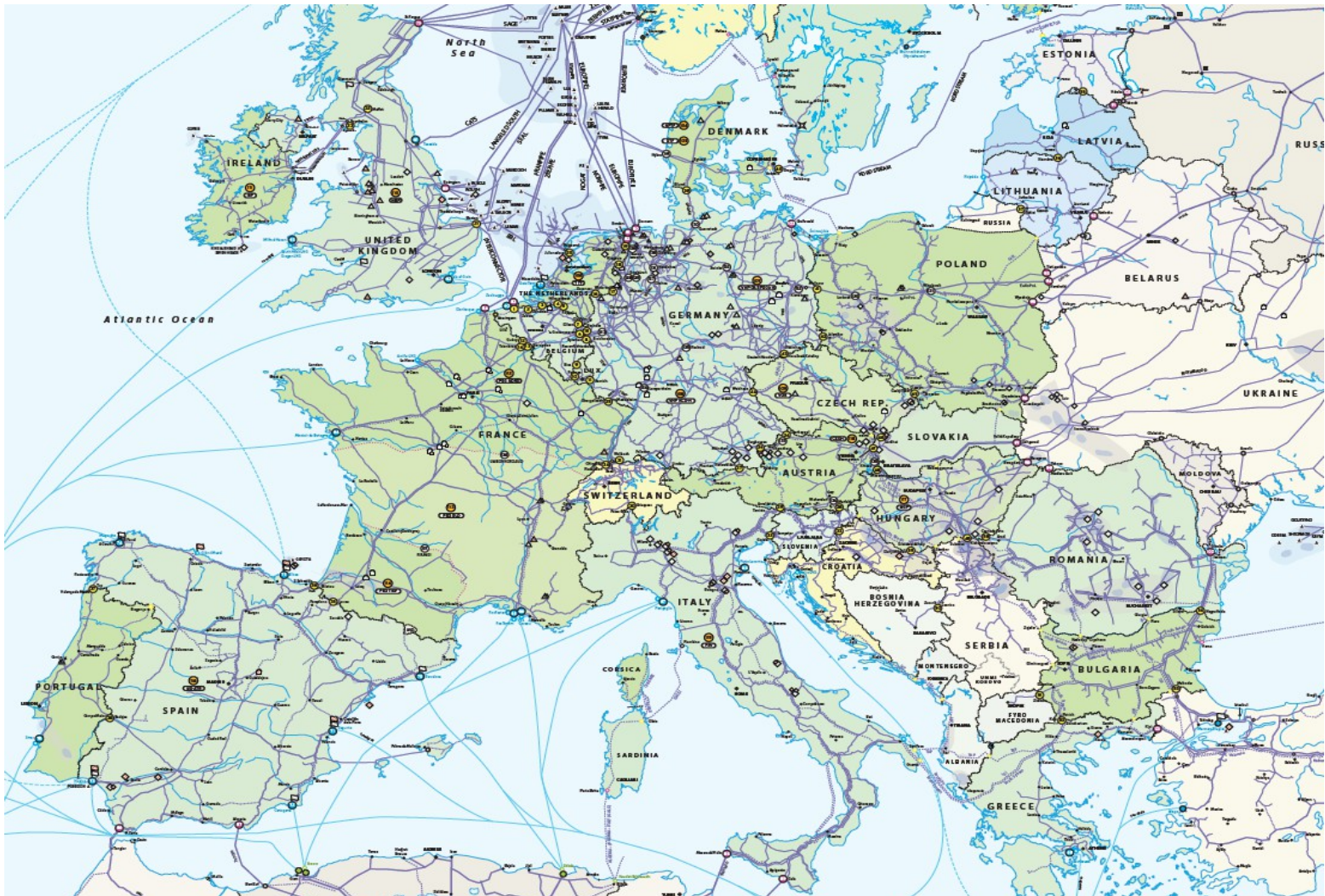
20 ans de négociation internationale sur le climat

■ Dates-clé:

- 1992 Convention Cadre des NU sur le CC-Rio
- 1997 Protocole de Kyoto (-5% en 2010/1990 dans Ann. B)
- 2005 Entrée en vigueur du Protocole de Kyoto
- 2009 Echech de Copenhague, mais premiers engagements des pays émergents
- 2012 Doha: le Protocole de Kyoto est prolongé mais pas d'engagement sur les aides financières et l'action à long terme
- 2015 Paris ?

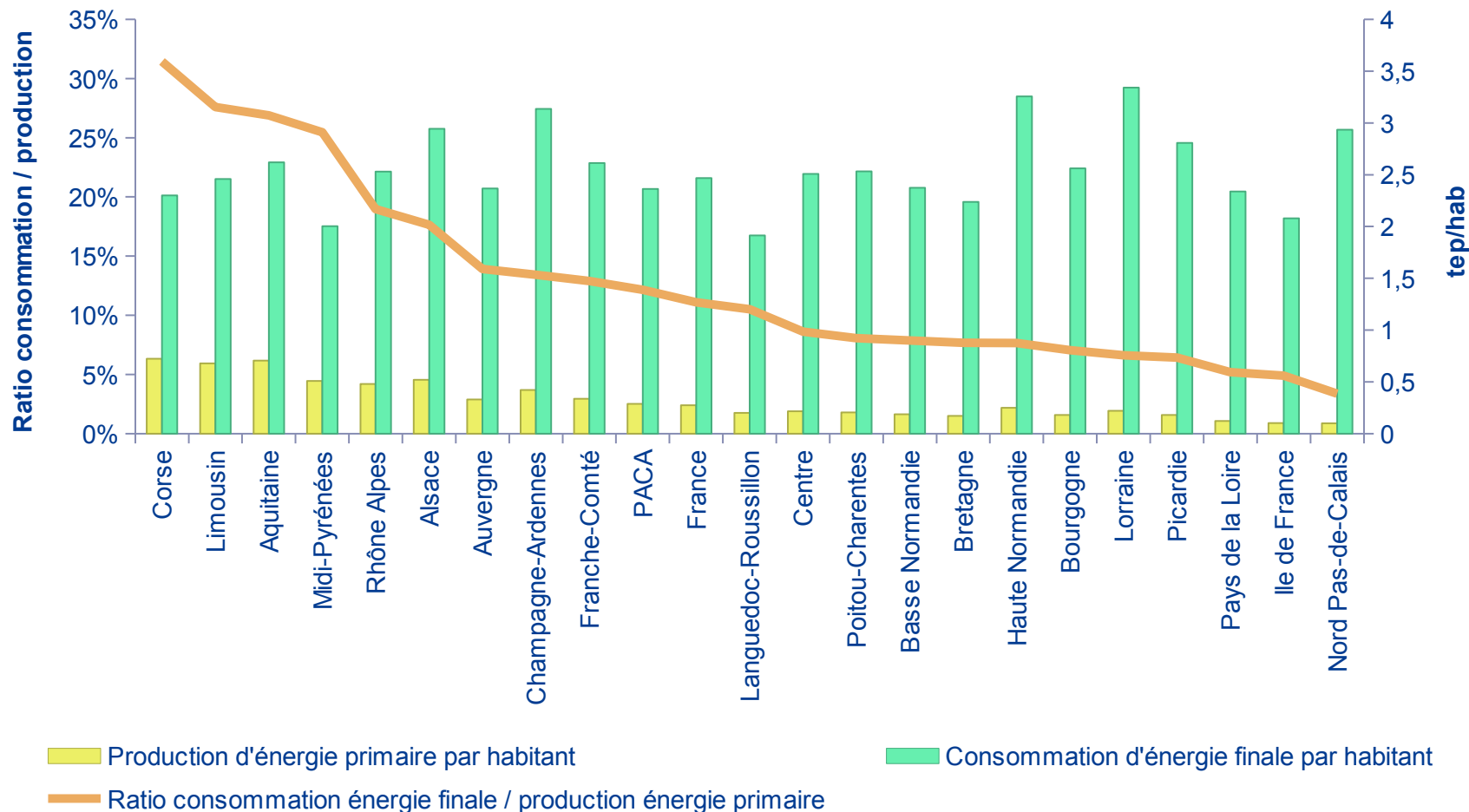


Nous vivons dans un monde interconnecté. Autonomie des territoires et interconnexion peuvent aller de pair



Note: Réseau de transport de gaz européen. Cette carte comporte les réseaux existants et des projets de réseau en étude. Source: ENTSOG.

La quantité d'énergie produite par région par rapport aux besoins est très variable



Note: Production d'énergie primaire (hors nucléaire) par région.
Source: Analyse Carbone 4 d'après SOeS, Données régionales sur l'énergie 2009

ANNEXES – Définitions et facteurs de conversion

Conversion des unités énergétiques

1 ... équivaut à :	GJ	tep	MBtu	kWh	m ³ de gaz	Baril de pétrole
1 GJ	1	0,0238	0,948	278	23,89	0,1751
1 tep	41,855	1	39,68	11 628	1 000	7,33
1 MBtu	1,0551	0,0252	1	293,1	25,2	0,185
1 kWh	0,0036	0,086 10 ⁻³	3,412 10 ⁻³	1	0,086	630,4 10 ⁻⁶
1 m ³ de gaz	0,041855	10 ⁻³	0,03968	11,628	1	7,33 10 ⁻³
1 baril de pétrole	5,7	0,1364	5,4	1 580	136,4	1

Définitions - Consommation

- **Consommation d'énergie finale** : consommation d'énergie finale - nette des pertes de distribution (exemple : pertes en lignes électriques) - de tous les secteurs de l'économie, à l'exception des quantités consommées par les producteurs et transformateurs d'énergie (exemple : consommation propre d'une raffinerie). La consommation finale énergétique exclut les énergies utilisées en tant que matière première (dans la pétrochimie notamment)
- **Consommation d'énergie primaire** : consommation finale + pertes + consommation des producteurs et des transformateurs d'énergie (branche énergie). La consommation d'énergie primaire permet de mesurer le taux d'indépendance énergétique national, alors que la consommation d'énergie finale sert à suivre la pénétration des diverses formes d'énergie dans les secteurs utilisateurs de l'économie
- **Consommation unitaire ou spécifique** : ratio consommation d'énergie par unité d'activité mesurée en unité physique (production mesurée en tonne, parcs de véhicules ou d'équipements électroménagers, nombre de ménages) : tep/tonne, kWh/réfrigérateur, tep/ménage, litre/100 km ; tep/passager-km, par exemple

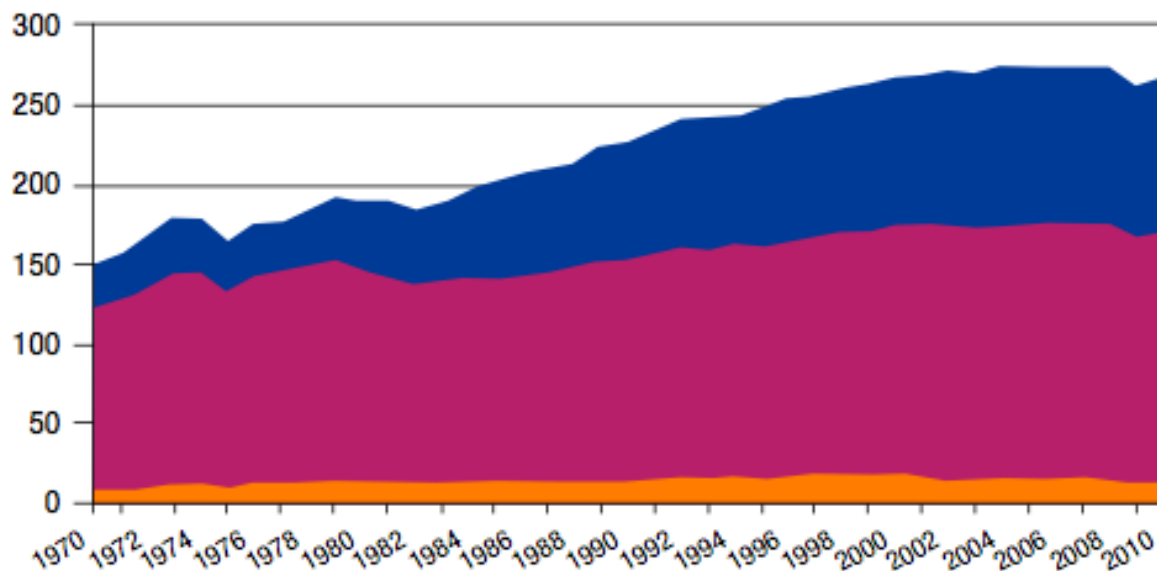
Définitions - Energie

- **Énergie primaire** : énergie brute, c'est-à-dire non transformée après extraction (houille, lignite, pétrole brut, gaz naturel, électricité primaire)
- **Énergie finale ou disponible** : énergie livrée au consommateur pour sa consommation finale (essence à la pompe, électricité au foyer...)
- **Énergies renouvelables** : par convention, l'expression ENRt (ou ENR) s'applique aux énergies renouvelables autres que l'électricité hydraulique, éolienne, photovoltaïque et géothermique (haute enthalpie). Dans les bilans de l'énergie, l'électricité primaire d'origine hydraulique (y compris la "petite hydraulique"), éolienne, solaire photovoltaïque et géothermique, bien que "renouvelable", est classée dans la colonne "Électricité".

Energie primaire et énergie finale

Evolution de la consommation d'énergie primaire en France

- Transformation d'énergie
- Consommation finale énergétique
- Consommation non énergétique

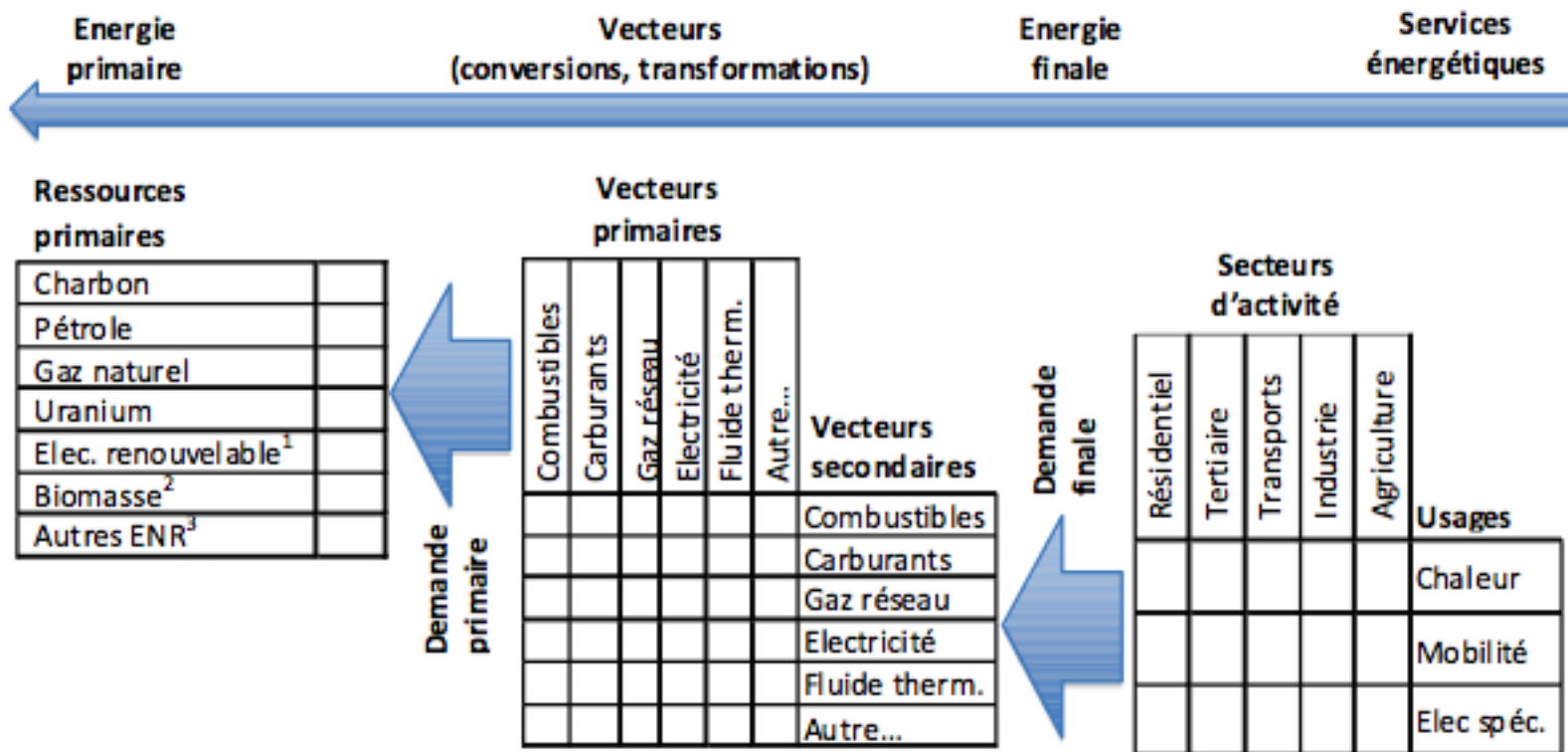


- La consommation totale d'énergie primaire en France s'est établie à 266 Mtep en 2010
- Environ 35 % de cette énergie primaire est utilisée pour transformer et distribuer l'énergie jusqu'aux consommateurs finaux
- 5 % est consommée pour des usages non énergétiques (bitumes, plastiques, etc.)
- La consommation énergétique finale représente donc environ 60 % de la consommation d'énergie primaire (soit 158 Mtep en 2010)

Source : SOeS

Source: Centre d'Analyse Stratégique, Énergies 2050, 2012 d'après SOeS

De l'énergie, des vecteurs et des usages



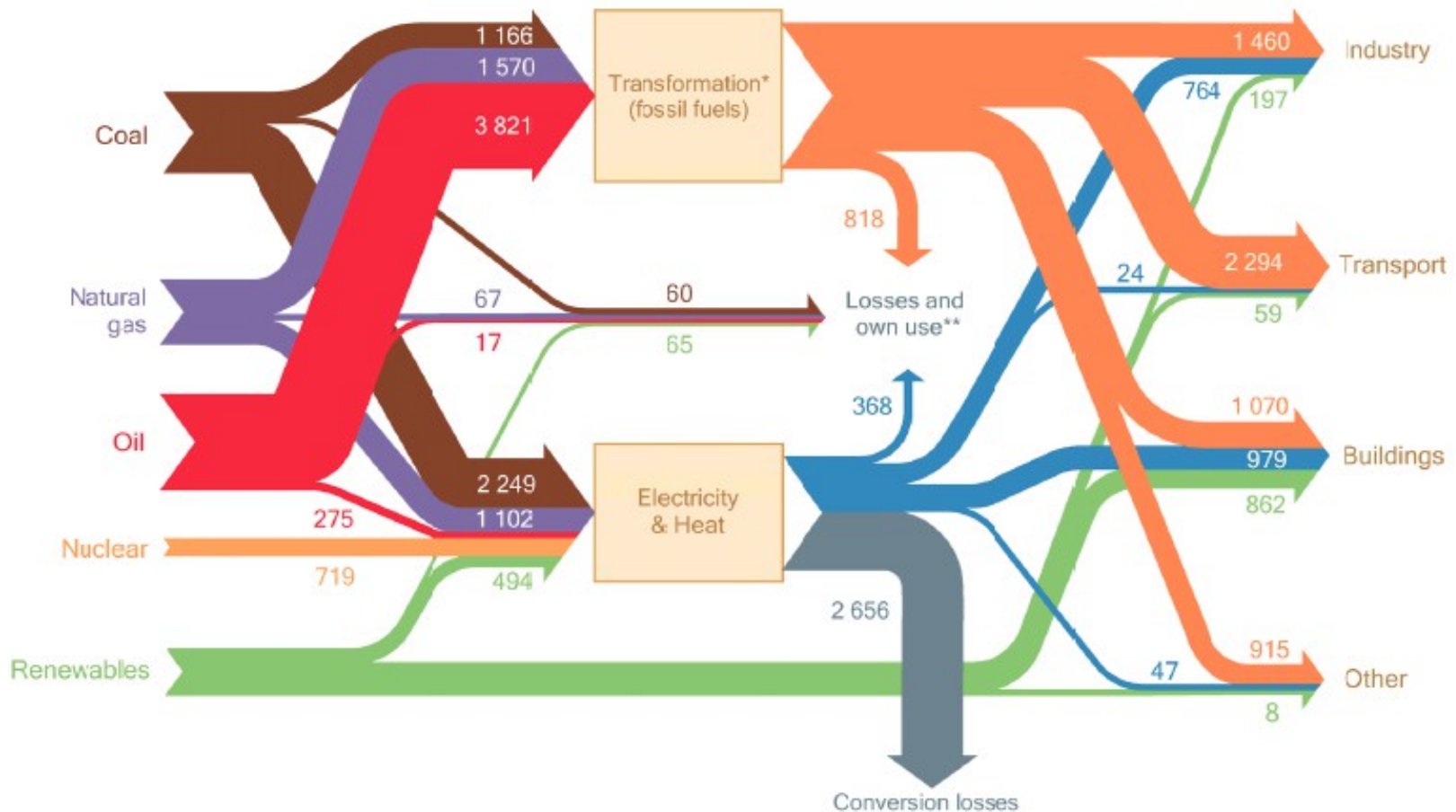
¹ Electricité primaire d'origine renouvelable : hydraulique, éolien, solaire photovoltaïque, énergies marines...

² Biomasse solide, biomasse liquide et biogaz.

³ Autres énergies renouvelables : solaire thermique, géothermie, déchets ménagers...

Le système énergétique mondial

Figure 2.8 ► The global energy system, 2010 (Mtoe)



* Transformation of fossil fuels from primary energy into a form that can be used in the final consuming sectors. ** Includes losses and fuel consumed in oil and gas production, transformation losses and own use, generation lost or consumed in the process of electricity production, and transmission and distribution losses.

Méthodologie de comptabilité énergétique

Coefficients d'équivalence entre unité propre et tonne d'équivalent pétrole (tep)

Énergie	Unité physique	Gigajoules (GJ) (PCI)	tep (PCI)
Charbon			
Houille	1 t	26	$26/42 = 0,619$
Coke de houille	1 t	28	$28/42 = 0,667$
Agglomérés et briquettes de lignite	1 t	32	$32/42 = 0,762$
Lignite et produits de récupération	1 t	17	$17/42 = 0,405$
Produits pétroliers			
Pétrole brut, gazole/fioul domestique, produits à usages non énergétiques	1 t	42	1
GPL	1 t	46	$46/42 = 1,095$
Essence moteur et carburacteur	1 t	44	$44/42 = 1,048$
Fioul lourd	1 t	40	$40/42 = 0,952$
Coke de pétrole	1 t	32	$32/42 = 0,762$
Électricité			
Production d'origine nucléaire	1 MWh	3,6	$0,086/0,33 = 0,260606$
Production d'origine géothermique	1 MWh	3,6	$0,086/0,10 = 0,86$
Autres type de production, échanges avec l'étranger, consommation	1 MWh	3,6	$3,6/42 = 0,086$
Bois	1 stère	6,17	$6,17/42 = 0,147$
Gaz naturel et industriel	1 MWh PCS	3,24	$3,24/42 = 0,077$

Pour l'électricité, trois cas doivent être distingués :

- l'électricité produite par une centrale nucléaire est comptabilisée selon la méthode de l'équivalent primaire à la production, avec un rendement théorique de conversion des installations égal à 33 %. Le coefficient de substitution est donc $0,086/0,33 = 0,260606$ tep/MWh
- l'électricité produite par une centrale à géothermie est aussi comptabilisée selon la méthode de l'équivalent primaire à la production, mais avec un rendement théorique de conversion des installations égal à 10 % ; le coefficient de substitution est donc $0,086/0,10 = 0,86$ tep/MWh
- toutes les autres formes d'électricité (production par une centrale thermique classique, hydraulique, éolienne, marémotrice, photovoltaïque, etc., échanges avec l'étranger, consommation) sont comptabilisées selon la méthode du contenu énergétique, avec le coefficient 0,086 tep/MWh

Définitions - Electricité

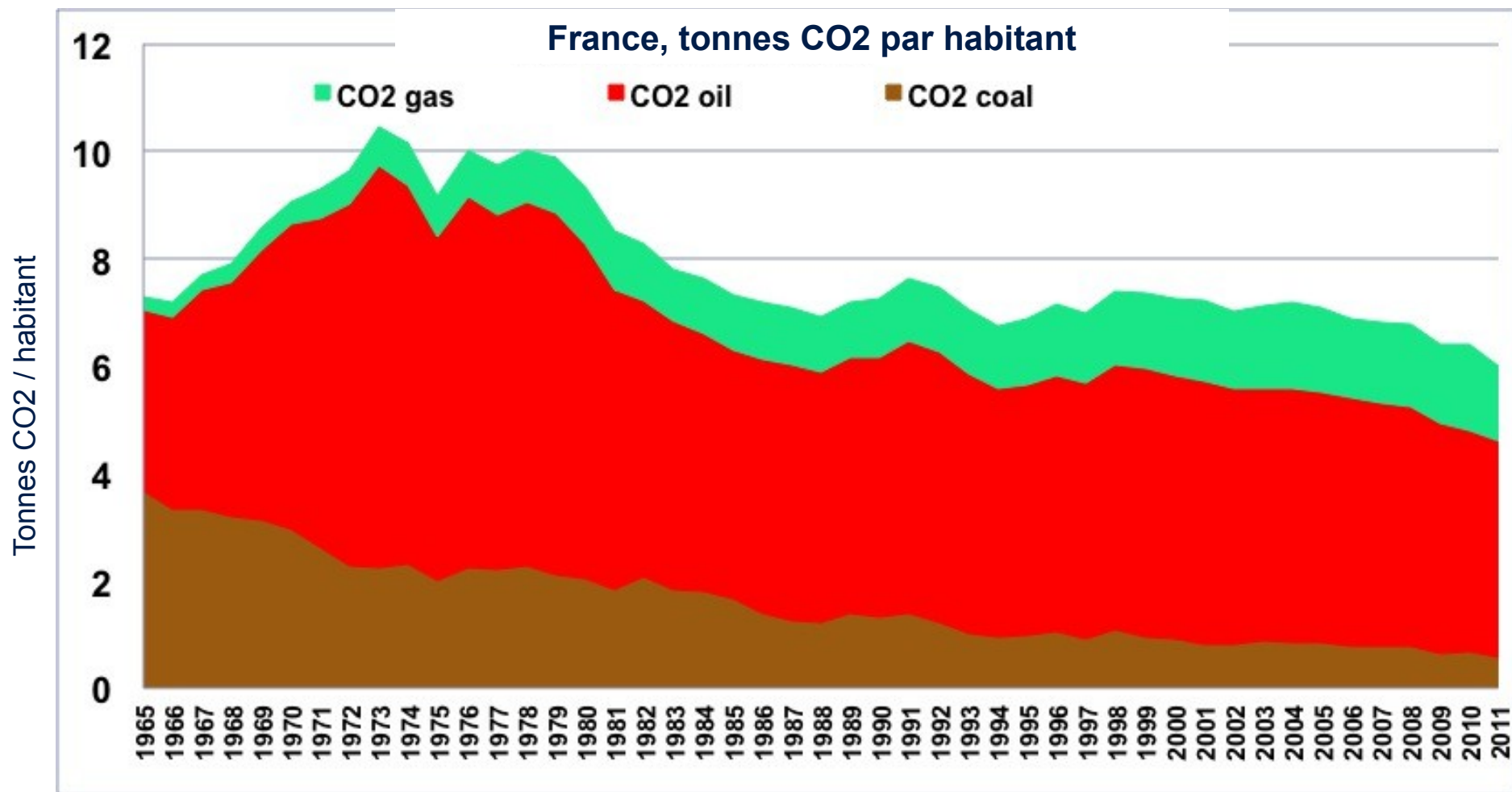
- **Électricité primaire** : électricité d'origine nucléaire, hydraulique, éolienne, solaire photovoltaïque et géothermique
- **Production brute d'électricité** : production mesurée aux bornes des groupes des centrales ; comprend par conséquent la consommation des services auxiliaires et les pertes dans les transformateurs des centrales
- **Production nette d'électricité** : production mesurée à la sortie des centrales, c'est-à-dire déduction faite de la consommation des services auxiliaires et des pertes dans les transformateurs des centrales

Définitions

- **Correction des variations climatiques** : la méthode de correction climatique cherche à « neutraliser » la variation de la consommation d'énergie liée au chauffage. En effet, l'énergie consommée pour le chauffage au cours d'une journée est proportionnelle au nombre de « degrés-jours », c'est-à-dire à l'écart entre la température moyenne de la journée et un seuil fixé à 17 °C, lorsque la température est inférieure à ce seuil
- **PCI et PCS** : le PCS (pouvoir calorifique supérieur) donne le dégagement maximal théorique de chaleur pendant la combustion, y compris la chaleur de condensation de la vapeur d'eau produite pendant cette combustion. Le PCI (pouvoir calorifique inférieur) n'inclut pas cette chaleur de condensation. La différence entre PCS et PCI est de l'ordre de 5 % pour le charbon et le pétrole, et de 10 % pour le gaz.

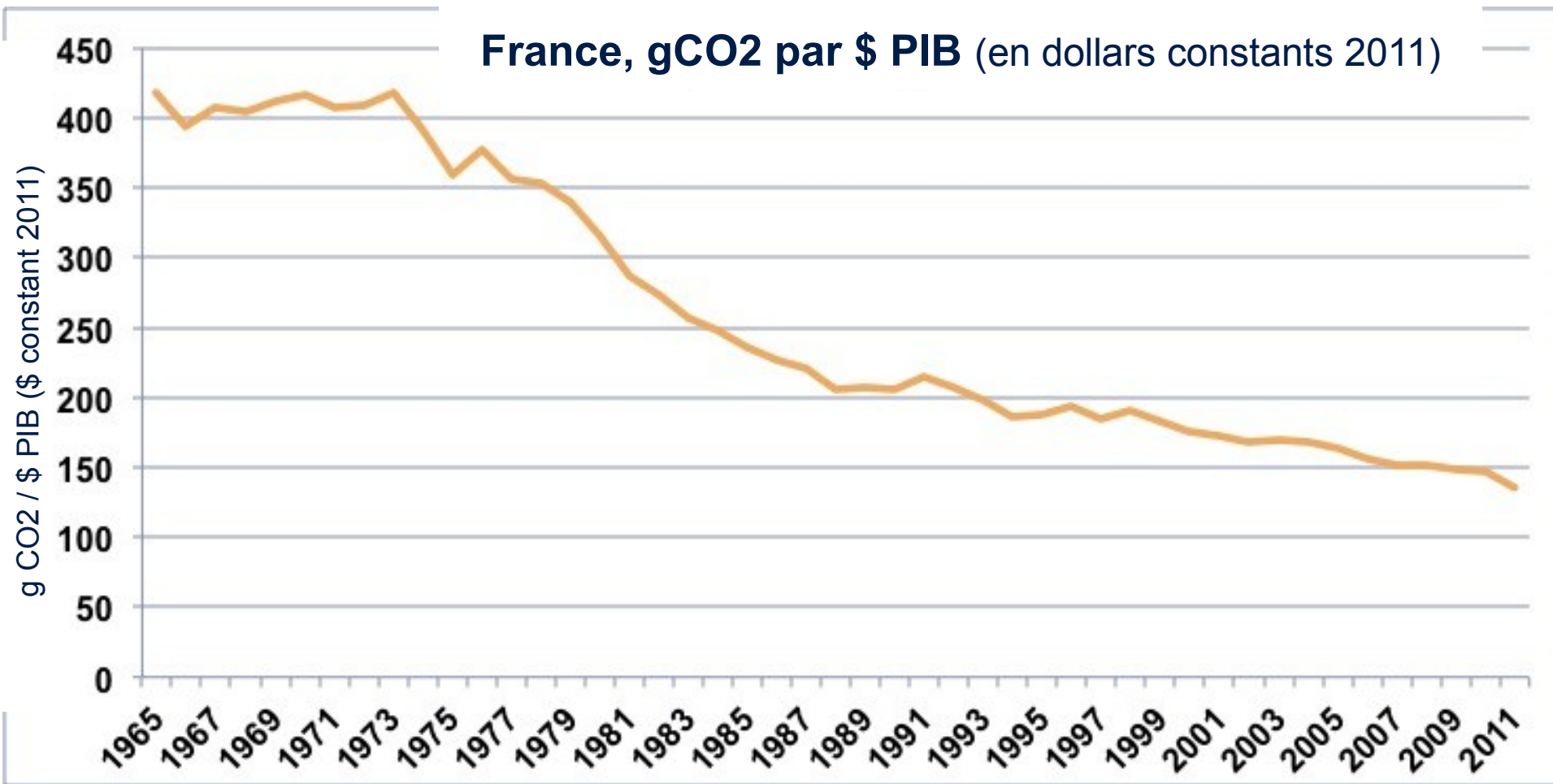
ANNEXES – Evolutions historiques (séries longues)

Evolution des émissions de CO2 par habitant en France



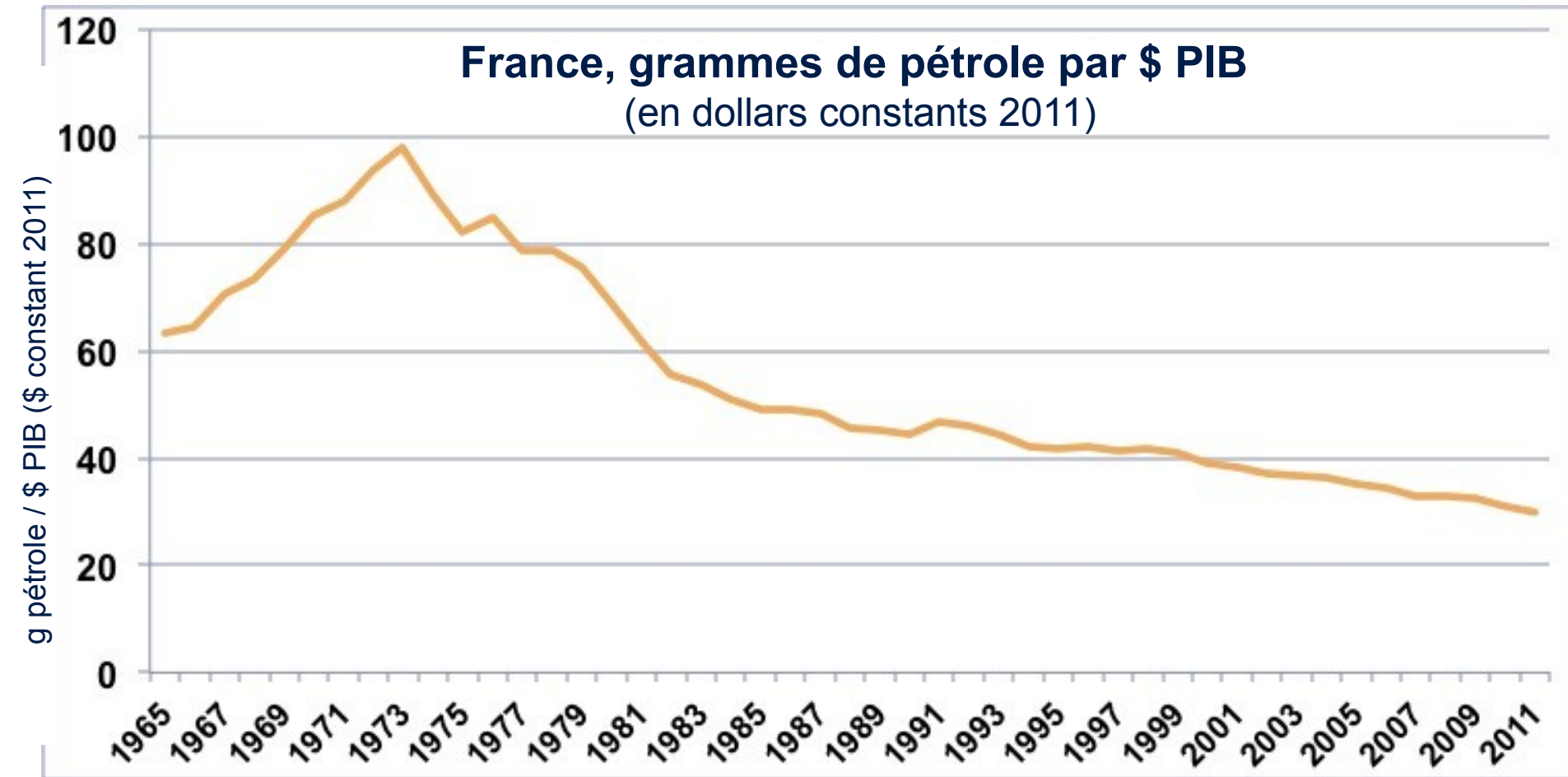
Note: CO2 uniquement, hors autres gaz à effet de serre. Source: Jancovici, 2012, d'après BP Statistical Review 2012; Banque mondiale

Evolution de l'intensité carbone du PIB



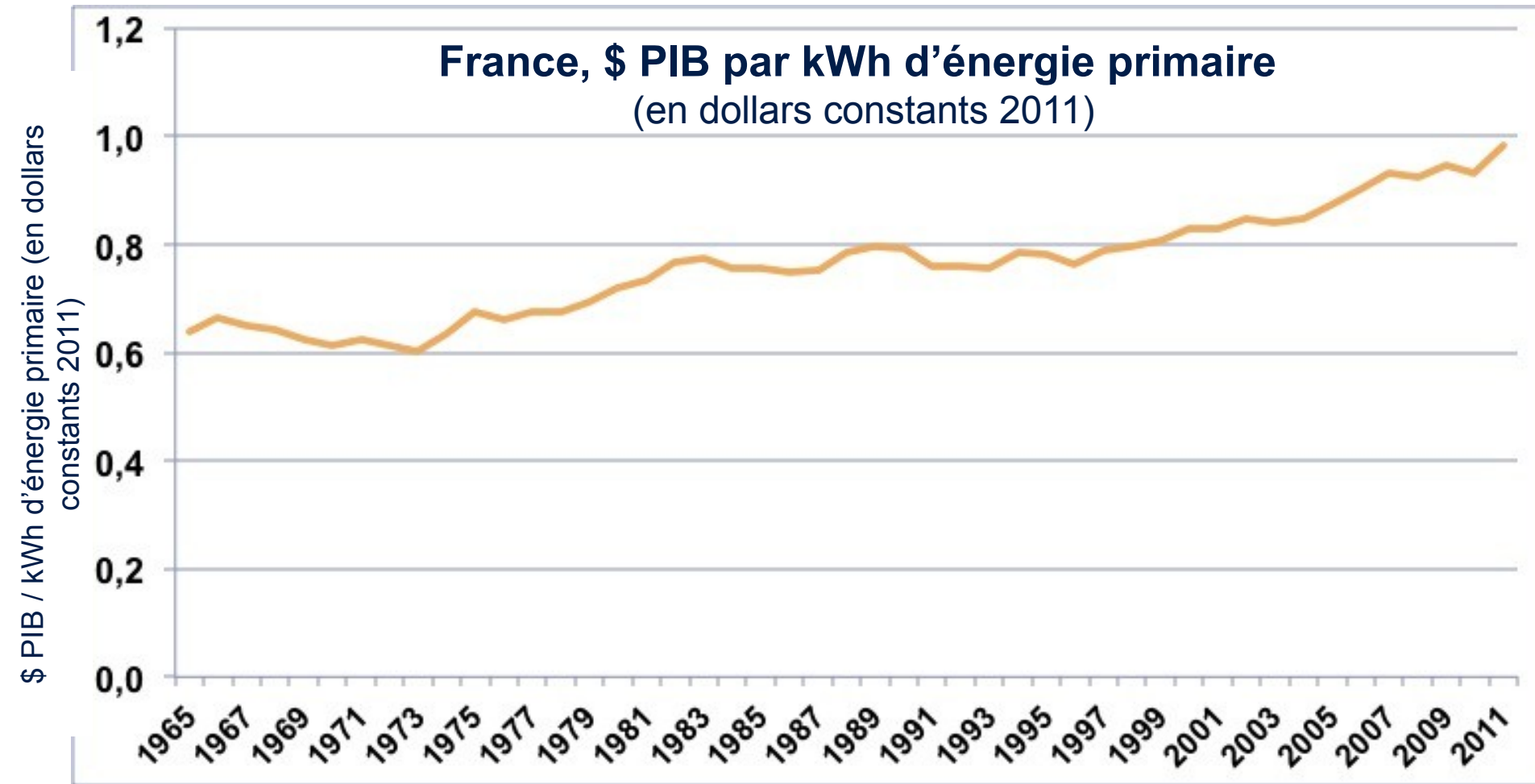
Source: Jancovici, 2012, d'après BP Statistical Review 2012; Banque mondiale

Evolution de la quantité de pétrole consommée par \$ de PIB



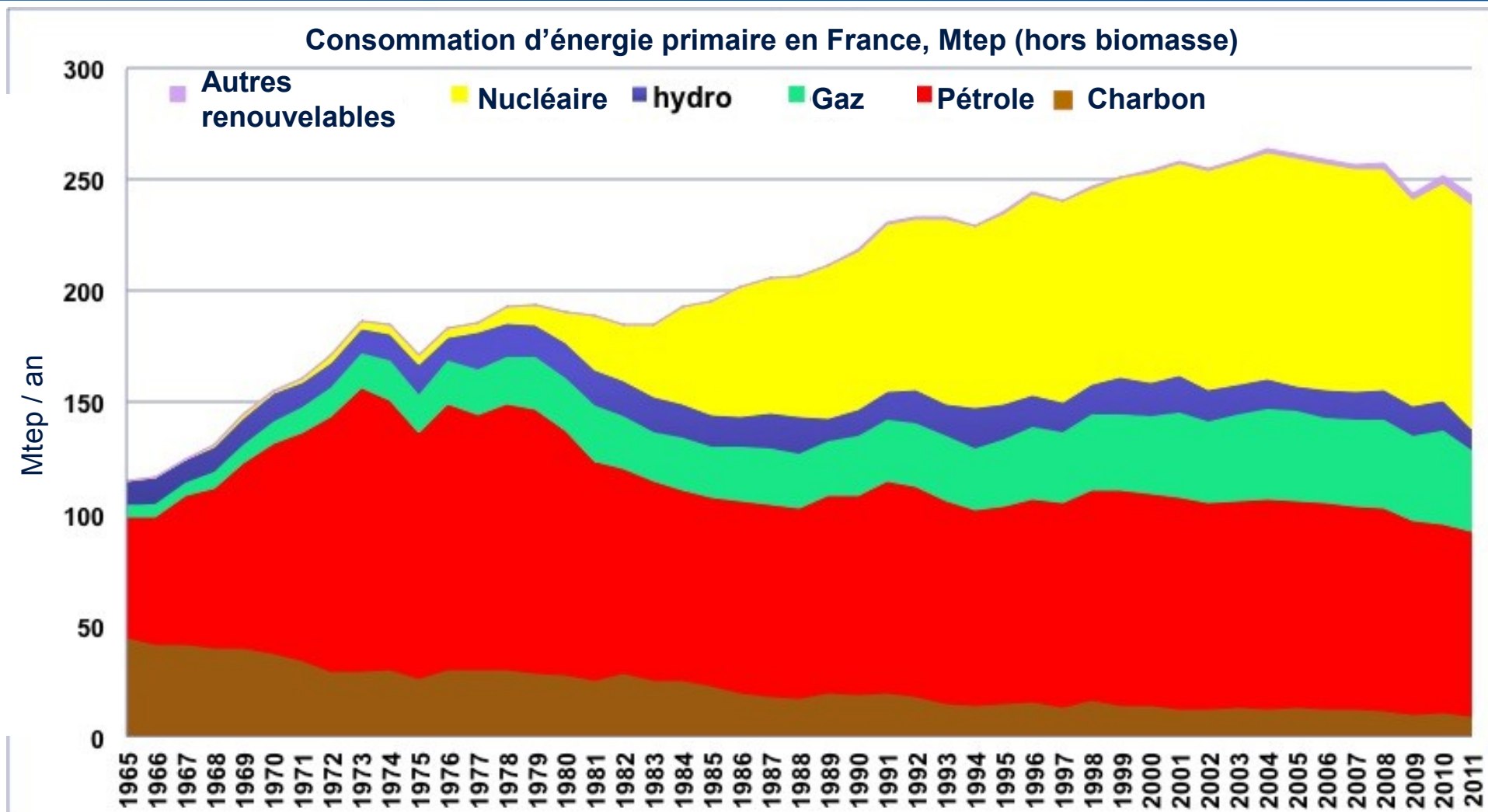
Source: Jancovici, 2012, d'après BP Statistical Review 2012; Banque mondiale

Evolution de l'intensité énergétique du PIB



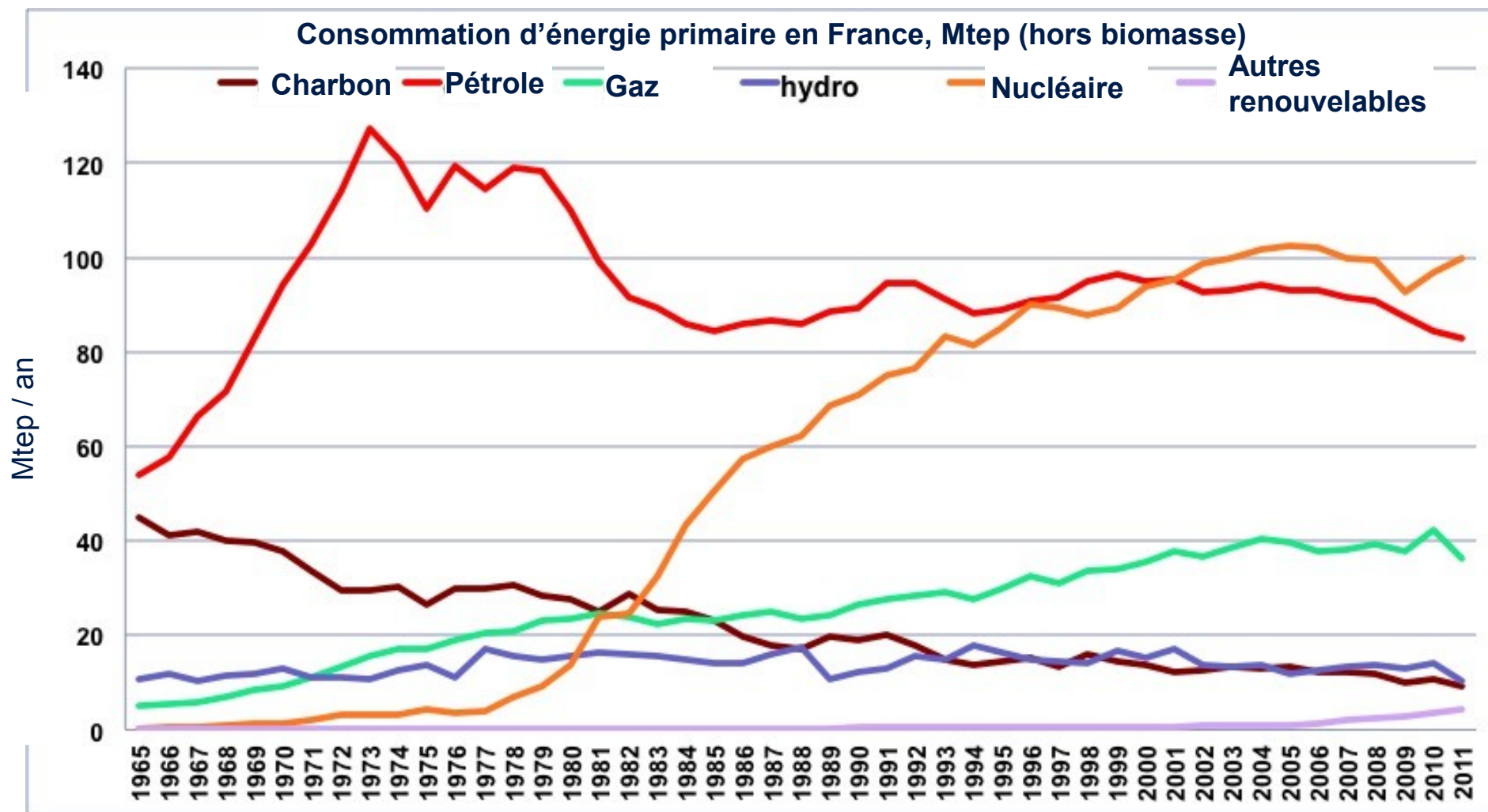
Source: Jancovici, 2012, d'après BP Statistical Review 2012; Banque mondiale

Evolution des consommations d'énergie primaire en France, en Mtep



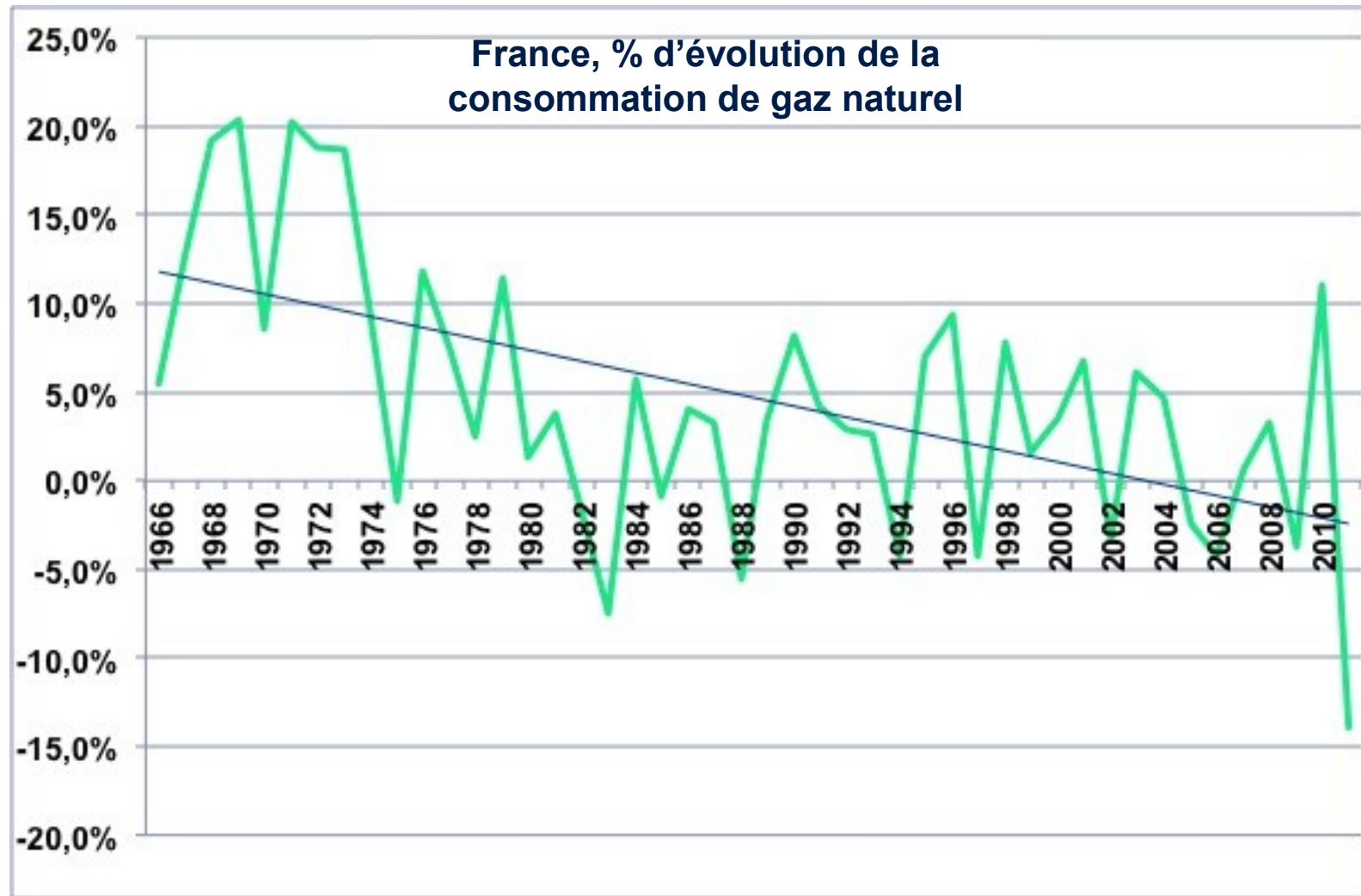
Source: Jancovici, 2012, d'après BP Statistical Review 2012

Evolution des consommations d'énergie primaire par énergie, en Mtep



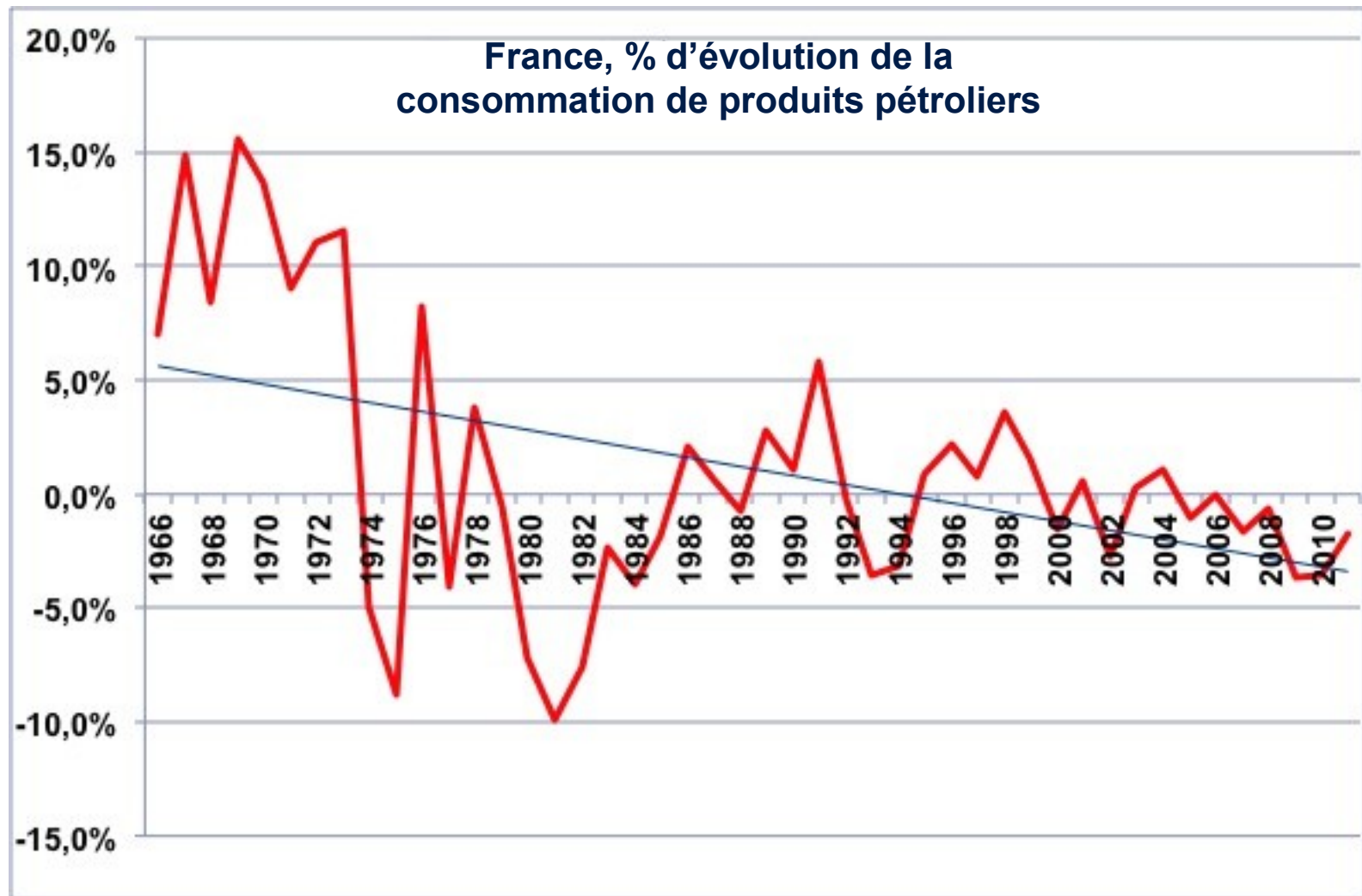
Source: Jancovici, 2012, d'après BP Statistical Review 2012

Evolution de la consommation de gaz naturel



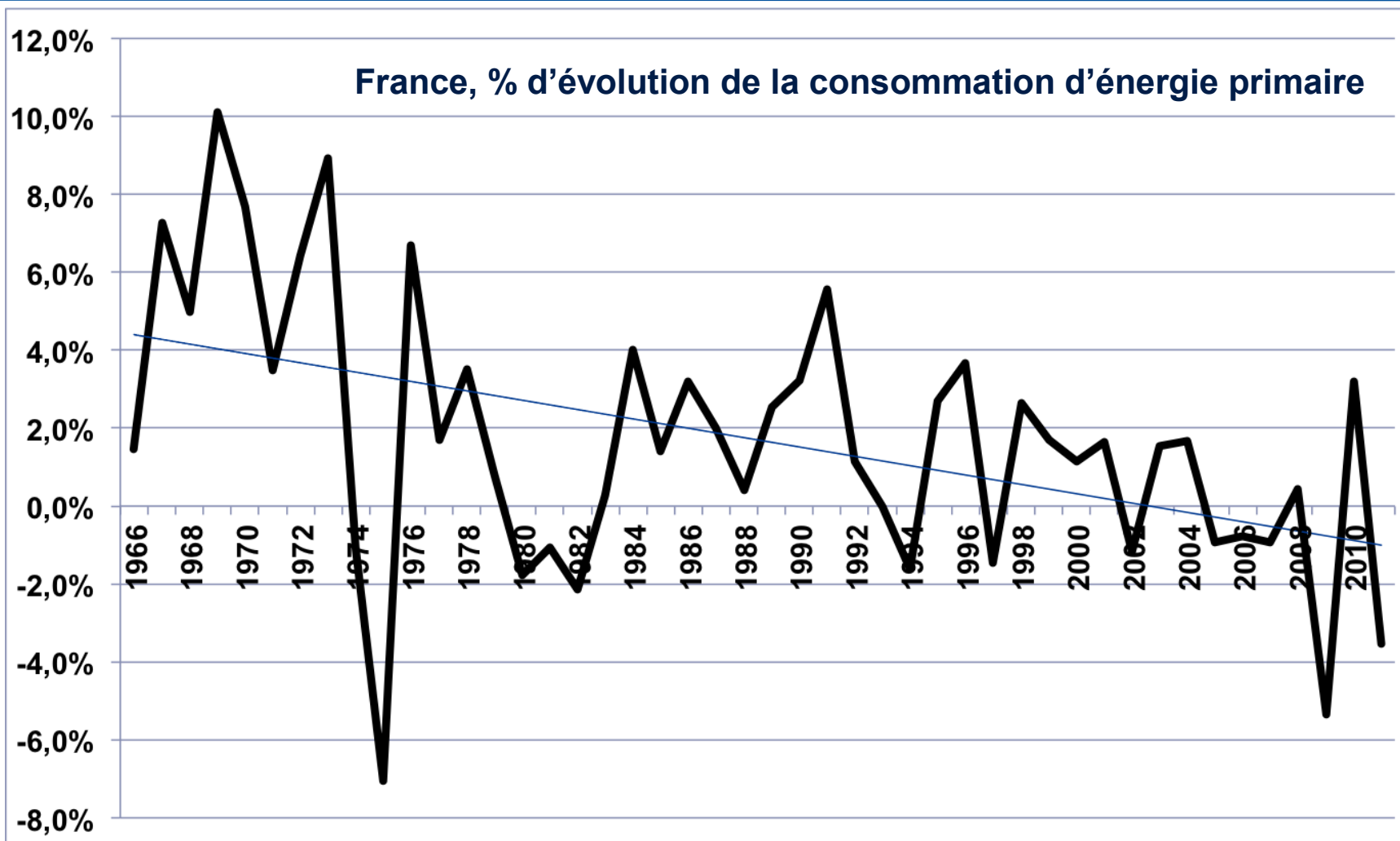
Source: Jancovici, 2012, d'après BP Statistical Review 2012

Evolution de la consommation de produits pétroliers



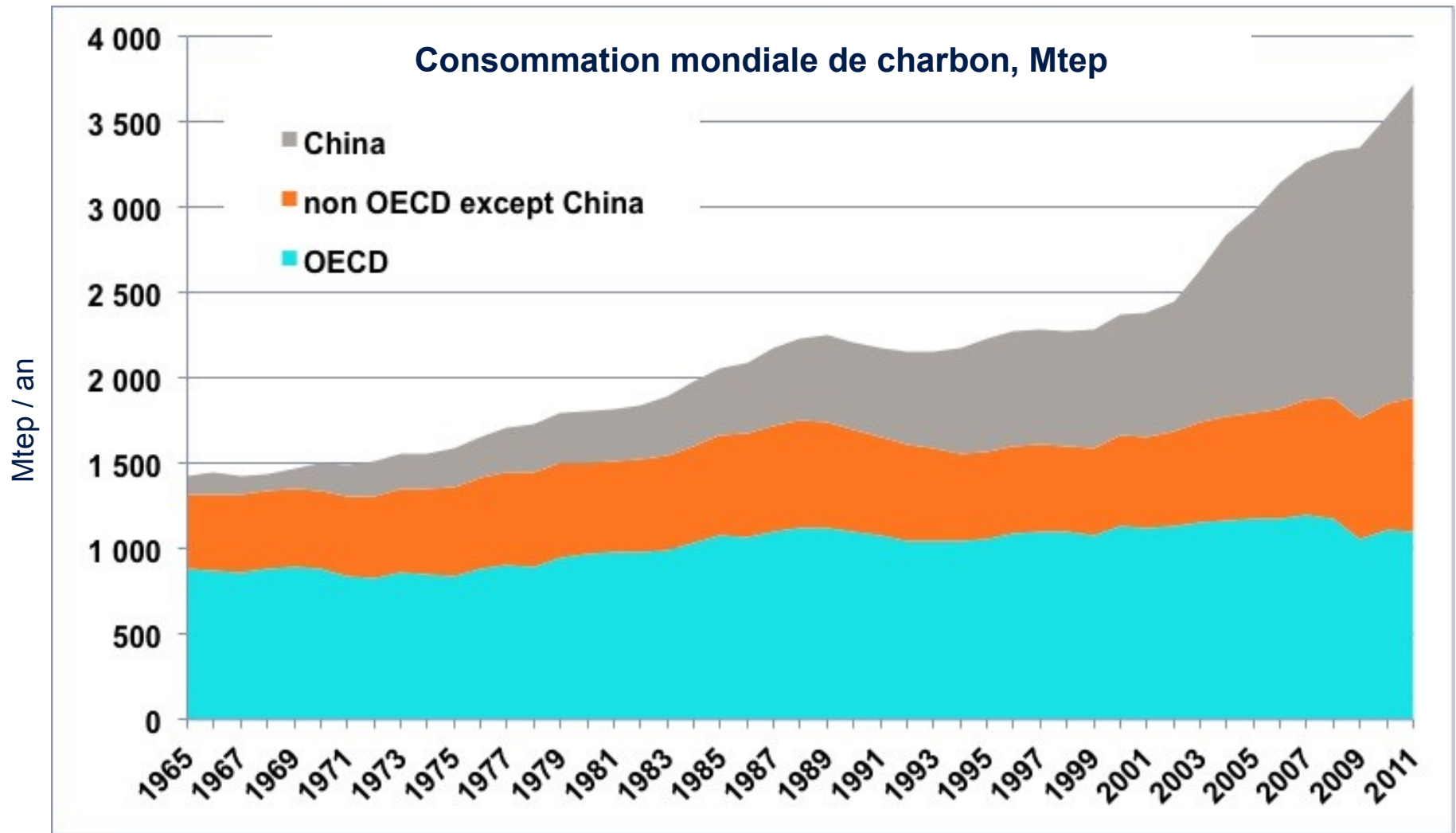
Source: Jancovici, 2012, d'après BP Statistical Review 2012

Evolution de la consommation d'énergie primaire



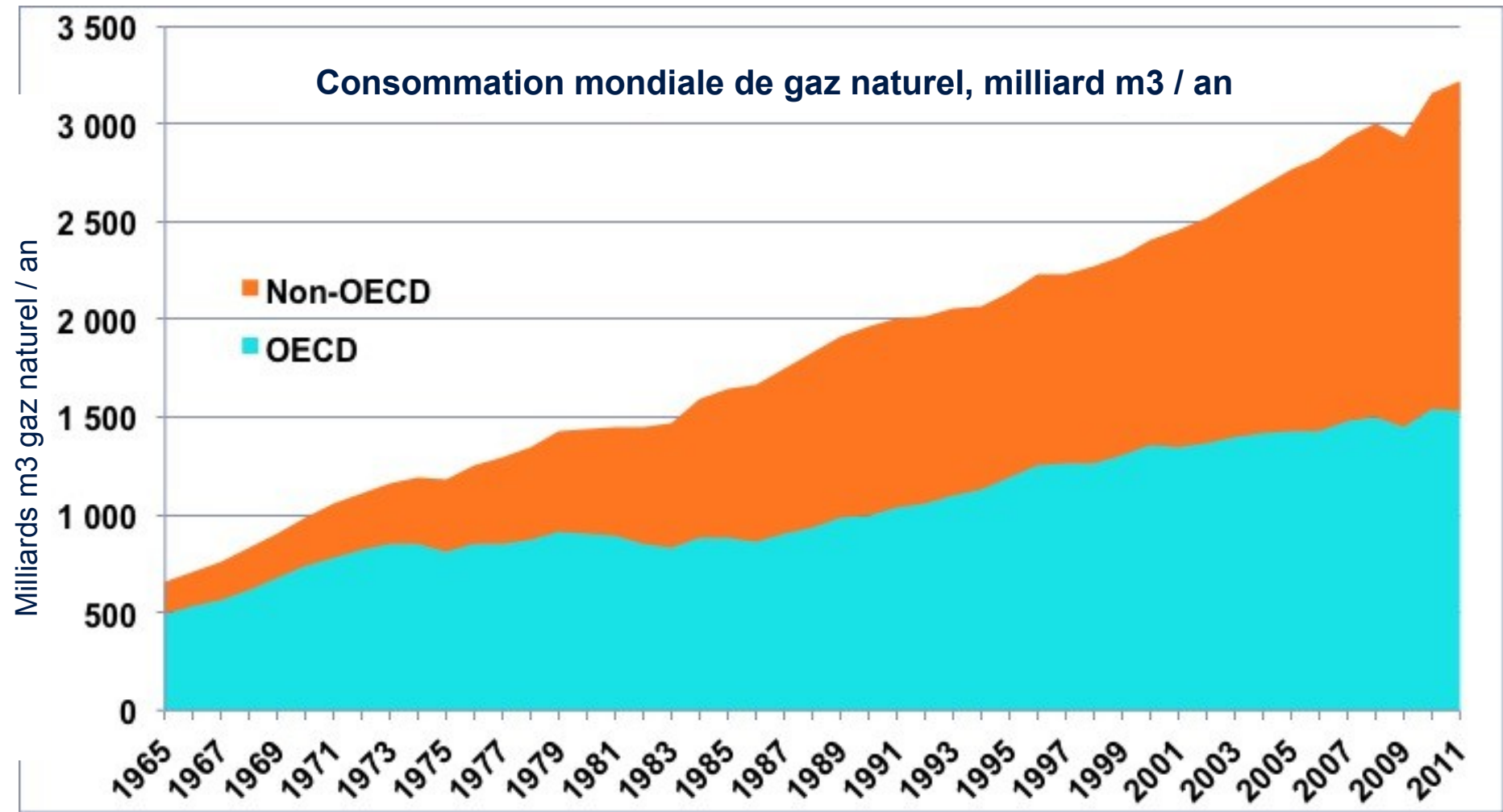
Source: Jancovici, 2012, d'après BP Statistical Review 2012

Evolution de la consommation mondiale de charbon



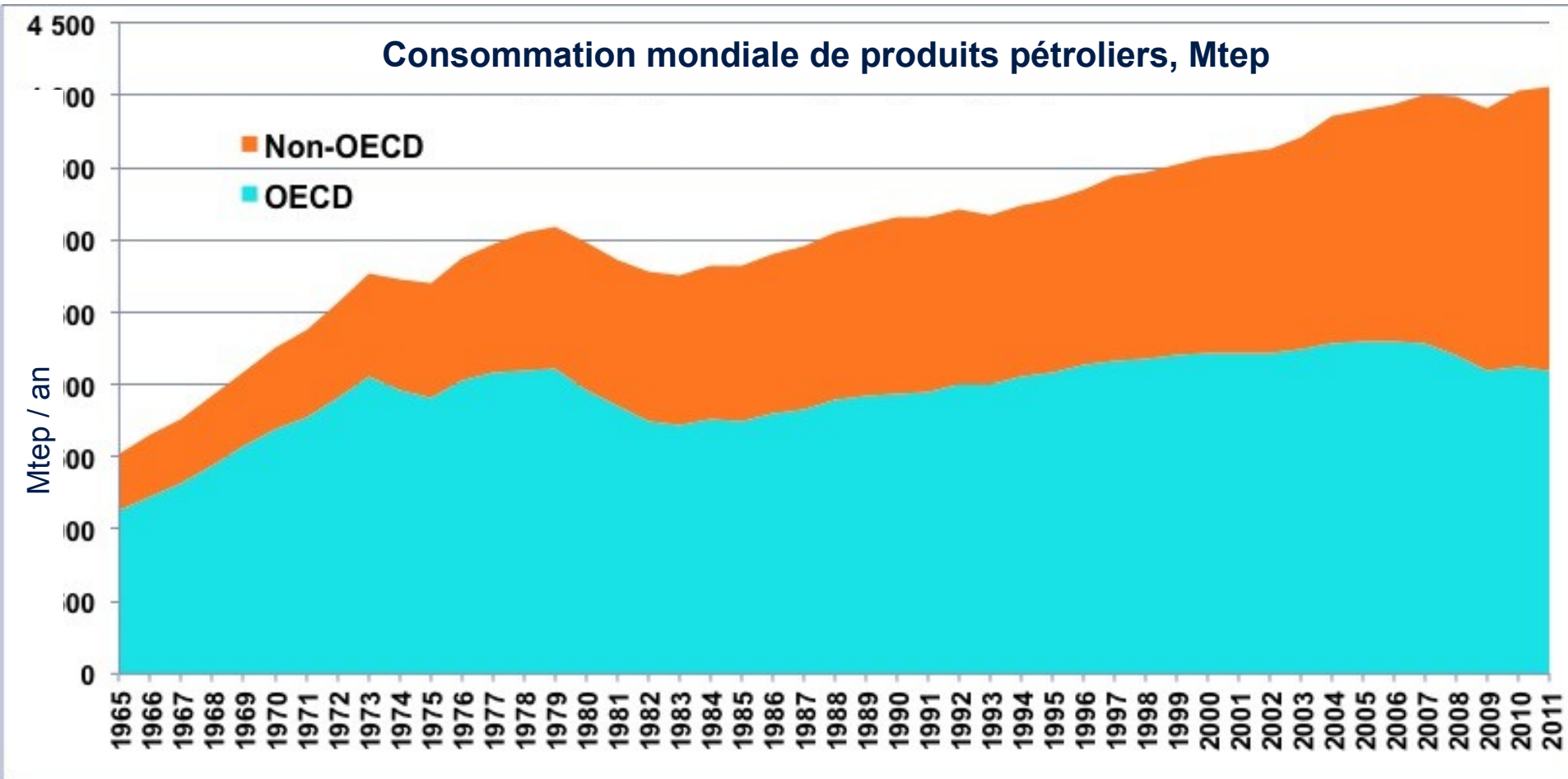
Source: Jancovici, 2012, d'après BP Statistical Review 2012

Evolution de la consommation mondiale de gaz naturel



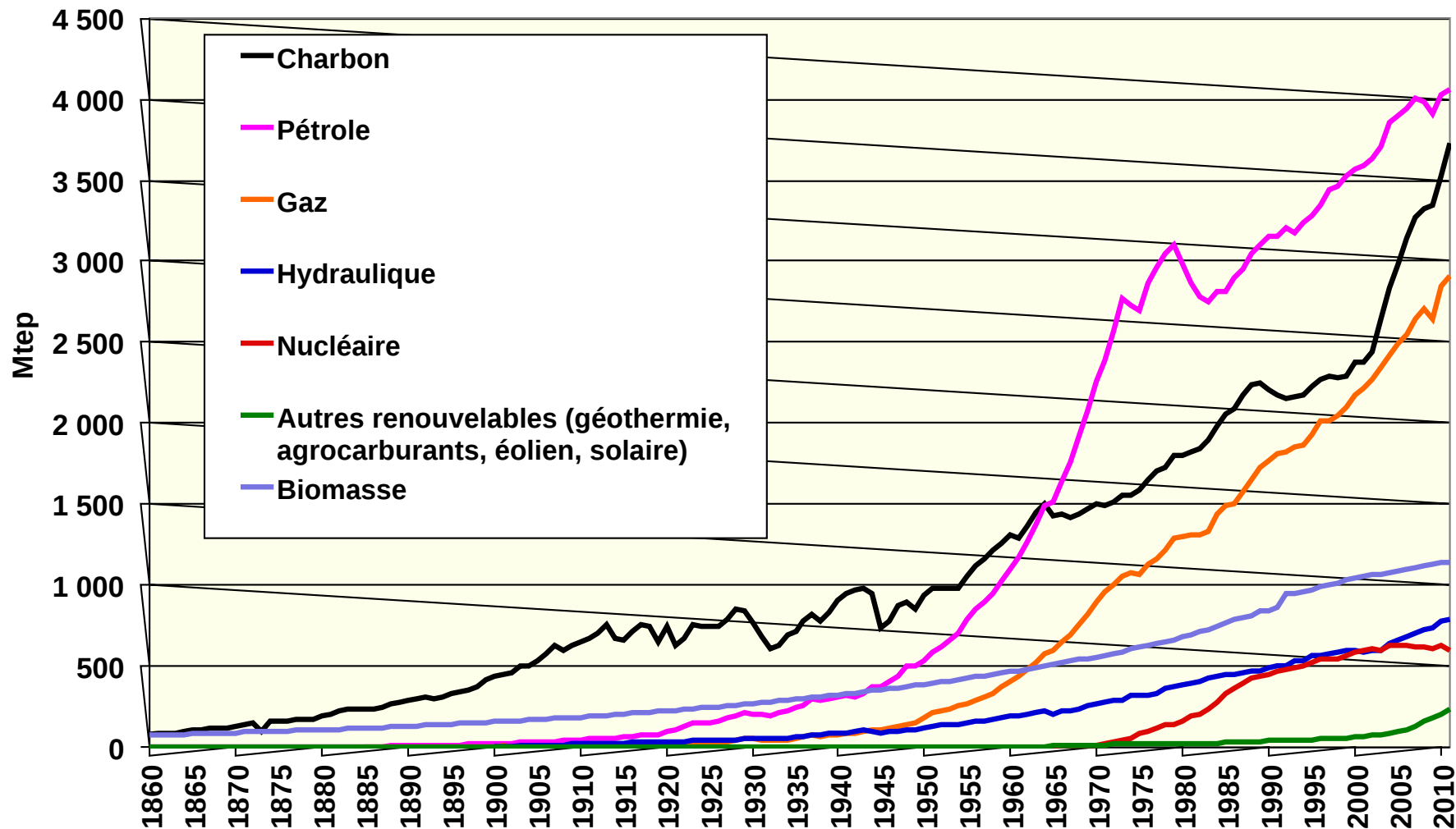
Source: Jancovici, 2012, d'après BP Statistical Review 2012

Evolution de la consommation mondiale de produits pétroliers



Source: Jancovici, 2012, d'après BP Statistical Review 2012

Evolution de la consommation mondiale d'énergie primaire par énergie



Source: Jancovici, 2012, d'après Schilling et al, 1977 ; BP Statistical Review 2012 ; Woods Hole Centre, 2005