

Un monde post-carbone: la dimension énergétique

P. Criqui,
S. Mima,
LEPII-EPE



La dimension énergétique

1. La genèse du scénario post-carbone « non mimétique »
2. Un paradigme énergétique post-carbone



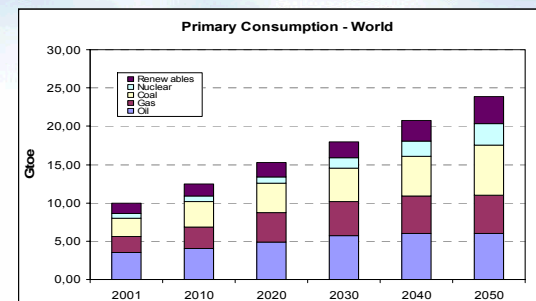
Généalogie des scénarios « Iddri – EpE »

- ◆ **Objet:** analyse des impacts sur les économies et les industries de l'introduction de fortes contraintes d'émission dans la première moitié du XXIème siècle
- ◆ **Outils:** utilisation combinée de deux modèles mondiaux POLES, pour la simulation détaillée du système énergie-industries, IMACLIM, pour la prise en compte des impacts macro-économiques
- ◆ **Méthode:** développement progressif d'une famille de trois scénarios communs, de la projection initiale « Référence », au scénario « Stabilisation 450 CO2 », enfin au scénario « S450 Non Mimétique »



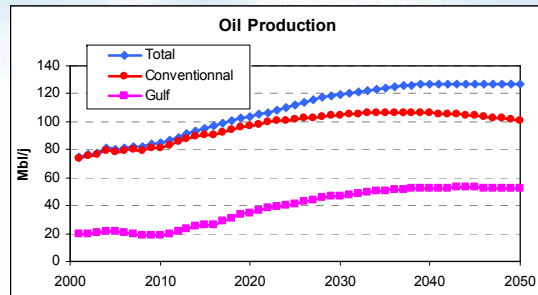
Le monde énergétique dans le scénario « au fil de l'eau »

- ◆ Le scénario sans forte contrainte carbone conduit à un monde énergétique sous tension, avec plus qu'un doublement de la consommation mondiale
- ◆ Malgré les progrès des renouvelables et du nucléaire, les pics pétroliers et gaziers entraînent le grand retour du charbon



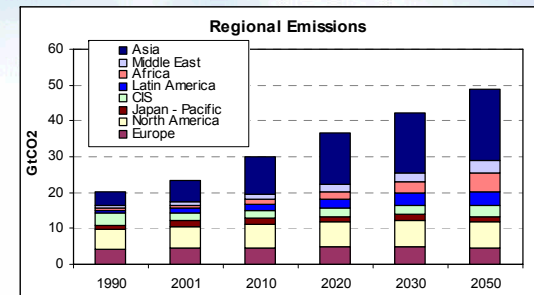
Une durabilité improbable: la question des ressources

- ◆ Le scénario au fil de l'eau suppose un développement « aux limites » des ressources d'hydrocarbures avec la moitié du pétrole mondial produit au Moyen Orient et un fort développement des non-conventionnels
- ◆ Dans ce contexte le prix du pétrole dépasse structurellement les 100\$/bl à partir de 2040, les chocs sont probables avant



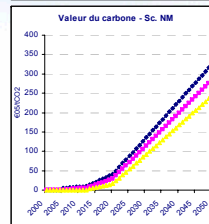
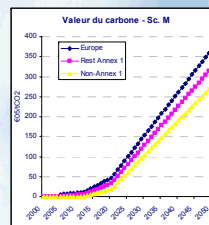
Une durabilité improbable: la question des émissions

- ◆ Les émissions des pays Annexe 1 augmentent peu (de 15 à 16 GtCO₂), mais celles des pays Non-Annexe 1 sont multipliées par cinq sur la période
- ◆ Le doublement des émissions dues au retour du charbon conduit à des scénarios de changement climatique accéléré (> +4°C d'ici la fin du siècle)



Les scénarios de maîtrise du changement climatique

- ◆ Face à cette double impasse, la mise en œuvre de politiques climatiques vigoureuses est souhaitable, elle devient de plus en plus probable
- ◆ Les scénarios Iddri-EpE permettent d'en explorer les conséquences au plans énergétique, industriel et économique
- ◆ L'élément fondamental pour la prise en compte des contraintes énergie-environnement est l'introduction d'un prix du carbone (taxe ou quotas)
- ◆ Le prix du carbone augmente régulièrement jusqu'à 350 €/tCO₂ dans l'Annexe 1 pour le scénario dit « mimétique », 300 €/tCO₂ dans le scénario « non mimétique »

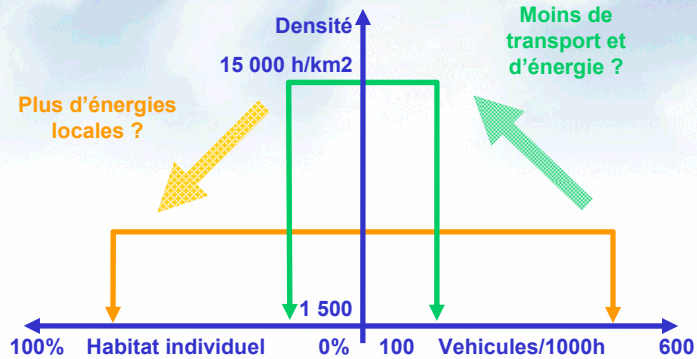


Les variables d'action dans le scénario "non-mimétique"

- ◆ Le scénario non mimétique est construit à partir de l'hypothèse d'une anticipation générale des contraintes environnementales
- ◆ Il suppose des politiques publiques diversifiées, tant du point de vue des instruments que des champs d'action
- ◆ Les variables-clés se structurent sur quatre niveaux:
 1. Les portefeuilles de technologies et leurs performances en termes d'émission, dans une logique de changement technique induit
 2. L'organisation industrielle et son intensité en transports
 3. Les modèles de consommation (taille des logements, taux d'équipements automobile, intensité d'usage)
 4. Le devenir des villes, en particulier dans les pays émergents (villes denses ou villes étalées)



Le noeud gordien: urbanisation – bâtiment – transports



Quelques hypothèses du scénario non mimétique

- ◆ Réorientation du changement technique
 - Pénétration du photovoltaïque, programme d'aides et subventions
 - Réorganisation des modèles de production et de logistique industrielle
- ◆ Réorganisation du secteur électrique
 - Production plus décentralisée dans les zones d'habitat diffus
 - Optimisation des réseaux dans les zones d'habitat dense
- ◆ Actions sur les déterminants de long-terme des émissions :
 - Limitations des infrastructures de transport routier
 - Extension des infrastructures de transport collectif rapide
 - Rénovation urbaine et nouveaux modèles d'aménagement



La dimension énergétique

1. La genèse du scénario post-carbone « non mimétique »

2. Un paradigme énergétique post-carbone



Le scénario post-carbone

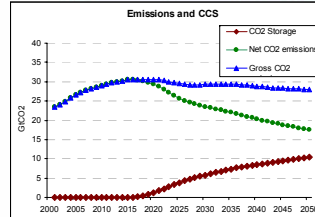
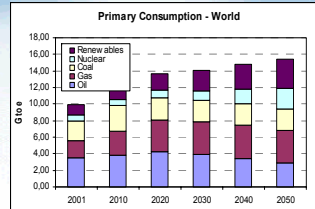
- ◆ Le profil de stabilisation à 450 ppm CO₂ retenu dans l'étude n'est pas un scénario extrême, il correspond aux scénarios de Catégorie III dans la nomenclature IPCC-AR4
- ◆ Celle-ci impose un plafonnement des émissions entre 2010 et 2030 et un retour en 2050 vers -30% à +5% des émissions 2000

Category	Radiative forcing (W/m ²)	CO ₂ concentration ⁽¹⁾ (ppm)	CO ₂ -eq concentration ⁽²⁾ (ppm)	Global mean temperature increase above pre-industrial at equilibrium, using "best estimate" climate sensitivity ^{(3), (4)} (°C)	Peaking year for CO ₂ emissions ⁽⁴⁾	Change in global CO ₂ emissions in 2050 (% of 2000 emissions) ⁽⁴⁾
I	2.5-3.0	350-400	445-490	2.0-2.4	2000-2015	-85 to -50
II	3.0-3.5	400-440	490-535	2.4-2.8	2000-2020	-60 to -30
III	3.5-4.0	440-485	535-590	2.8-3.2	2010-2030	-30 to +5
IV	4.0-5.0	485-570	590-710	3.2-4.0	2020-2060	+10 to +60
V	5.0-6.0	570-660	710-855	4.0-4.9	2050-2080	+25 to +85
VI	6.0-7.5	660-790	855-1130	4.9-6.1	2060-2090	+90 to +140



Les fondamentaux du scénario S450-NM

- ◆ Le scénario post-carbone permet de ramener les émissions de 2050 à -25% de leur niveau 2000
- ◆ Pour le secteur énergétique, il se caractérise avant tout par une demande mondiale en 2050 d'un tiers inférieure à celle de la Référence (16 Gtep contre 24)
- ◆ La quantité totale de fossiles consommés augmente très faiblement jusqu'en 2050, mais 40% des émissions sont capturées et stockées



Séminaire Post-Carbone

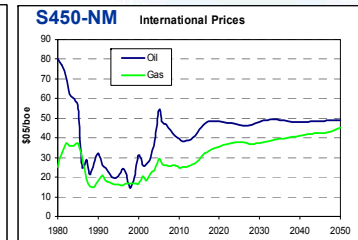
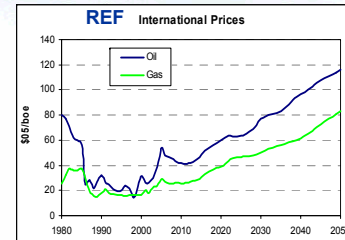
Etude Iddri-EpE

Paris 19 mai 2009

13

Un impact majeur sur les équilibres énergétiques

- ◆ A partir de 2020, les politiques climatiques conduisent à un nouvel équilibre des marchés énergétiques avec une stabilisation du prix du pétrole (50\$/bl) et une légère hausse de celui du gaz
- ◆ Ce nouveau cours des marchés énergétiques traduit aussi une gestion plus durable des ressources mondiales d'hydrocarbures: pétrole et gaz redeviennent relativement abondants et bon marché !



Séminaire Post-Carbone

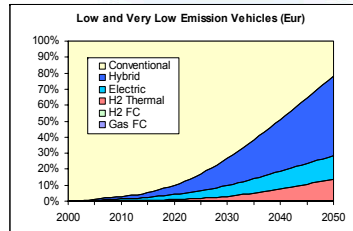
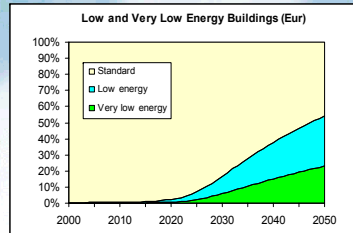
Etude Iddri-EpE

Paris 19 mai 2009

14

Bâtiments et véhicules TBE

- ◆ Une dimension essentielle des scénarios post-carbone est celle de la diffusion des équipements Basse Energie ou Basses Emissions
- ◆ Pour l'Europe, le scénario S450-NM suppose que plus de 50% des bâtiments sont en 2050 Basse ou Très Basse Energie
- ◆ Ceci suppose un effort massif non seulement dans la construction mais aussi dans la réhabilitation thermique de l'existant
- ◆ Dans les transports la part des véhicules alternatifs serait plus importante, 80% en 2050
- ◆ Sur le moyen terme, le véhicule électrique prend une nette avance sur l'hydrogène



Séminaire Post-Carbone

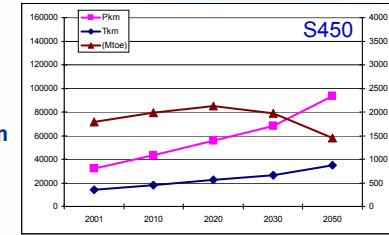
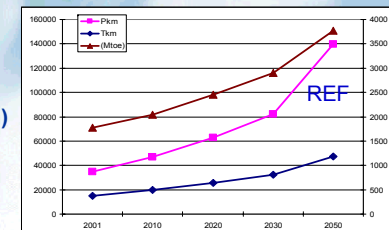
Etude Iddri-EpE

Paris 19 mai 2009

15

Le découplage énergie / transports

- ◆ Dans le scénario de Référence, la croissance des transports (triple des Tkm, quadruplement des Pkm) s'accompagne d'une forte croissance des consommations (doublement des Mtep)
- ◆ Dans S450-NM, le découplage est atteint, avec une baisse des consommations à partir de 2020, alors que Tkm et Pkm augmentent encore (respectivement x3 et x2)



Séminaire Post-Carbone

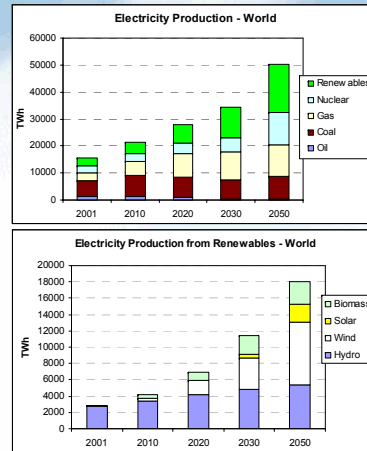
Etude Iddri-EpE

Paris 19 mai 2009

16

Une restructuration profonde des systèmes électriques

- ◆ A l'horizon 2050, l'électricité apparaît comme un vecteur privilégié de la décarbonisation
- ◆ La production mondiale continue à progresser fortement, mais en 2050, 60% de la production totale provient d'énergies non carbonées, renouvelables ou nucléaire
- ◆ Au sein des renouvelables, l'éolien devient en 2050 plus important que l'hydraulique, alors que commence le développement massif du solaire électrique



Propos d'étape: enjeux énergétiques - 1

- ◆ Le scénario S450-NM offre une vision globale de ce que pourrait être un nouveau paradigme énergétique (largement) décarboné
- ◆ Sa principale caractéristique est qu'il mobilise toutes les options car il n'y a pas en ce domaine de « silver bullet » (ou d'ile au trésor):
 - Efficacité énergétique et technologies Très Basse Consommation
 - Energies renouvelables
 - Nucléaire
 - Capture et Stockage du Carbone



Propos d'étape: enjeux énergétiques - 2

- ◆ Sa seconde caractéristique est que la gestion du problème climatique fait apparaître un double dividende incontestable, celui de la meilleure soutenabilité du profil d'exploitation d'hydrocarbures; ces ressources seraient sinon l'objet d'une forte concurrence entre les nations
- ◆ Mais le scénario post-carbone suppose des politiques diversifiées, allant de l'introduction d'un prix du carbone au développement d'infrastructures urbaines et de transport appropriées, en passant par les politiques de R&D et de Technology-Push

