



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Les objectifs post Copenhague des pays émergents :
analyse prospective des scénarios issus de TIAM-FR.

S. Selosse, E. Assoumou, N. Maïzi

Centre de Mathématiques Appliquées, MINES ParisTech
Chaire Modélisation prospective au service du développement durable

Journée de la Chaire
mercredi 17 novembre 2010

La place des pays pour les questions d'énergie



Chaire ParisTech Modélisation prospective
au service du développement durable

Basculement de la consommation d'énergie primaire

Regional Consumption Shares, 2000

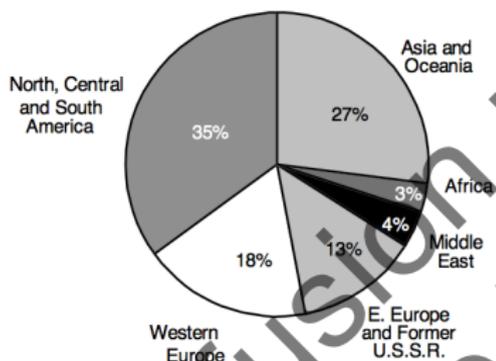


Figure: Source: AER 2000.

Regional Consumption Shares, 2007

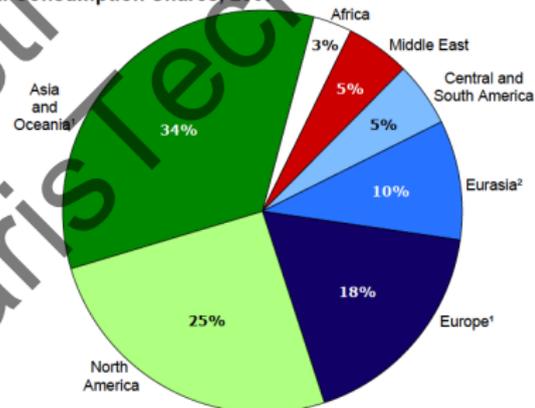


Figure: Source: AER 2009.

Evolution de la répartition de la consommation primaire par région.

Un mix électrique marqué régionalement (2007) Source: AER 2009

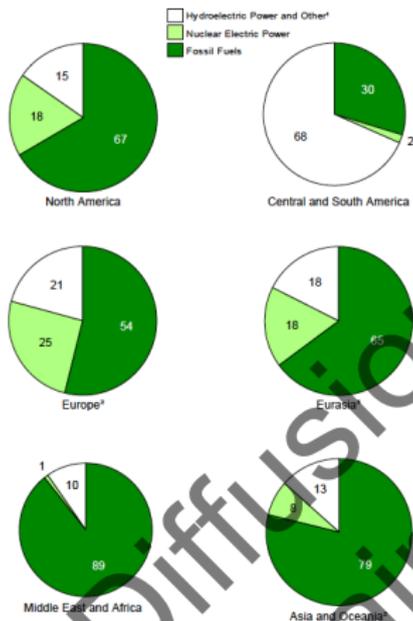


Figure: Répartition du Mix de production électrique par région (2007). Source: AER 2009.

Un mix électrique marqué régionalement (2007) Source: AER 2009



Figure: Répartition du Mix de production électrique par région (2007). Source: AER 2009.

Un mix électrique marqué régionalement (2007) Source: AER 2009



Figure: Répartition du Mix de production électrique par région (2007). Source: AER 2009.

Un mix électrique marqué régionalement (2007) Source: AER 2009

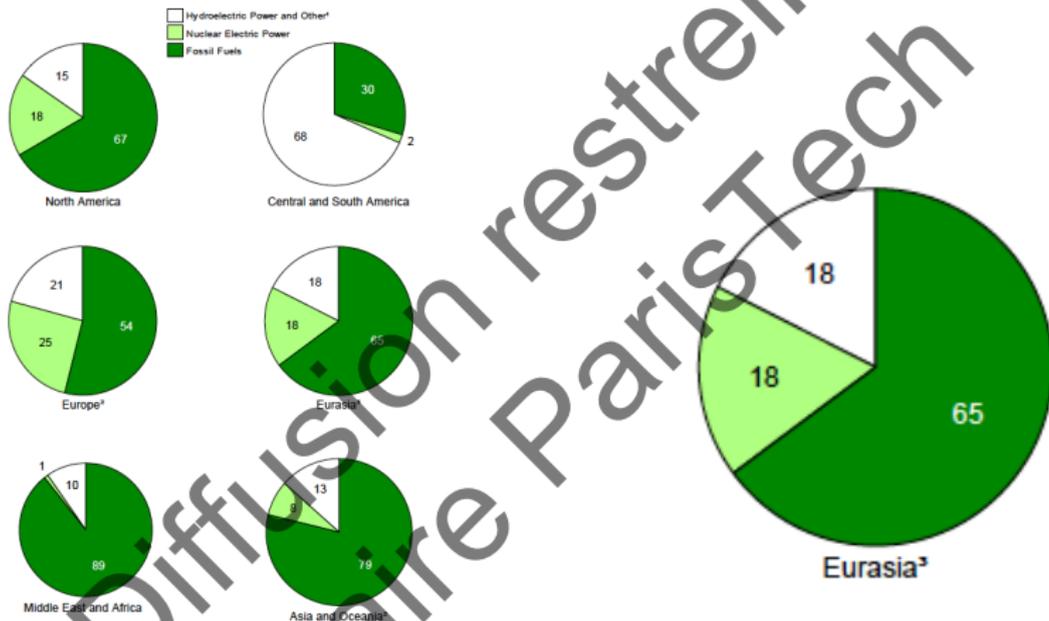


Figure: Répartition du Mix de production électrique par région (2007). Source: AER 2009.

Un mix électrique marqué régionalement (2007) Source: AER 2009



Figure: Répartition du Mix de production électrique par région (2007). Source: AER 2009.

Un mix électrique marqué régionalement (2007) Source: AER 2009

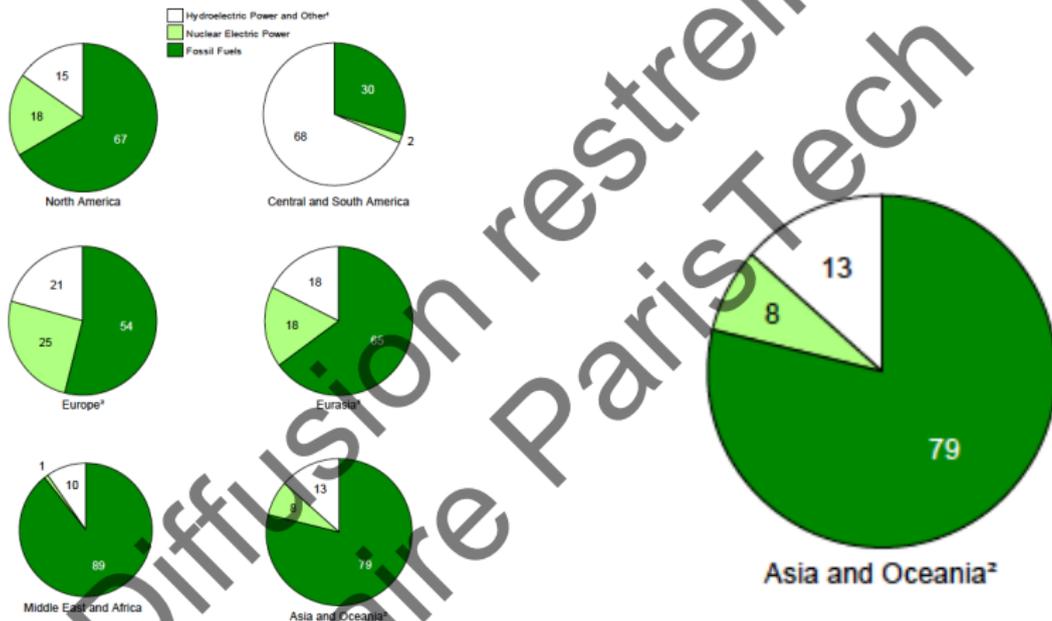


Figure: Répartition du Mix de production électrique par région (2007). Source: AER 2009.

Un mix électrique marqué régionalement (2007) Source: AER 2009

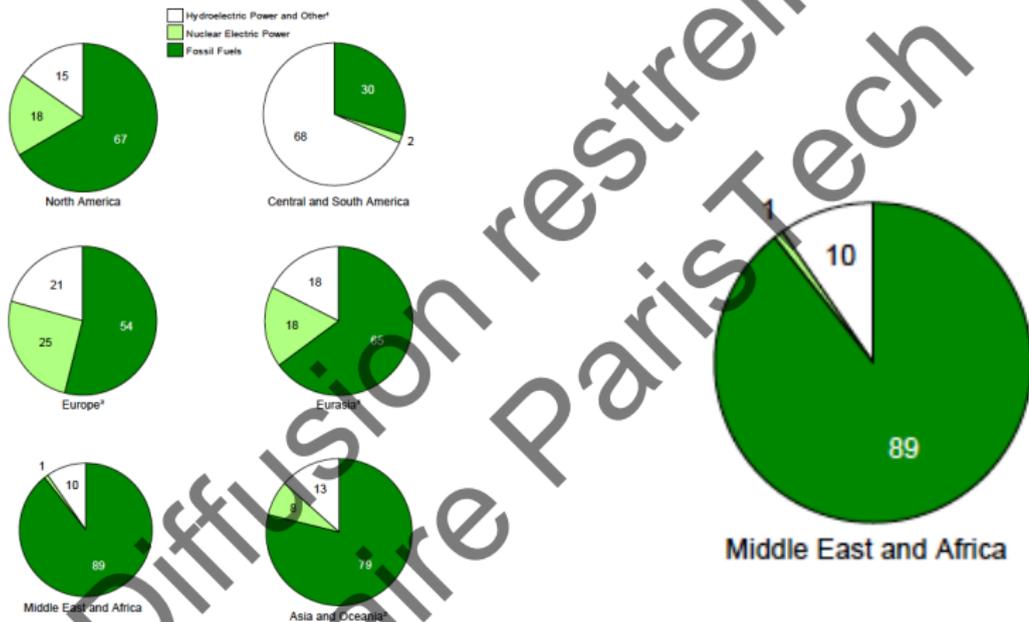


Figure: Répartition du Mix de production électrique par région (2007). Source: AER 2009.

Explosion régionale de la consommation de fossiles

Selected Countries, 1980-2008

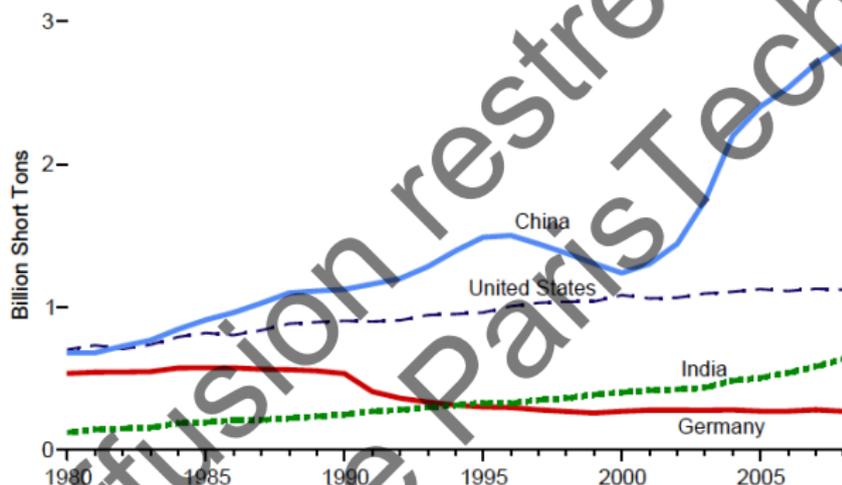


Figure: World Coal Consumption for top consuming countries.

Source: AER 2009.

Poids régional des émissions de dioxyde de carbone renversé

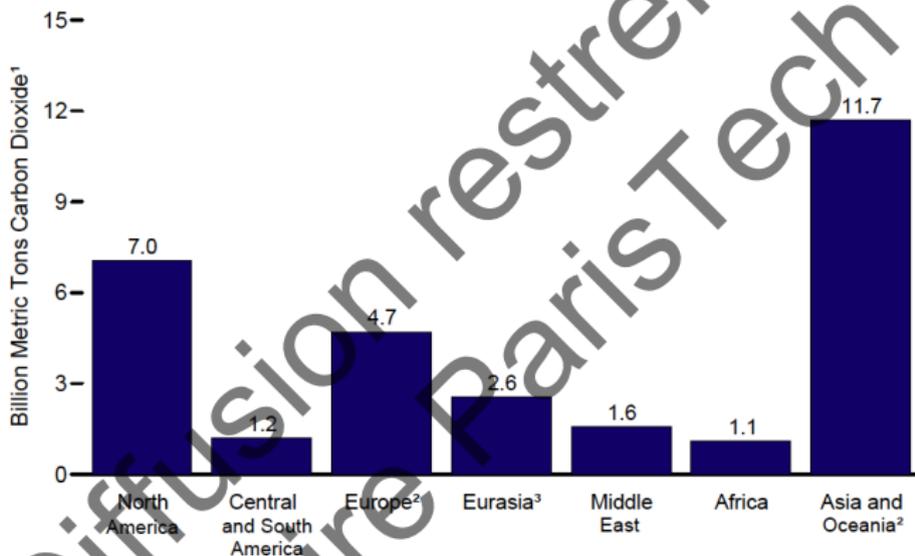


Figure: World Carbon Dioxide Emissions From Energy Consumption in 2007.

Source: AER 2009.

Les engagements post-Copenhague lisibilité et périmètre



Chaire ParisTech Modélisation prospective
au service du développement durable

limiter l'accroissement de la température à 2° C

régions	année de référence	niveau d'engagement	% de réduction	type de réduction
Western WEU + Eastern Europe	1990	<i>Low</i>	20 %	Emissions
		<i>Up</i>	30 %	
Japan JPN	1990	<i>Fix</i>	25 %	Emissions
Australia New-Zealand AUS	2000	<i>Low</i>	5 %	Emissions
		<i>Up</i>	25 %	
United States* USA	2005	<i>Fix</i>	17 %	Emissions
Canada* CAN	2005	<i>Fix</i>	17 %	Emissions
China CHI	2005	<i>Low</i>	40 %	Intensité carbone
		<i>Up</i>	45 %	
India IND	2005	<i>Low</i>	20 %	Intensité carbone
		<i>Up</i>	25 %	

Engagements post-Copenhague pour 2020

Prolongement des hypothèses à 2050 pour TIAM-FR

régions	année de référence	niveau d'engagement	% de réduction	type de réduction
WEU, EEU et JPN	1990	Low	60 %	Emissions
		Up	80 %	
AUS	2000	Low	60 %	Emissions
		Up	80 %	
CHI	2005	Low	90 %	Emissions
		Up	10 %	Intensité
IND	2005	Low	60 %	Emissions
		Up	10 %	Intensité

Table: Hypothèses de prolongement des réductions par Région pour 2050

*  USA/CAN engagés à réduire de :
30% en 2025, 42% en 2030 et 83% en 2050 leurs **Emissions**

Réflexion prospective autour des engagements climatiques

➡ A partir de **3 scénarios** reflétant une contrainte sur les émissions de CO₂ uniquement:

- 1 Distribuée régionalement pour respecter les engagements Post Copenhague :

Engagements hauts

Scénario Optimiste

Engagements bas

Scénario Pessimiste

- 2 Appliquée au niveau mondial :

Redistribution régionale de la
contrainte carbone

Scénario 2.5 W/m²

Réflexion prospective autour des engagements climatiques

➡ A partir de **3 scénarios** reflétant une contrainte sur les émissions de CO₂ uniquement:

- 1 Distribuée régionalement pour respecter les engagements Post Copenhague :

Engagements hauts

Scénario Optimiste

Engagements bas

Scénario Pessimiste

- 2 Appliquée au niveau mondial :

Redistribution régionale de la
contrainte carbone

Scénario 2.5 W/m²

L'outil prospectif : charnière entre sciences et décisions

Vision pluridisciplinaire à travers l'outil prospectif MARKAL-Times

économie, physique, optimisation, ...

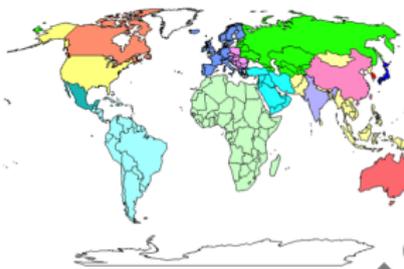


Figure: Découpage régional du modèle mondial TIAM-FR

Diffusion restreinte
Chaire ParisTech

L'outil prospectif : charnière entre sciences et décisions

Vision pluridisciplinaire à travers l'outil prospectif MARKAL-Times

économie, physique, optimisation, ...

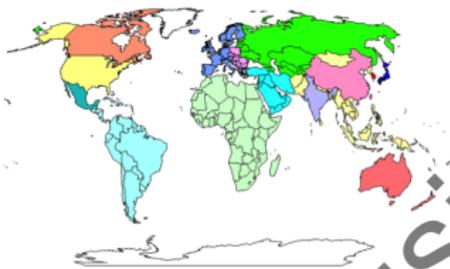


Figure: Découpage régional du modèle mondial TIAM-FR

- 1 Une communauté d'utilisateurs au sein de l'ETSAP (Energy Technology Systems Analysis Programme) sous l'égide de l'AIE
- 2 Une approche par programmation linéaire
- 3 Un horizon temporel de 2000 à 2100
- 4 Une désagrégation géographique en 15 régions
- 5 Un module climatique intégré

Les enjeux de la Prospective

La démarche

Explorer le futur
à partir de la
connaissance du présent et du
passé

L'objectif

Dans le but d'examiner les
évolutions possibles
en fonction
des décisions prises, des
actions réalisées.

Diffusion restreinte
Chaire ParisTech

*La prospective regarde en avant.
Le regard est pour elle le premier temps de l'action*
Pierre Massé

Les enjeux de la Prospective

La démarche

Explorer le futur
à partir de la
connaissance du présent et du
passé

L'objet

Dans le but d'examiner les
évolutions possibles
en fonction
des décisions prises, des
actions réalisées.

Diffusion Testeint
Chaire ParisTech

*La prospective regarde en avant.
Le regard est pour elle le premier temps de l'action*

Pierre Massé

Les enjeux de la Prospective

La démarche

Explorer le futur
à partir de la
connaissance du présent et du
passé

L'objet

Dans le but d'examiner les
évolutions possibles
en fonction
des décisions prises, des
actions réalisées.

*La prospective regarde en avant.
Le regard est pour elle le premier temps de l'action*

Pierre Massé

Conséquences globales, régionales et sectorielles des engagements



Chaire ParisTech Modélisation prospective
au service du développement durable

L'impact des contraintes CO₂ sur l'horizon prospectif

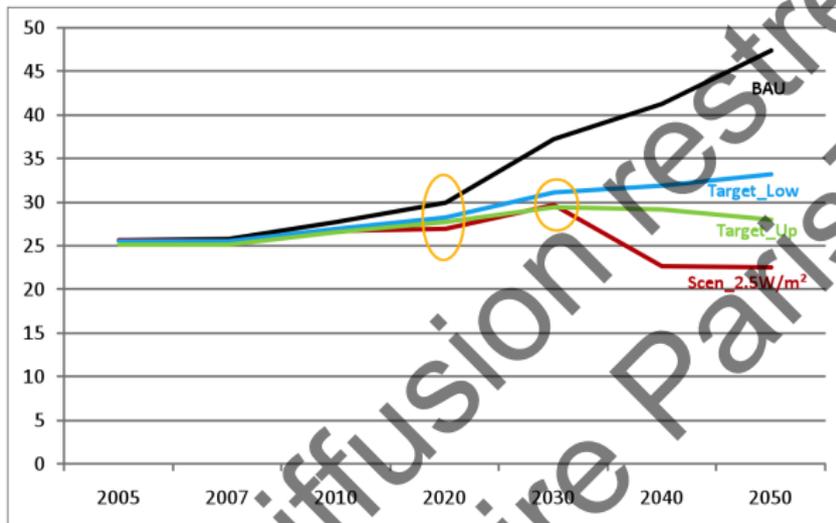


Figure: Emissions de CO₂ en Gt

- Contraintes sur les émissions de CO₂ du système énergétique
- Deux échéances : 2020 et 2050
- Deux points de cassure : si 2020 est encore ouvert, l'orientation pour 2030 semble décisive

L'impact des contraintes CO₂ sur l'horizon prospectif

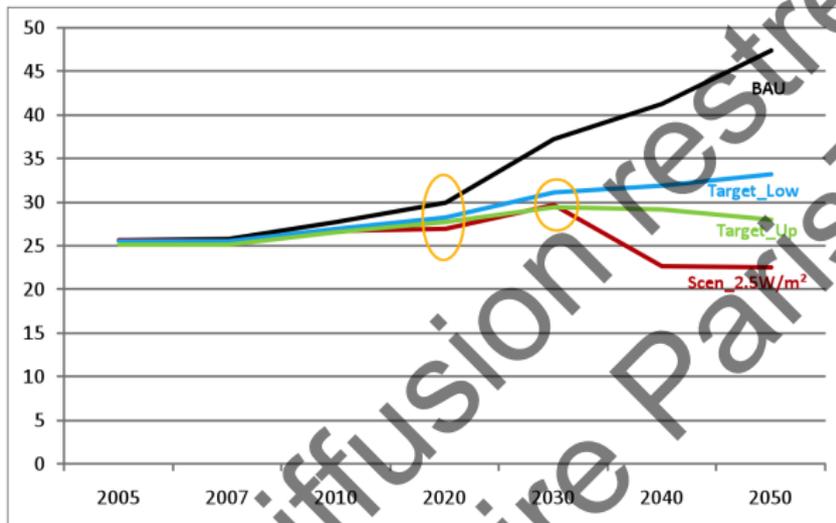


Figure: Emissions de CO₂ en Gt

- Contraintes sur les émissions de CO₂ du système énergétique
- Deux échéances : 2020 et 2050
- Deux points de cassure : si 2020 est encore ouvert, l'orientation pour 2030 semble décisive

Caractère captif de l'énergie primaire

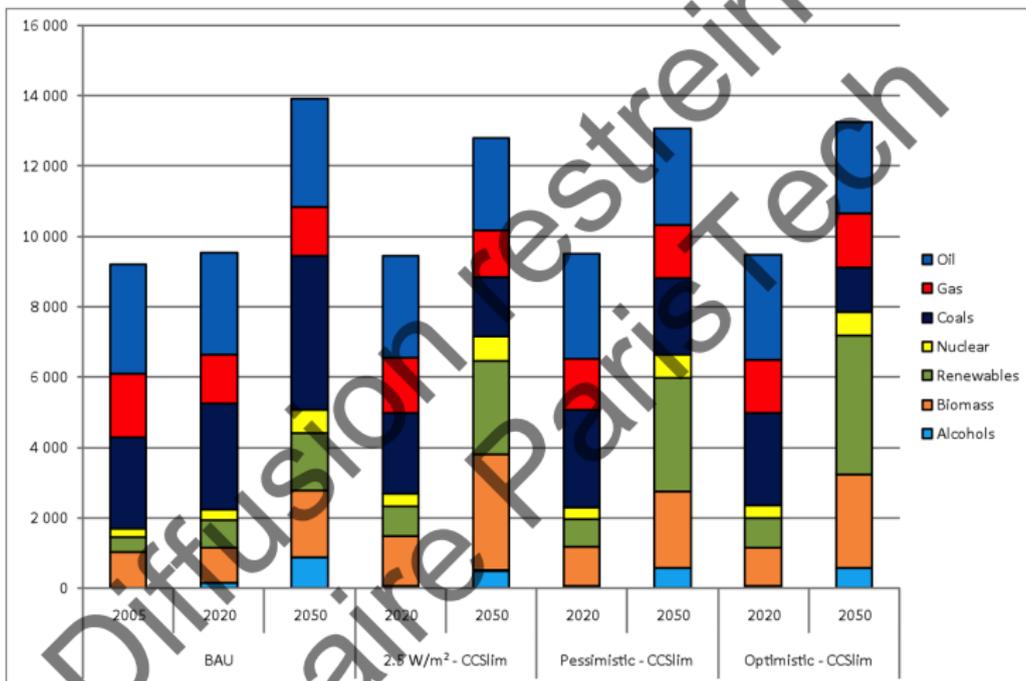
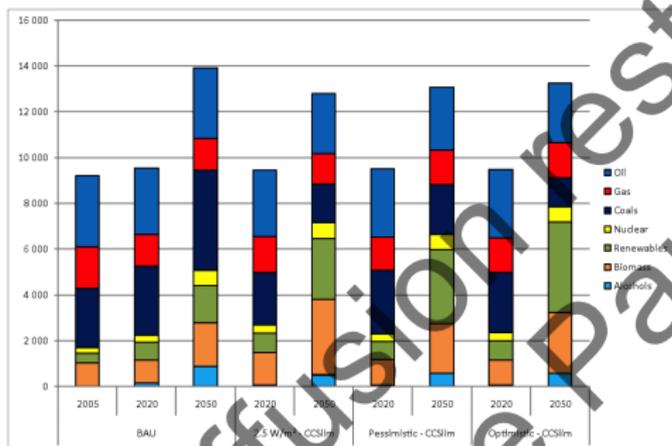


Figure: Consommation en énergie primaire en Mtep

Caractère captif de l'énergie primaire



Principales tendances

- Parts de pétrole/gaz/charbon quasi incompressibles
- Scénario 2.5 W/m²: moins "gourmand", plus "vert"

Figure: Energie primaire par ressource en Mtep

Partage contrasté du fardeau des émissions par secteurs

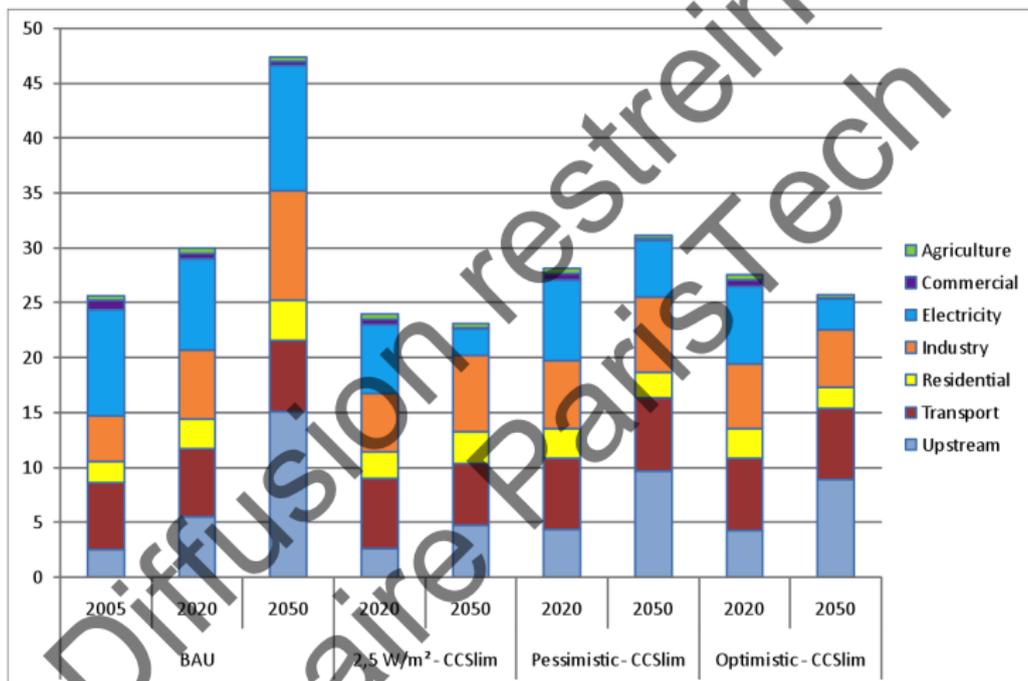


Figure: Emissions de CO₂ de la consommation finale en Gt

Nouvelle nature du mix de production électrique

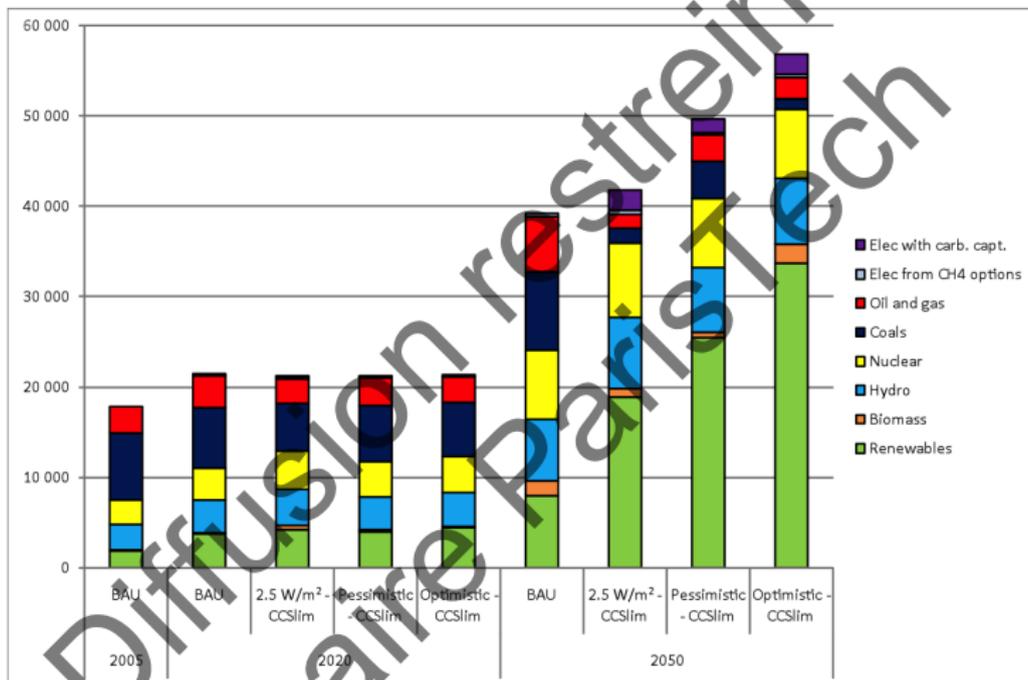


Figure. Mix de production électrique mondiale en TWh

Nouvelle nature du mix de production électrique

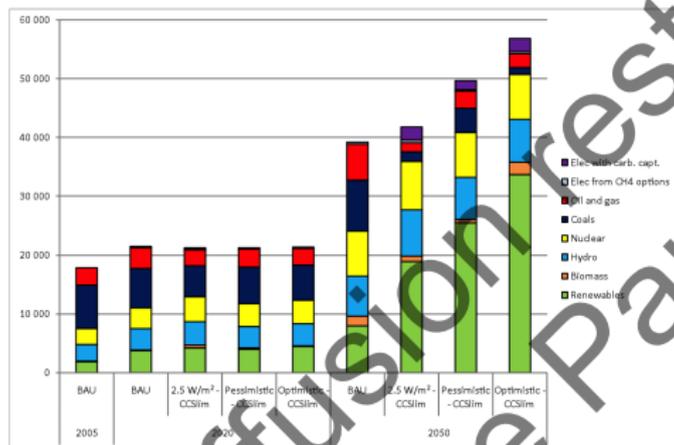


Figure: Mix de production électrique mondiale en TWh

Clés de la décarbonisation :

- Basculement des usages vers le vecteur électrique dans les scénarios vertueux
- On retrouve des préconisations entendues (Roadmap 2050)
- Les conditions de réalisation de ce basculement ?

Compétitions, substitutions et cohérences préservées

L'outil prospectif MARKAL-Times

Structuré autour d'un RES qui régit les échanges en flux d'énergie de façon à

- garantir l'équilibre global
- en maintenant un coût actualisé minimal

- 1 Équilibre des flux énergétiques
- 2 Accumulation des capacités inter période
- 3 Limites de fonctionnement
- 4 Réserve d'électricité de pointe
- 5 ...

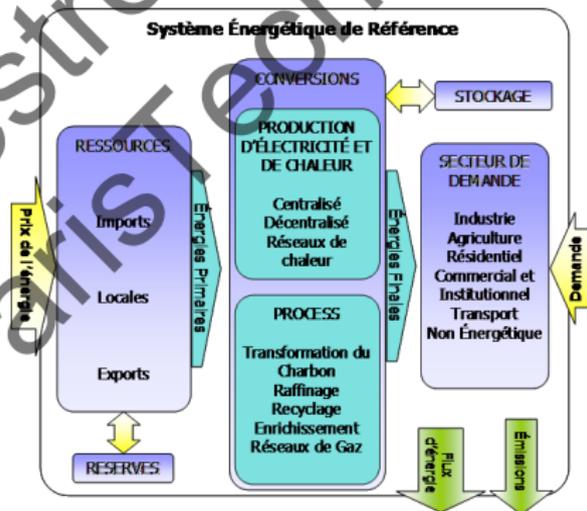
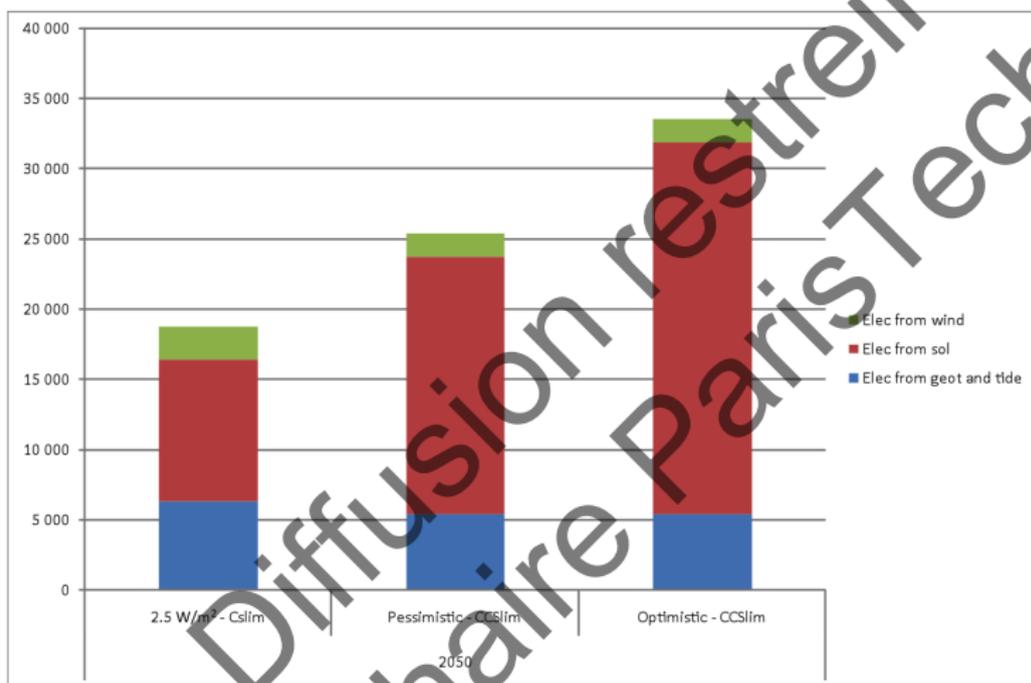


Figure: Reference Energy System de TIAM-FR

Pourvu que les potentiels suivent

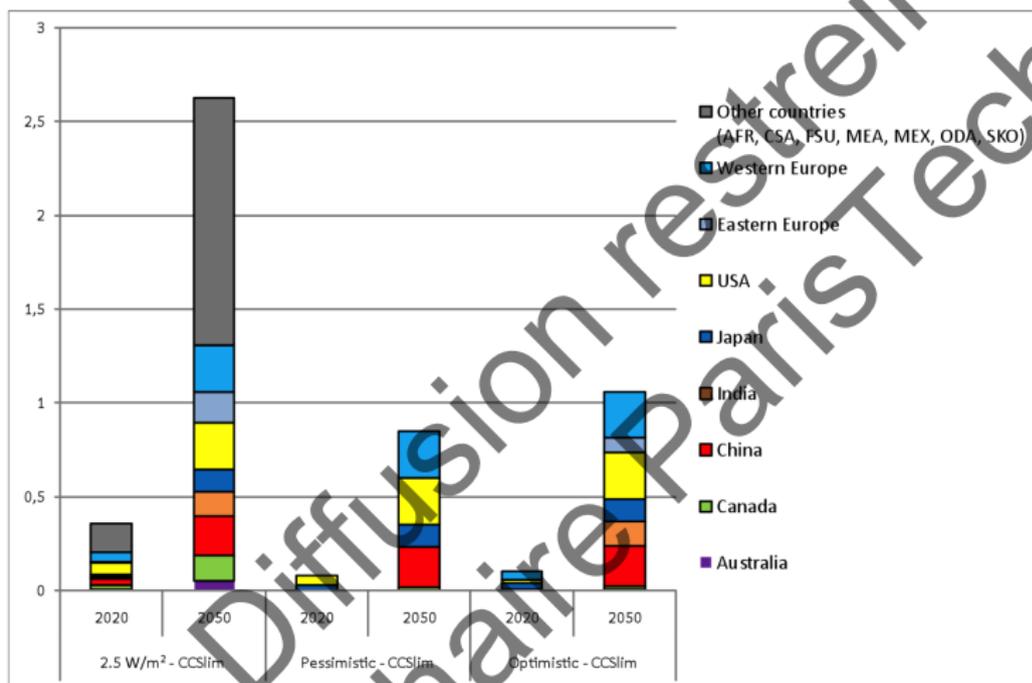


Pour le
renouvelable

Forte
pénétration du
solaire

Figure: Production issue de renouvelables en TWh en 2050

Pourvu que les potentiels suivent



Pour le CCS

Des gisements
régionaux
plausibles

Figure: Volume de CO₂ capturé en Gt (2020/2050)

Pourvu que le fardeau des émissions par région soit tenable

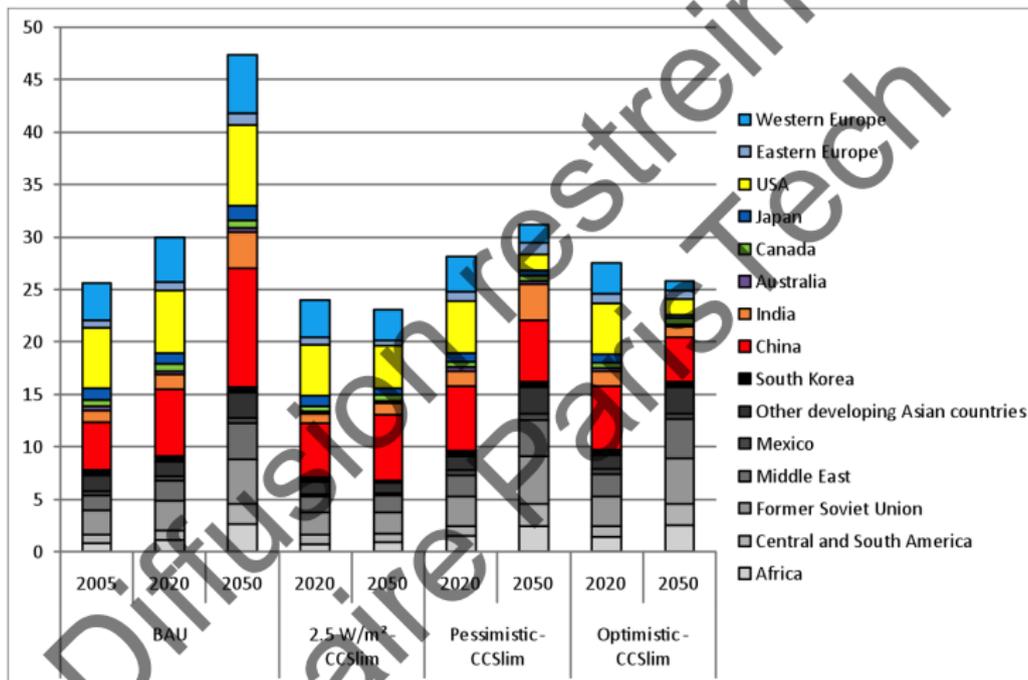


Figure: Emissions de CO₂ de la consommation finale en Gt

Faisabilité technologique pour la Chine et l'Inde

➡ Nécessité de lutter contre des inerties sectorielles marquées

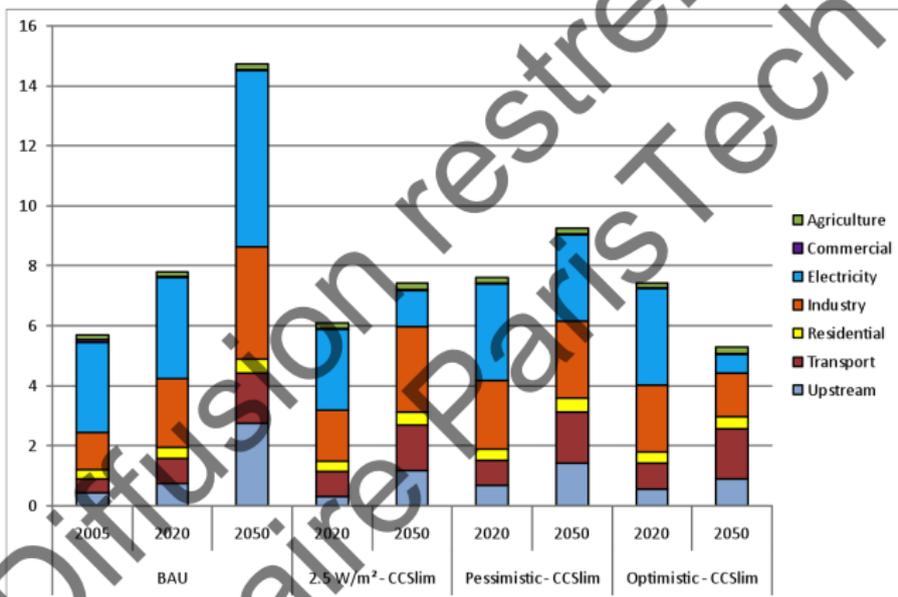


Figure: Emissions de CO₂ de la consommation finale (CHI+IND) en Gt

Des difficultés de transition liées à l'inertie technologique ?

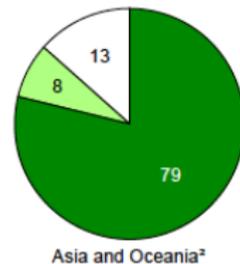
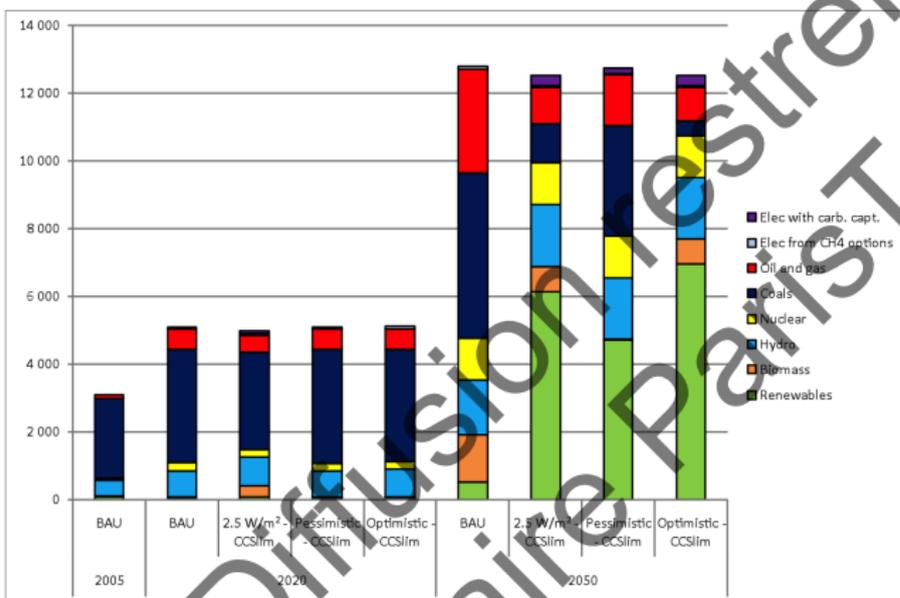
Asia and Oceania²

Figure: Mix 2007

Figure: Mix de production électrique (CHI+IND) en TWh

Des valeurs duales à la tenabilité des scénarios



Et pour une tonne de CO₂ supplémentaire ?

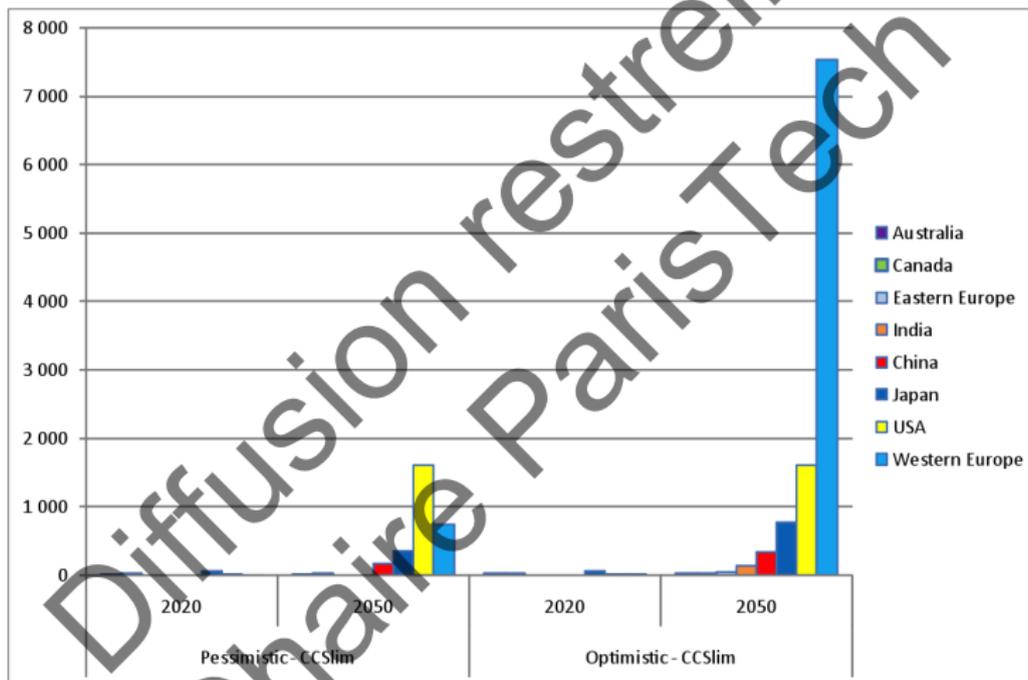


Figure: Valeurs duales pour les contraintes régionales en \$/tCO₂ évitée

Et si un négociateur était éclairé par ce regard

- il nous demanderait de préciser les hypothèses de nos scénarios
- il pousserait sans doute plus loin le regard du scénario 2.5 W/m²

parce qu'il présente :

- des valeurs duales plus faibles et unilatéralement réparties :
28 \$/tCO₂ évitée en 2020 et 124 \$/tCO₂ en 2050,
- qui traduisent des options technologiques plus cohérentes
(coût/efficacité) par rapport aux systèmes en place,
- et semble éclairer un paysage énergétique du long terme plus
"plausible"

- Mais restent alors entières les questions de l'accompagnement
- ➊ par des engagements internationaux appropriés
 - ➋ des politiques domestiques adaptées localement