

Enjeux mondiaux et impacts régionaux des contraintes carbone : Prospective long terme à l'aide du modèle TIAM

Sandrine SELOSSE, Edi ASSOUMOU, Nadia MAÏZI

Centre de Mathématiques appliquées, MINES ParisTech

Journée de la Chaire Modélisation prospective
20 novembre 2009



ParisTech
INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Plan

1. Le modèle
2. Les scénarios de contraintes carbone
3. Les résultats



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

1- ETSAP-TIAM: Un modèle et une communauté

La communauté ETSAP

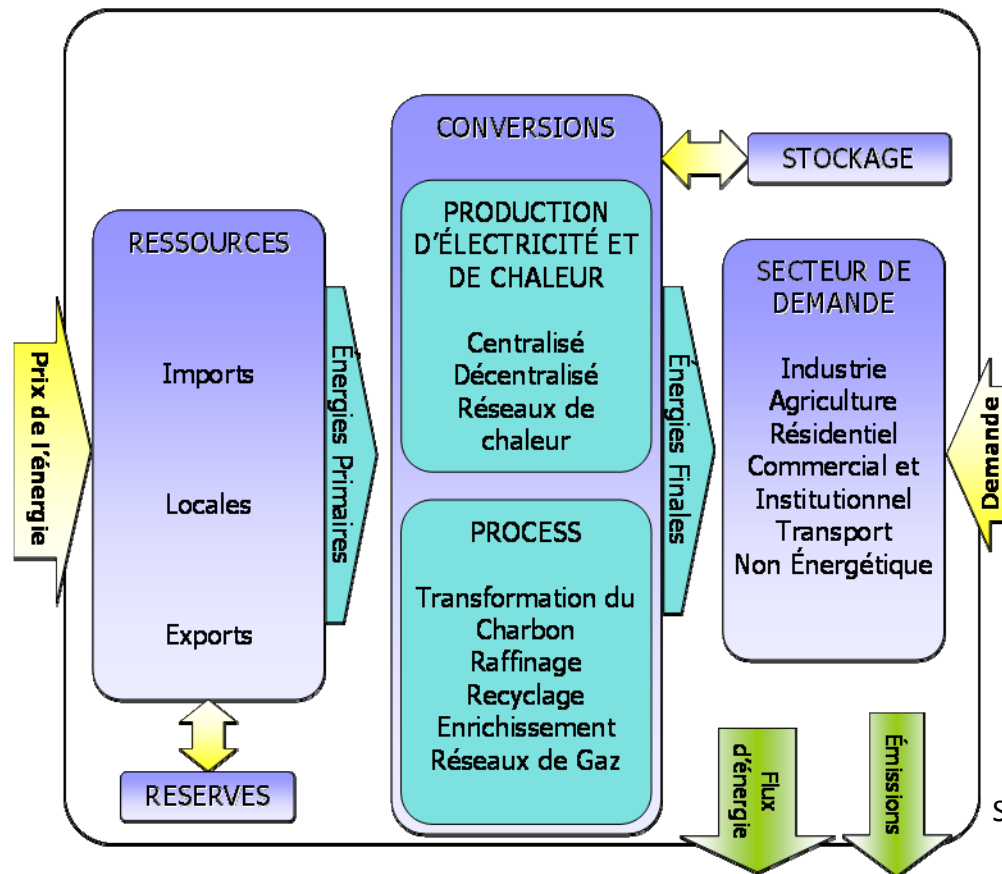
- TIAM fait partie de la famille des modèles MARKAL/TIMES développée par l'ETSAP (Energy Technology Systems Analysis Programme) sous l'égide de l'Agence Internationale de l'Energie
- Un réseau d'utilisateurs, une communauté d'experts en modélisation
- 3 équipes initiales pour TIAM: GERAD au Canada, IER/Université de Stuttgart en Allemagne et VTT en Finlande
- TIAM-FR



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Un modèle bottom up du système énergétique riche en technologie (1)

- Le concept de Système énergétique de référence (RES)



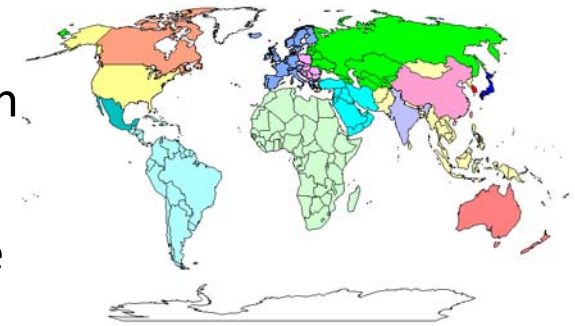
Source: Edi Assoumou, Gilles Guerassimoff



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Un modèle bottom up du système énergétique riche en technologie (2)

- Le concept de Système énergétique de référence (RES)
- Un modèle de programmation linéaire
 - Minimisation du coût total actualisé du système énergétique
 - Structure du système énergétique
- Un horizon temporel de 2000 à 2100
- Un modèle intégré géographiquement
 - Le monde divisé en 15 régions et une sous-division OPEP et non OPEP
 - Des régions reliées par des variables d'énergie, de matériaux et d'échanges de permis d'émission
- Un module climatique intégré



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Hypothèses générales du modèle

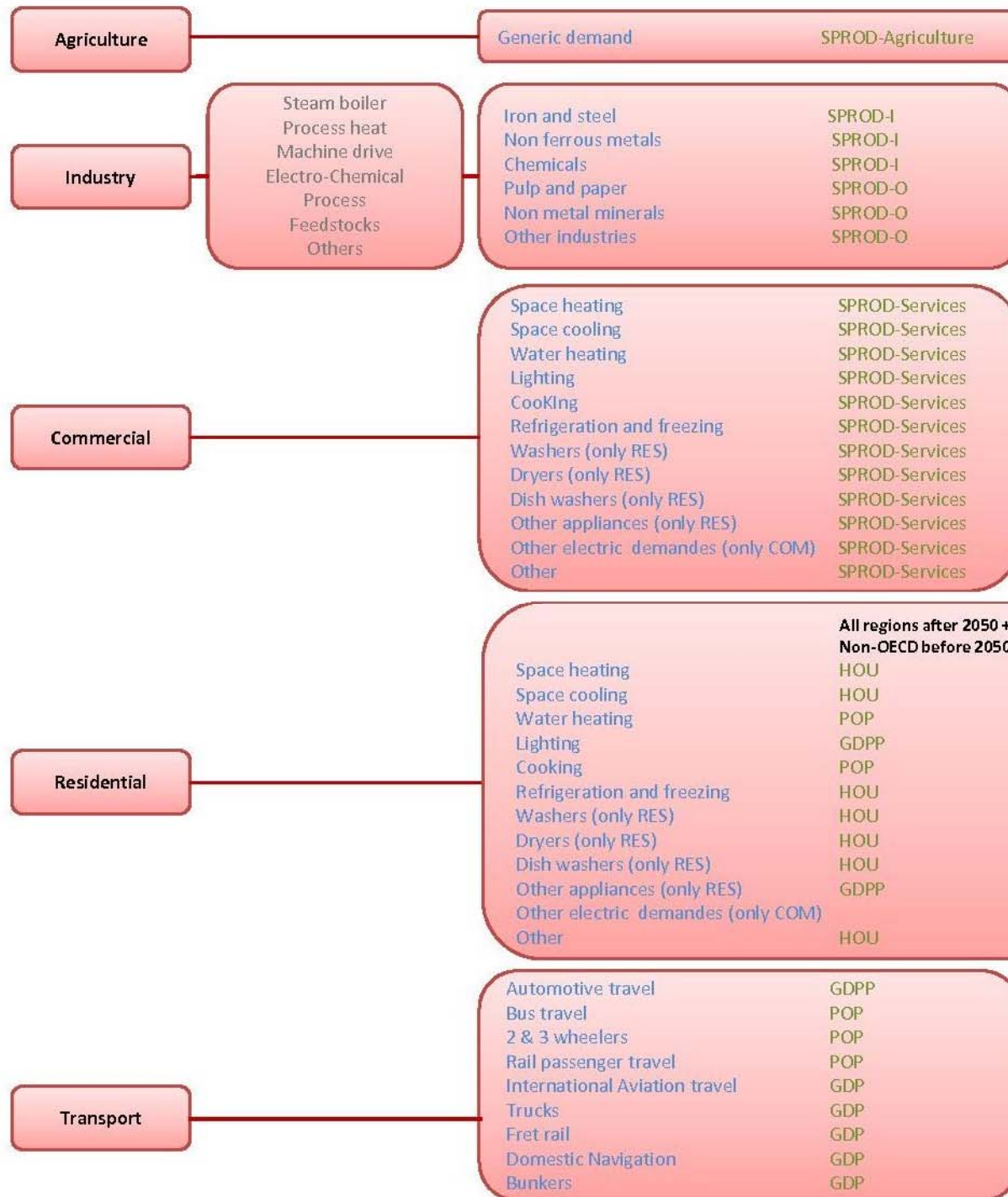
- Les prix à l'importation des énergies fossiles (WEO, DGEMP, AIE, DoE)
- Les principaux déterminants socio-économiques :

La consommation d'énergie est fondée sur les projections externes de :

- La croissance du PIB régional
- La croissance de la population
- Le volume des différents secteurs économiques : la demande régionale de services en énergie utile par secteur



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable



End-use sectors : Demands for energy services and drivers

Demands for energy services
Drivers

HOU : Households
GDP: Gross domestic product
POP: Population
GDPP: GDP per capita
SPROD-X: Production of sector X related to GDP

2- Spécification des scénarios

Scénarios		Régions concernées	Contraintes 2020	Contraintes 2050
EUROPE	Europe_20	Europe de l'ouest	20%	60%
	Europe_30	Europe de l'ouest	30%	80%
PAYS DÉVELOPPÉS	Annexe1_20	Europe, USA, Japon, Canada, Australie	20%	60%
	Annexe1_30	Europe, USA, Japon, Canada, Australie	30%	80%
PAYS DÉVELOPPÉS + CHINE + INDE	Annexe1+_10	Europe, USA, Japon, Canada, Australie + Chine, Inde	30% + 10%	80% + 20%
	Annexe1+_20	Europe, USA, Japon, Canada, Australie + Chine, Inde	30% + 20%	80% + 40%

⇒ L'objectif de cette analyse est de discuter des résultats de différents mécanismes de coordination pour des objectifs intermédiaires de réduction des émissions de GES

⇒ A travers l'analyse de scénarios basée sur le modèle ETSAP-TIAM couvrant la période 2000-2050 et évaluer :

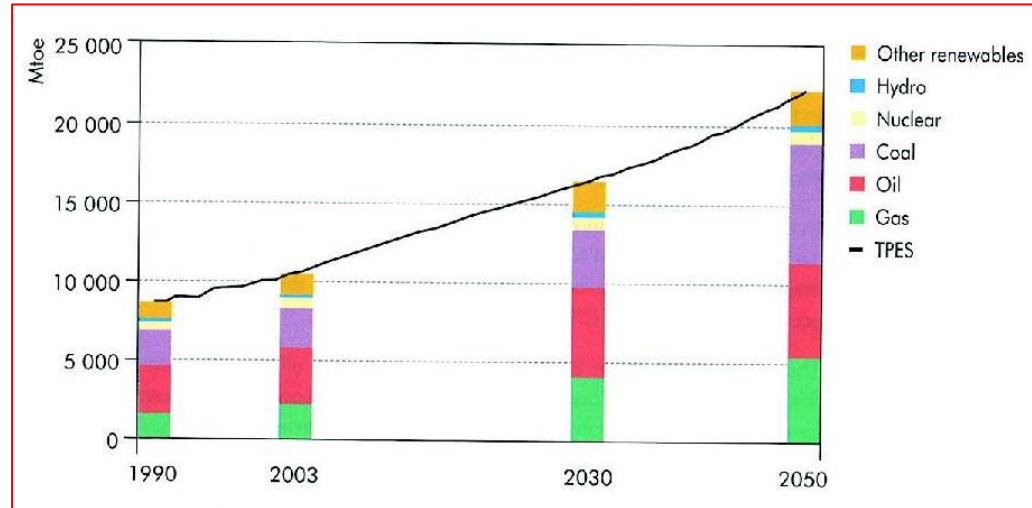
- L'évolution de la consommation d'énergie primaire
- Les niveaux d'émission régionaux
- Les coûts de la politique climatique



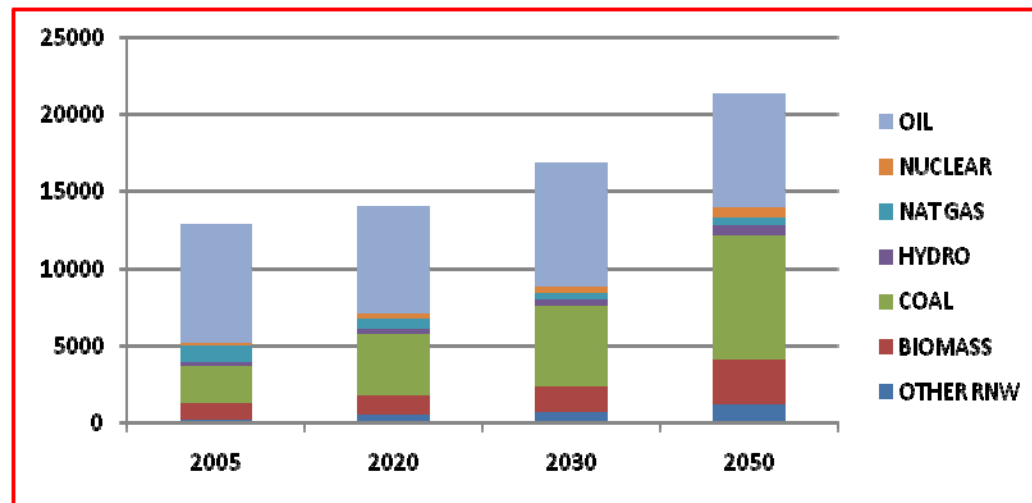
3- Les résultats

LE SCENARIO DE RÉFÉRENCE

Production mondiale totale d'énergie primaire (TPES) par énergie dans le scénario de référence de ETP 2006 (Mtep)



Production mondiale totale d'énergie primaire (TPES) par énergie dans le scénario de référence de TIAM (Mtep)

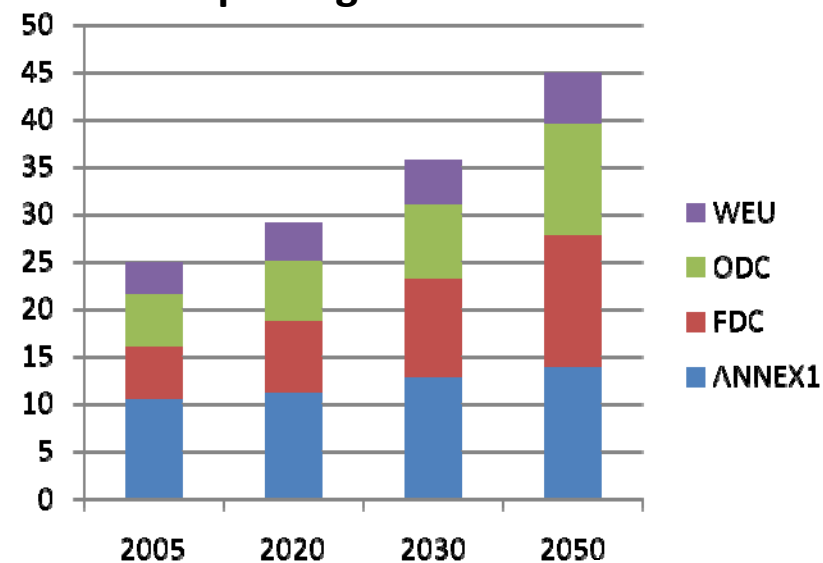
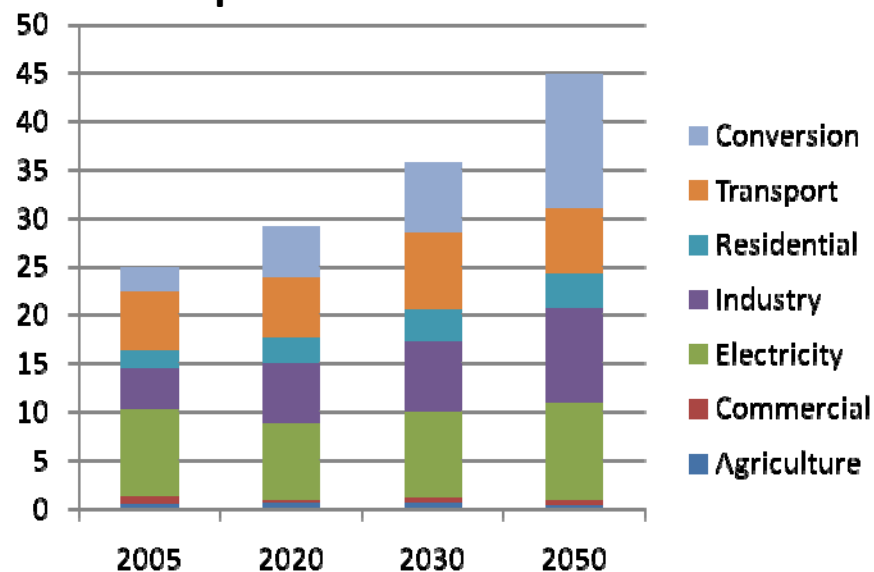


Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Emissions mondiales de CO₂ dans le scénario de référence de ETP 2006 (Gt) – par région

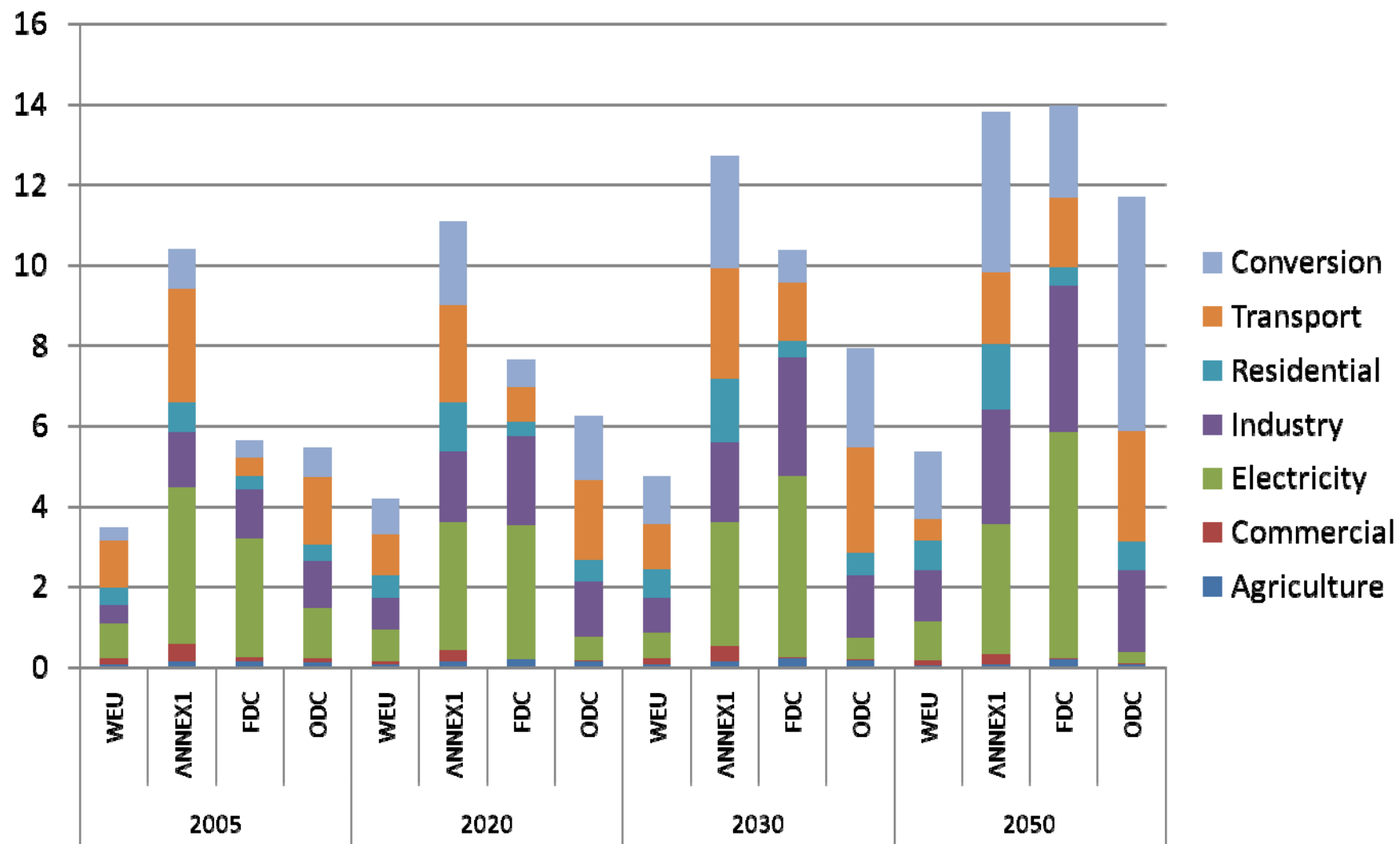
Emissions CO ₂ (Gt)	2003	2050
OCDE	12,969	21,949
Economies en transition	2,543	3,953
Pays en développement	9,02	32,12
Monde	24,532	58,022

Emissions mondiales de CO₂ dans le scénario de référence de TIAM-FR (Gt) – par secteur et par région



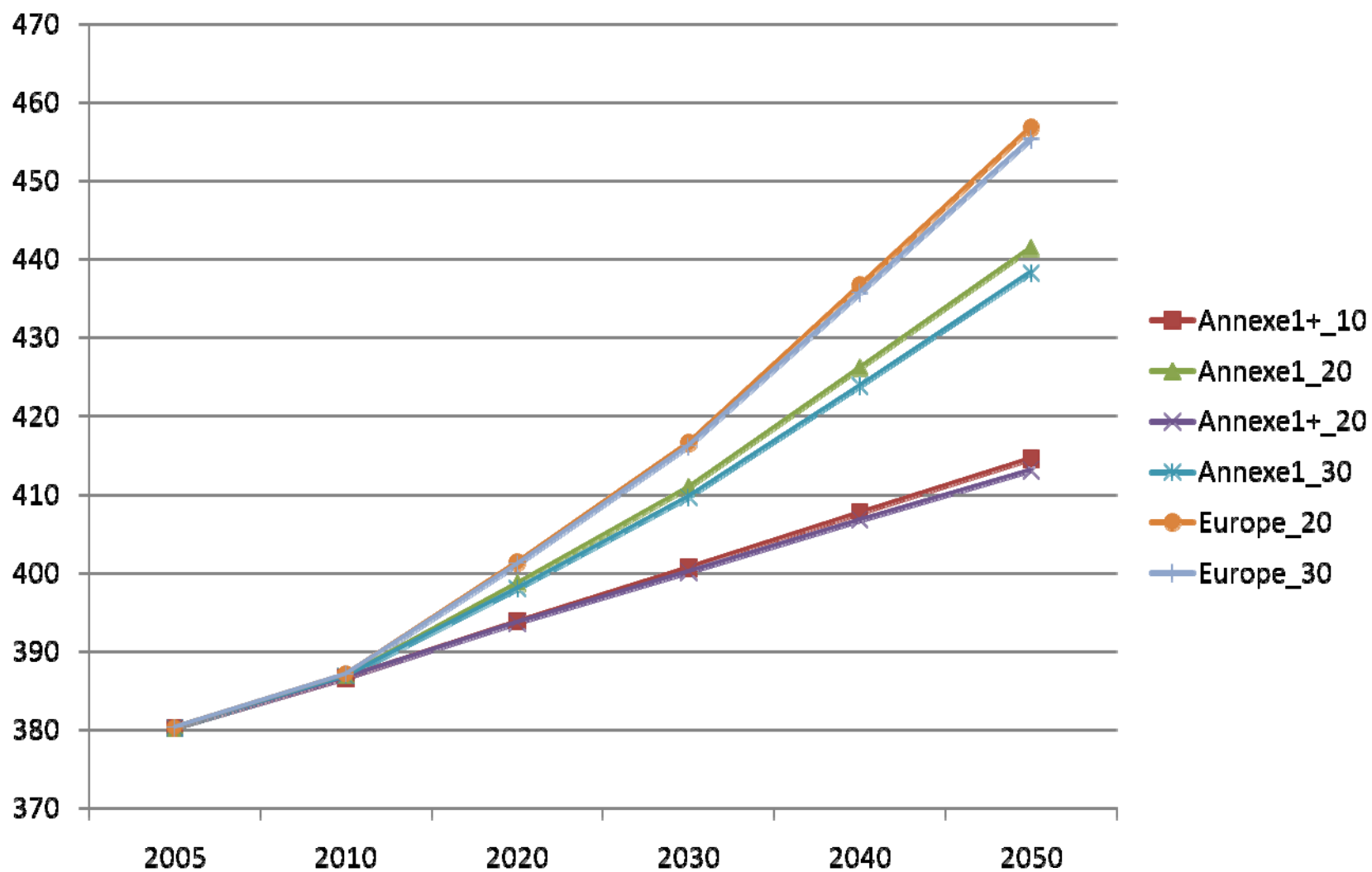
Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Emissions régionales de CO2 par secteur dans le scénario de référence de TIAM-FR (Gt)



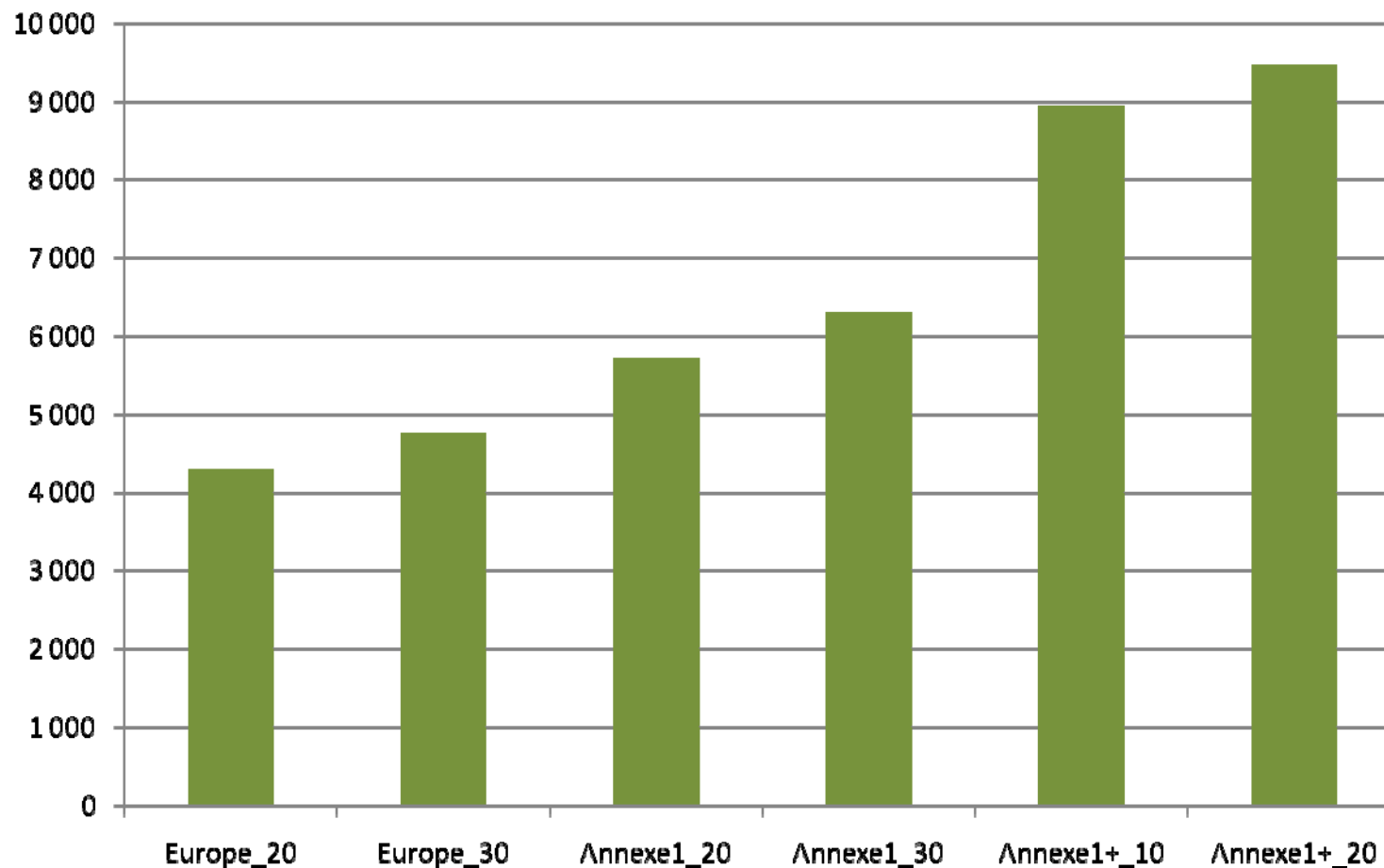
Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Concentration atmosphérique de CO₂ (ppm) suivant les scénarios



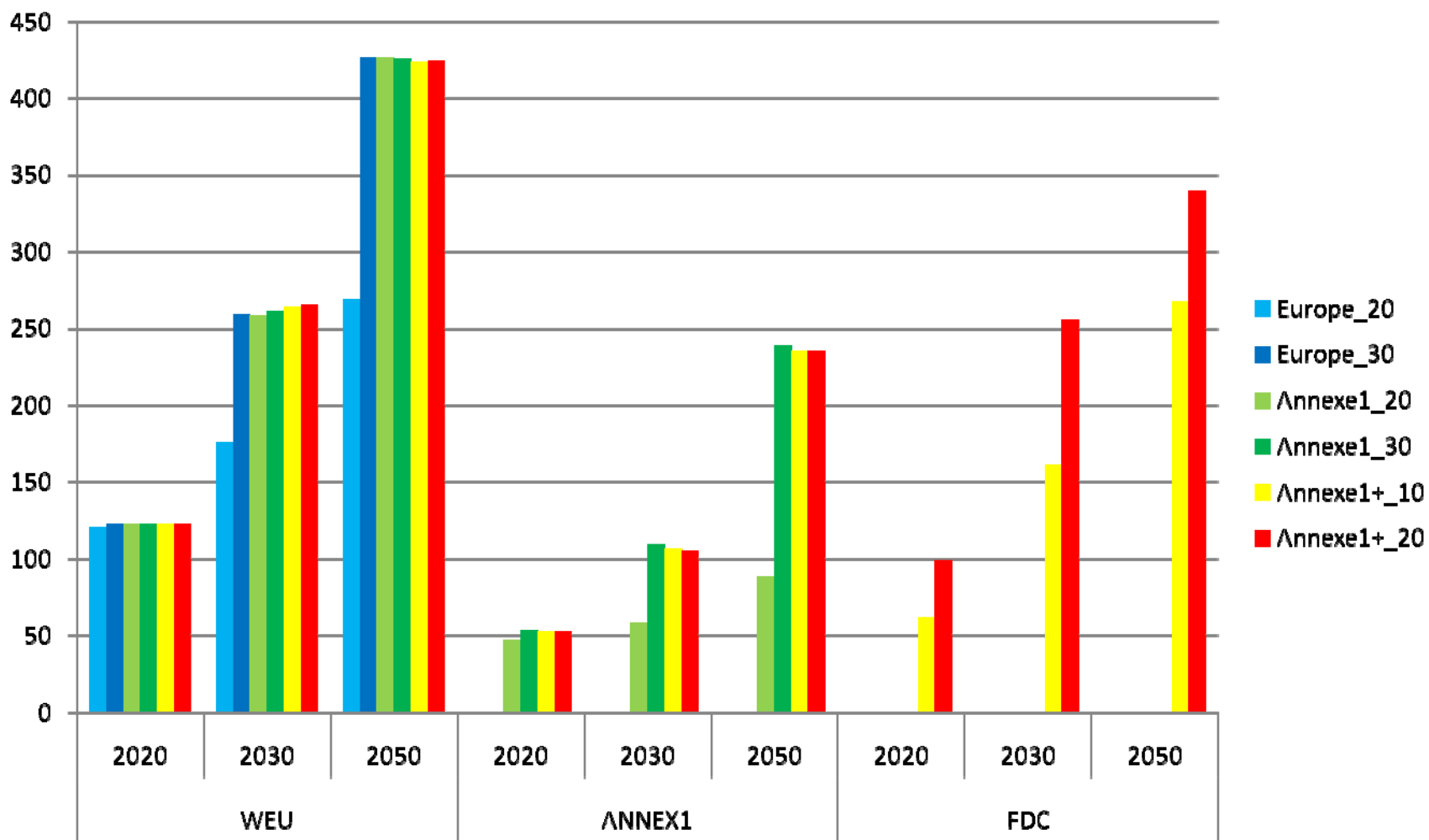
Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Coût total actualisé (2005 milliards US\$) par scénario



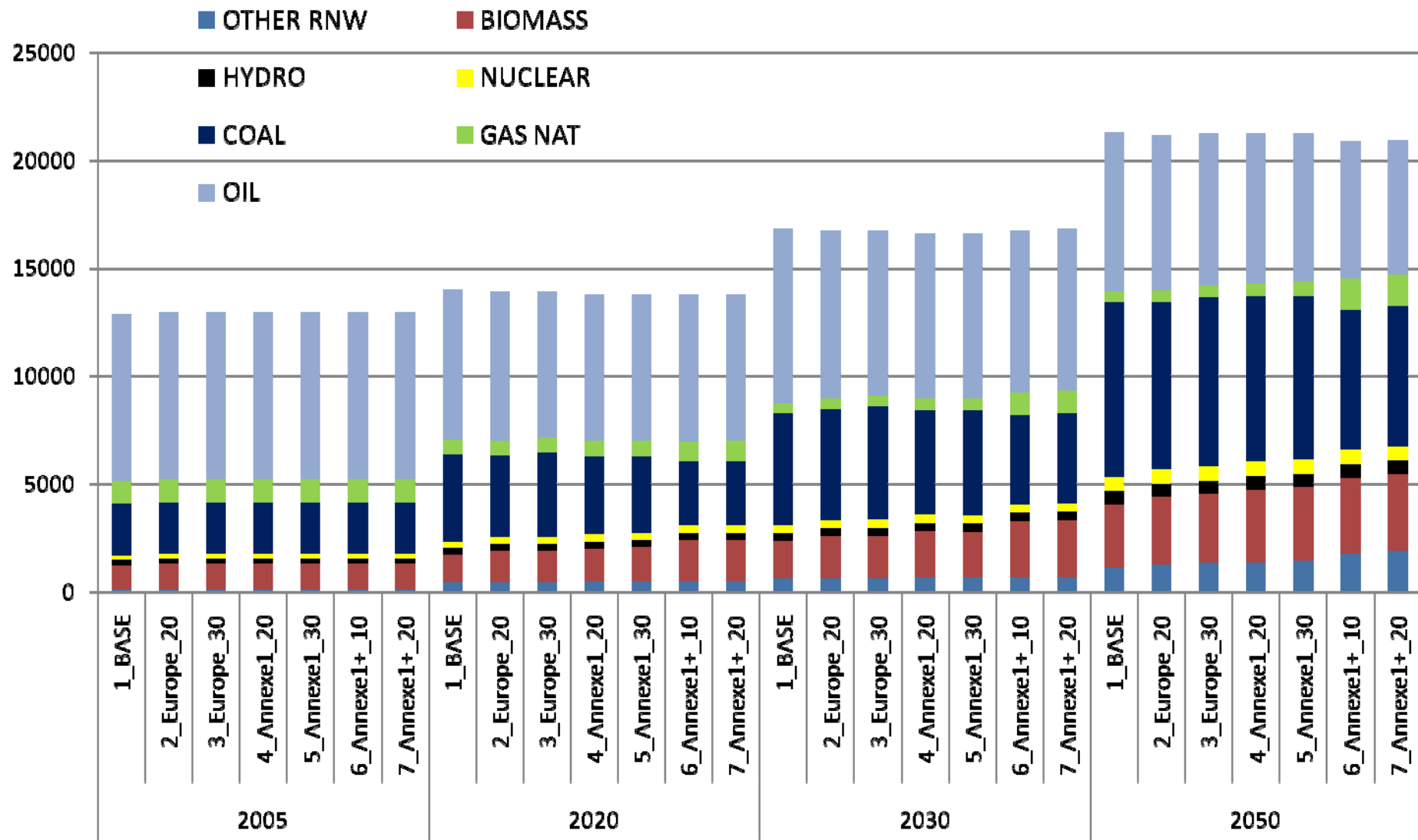
Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Coût du carbone (2005 US\$/t) par scénario et par région (Pondéré par les émissions totales de carbone)



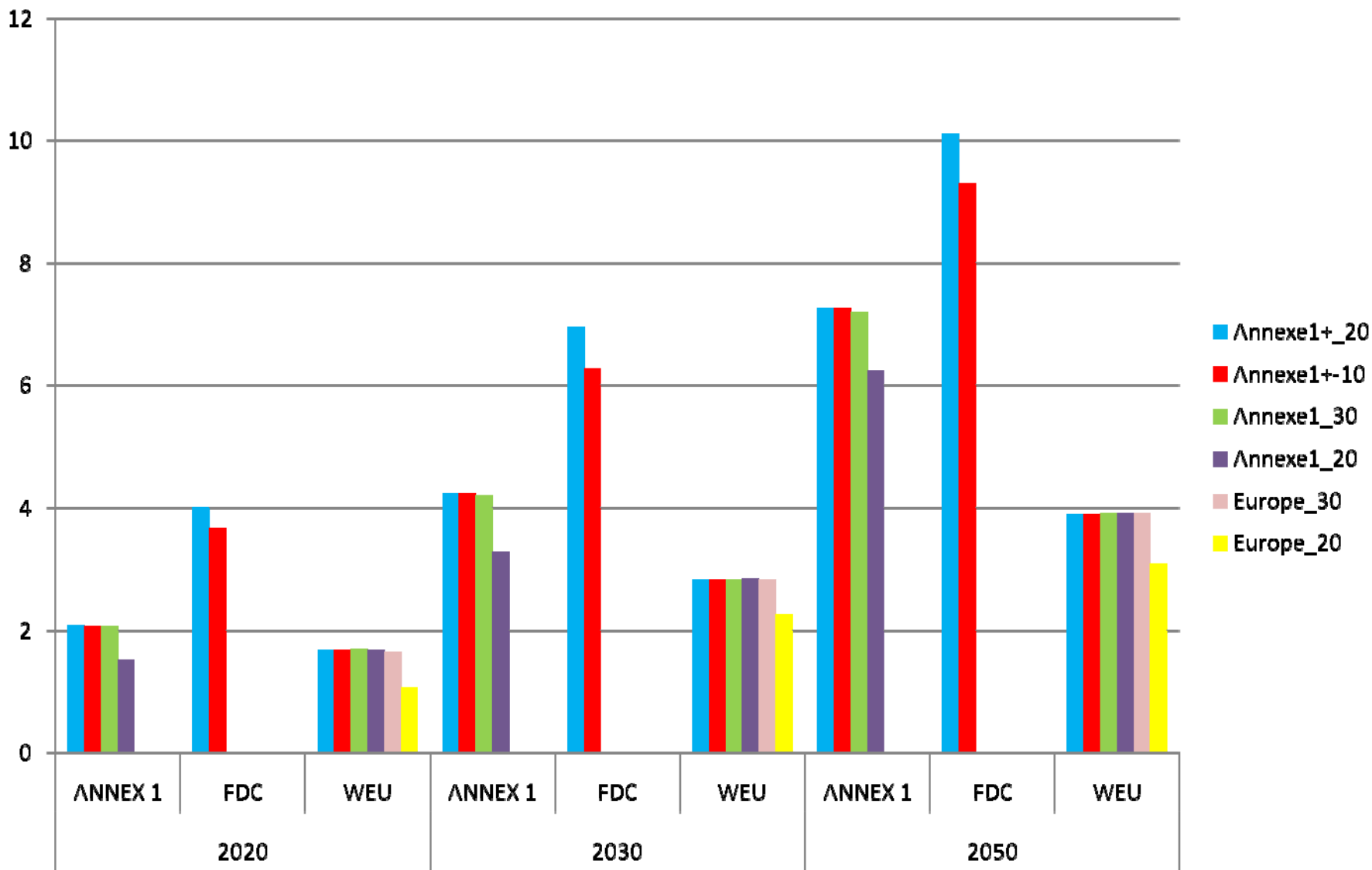
Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Production mondiale totale d'énergie primaire (TPES) par énergie (en Mtep)



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Séquestration totale nette de CO₂ (Gt CO₂)



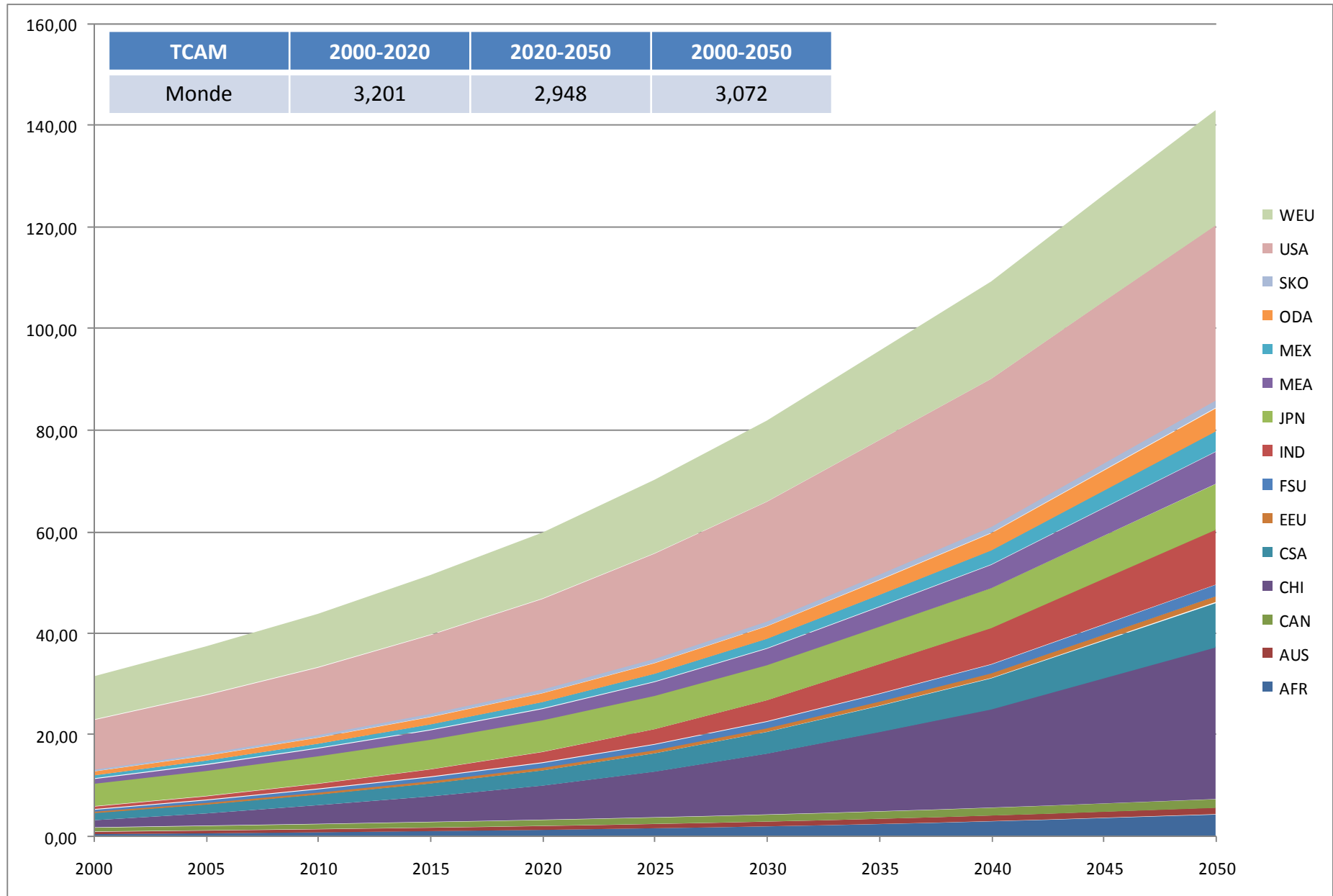
Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Annexes

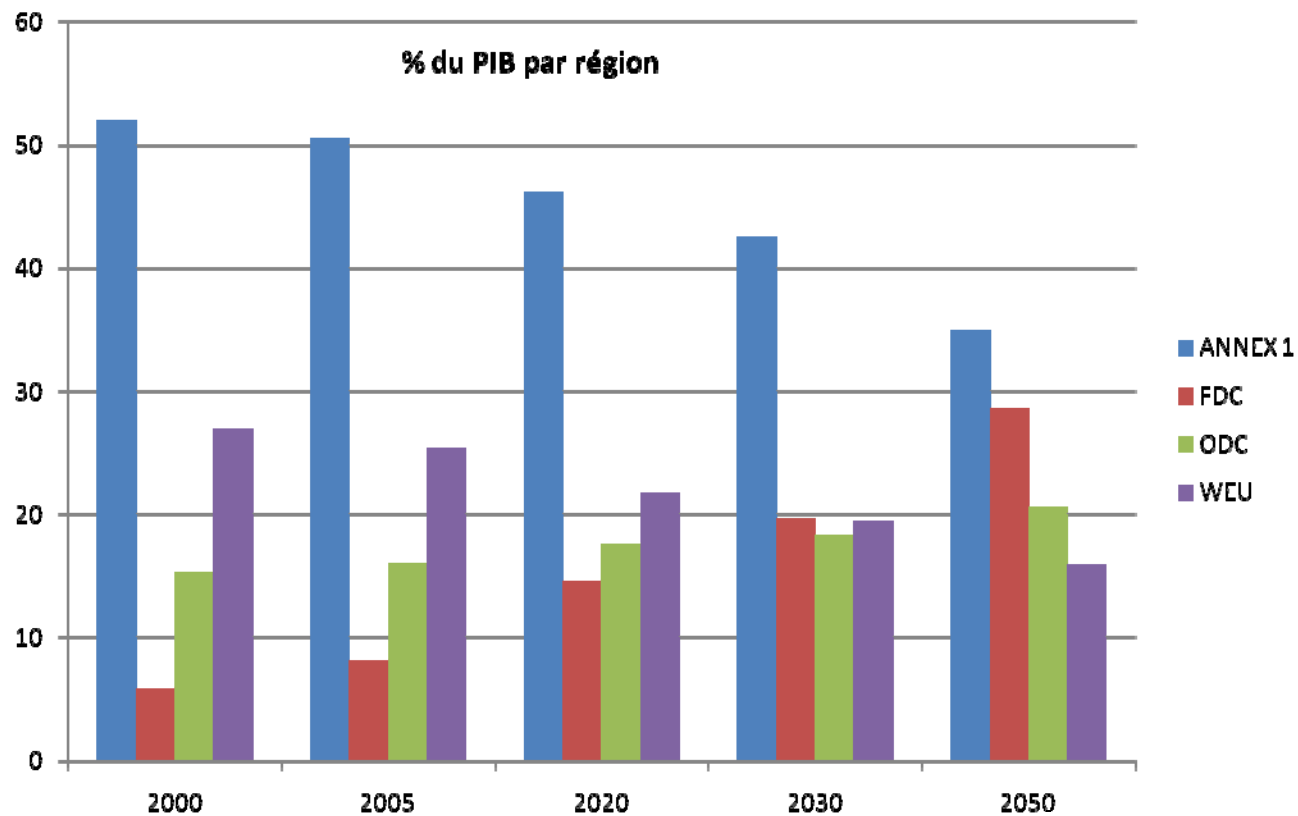


Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

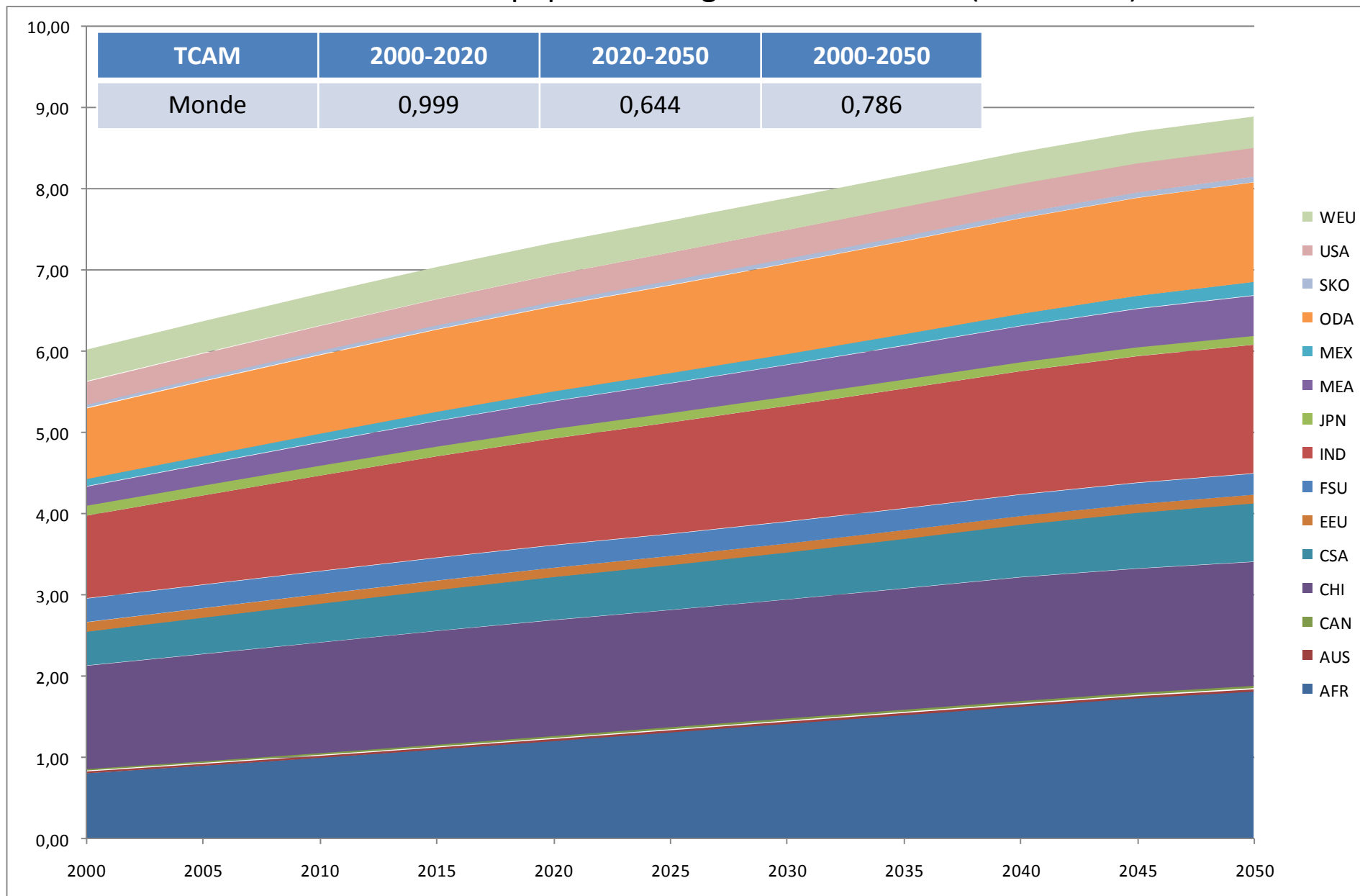
Evolution du PIB régional dans TIAM (en trillion de US dollars 2000 aux prix courants)



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

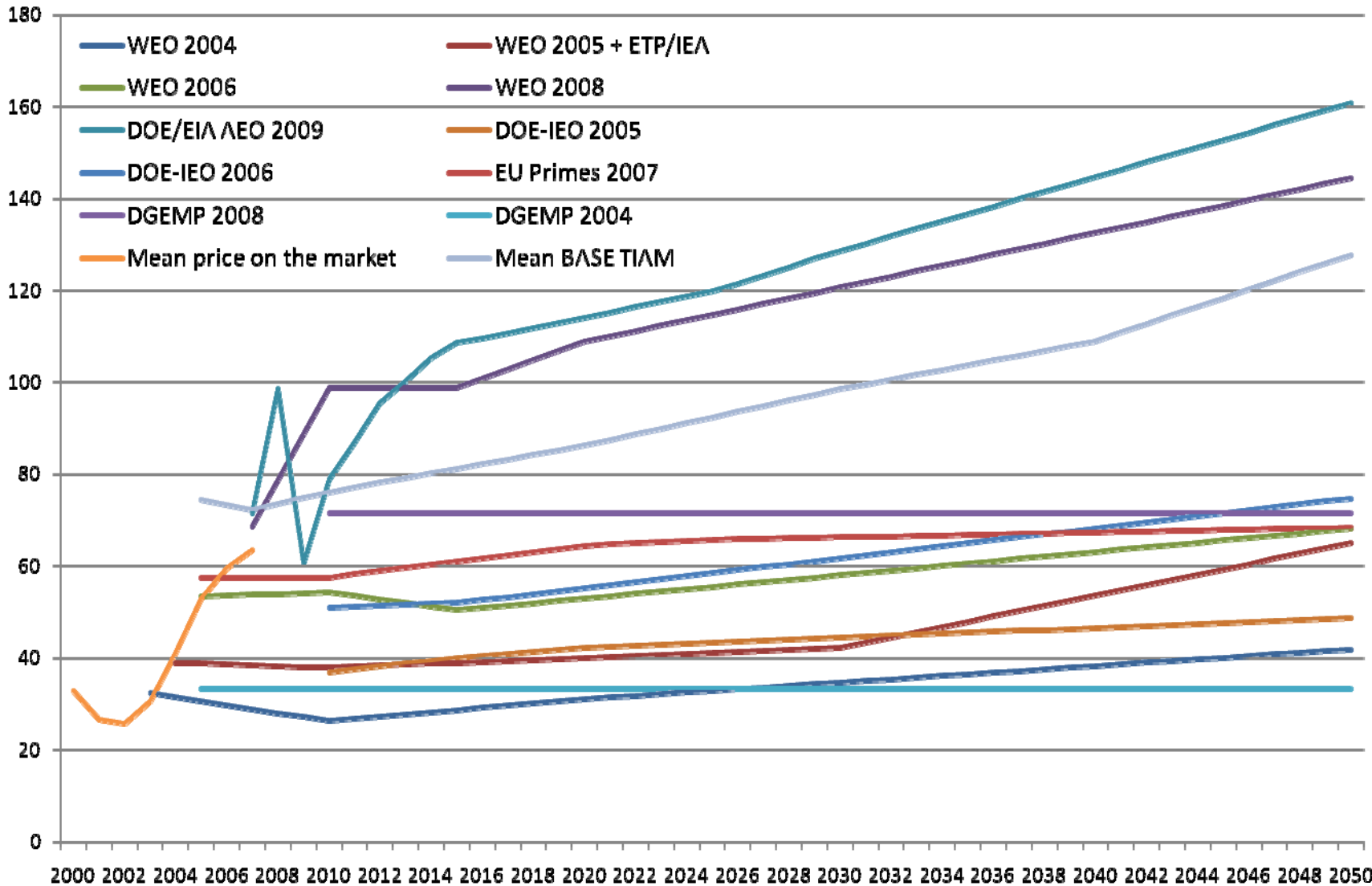


Evolution de la population régionale dans TIAM (en milliard)



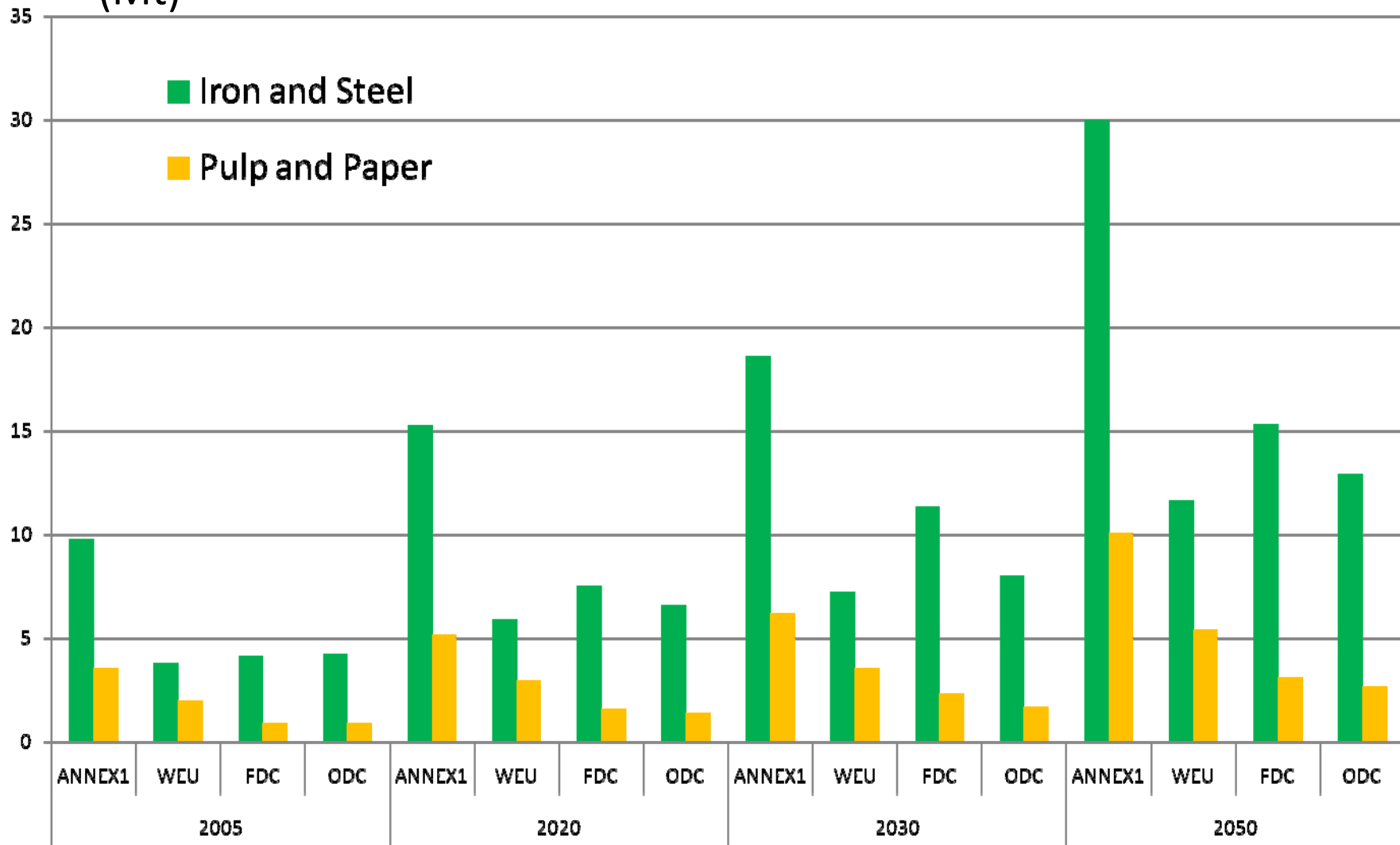
Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Prix du pétrole brut (\$2005/bbl)



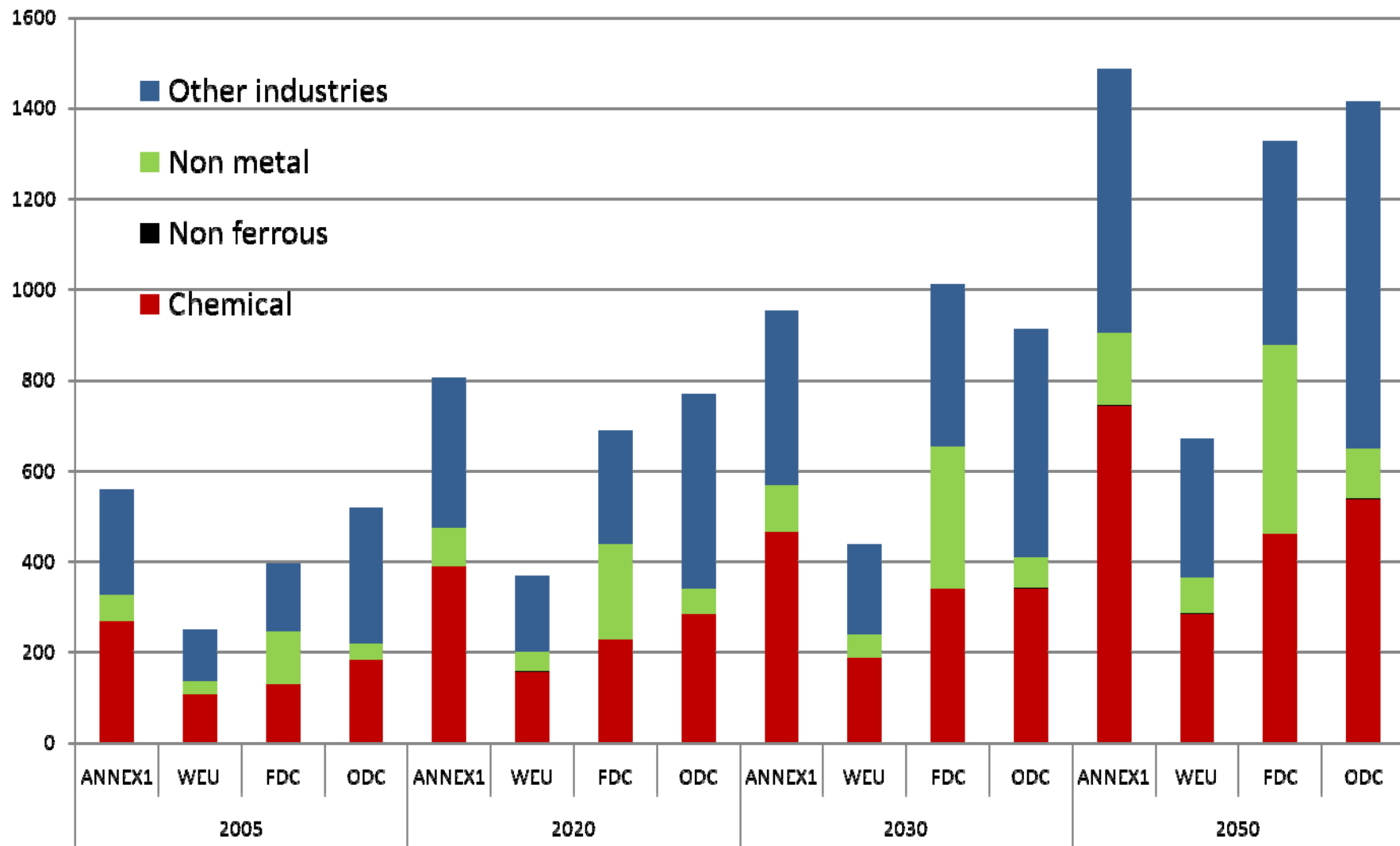
Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Demande régionale de services en énergie utile par secteur (Mt)



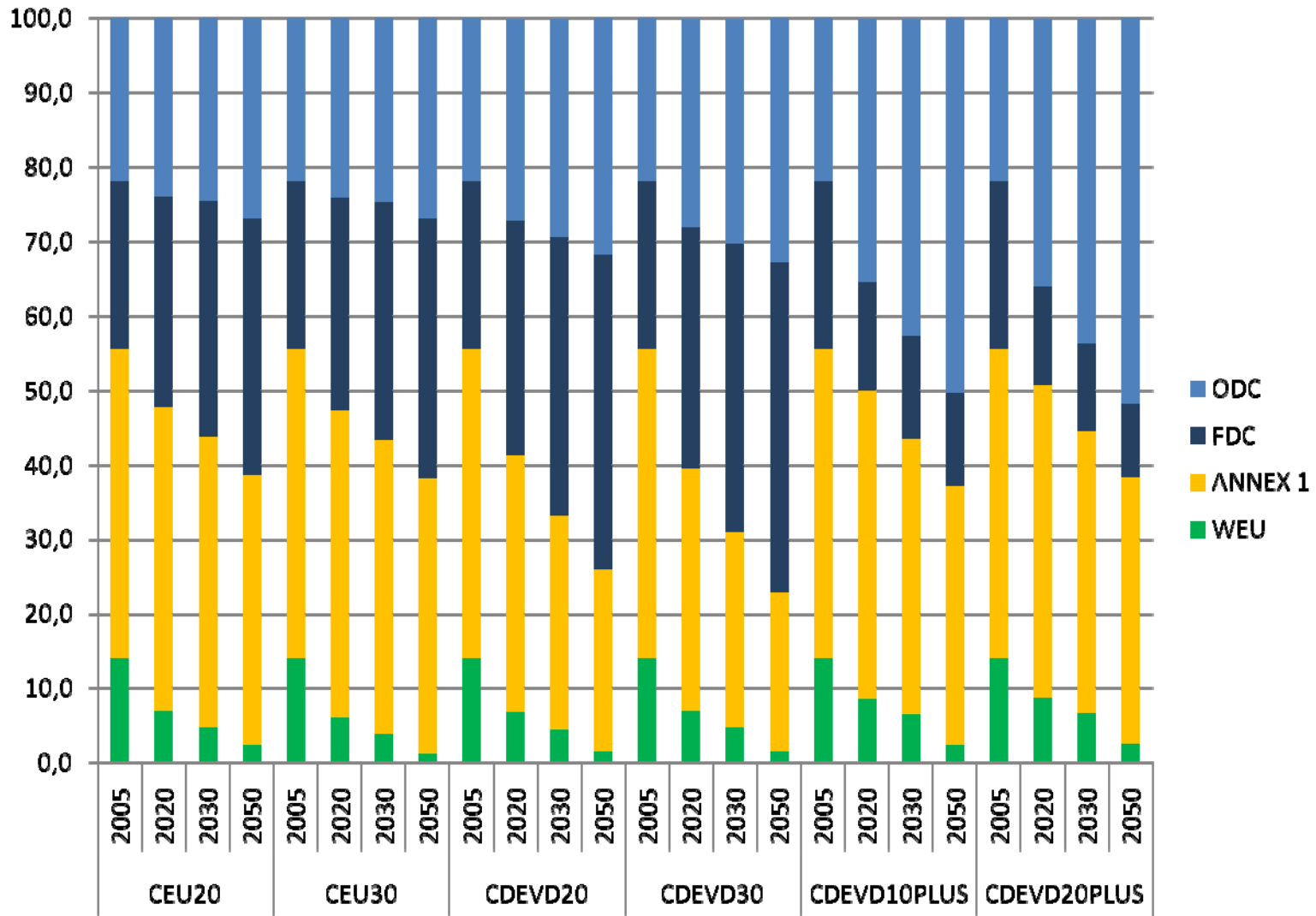
Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Demande régionale de services en énergie utile par secteur (PJ)



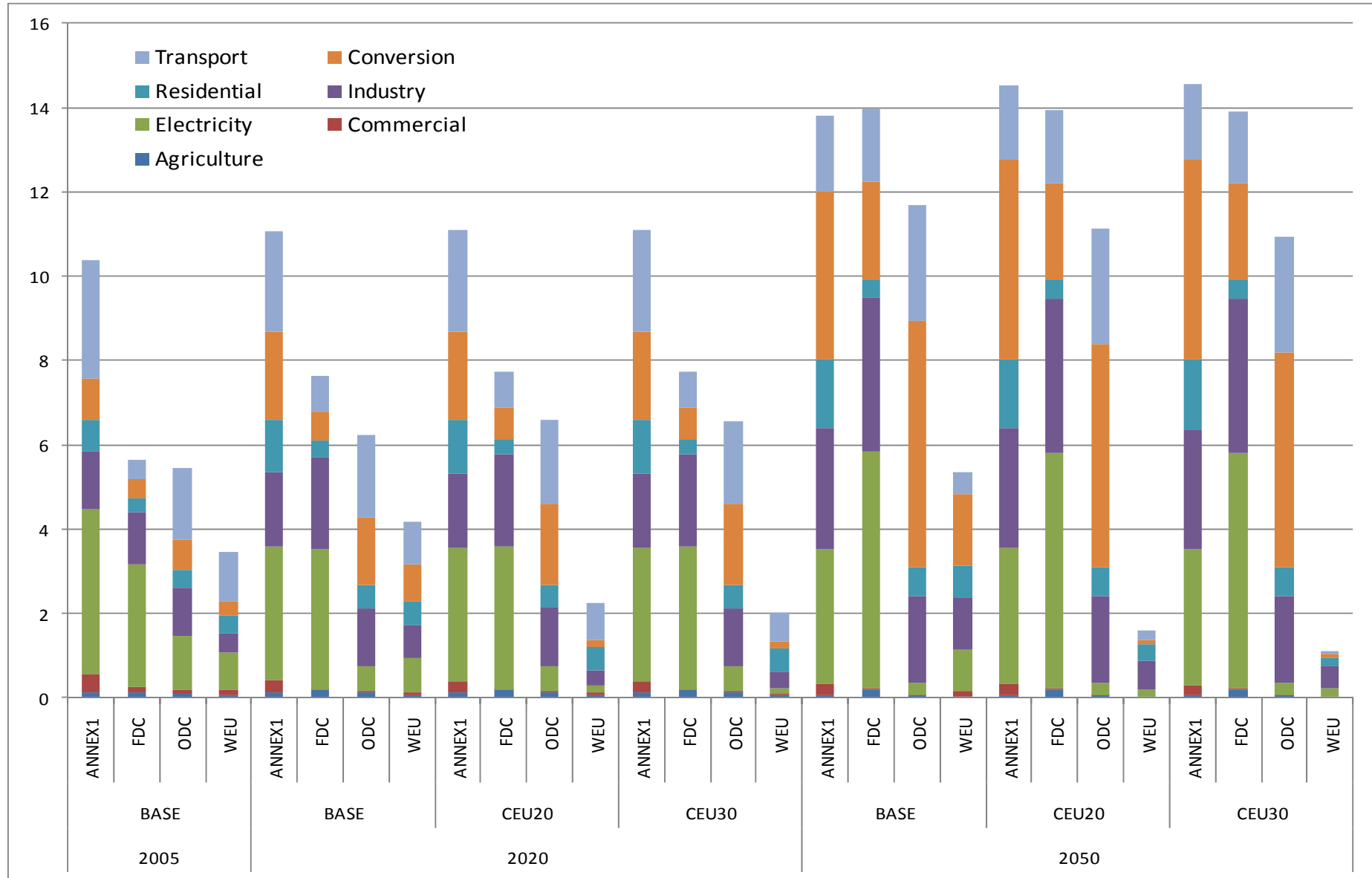
Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Distribution of CO₂ emissions by region (%)



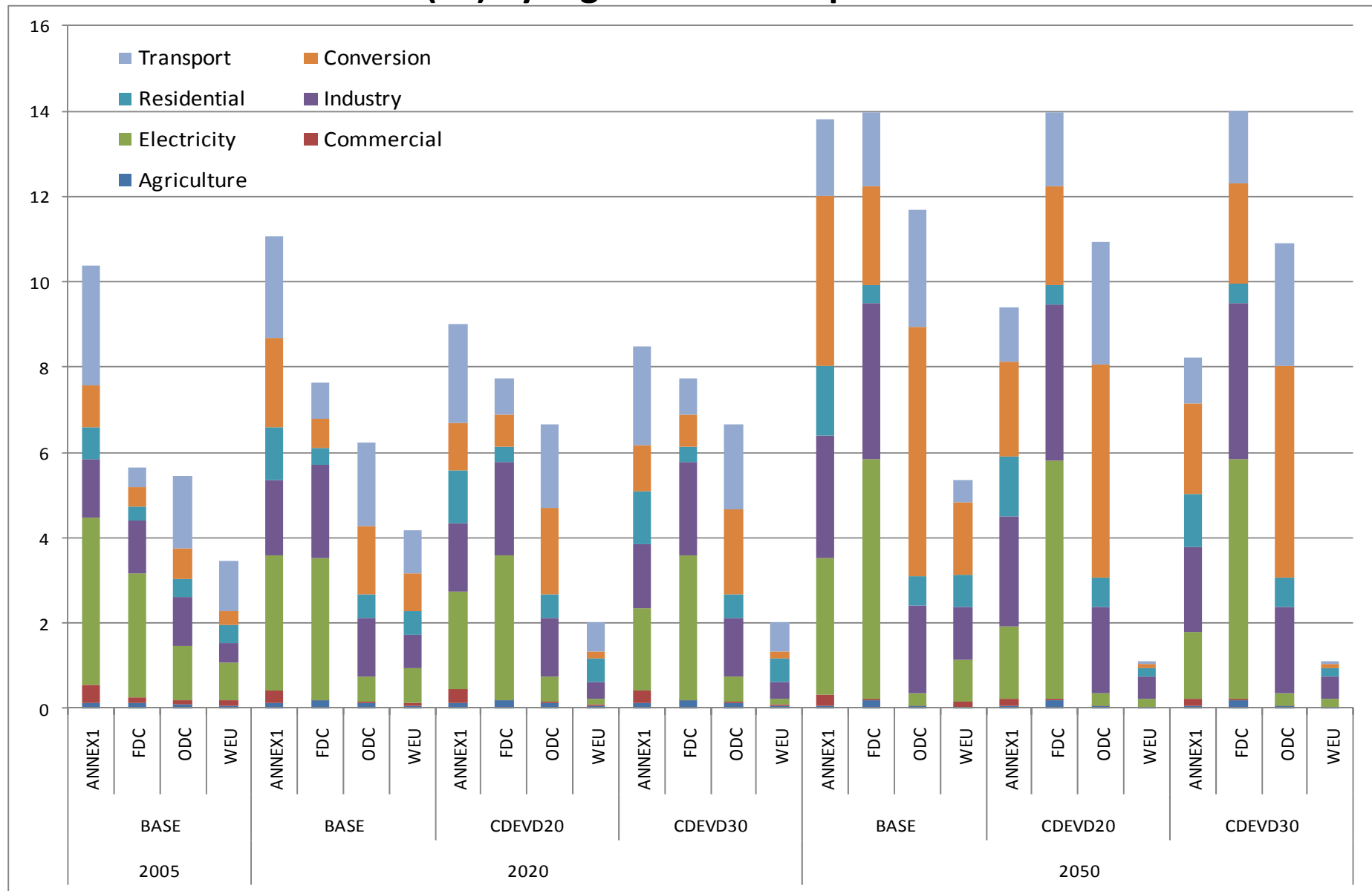
Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Carbon emissions (Gt) by region for EU scenarios



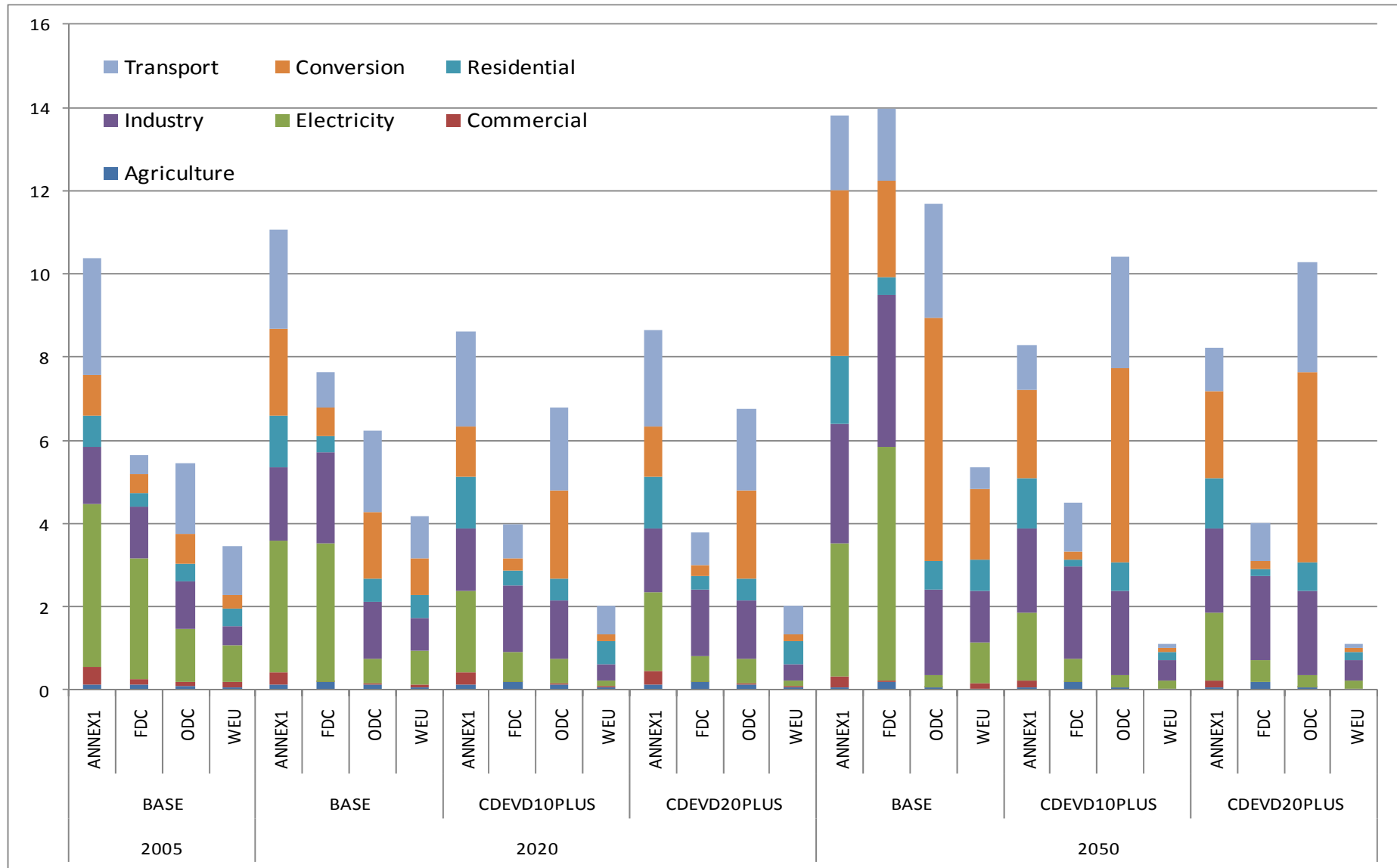
Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Carbon emissions (Gt) by region for developed countries scenarios



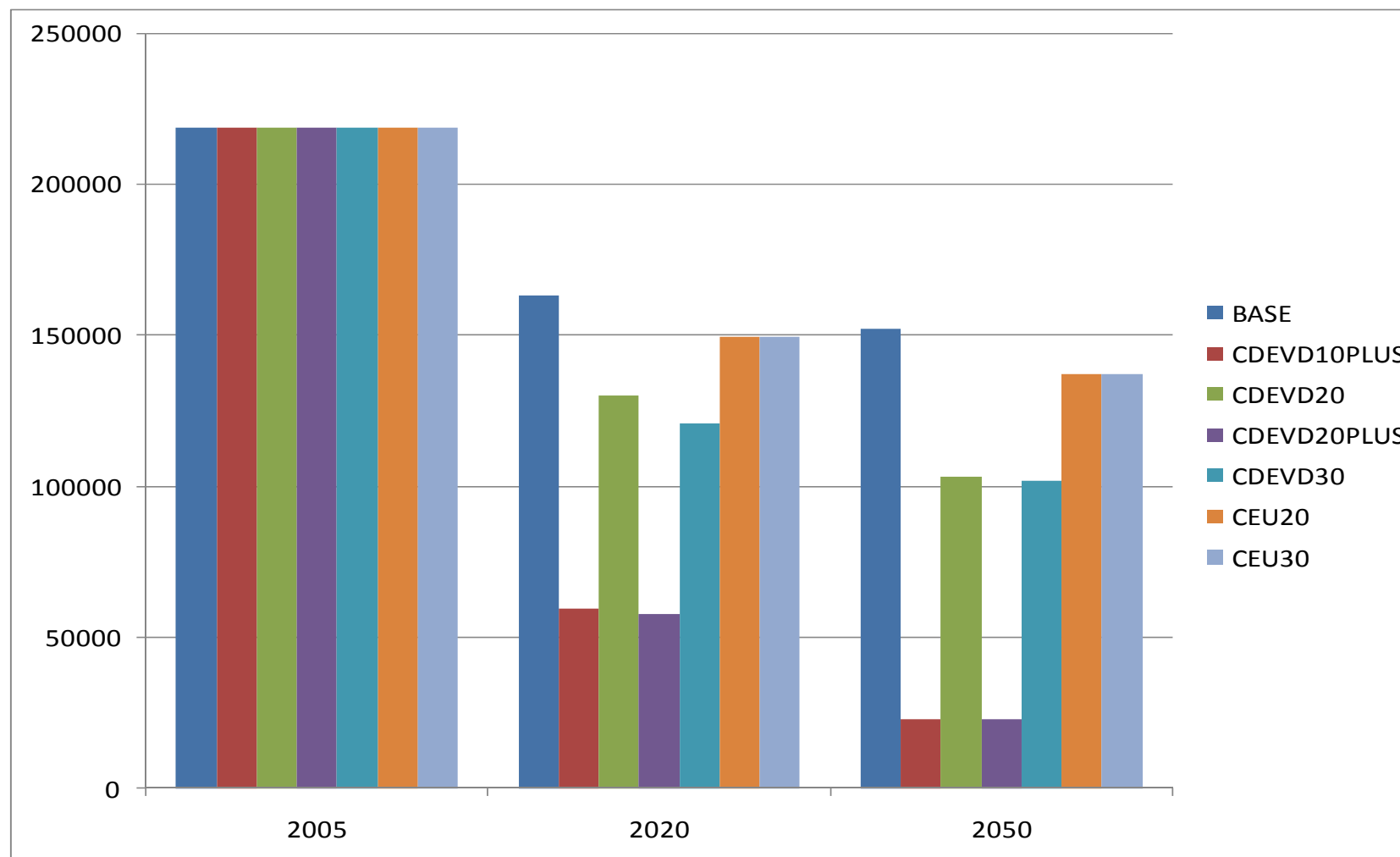
Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Carbon emissions (Gt) by region for developing countries scenarios



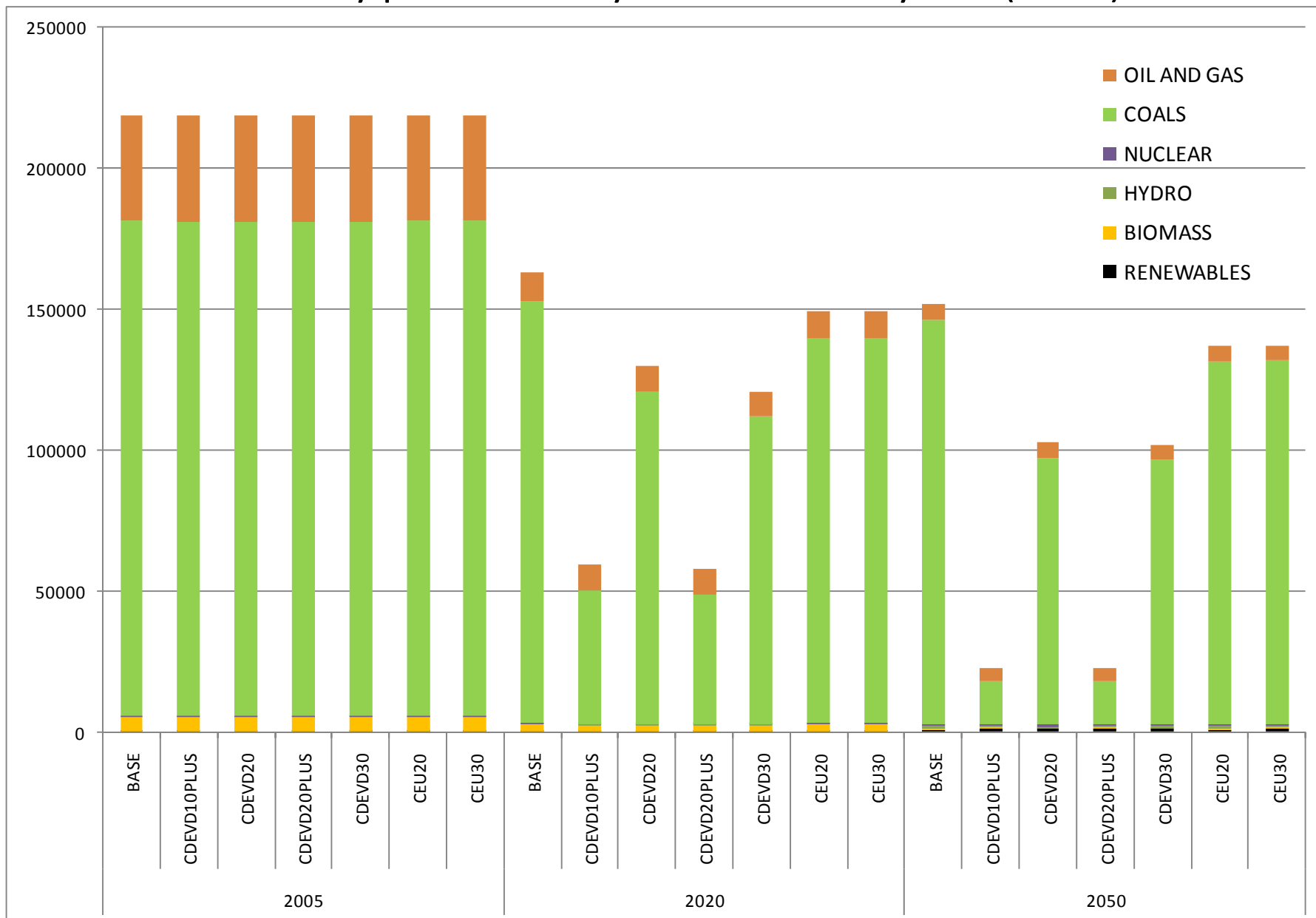
Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

World electricity production by scenario (mtoe)



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

World electricity production by scenario and by fuel (mtoe)



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable