

Colloque « L'énergie par ses externalités », Ajaccio, 7 mai 2010

Engagements post COP15: Séquestration du carbone ou renouvelables?

Sandrine SELOSSE, Edi ASSOUMOU et Nadia MAÏZI

MINES ParisTech, Centre de Mathématiques Appliquées

Chaire Modélisation prospective au service du développement durable



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

ParisTech
INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Plan

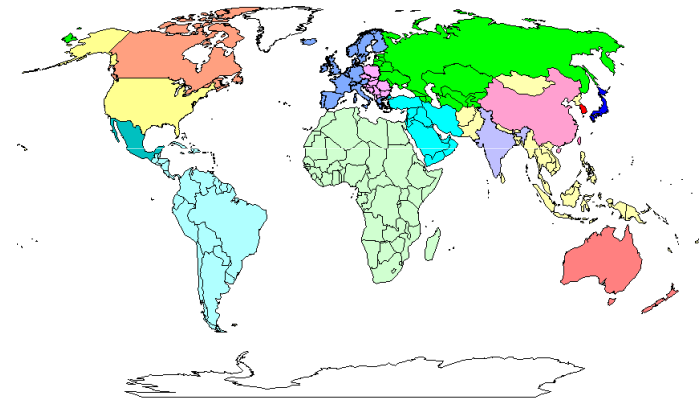
1. Présentation du modèle TIAM-FR
2. Contexte et spécification des scénarios
3. Résultats
4. Conclusion



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

1- TIAM-FR : Un modèle bottom-up du système énergétique

- Un réseau d'utilisateurs et une communauté d'experts en modélisation autour de l'ETSAP (Energy Technology Systems Analysis Programme) sous l'égide de l'AIE
- Un horizon temporel de 2000 à 2100
- Un modèle intégré géographiquement
 - Le monde divisé en 15 régions reliées par des variables d'énergies, de matériaux et d'échanges de permis d'émission
- Un module climatique intégré
- Un modèle de programmation linéaire
 - Minimisation du coût total actualisé du système énergétique
 - Structure du système énergétique

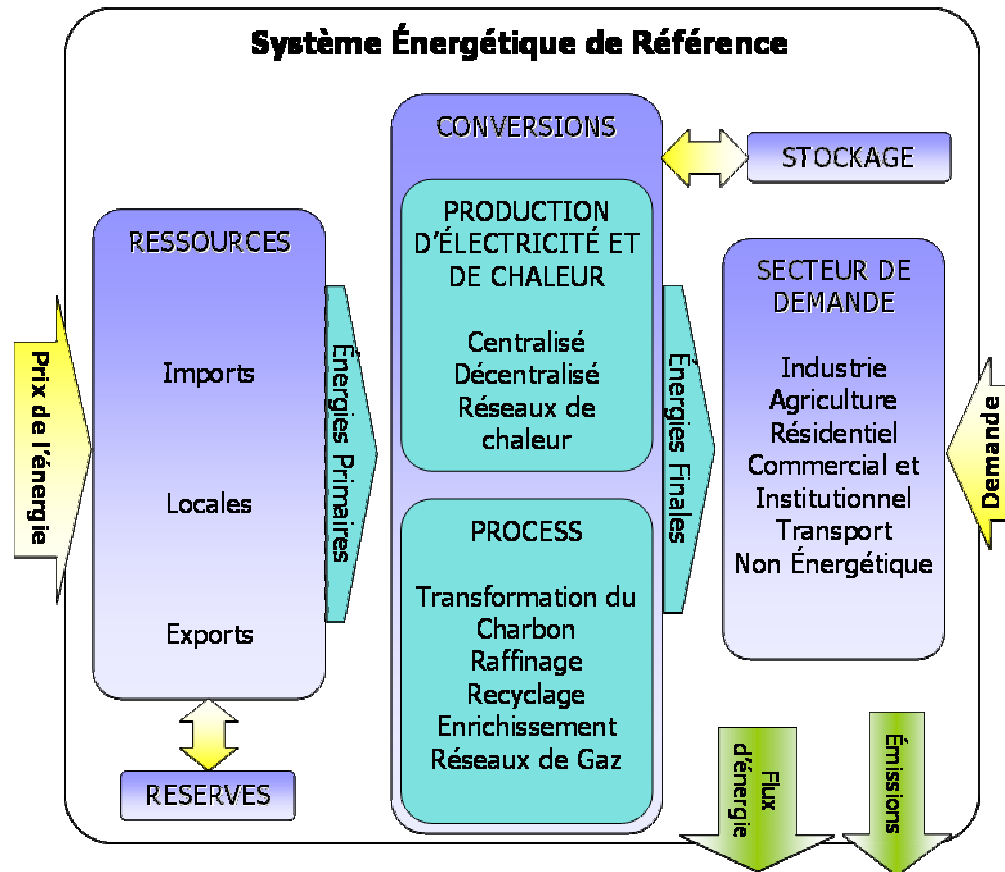


Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

1- Le concept de système énergétique de référence (RES)

Hypothèse du modèle:

Les prix à l'importation des énergies fossiles (WEO, DGEMP, AIE, DoE)



Hypothèse du modèle:

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

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



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

2- Contexte et spécification des scénarios: Les engagements post COP 15 pour 2020

Régions	Année de référence	Niveau d'engagement	Taux de réduction	Type de réduction
Europe de l'Ouest (WEU)	1990	Pessimiste	20 %	Emissions
		Optimiste	30 %	
Japon (JPN)	1990	Fixe	25 %	Emissions
Australie – Nouvelle Zélande (AUS)	2000	Pessimiste	5 %	Emissions
		Optimiste	25 %	
Etats-Unis (USA) *	2005	Fixe	17 %	Emissions
Canada (CAN) *	2005	Fixe	17 %	Emissions
Chine (CHI)	2005	Pessimiste	40 %	Intensité carbone
		Optimiste	45 %	
Inde (IND)	2005	Pessimiste	20 %	Intensité carbone
		Optimiste	25 %	

* Les Etats-Unis et le Canada se sont également engagés à réduire leurs émissions de 30% en 2025, 42% en 2030 et 83% en 2050



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

ParisTech
INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

2- Les hypothèses retenues dans le modèle

Les hypothèses posées sur les engagements pour 2050:

Régions	Année de référence	Niveau d'engagement	Taux de réduction	Type de réduction
EU et JPN	1990	Pessimiste	60 %	Emissions
		Optimiste	80 %	
AUS	2000	Pessimiste	60 %	Emissions
		Optimiste	80 %	
CHI	2005	Pessimiste	90 %	Intensité carbone
		Optimiste	10 %	Emissions
IND	2005	Pessimiste	60 %	Intensité carbone
		Optimiste	10 %	Emissions

⇒ 2 scénarios

- Optimiste : Engagements forts pour 2020 et hypothèses hautes pour 2050
- Pessimiste : Engagements faibles pour 2020 et hypothèses basses pour 2050

⇒ Hypothèses de limitation du déploiement des technologies de séquestration du carbone



2- Interprétation

Conversion des objectifs de réduction des émissions par année de référence

Régions	Variation par rapport à 1990 (+/-)		Variation par rapport à 2005 (+/-)	
	2020	2050	2020	2050
WEU	De -20% à -30%	De -60% à -80%	De -45% à -52%	De -72,5% à -86%
JPN	-25%	De -60% à -80%	-32,4%	De -64% à -82%
AUS	De +8% à -14,5%	De -54% à -72%	De -14% à -32%	De -64% à -82%
USA	-0,30%	-79,6%	-17%	-83%
CAN	+3,2%	-78,9%	-17%	-83%
CHI	De +295% à +262%	De +195% à +111%	De +69% à +54,5%	De +26% à -10%
IND	De +423% à +390%	De +1318% à +86%	De +154% à 138%	De +588% à -10%
FSU (Russie)	De -15% à -25%	De -60% à -80%	De +38% à +22%	De -35% à -67.5%

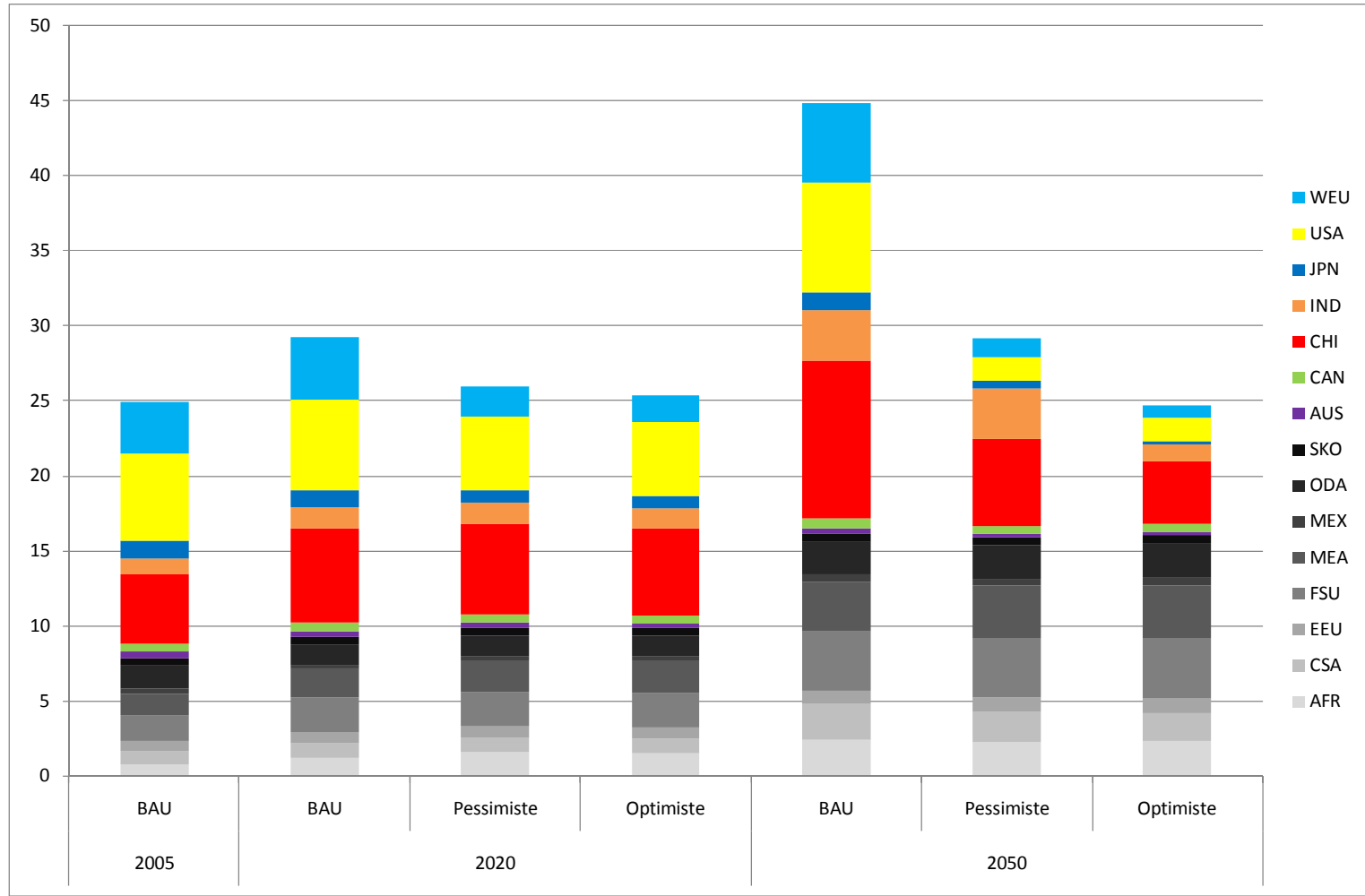
Engagements Post COP 15



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

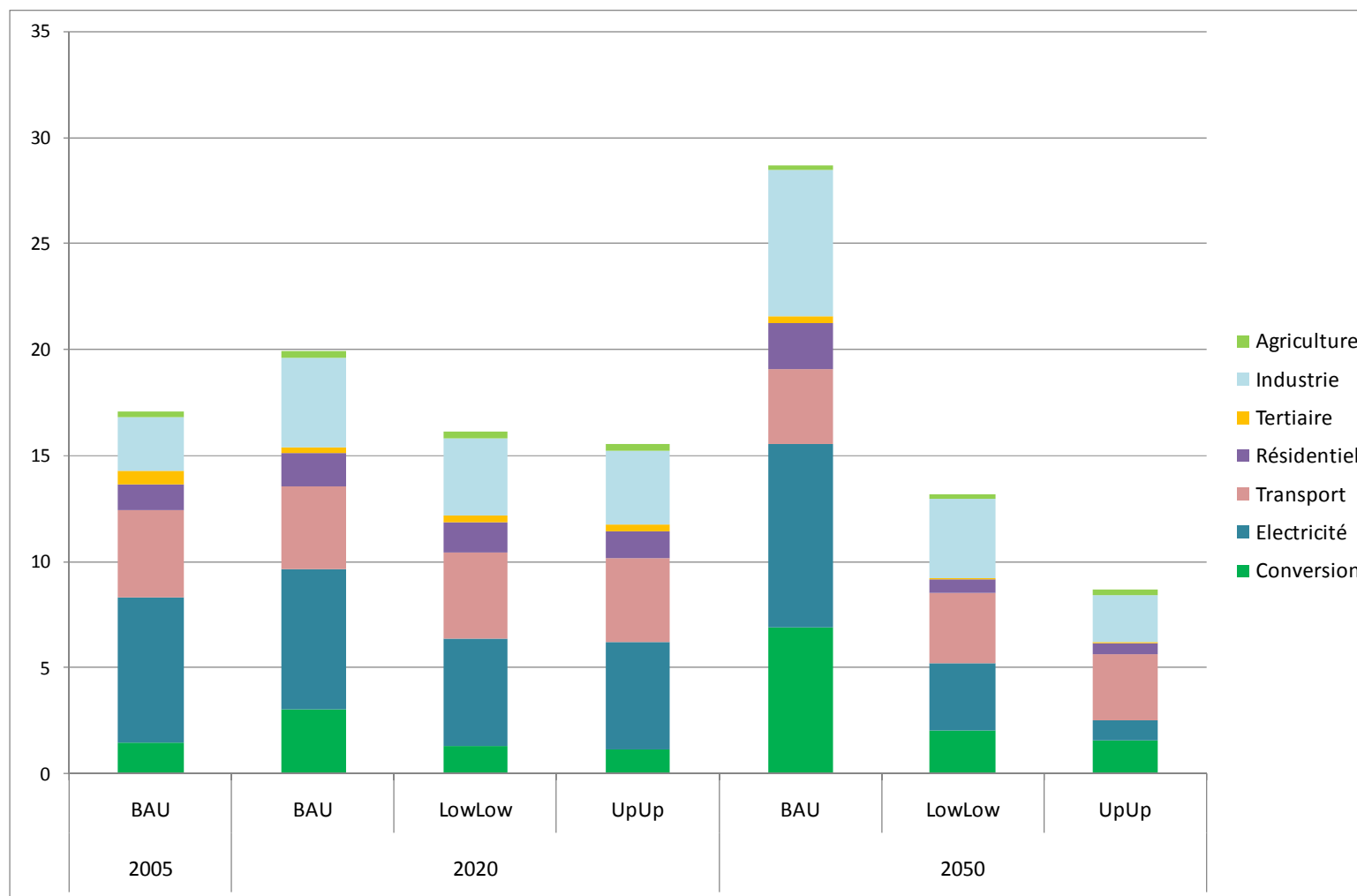
ParisTech
INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

3- Les émissions mondiales de CO₂ (Gt) par région



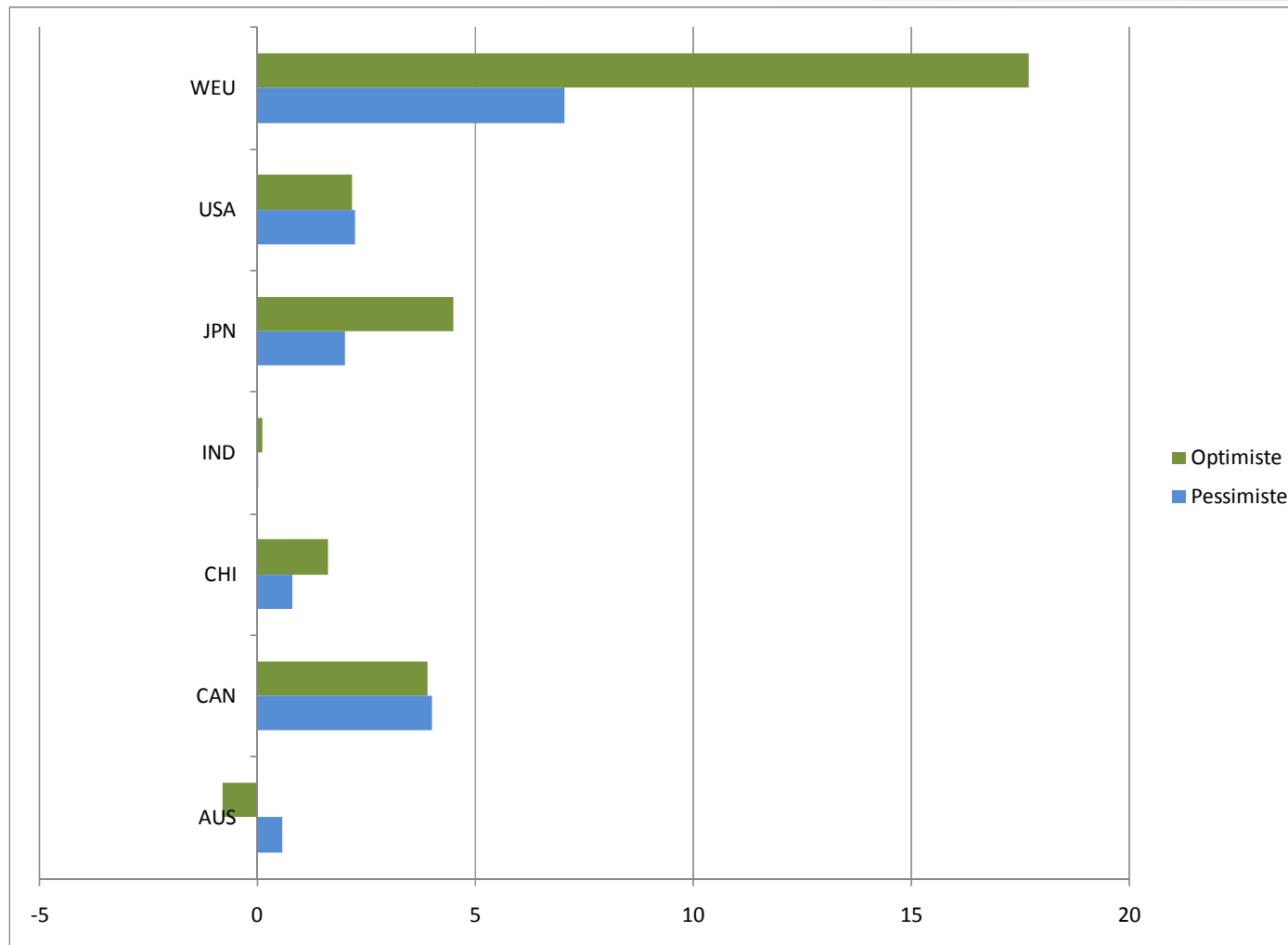
Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

3- Les émissions de CO₂ (Gt) des régions contraintes par secteur



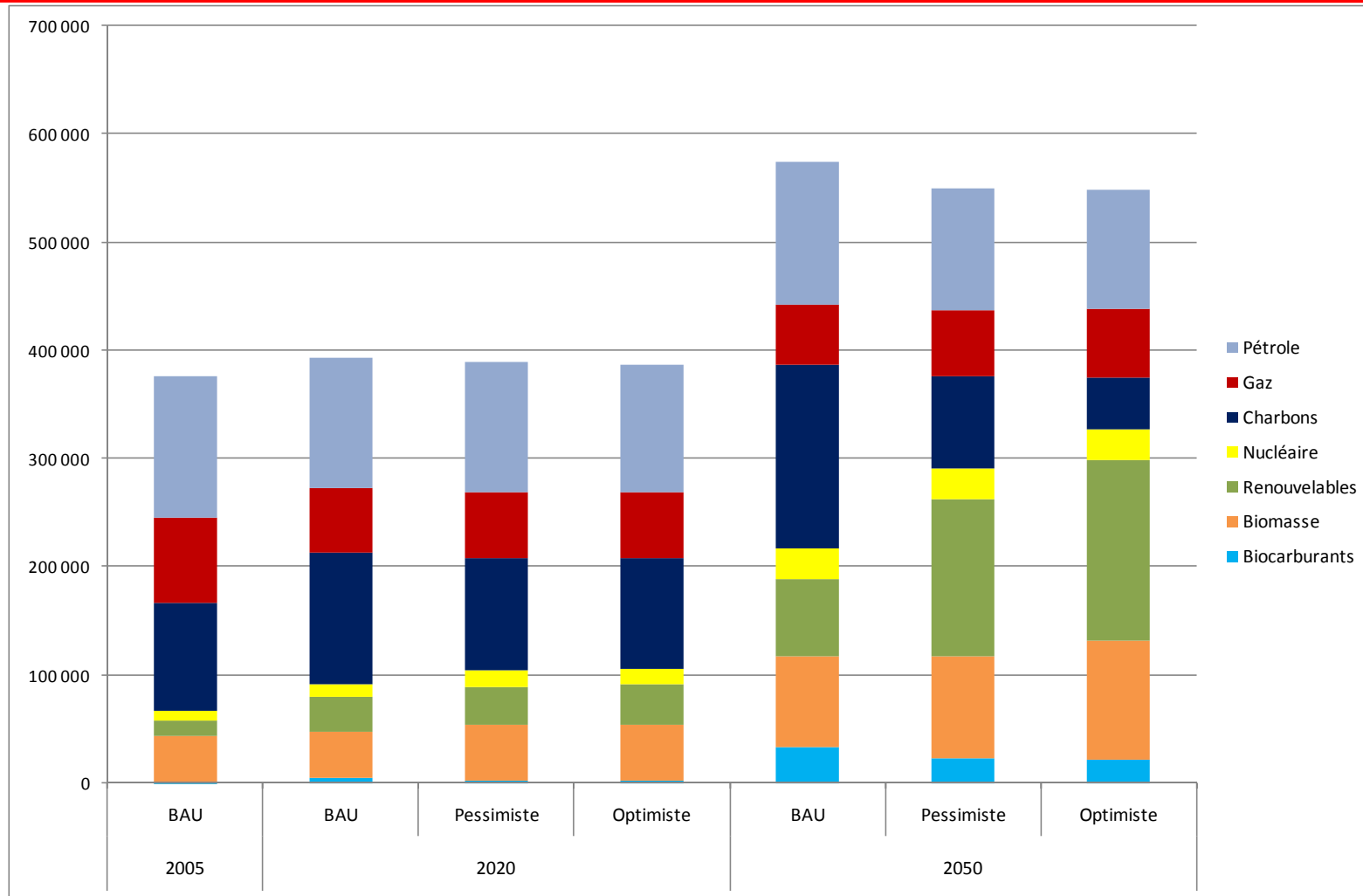
Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

3- Le coût des politiques climatiques (% de variation/BAU)



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

3- La consommation mondiale d'énergie primaire (PJ)



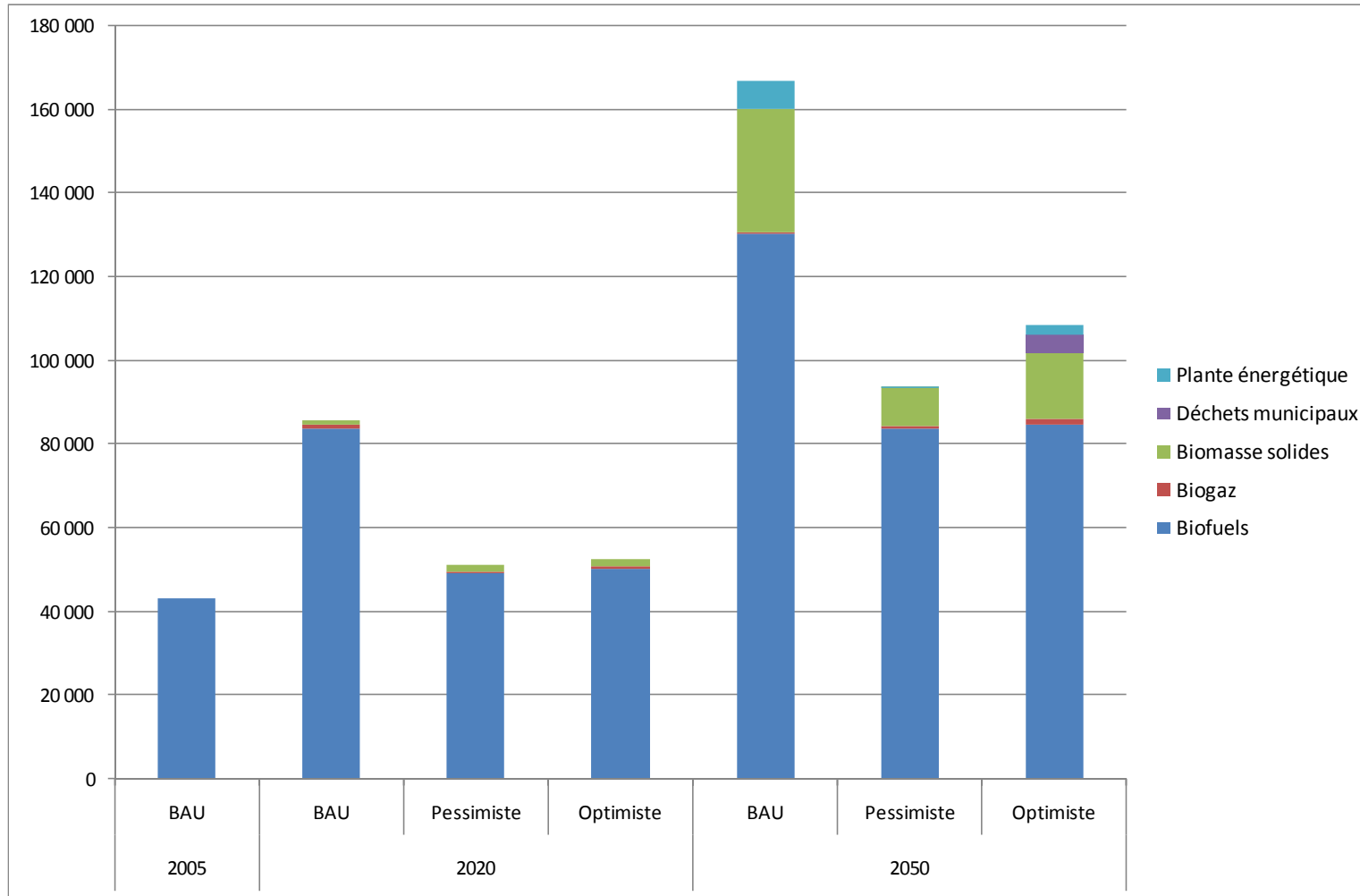
Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

3- Le mix énergétique mondial

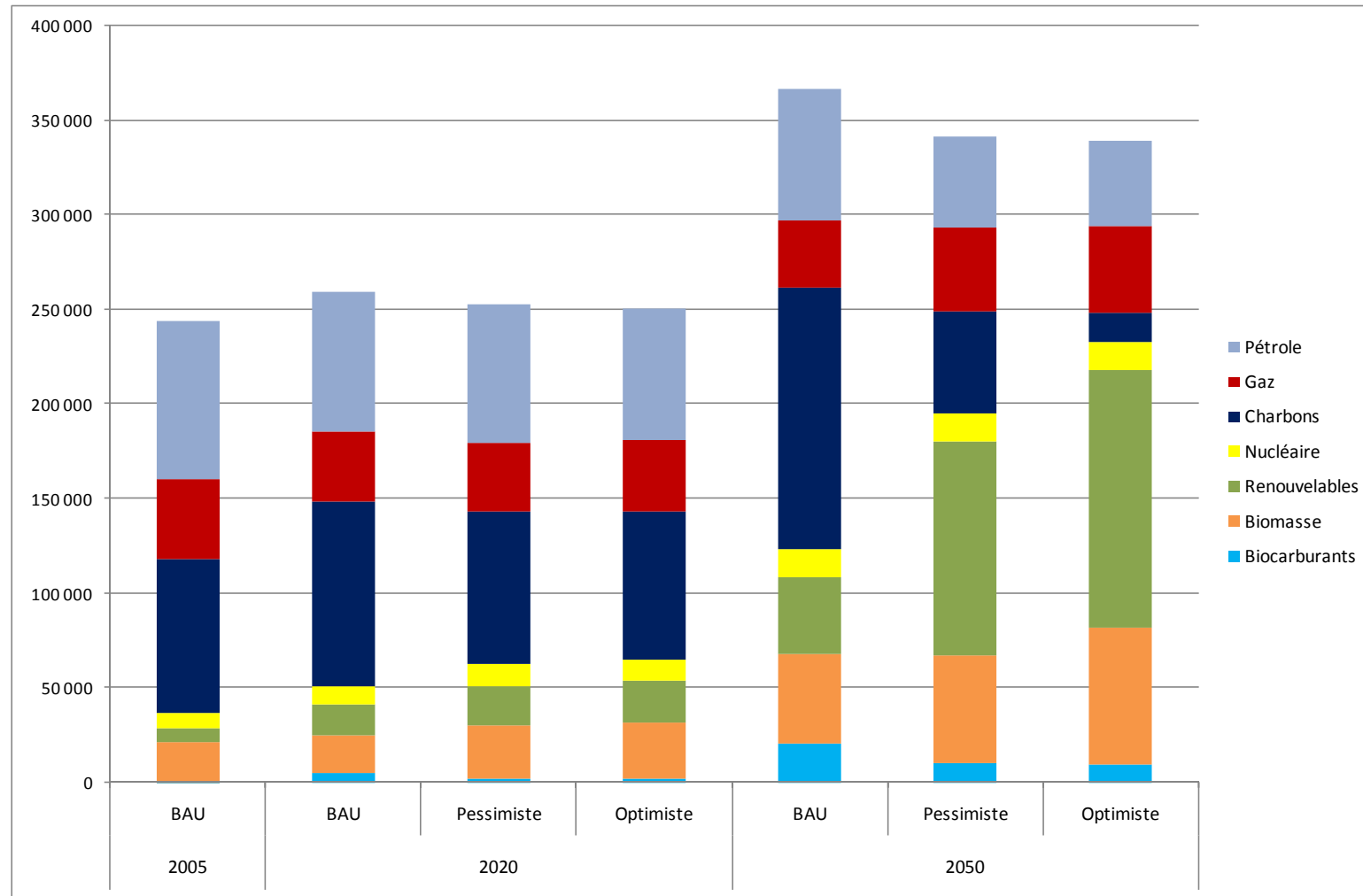
Année	Scénarios	Pétrole	Gaz	Charbon	Total Fossiles	Nucléaire	Total Renouvelables	Autres renouvelables	Biomasse	Biocarburants
2005	BAU	35 %	21 %	26.5 %	82 %	2 %	15 %	4 %	11.5 %	0.3 %
2020	BAU	31 %	15 %	31 %	76.5 %	3 %	20 %	8 %	11 %	1.5 %
	Pessimiste	31 %	15.5 %	27 %	73 %	4 %	23 %	9 %	13 %	1 %
	Optimiste	30 %	16 %	26 %	72.5 %	4 %	24 %	9.5 %	14 %	1 %
2050	BAU	23 %	10 %	30 %	62 %	5 %	33 %	12 %	14.5 %	6 %
	Pessimiste	20.5 %	11 %	16 %	47 %	5 %	48 %	26 %	17 %	4.5 %
	Optimiste	20 %	12 %	9 %	40 %	5 %	54.5 %	30.5 %	20 %	4 %



3- La consommation mondiale de biomasse (PJ)



3- La consommation d'énergie primaire (PJ) des régions contraintes



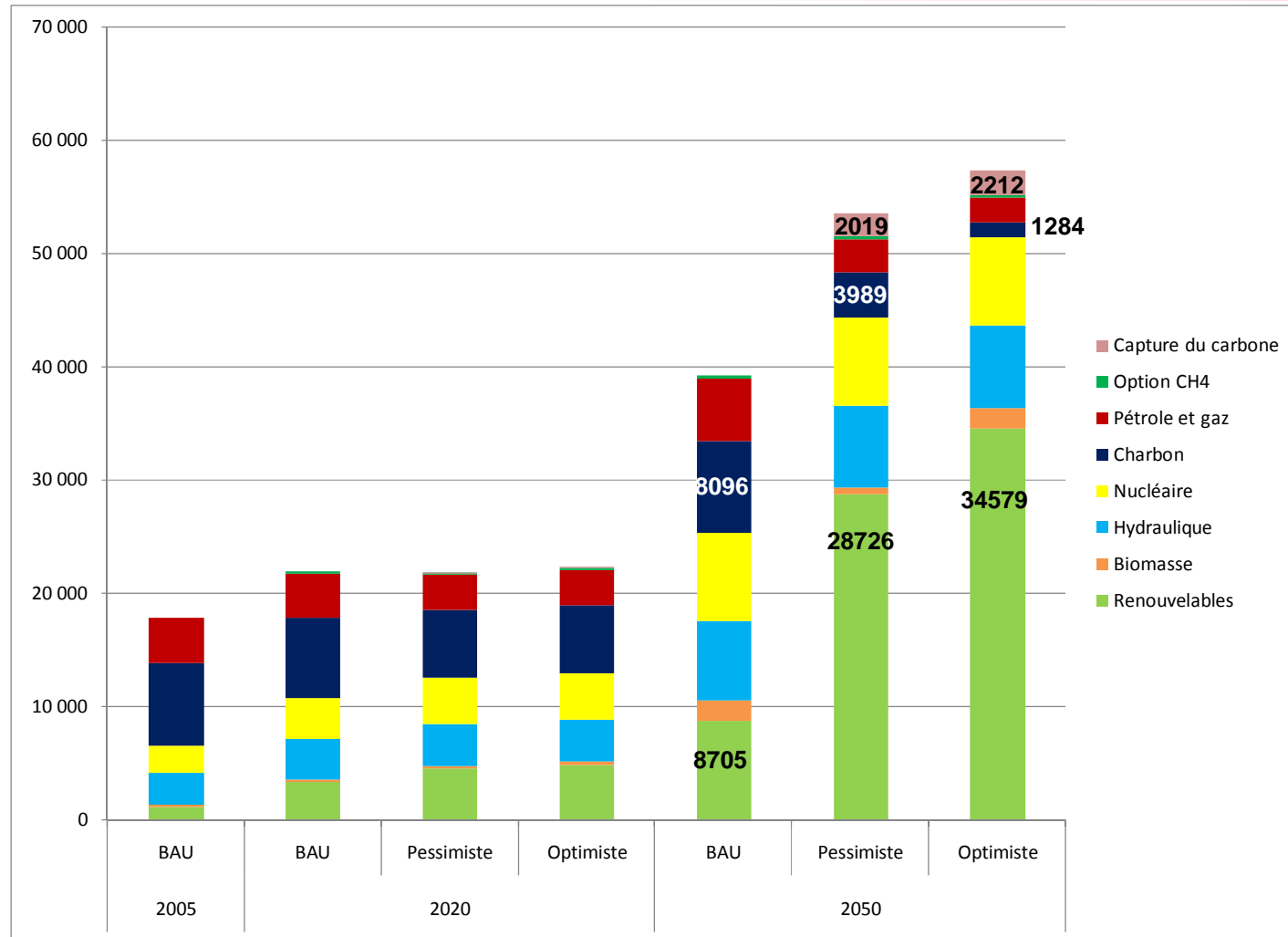
Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

3- Le mix énergétique des régions contraintes

Année	Scénarios	Pétrole	Gaz	Charbon	Total Fossiles	Nucléaire	Total Renouvelables	Autres renouvelables	Biomasse	Biocarburants
2005	BAU	34 %	17 %	33 %	84 %	3 %	12 %	3 %	9 %	0 %
2020	BAU	28.5 %	14 %	38 %	80 %	4 %	16 %	6 %	8 %	2 %
	Pessimiste	29 %	14.5 %	32 %	75 %	4.5 %	20 %	8 %	11 %	1 %
	Optimiste	28 %	15 %	31 %	74 %	4.5 %	21 %	9 %	12 %	1 %
2050	BAU	19 %	8 %	38 %	66 %	4 %	29 %	11 %	13 %	6 %
	Pessimiste	14 %	13 %	16 %	43 %	4.5 %	53 %	33 %	17 %	3 %
	Optimiste	13 %	14 %	5 %	31 %	4.5 %	64 %	40 %	21 %	3 %

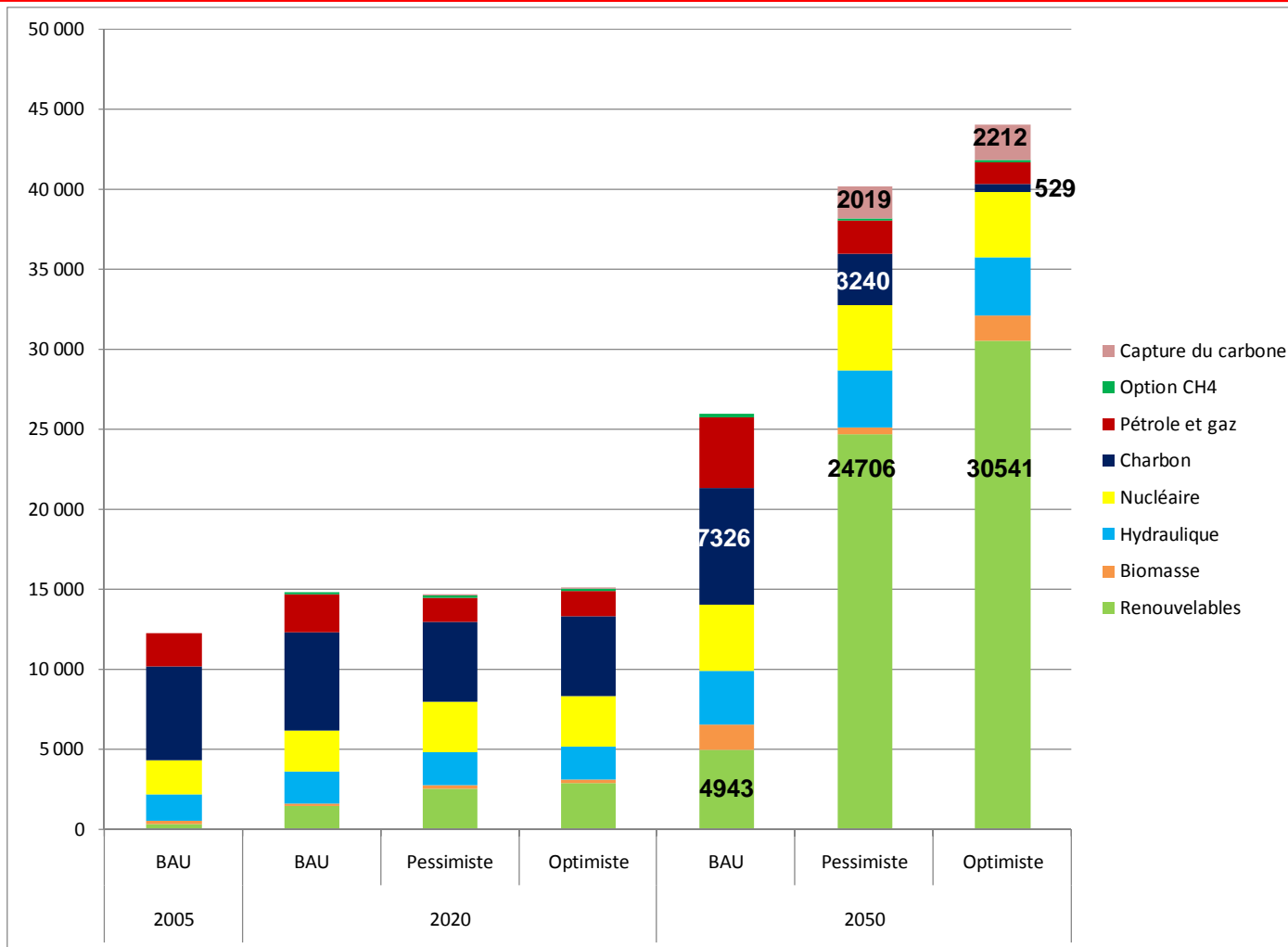


3- La production électrique mondiale (TWh)

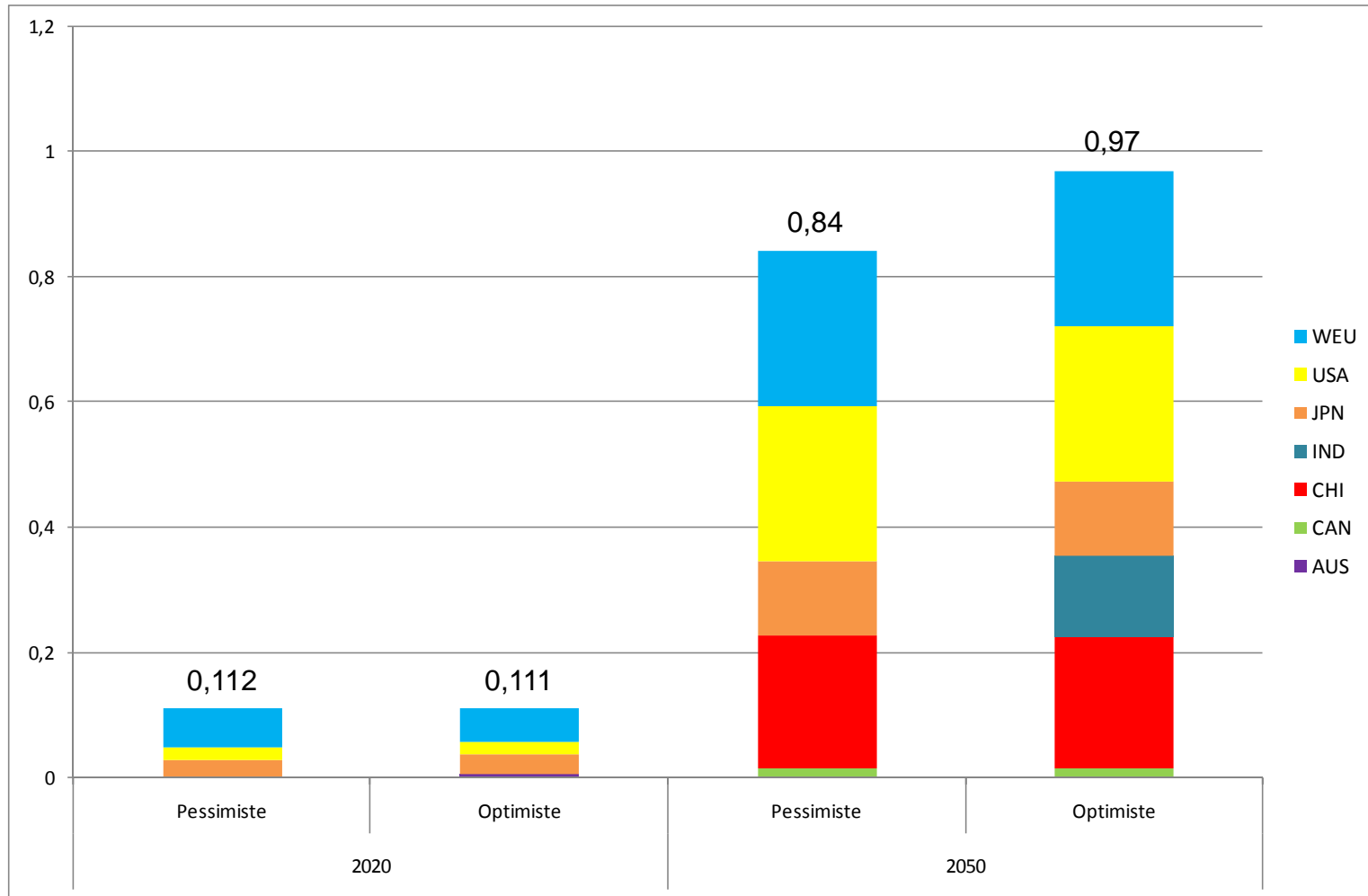


Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

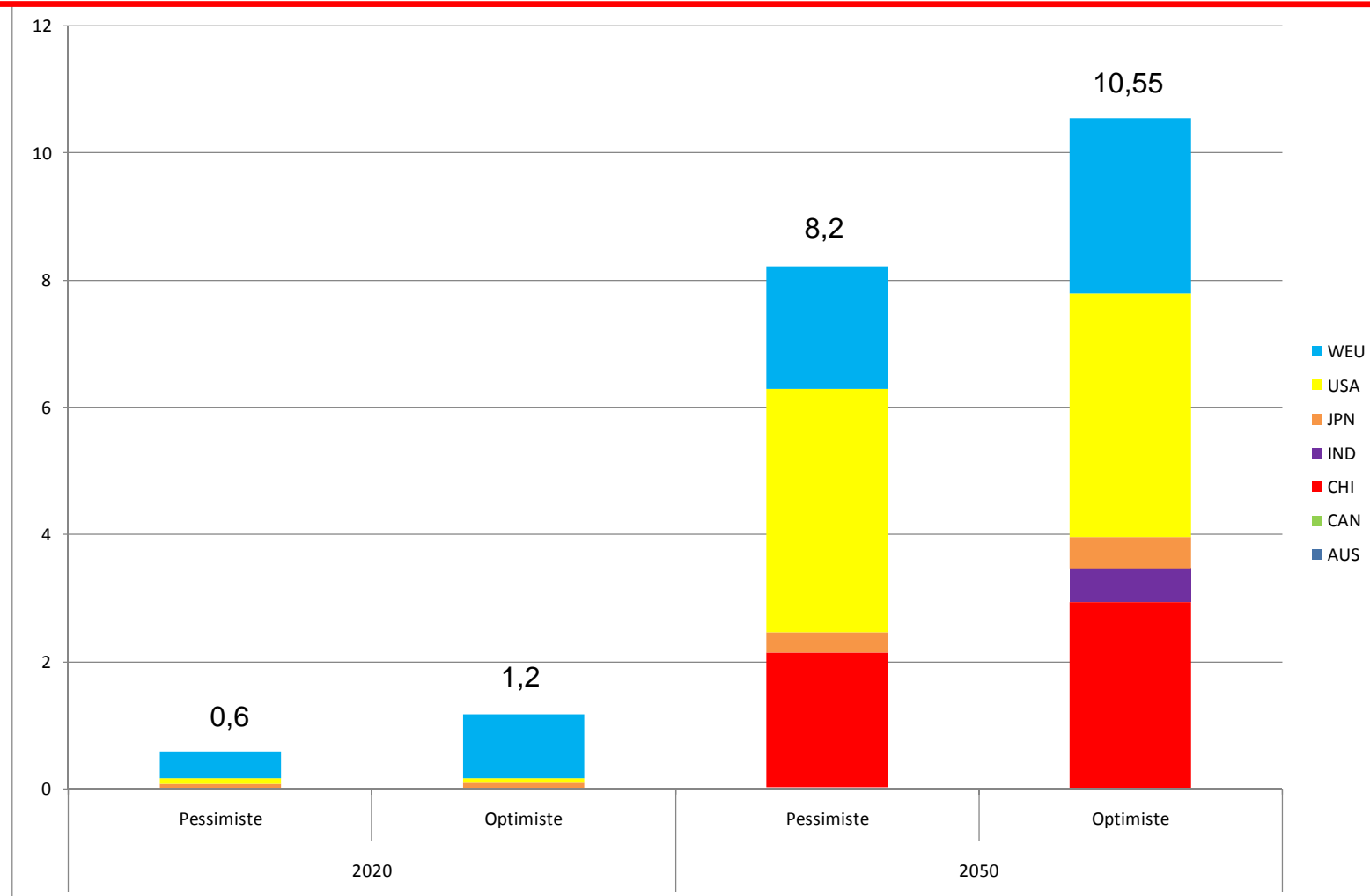
3- La production électrique des régions contraintes (TWh)



4- La séquestration du carbone (Gt) par région

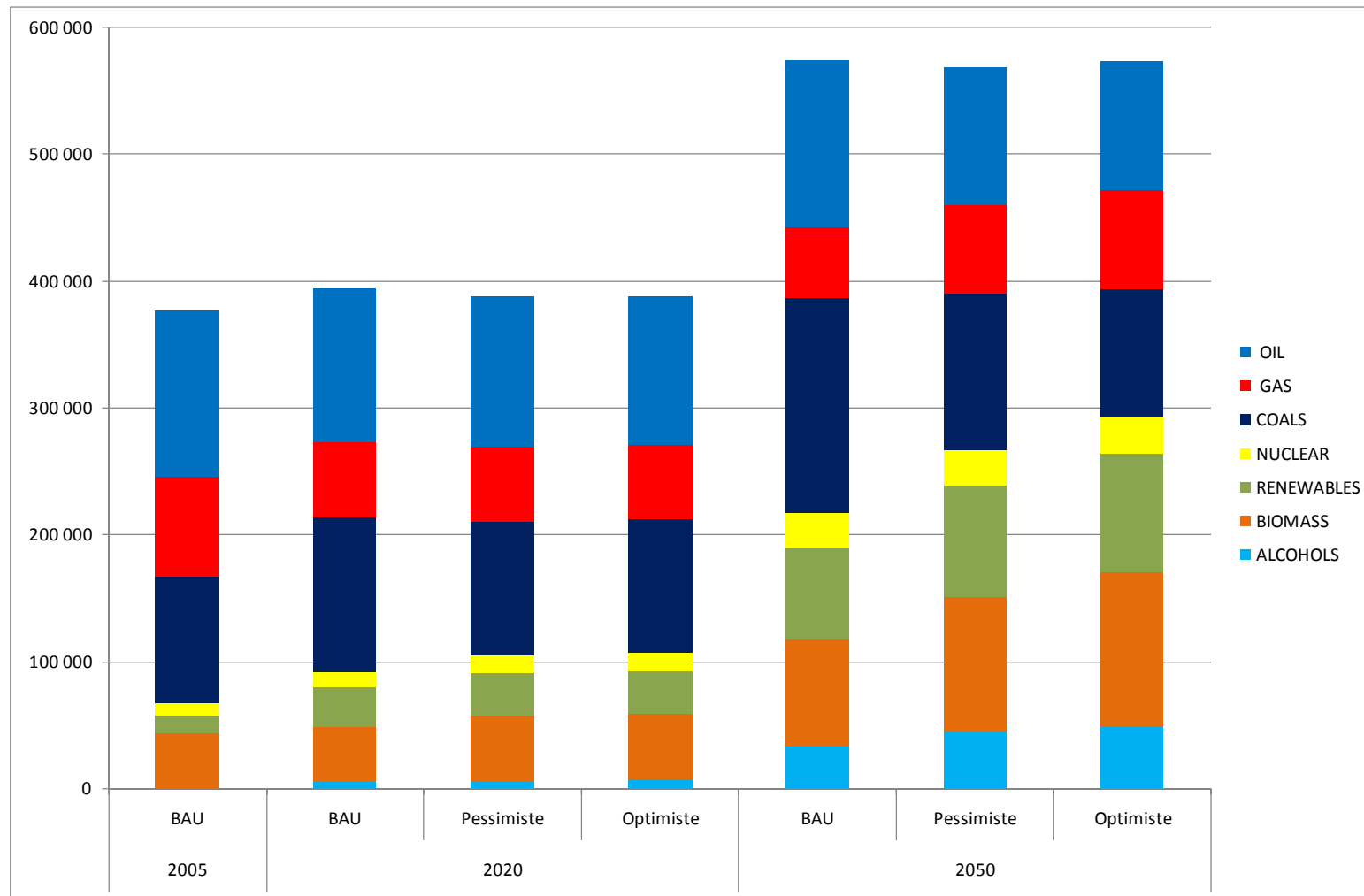


4- La séquestration du carbone (Gt) par région (Scénarios de contraintes carbone sans limitation du CCS)



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

4- TPES (Scénarios de contraintes carbone sans limitation du CCS)



4- Conclusion

- Coût supporté des politiques climatiques différent selon les régions
 - Les enjeux sont globaux mais les actions demeurent régionales
- Scénario de limitation du développement des renouvelables
- Demande non contrainte à limiter
 - Il sera nécessaire d'accompagner ces développements technologiques (CCS et énergies renouvelables) d'actions sur la demande



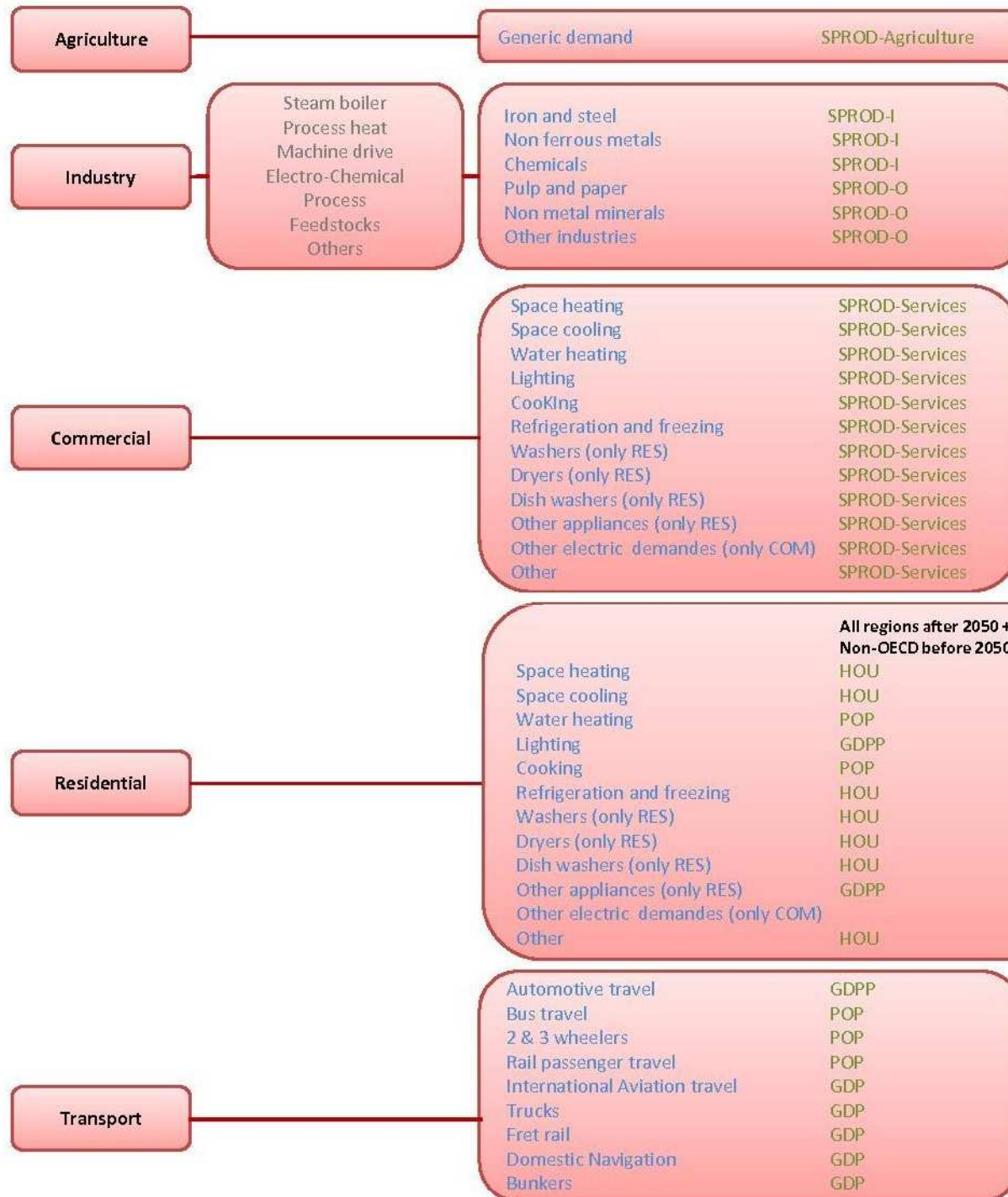
Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

ANNEXES



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

ParisTech
INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY



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

4- Les technologies séquestrées

Technologies		Contraintes (kt)
DSA	Aquifères salins profonds	20000
CB1	Enhanced Coalbed Meth recov<1000m	10000
CB11	Enhanced Coalbed Meth recov<1000m	10000
DOC	Storage in the deep ocean	10000
DSA1	Aquifères salins profonds	10000
DGO	Depl gas fields (onshore)	8000
KEOR	Enhanced oil recovery	8000
DGO1	Depl gas fields (onshore)	5000
DOC1	Stockage en océan profond	5000
CB2	Enhanced Coalbed Meth recov>1000m	2000
CB21	Enhanced Coalbed Meth recov>1000m	2000
DOF	Depl oil fields (offshore)	2000
DOF1	Depl oil fields (offshore)	2000
DOO1	Depl oil fields (onshore)	2000
DGF	Depl gas fields (offshore)	1000
DGF1	Depl gas fields (offshore)	1000
DOO	Depl oil fields (onshore)	1000
KEOR1	Enhanced oil recovery	1000



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

2- Spécification des scénarios

2.4- Interprétation et discussion

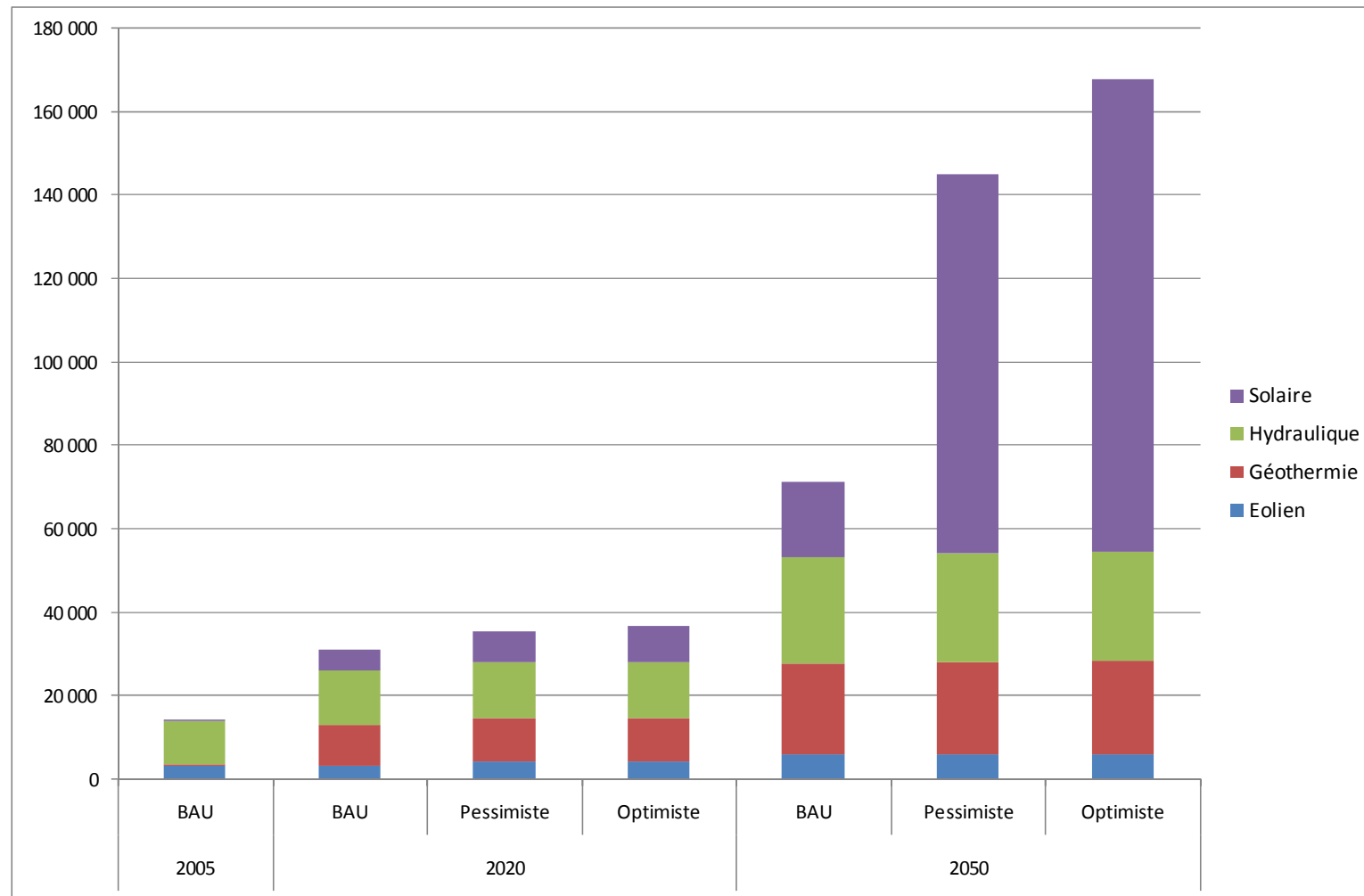
Les émissions de CO₂ (Gt) suivant les engagements des différentes régions

Régions	Emissions de CO ₂ (Gt)					
	1990	2005	2020		2050	
			Pessimiste	Optimiste	Pessimiste	Optimiste
WEU	2.38	3.46	1.91	1.67	0.95	0.48
JPN	1.05	1.17	0.79	0.79	0.42	0.42
AUS	0.33	0.41	0.36	0.28	0.15	0.07
USA	4.86	5.83	4.84	4.84	0.99	0.99
CAN	0.45	0.56	0.46	0.46	0.09	0.09
CHI	1.95	4.57	7.71	7.06	5.74	4.11
IND	0.53	1.09	2.77	2.6	7.51	0.98
<i>FSU</i>	<i>2.86</i>	<i>1.76</i>	<i>2.43</i>	<i>2.14</i>	<i>1.14</i>	<i>0.57</i>



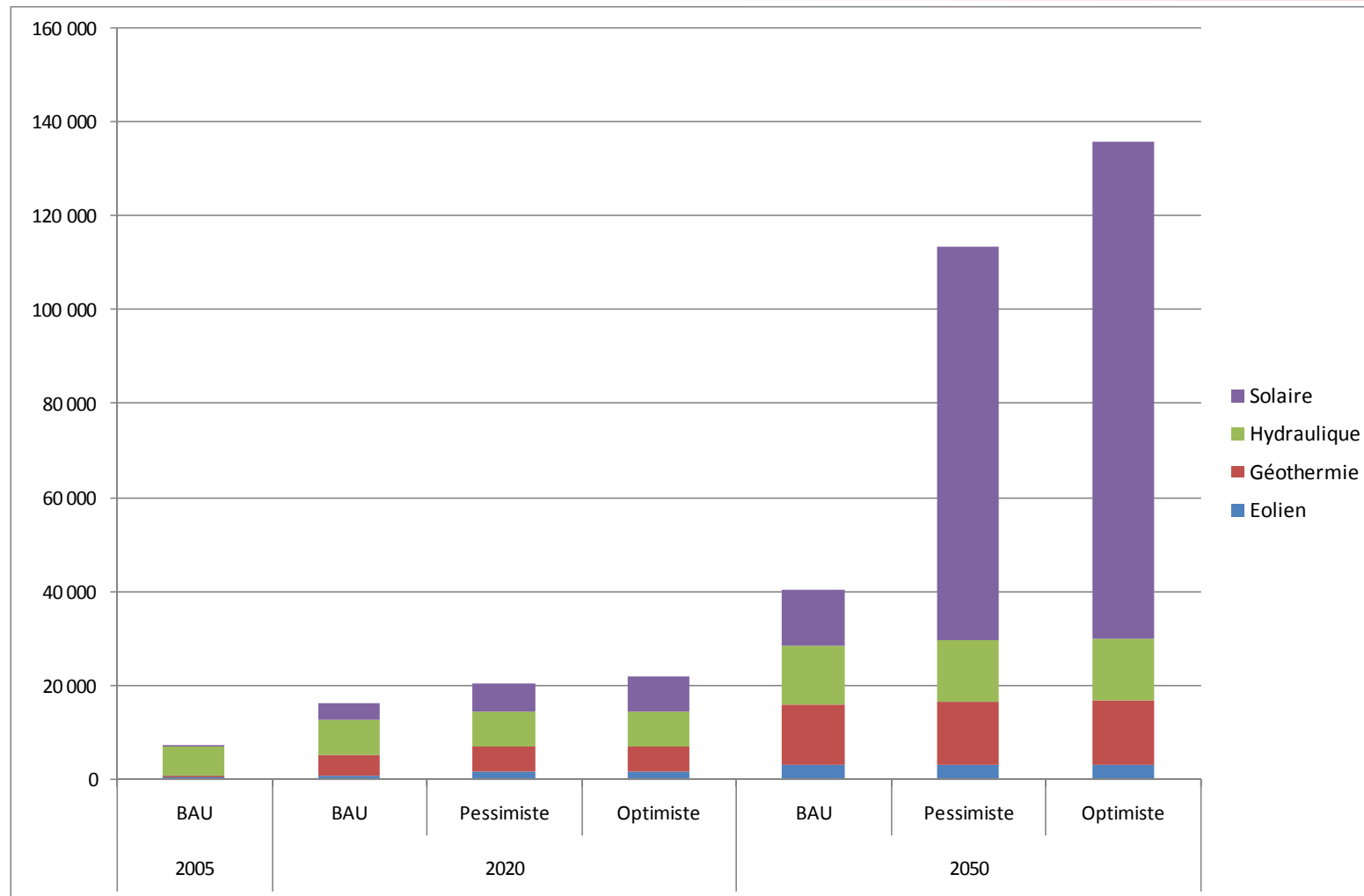
Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

La consommation mondiale d'énergie primaire renouvelable (PJ)



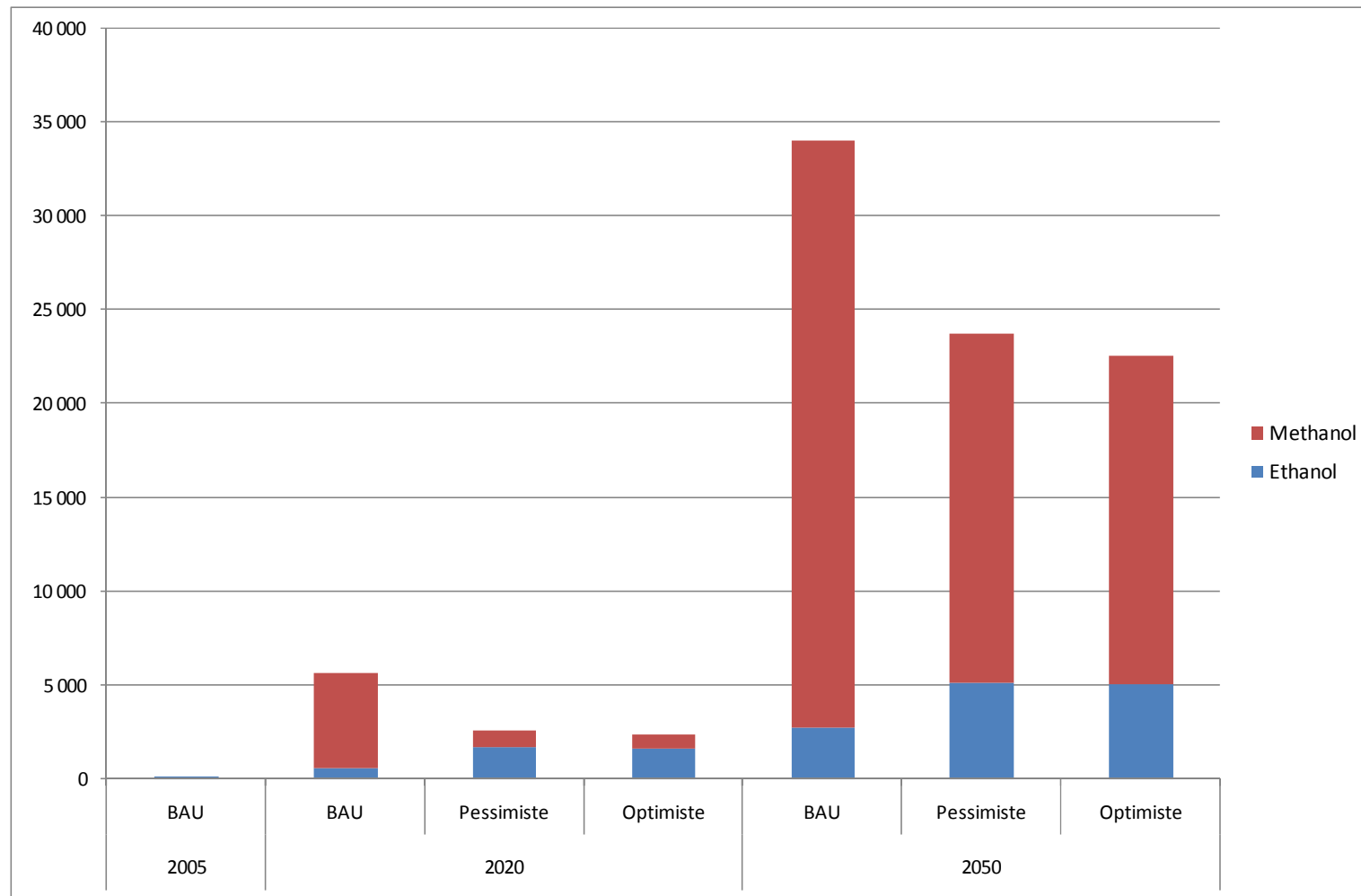
Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

La consommation d'énergie primaire renouvelable des régions contraintes(PJ)

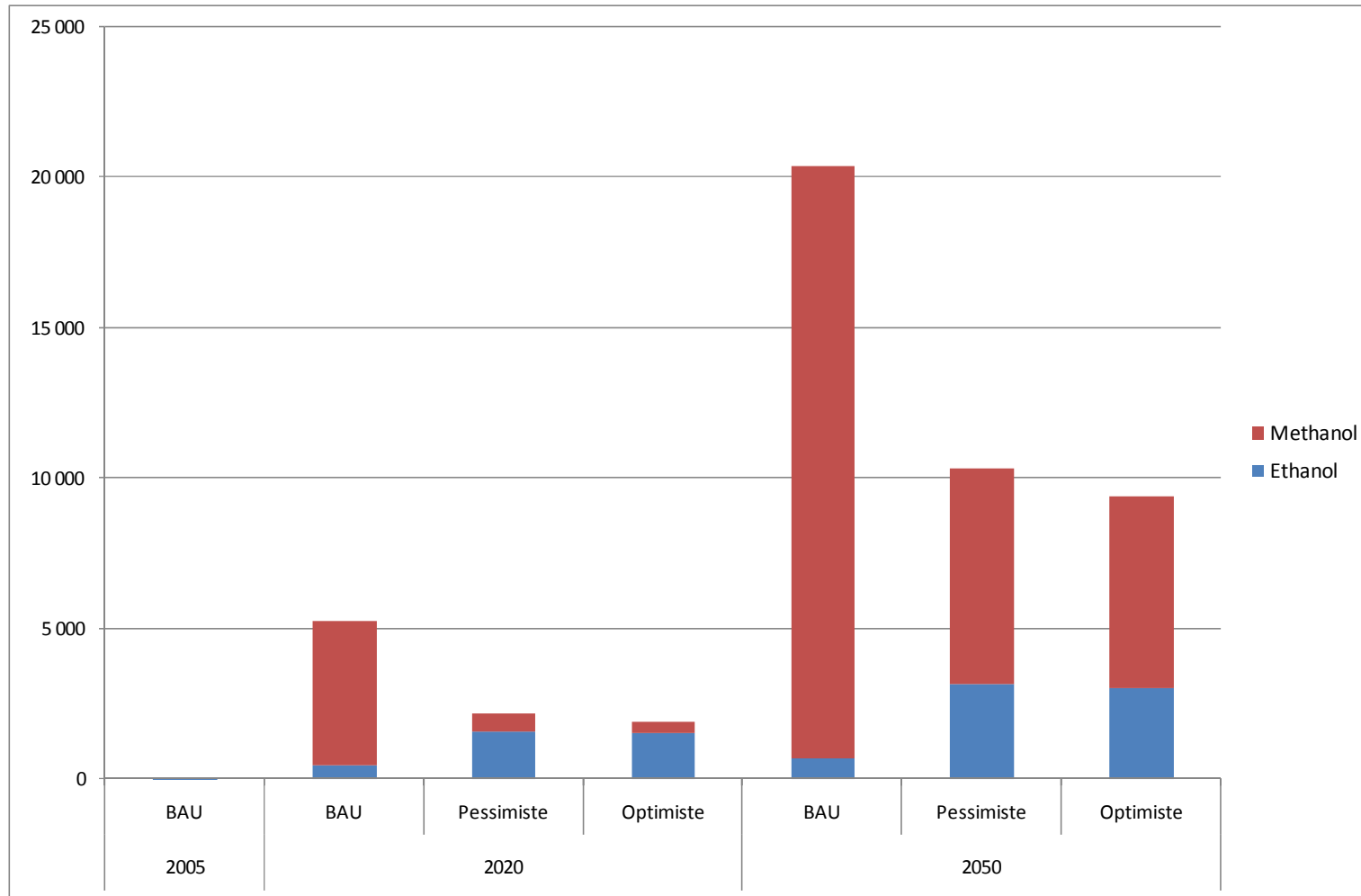


Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

La consommation mondiale des biocarburants (PJ)



La consommation de biocarburants des régions contraintes(PJ)



La consommation de biomasse des régions contraintes(PJ)

