

Pays émergents et politiques climatiques: *les leçons stratégiques d'exercices numériques en univers 'de 2nd Rang'*

Jean-Charles HOURCADE
CIRED

Sur la base de travaux avec Céline Guivarch, Henri Waisman,
Meriem Hamdi-Chérif, Julie Rozenberg, Adrien Vogt, Ruben
Bibas, Christophe Cassen



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

ParisTech
INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

GIEC: un défi physique économiquement facile à relever?

Category	Radiative forcing (W/m ²)	CO ₂ concentration ^{c)} (ppm)	CO ₂ -eq concentration ^{c)} (ppm)	Global mean temperature increase above pre-industrial at equilibrium, using "best estimate" climate sensitivity ^{b), c)} (°C)	Peaking year for CO ₂ emissions ^{d)}	Change in global CO ₂ emissions in 2050 (% of 2000 emissions) ^{d)}	No. of assessed scenarios
I	2.5-3.0	350-400	445-490	2.0-2.4	2000-2015	-85 to -50	6
II	3.0-3.5	400-440	490-535	2.4-2.8	2000-2020	-60 to -30	18
III	3.5-4.0	440-485	535-590	2.8-3.2	2010-2030	-30 to +5	21
IV	4.0-5.0	485-570	590-710	3.2-4.0	2020-2060	+10 to +60	118
V	5.0-6.0	570-660	710-855	4.0-4.9	2050-2080	+25 to +85	9
VI	6.0-7.5	660-790	855-1130	4.9-6.1	2060-2090	+90 to +140	5
Total							177

Stabilization levels (ppm CO ₂ -eq)	Median GDP reduction ^{b)} (%)	Range of GDP reduction ^{b), c)} (%)	Reduction of average annual GDP growth rates ^{b), d)} (percentage points)
590-710	0.5	-1 - 2	<0.05
535-590	1.3	slightly negative - 4	<0.1
445-535 ^{e)}	not available	<5.5	<0.12



Bon marché le «2K»? Pourquoi n'allons nous pas de l'avant?

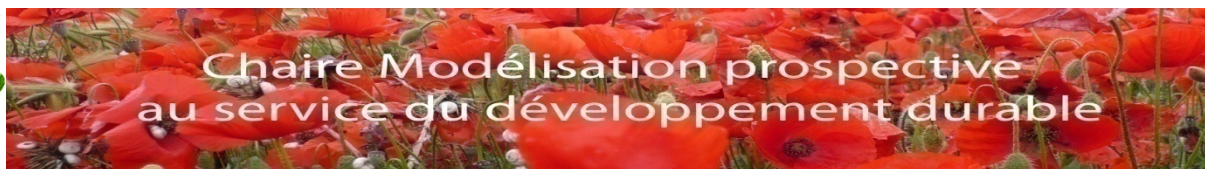
« *The most ambitious pathways [350-450 ppm CO₂] are possible* » with a macroeconomic impact comprised between +0.5 and -3% of the GDP in 2030 with technologies currently known and a uniform carbon price between 5 and 80 \$/tCO₂ in 2030

... une bonne nouvelle mais un **caveat** rarement lu

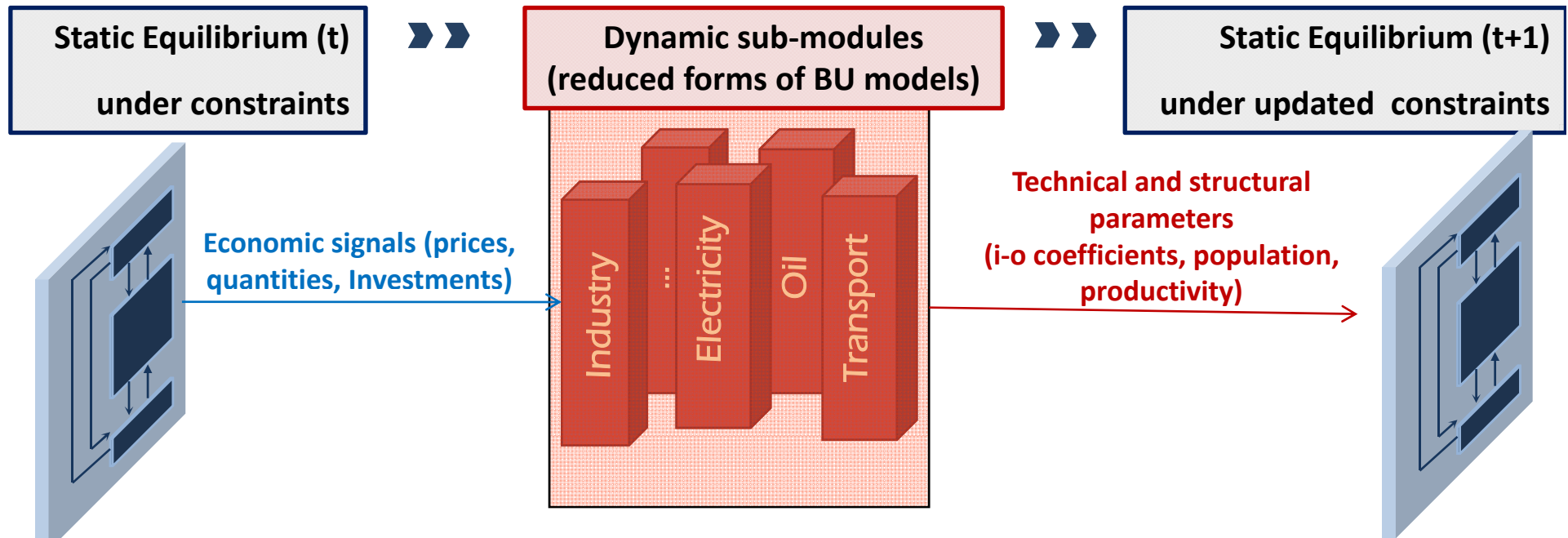
*'Most models use a global **least cost approach** to mitigation portfolios and with universal emissions trading, assuming **transparent markets**, **no transaction cost**, and thus **perfect implementation** of mitigation measures throughout the 21st century.'* (AR4 WGIII SPM Box 3)

... à quoi on devrait rajouter

And **widespread benevolence** to compensate the losers



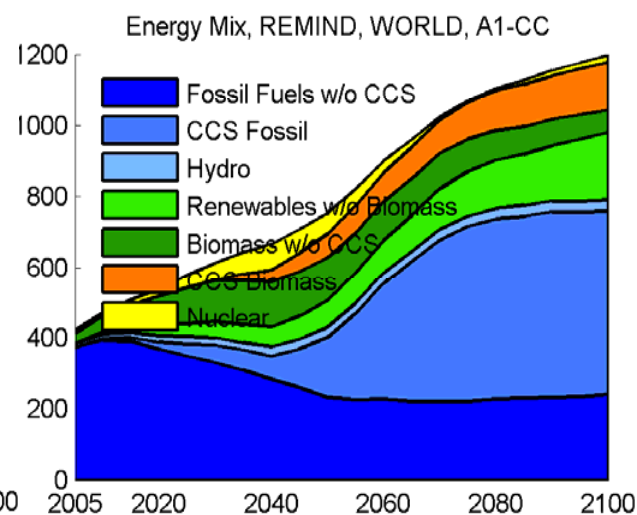
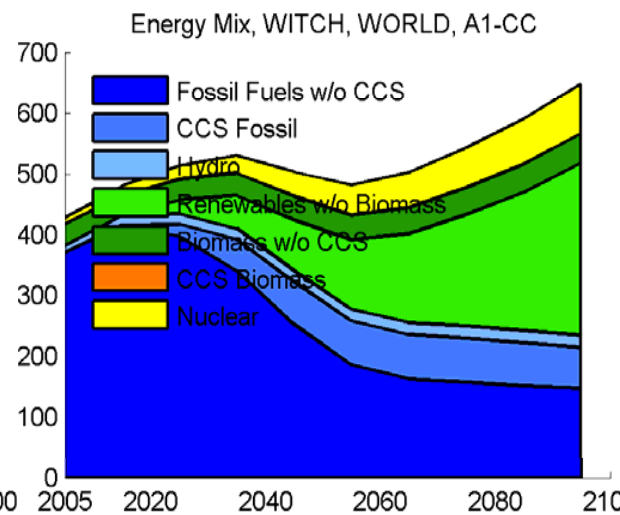
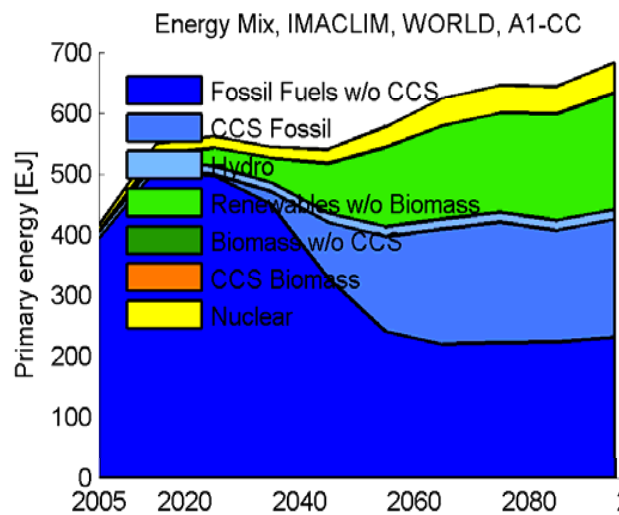
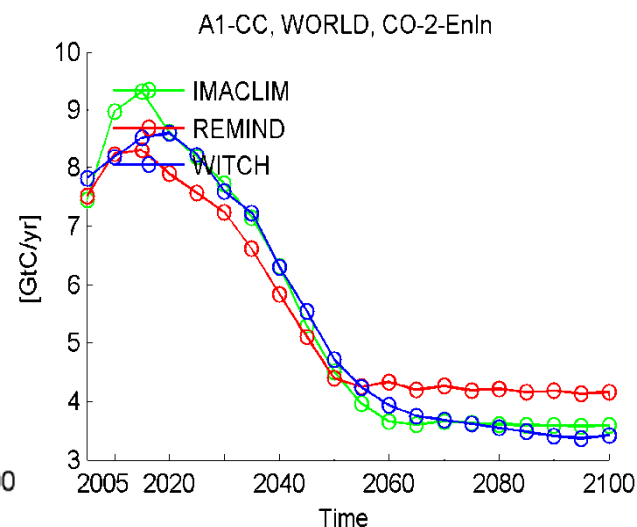
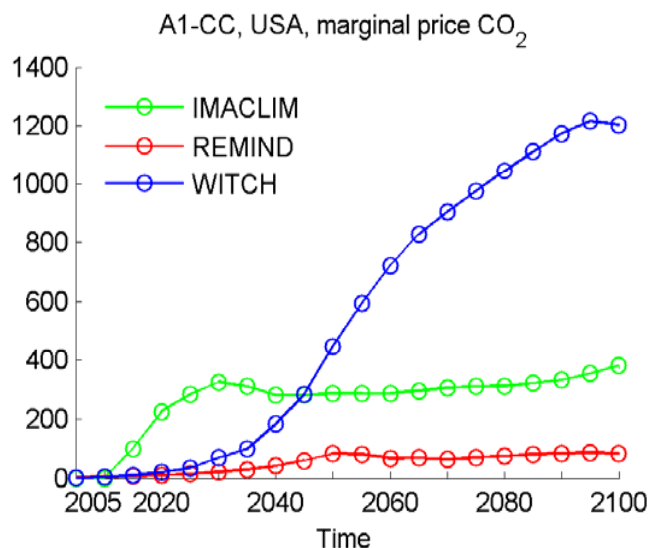
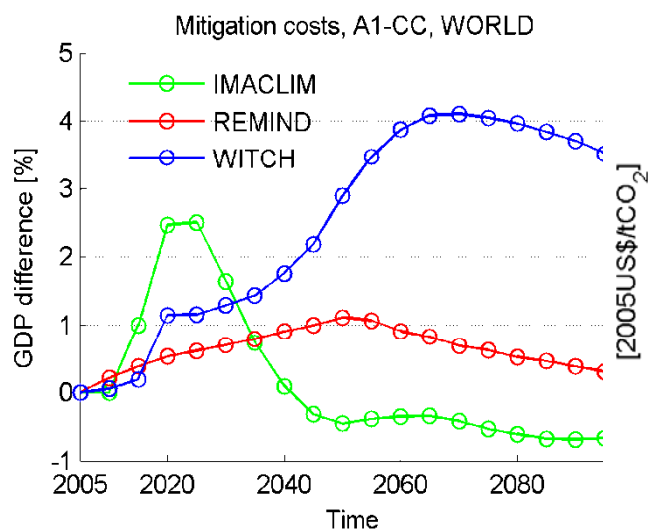
IMACLIM, un MEGC pour des économies de 2nd rang



- ❑ *Des matrices hybrides en énergie, valeur et contenu physique*
 - Secure the consistency of the engineering based and economic analyses
 - Représentation explicite de l'inertie des équipements
 - Assymptotes techniques, besoins fondamentaux
- ❑ *Un moteur de croissance 'à la Solow' mais avec déséquilibres transitoires*
 - Sous-emploi, capacités excédentaires
 - Investissements sous anticipations imparfaites (informés par des modèles sectoriels)
 - Commerce et flux de capitaux endogènes sous hypothèses exogènes sur les dettes



Un résultat bien établi IMACLIM plus pessimiste sur le court terme



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Pourquoi une vision plus pessimiste?

- **Le jeu des systèmes techniques et de la consommation**
 - **assymptotes techniques** (jugements d'experts)
 - **inertie des stocks de capital stocks:** infrastructures et équipements d'usage final chez les ménages
 - « **effets rebonds** » et induction de la mobilité
- L'hypothèse «**d'anticipation imparfaite**» qui force à « crier » pour attirer l'attention des « **sourds d'oreille** »...
- ...qui a des effets de « **propagation** » aggravés dans des économies en **déséquilibre**



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

C.I.R.E.D.

ParisTech
UNITÉ MIXTE DE RECHERCHE
EHESS ET CNRS - UMR 8568
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY
TECHNOLOGIES

EMF-24: Un exercice comparatif symptomatique d'une certaine façon de poser les questions

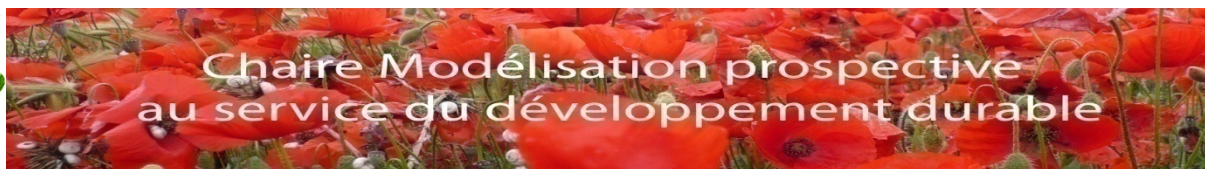
“EMF 24 will focus on development and cross model comparison of a new generation of comprehensive international and domestic climate policy intervention scenarios focusing on technology strategies for achieving climate policy objectives.

These scenarios will enable the community to exercise enhanced modeling capabilities that were focused on in previous EMF studies on the international trade implications of climate policies, the representation of technological change, and the incorporations of multi-gas mitigation and land use emissions and mitigation policy alternatives.”

2 types d'exercices:

- **Global Scenario Model Comparison Exercise**
- **Regional Scenario Model Comparison Exercise (US, EU, Asia)**

14 modèles globaux pour respecter des **RCP** constraints



Les 14 modèles globaux

MODELE	RESPONSABLE	INSTITUTION	PAYS
TIAM-World	Richard Loulou	KANLO-KANORS,	Canada
WITCH	Enrica De Cian, Massimo Tavoni	FEEM	Italy
GCAM (RCP 4.5)	Kate Calvin	JGCRI/PNNL	USA
GCAM-IIM	Vaibhav Chaturvedi	IIM, India &JGCRI/PNNL	USA
MERGE	Geoff Blanford	EPRI	USA
POLES	Alban Kitous, Silvana Mima	Enerdata, CNRS	France
REMIND	Elmar Kriegler	PIK	Germany
MESSAGE (RCP 8.5)	Volker Krey, Keywan Riahi	IIASA	Austria
MS-MRT	Mei Yuan	CRAI	USA
DNE21	Kenichi Wada	RITE	Japan
IMAGE (RCP 3-PD)	Jasper van Vliet, Detlef van Vuuren	PBL	Netherlands
GRAPE	Atsushi Kurosawa	IAE	Japan
AIM-Enduse (RCP 6.0)	Osamu Akashi	NIES	Japan
IMACLIM	Jean-Charles Hourcade	CIREN	France

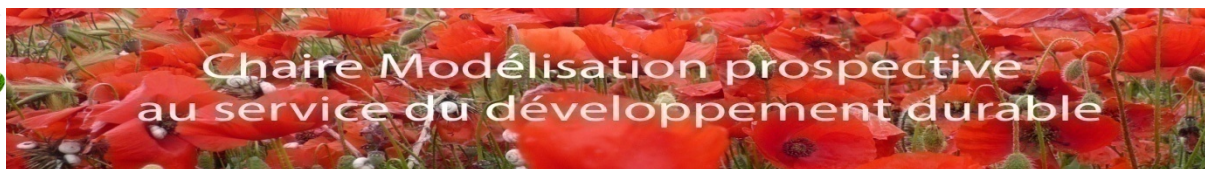
Des scenarios représentatifs de (certaines) demandes “sociétales”

Hypothèses Technologiques:

- Intensité énergétique: Normale (-1.2% par an) ou Basse (-1.8% par an)
- CCS : Complètement disponible vs. pas du tout disponible
- Nucléaire: Déploiement Libre vs. suppression progressive à partir de 2010
- Wind/ Solar: Reference vs. Advanced
- Biomasse: Limité à 50 EJ/an vs. Libre

Hypothèses Politiques:

- **Baseline:** aucune politique climatique après 2012
- **450 ppm CO₂e climate target:** Forçage radiatif à 2.6 W/m² (overshoot) , pleine flexibilité
- **550 ppm CO₂e climate target:** Forçage radiatif à 3.7 W/m², pleine flexibilité
- **Une OCDE exemplaire:**
 - OCDE: {-80% en 2050 + allocation en C&C} + {-2% par an après 2050}
 - Exportateurs d'énergie: aucune contrainte
 - Reste du monde: {différence pour atteindre -50% en 2050} + {-2% par an après 2050}
- **Muddling through:**
 - OCDE: {-80% en 2050 + allocation en C&C} + {-2% par an après 2050}
 - Exportateurs d'énergie: aucune contrainte
 - Reste du monde: {pledges de Cop. Avant 2020} + {réduction dépendante du revenu}
 - Pas de when and where flexibility



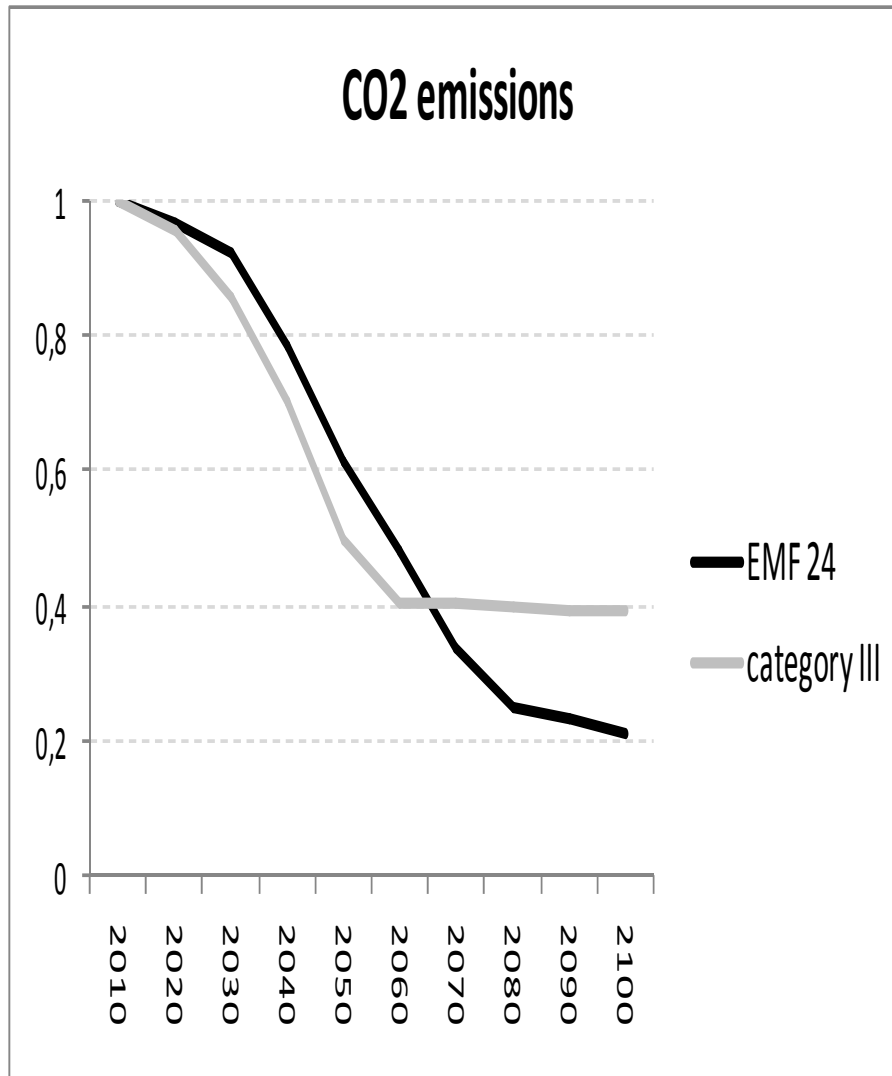
Le jeu de 'scenarios partagés'

Technology Dimension								
Energy intensity	Ref		Low		Ref		Low	
CCS	On	Off	On	Off	On	Off	On	Off
Nuclear energy	On	Off	On	Off	On	Off	On	Off
Wind & Solar	Adv	Adv	Adv	Adv	Ref	Ref	Ref	Ref
Bioenergy potential	High	High	High	High	Low	Low	Low	Low
Policy Dimension								
Baseline	1	2	3	4	15	16	27	28
450 CO2e	33	34	5	17	18	19	35	36
550 CO2e	6	7	8	9	20	21	29	30
Idealized G8	37	38	10	22	23	24	39	40
Muddling through	11	12	13	14	25	26	31	32



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Ce qu'il a fallu faire pour qu'IMACLIM puisse simuler ces scenarios



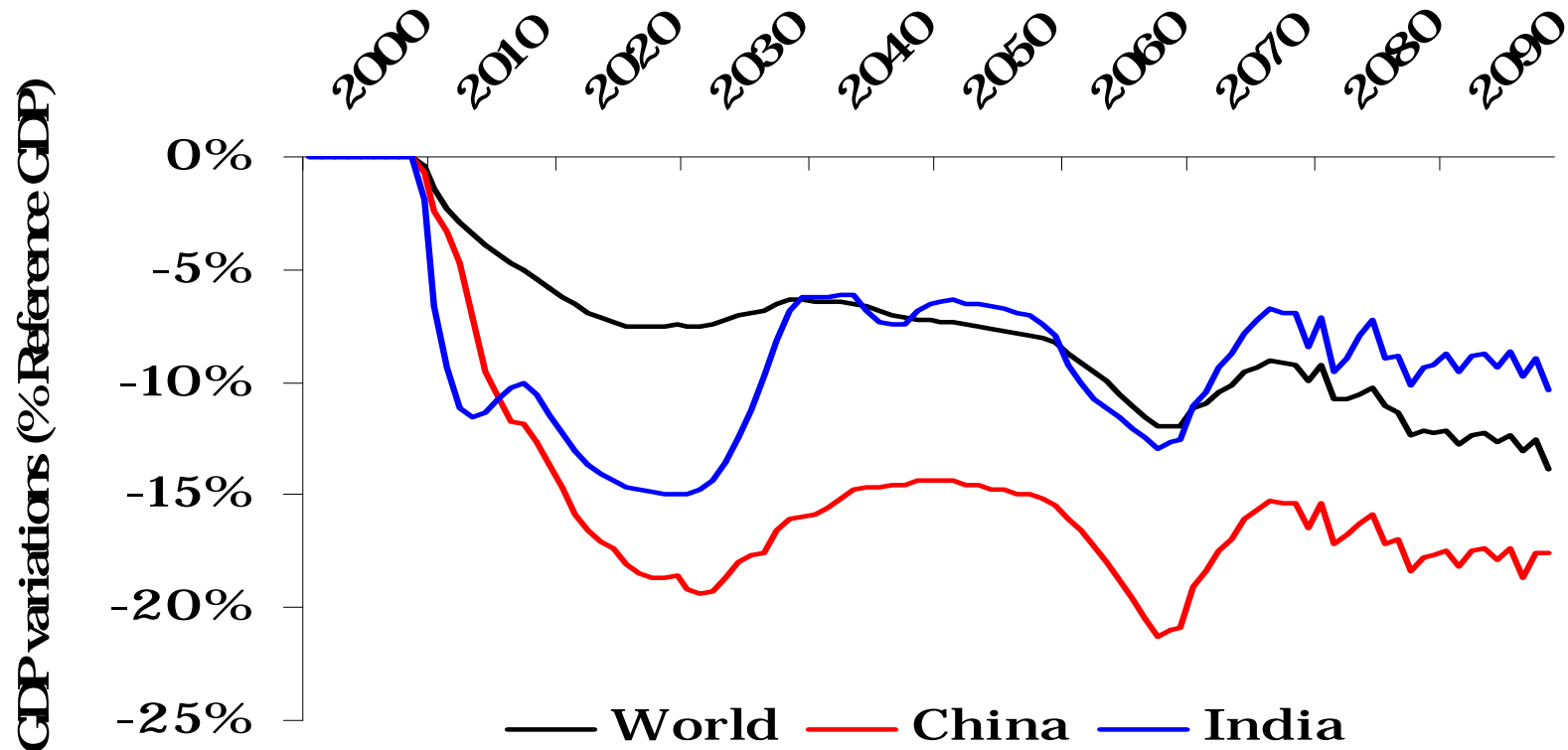
- Pour un scénario à -50% en 2050: coûts de transition élevés mais pertes modérées voire des bénéfices sur le long terme
- Les trajectoires EMF 24 ne pouvaient être (difficilement) calculées que pour le scénario le plus optimiste
- Il a fallu pour résoudre les « autres »
 - **supprimer les contraintes en besoins de base**
 - **repousser les asymptotes techniques**
 - introduire des **politiques d'infrastructures** et **limiter** fortement le **transport aérien**
 - intégrer de la **séquestration dans les terres dégradées**



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Exercice EMF24 pour la Chine et l'Inde ... un +2°C définitivement inacceptable ... sauf si

Macroeconomic cost of the climate policy



Les mécanismes en jeu ... quand technologie et paramètres économiques s'interpénètrent

- **Chaîne causale:** hauts prix de l'énergie, prix de production en hausse, baisse des termes de l'échange des économies les plus impactées, baisse du pouvoir d'achat des ménages (énergie, biens importés + lower wages), faible demande domestique
- Le mécanisme en ... une équation

The rigidity of labor markets

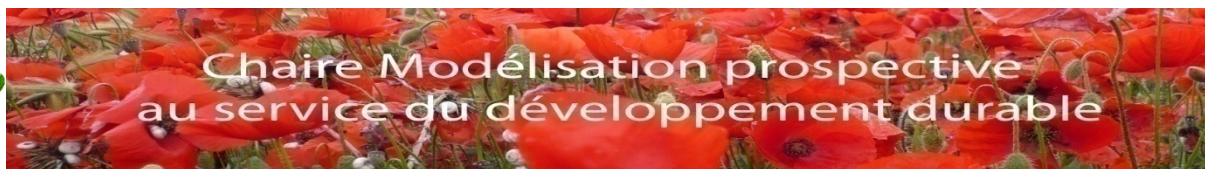
small wage-curve elasticity means high cost

$$\frac{\Delta Q}{Q_0} \approx -\frac{1}{\alpha} \cdot \frac{z_0}{1-z_0} \cdot \frac{e \cdot CI_E}{\omega_0 \cdot l} \cdot \Delta \tau_E$$

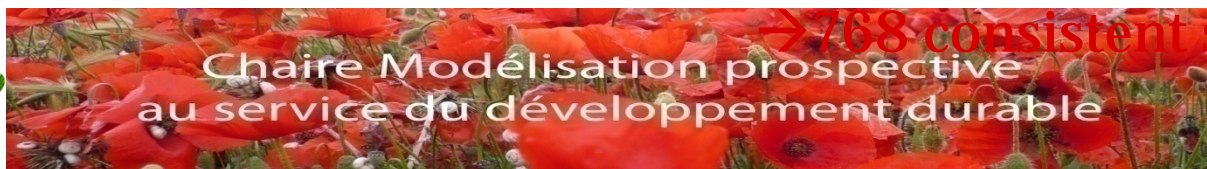
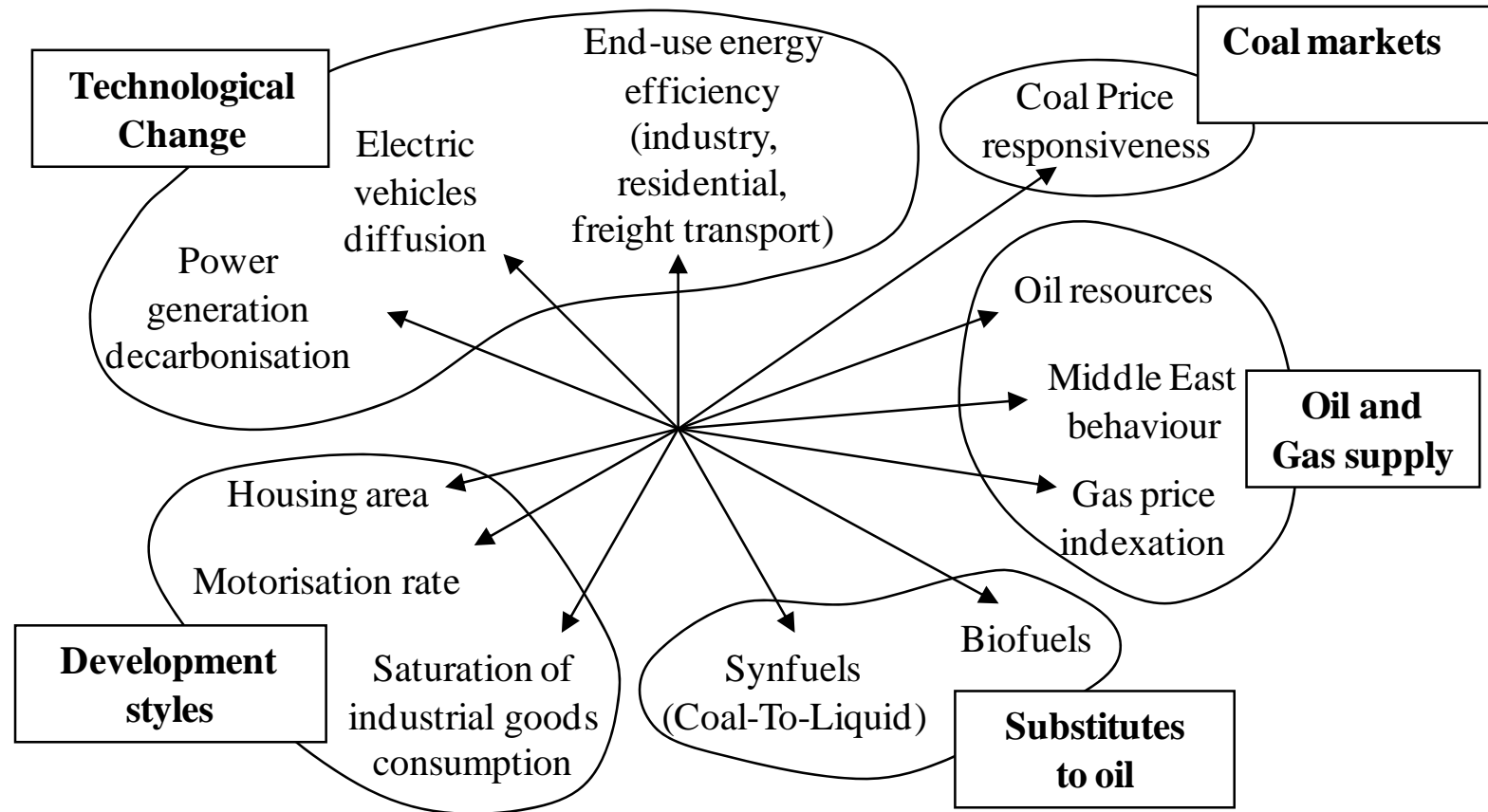
The ratio "energy (carbon) vs. salaries".

High energy intensity means high cost

- A long terme, les pertes de PIB baissent (ou s'inversent) en raison
 - des bénéfices de l'innovation
 - De la prévention du peak-oil,
 - Du fait que les économies se sont organisées autour de prix du carbone croissants

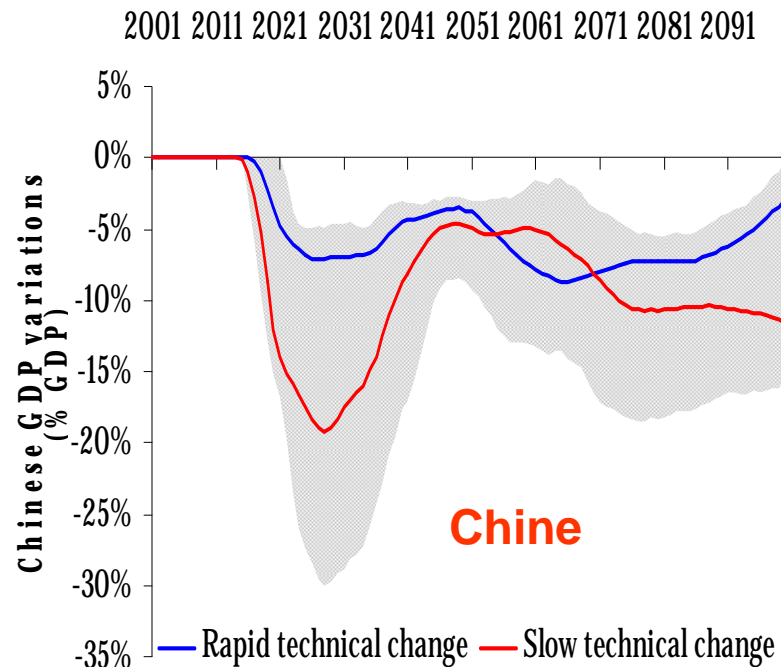


Une prospective qui explore les incertitudes de l'interface énergie/économie pour dégager des mécanismes robustes

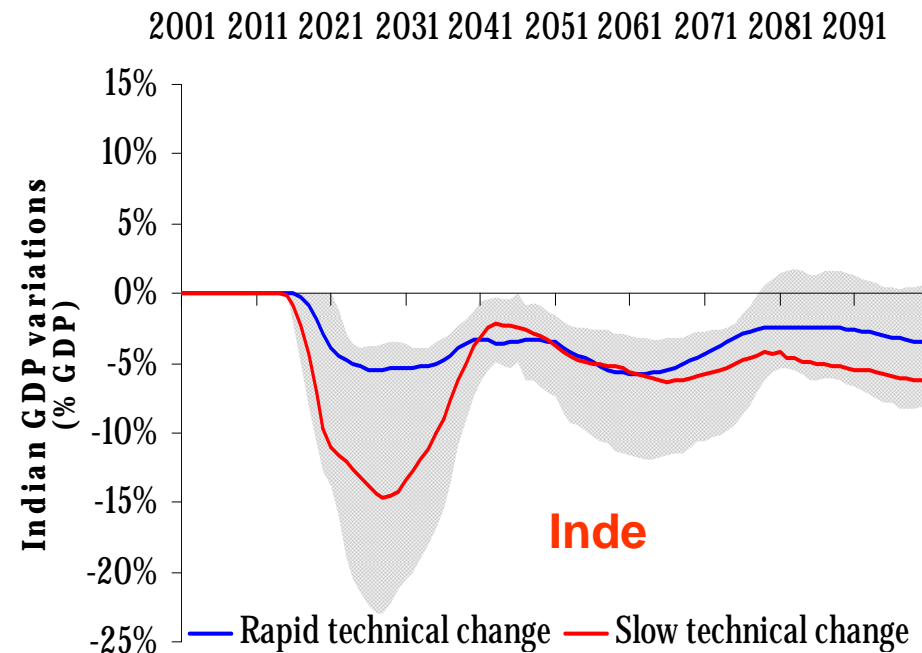


A la recherche de conclusions moins pessimistes (3°K) prix carbone plus optimisme technologique

'Carbon price only'



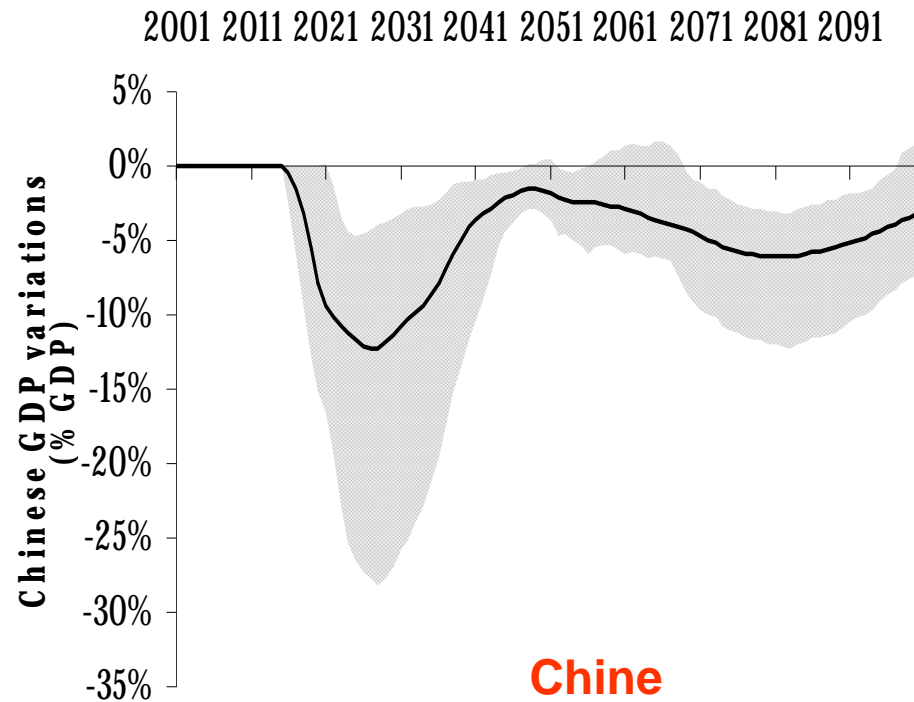
'Carbon price only'



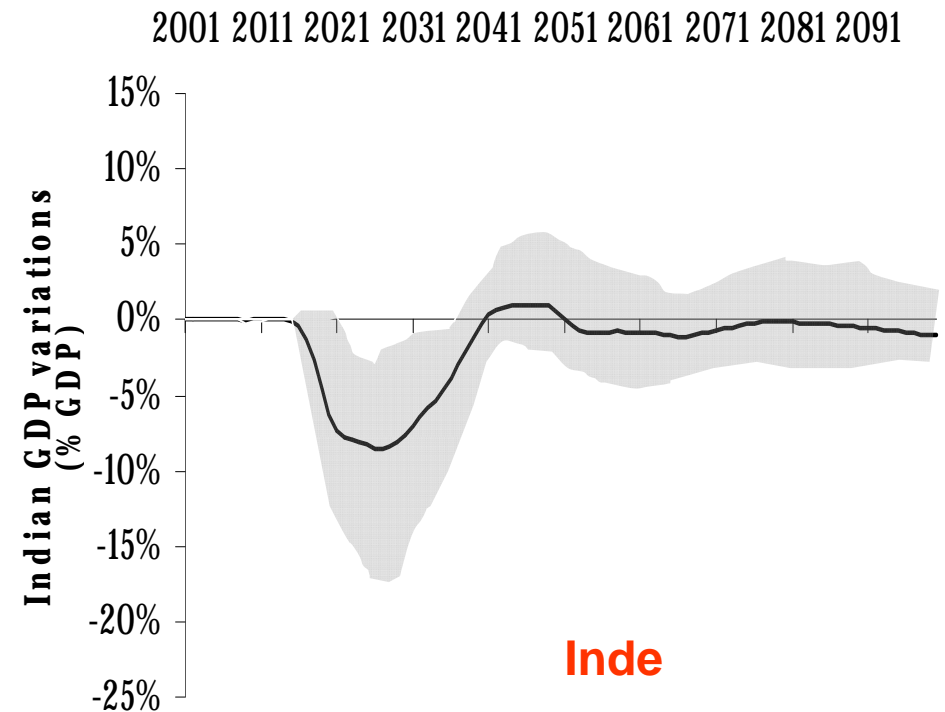
Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

A la recherche de conclusions moins pessimistes (3°K) prix carbone plus politiques d'infrastructures

'Carbon price and infrastructure policies'



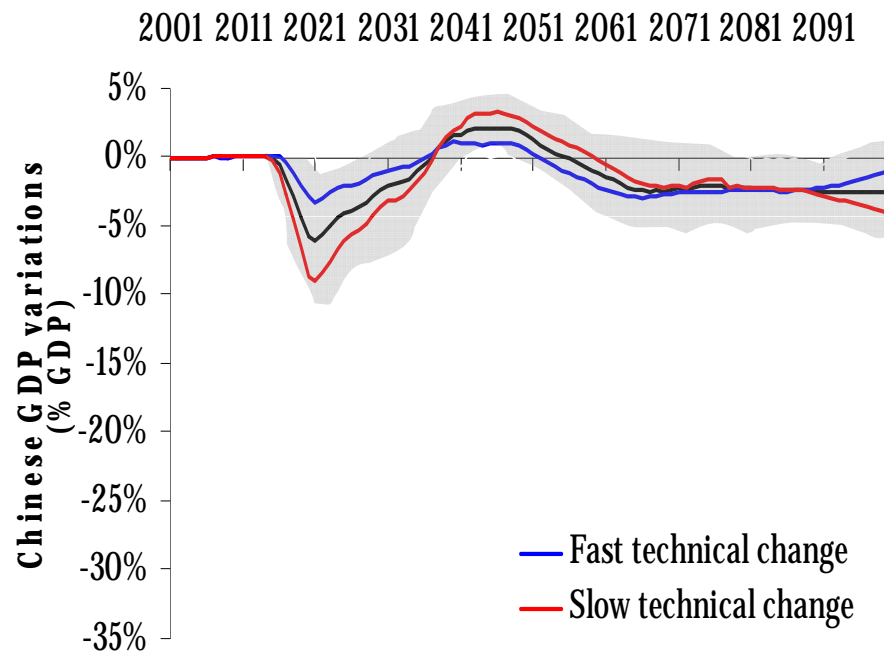
'Carbon price and infrastructure policies'



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

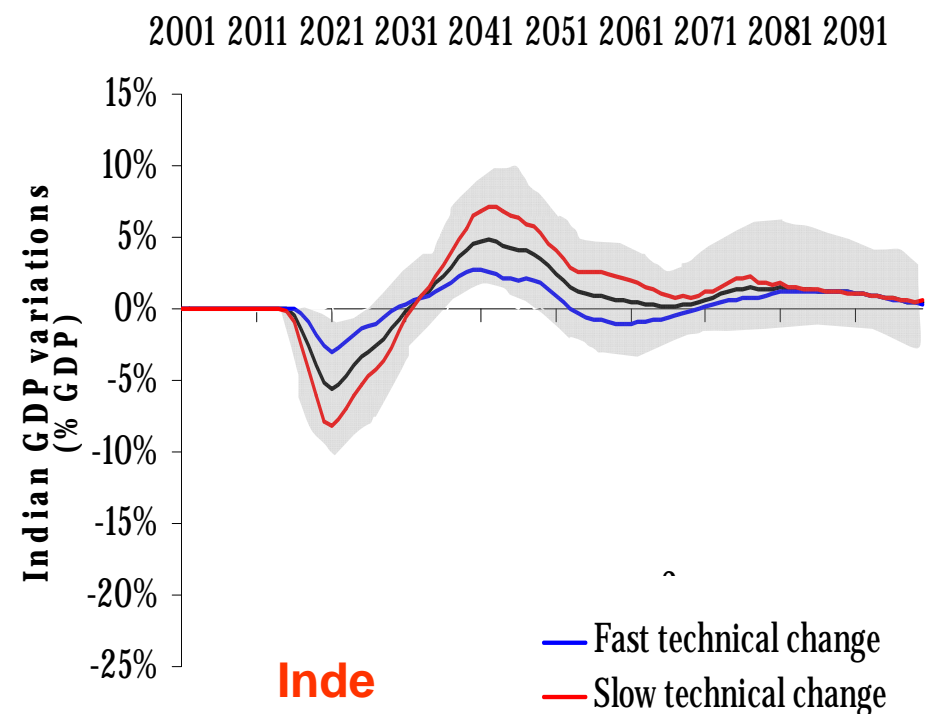
A la recherche de conclusions moins pessimistes (3°K) prix carbone + infrastructures+ politiques fiscales

'Carbon price, infrastructure policies, and fiscal reform'



Chine

'Carbon price, infrastructure policies, and fiscal reform'



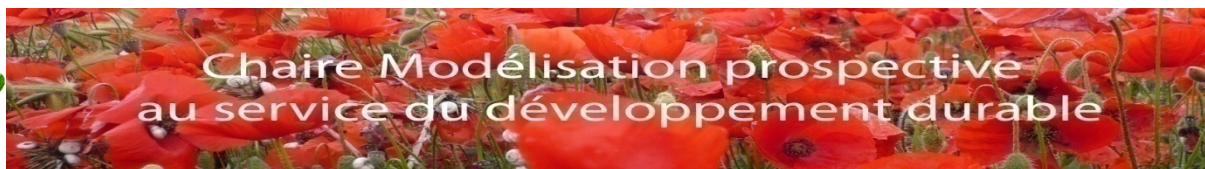
Inde



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

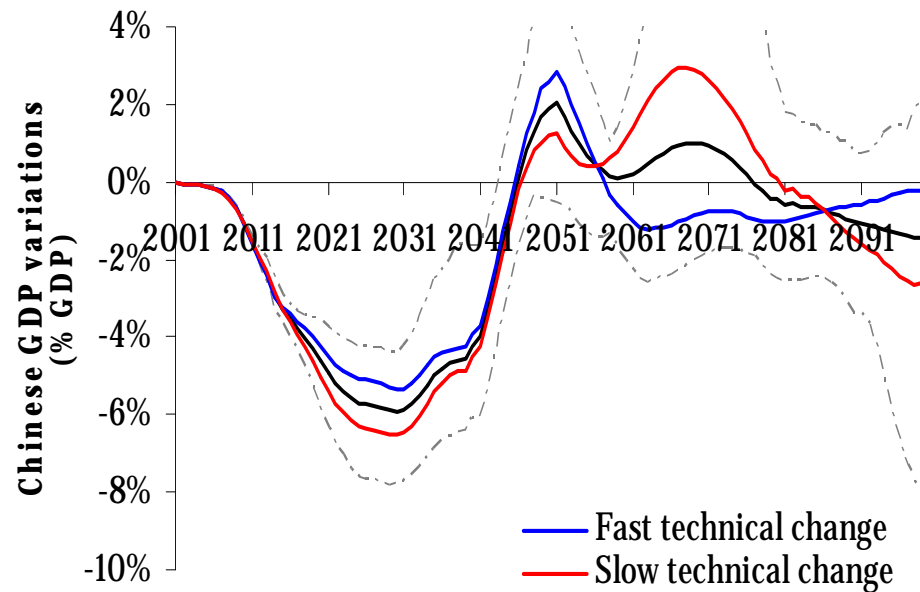
Implications pour la négociation climat

- Une approche «partage des restes » d'émission tolérable, plus prix unique + transferts compensatoires est condamnée; elle ne respecte pas l'esprit de l'UNFCCC et de Stockholm (1972)
- Des politiques domestiques de développement (NAMAS) qui sont très efficaces pour baisser les coûts des politiques climatiques
- Mais qui seront adoptées pour des raisons autres que le CC
- «Question de la mise en synergie » entre recherche de basse intensité carbone et développement
- Question de la nature du « régime climatique international » en quoi peut-il aider à prendre les bonnes bifurcations?
- **Autre question Quelles «autres raisons que le climat » pourraient intéresser la Chine et l'Inde à s'intéresser à l'affaire climatique?**



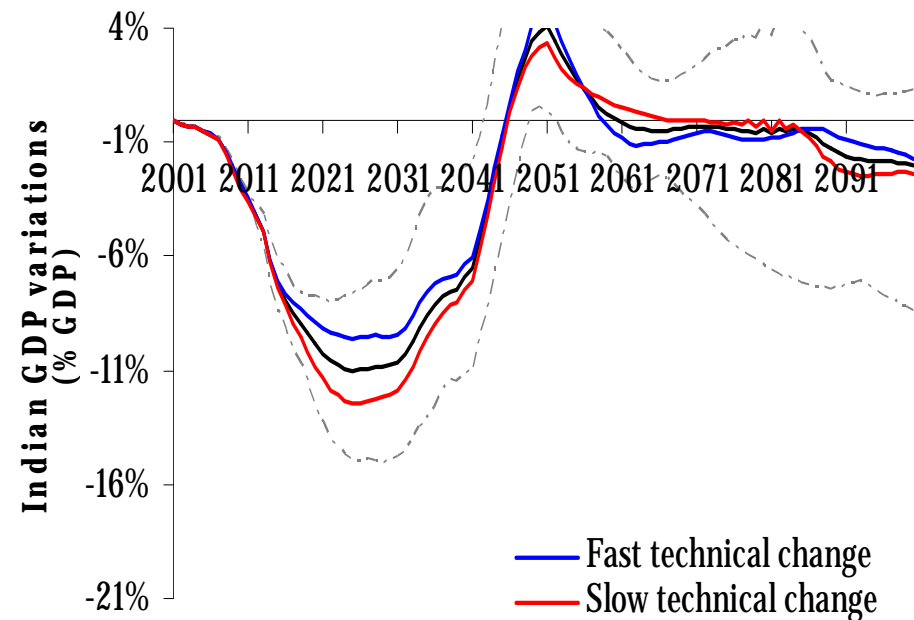
Coût en croissance d'une 'mauvaise surprise' sur les réserves de pétrole

'Cost of a "bad surprise" on oil resources'
The role of technologies



Chine

'Cost of a "bad surprise" on oil resources'
The role of technologies

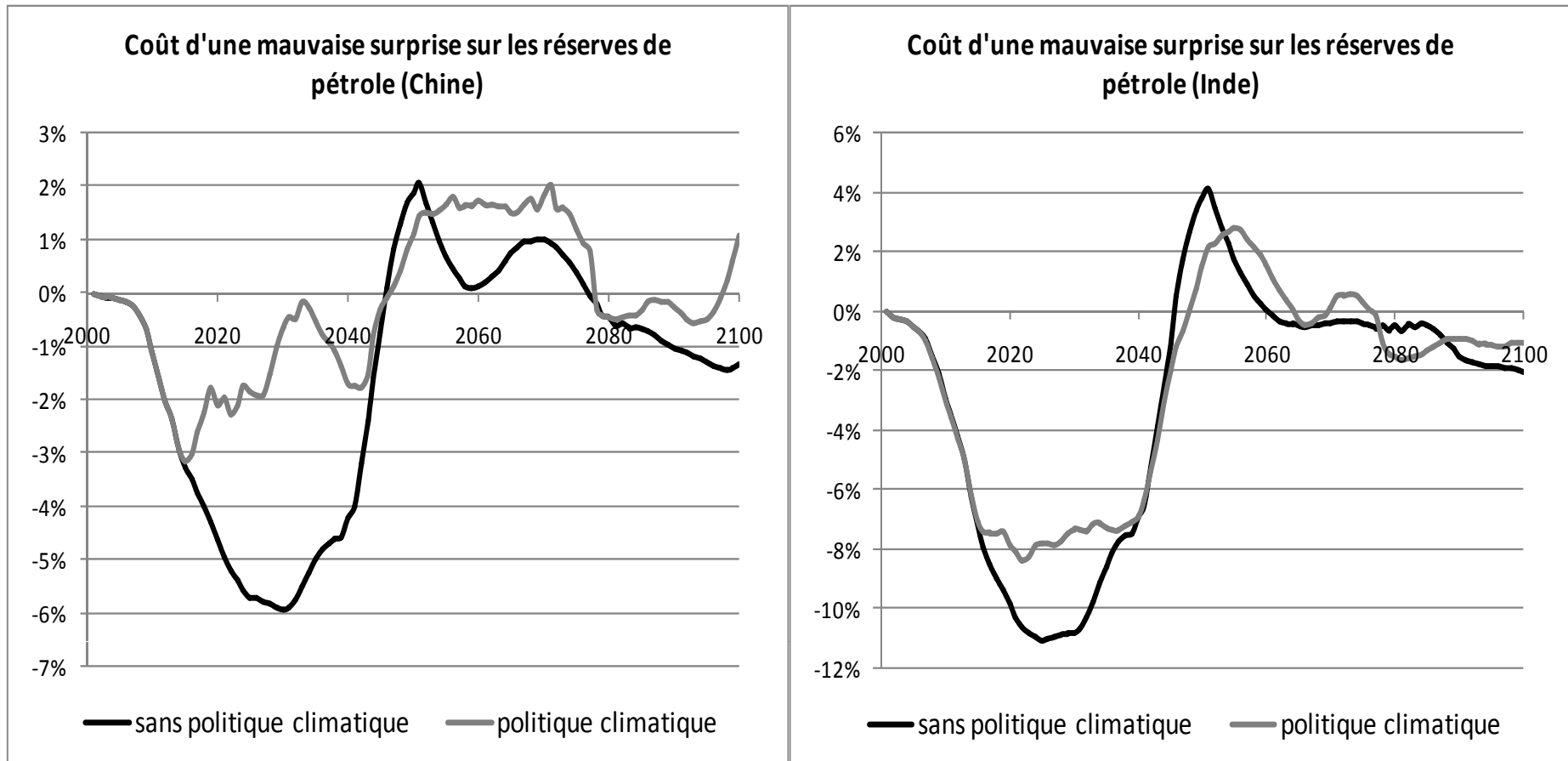


Inde



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Un 'double-dividende' fort des politiques climatiques



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable