

## **Programme GICC 2004 –**

**« Climat et développement :  
Conciliation des entre contraintes environnementales et politiques  
nationales de développement dans les PED »**

**Sandrine Mathy, Jean-Charles Hourcade, Céline Guivarch, André Pereira, Hélène Ollivier**

**Séminaire Gestion et Impacts du Changement Climatique - Paris – 27 et 28 Mai 2008**

# Description du projet (1)

---

- **Constat:**
  - limites du système *cap and trade* du protocole de Kyoto
    - un marché carbone non adapté aux pays en développement
    - un accord impossible sur des principes d'équité
  - renforcement des liens entre trajectoires de développement et politiques climatiques
  - renforcement des effets pervers des trajectoires de développement par les impacts environnementaux
- Mise en œuvre de synergies, des effets leviers entre politiques de développement des PED et politiques climatiques
- **But du projet:**

**Evaluer le potentiel de mise en œuvre de ces stratégies** et déterminer par rapport à un système « prix unique » les modalités de politiques climatiques incitant les PED à prendre des engagements de réduction de leurs émissions de GES selon leurs spécificités

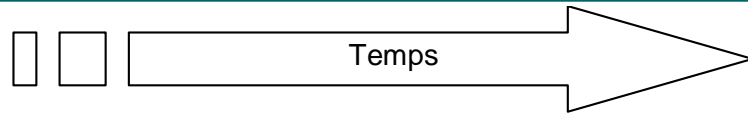
# Plan

---

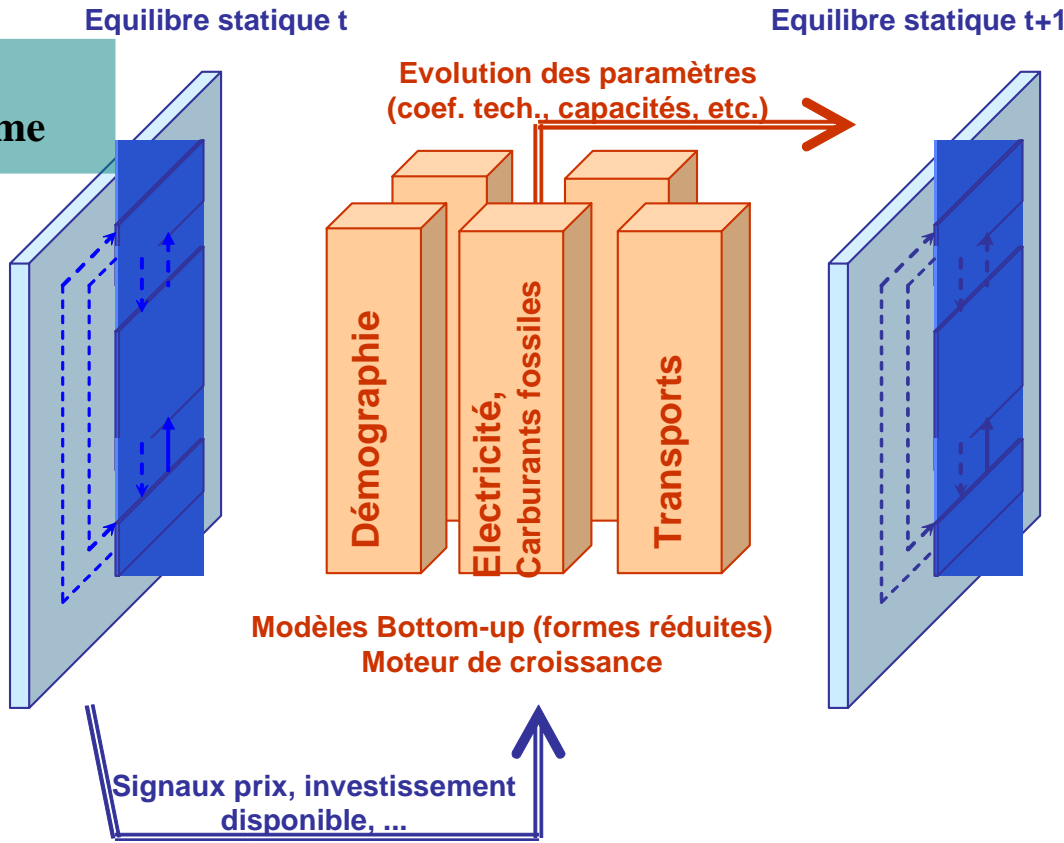
- Etudes de cas
  - Pré-requis modélisation: Imaclim-R
  - Impacts et mécaniques macroéconomiques d'un prix du carbone dans les PED
  - Les énergies de biomasse: une opportunité pour le Brésil de lier énergie, environnement et développement
  - Le charbon en Inde: quand le climat impose une contrainte incontournable
- Propositions d'architecture pour « l'après Kyoto »

# Imaclim-R, une architecture récurrente et modulaire

succession d'équilibres statiques liés par des relations dynamiques



Équilibre statique sous contraintes de court-terme



Évolutions des contraintes

# Caractéristiques fondamentales du modèle Imaclim-R

---

- Un effort pour **décrire les choix technologiques et les contraintes techniques**
  - Un **portefeuille de technologies** explicite pour les éléments cruciaux du système énergétique
  - Une représentation des **contraintes physiques** portant sur l'offre et la demande d'énergie (épuiement de ressources, formation endogène des prix du pétrole, asymptotes techniques...)
- **Représentation de phases transitoires de déséquilibre** endogène avec sur- ou sous-capacités productives (chocs prix énergie, inadaptation des équipements installés, représentation de sources de frictions, rigidités...)

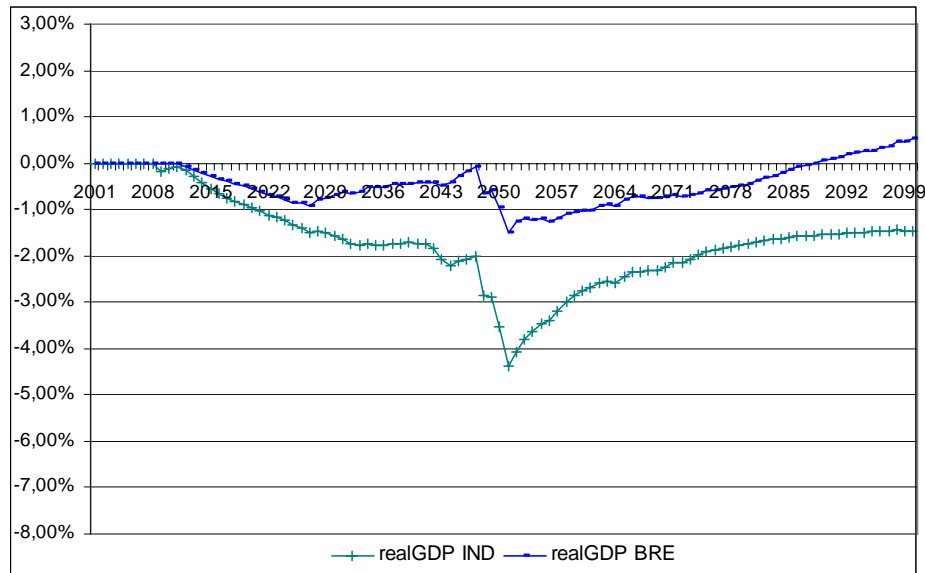
# Impacts et mécaniques macroéconomiques d'une contrainte carbone dans les PED

---

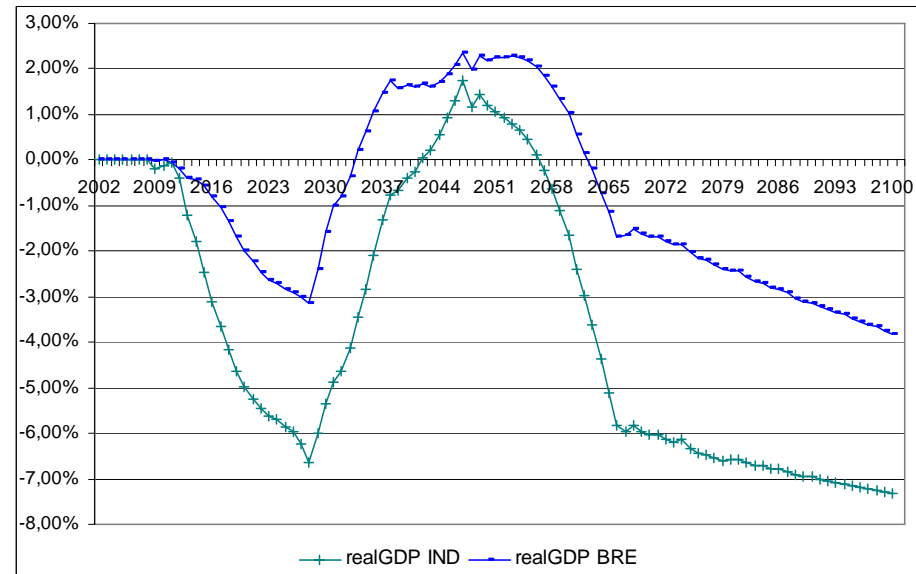
- 2 scénarios de stabilisation des émissions de GES 450ppm et 550ppm avec prix unique du carbone croissant linéairement.
- Prix du carbone = prix d'équilibre d'un marché mondial hypothétique du carbone, où la répartition des droits à polluer par pays est effectuée de telle façon qu'aucun pays n'a intérêt à importer ou à exporter du carbone
- Aucun traitement spécifique aux contextes de l'Inde et du Brésil
- Scénarios non « réalistes »
  - mais permettent de révéler la séquence des gains et des pertes à l'échelle nationale, qui découleraient de cette règle simple,
  - ce qui permet de cerner la forme et l'ampleur de la compensation directe ou indirecte qui sera à prévoir pour emporter l'adhésion du Brésil et de l'Inde

# Contrastes et paradoxes dans les profils de gains et de pertes de revenu

## Pertes de PIB de l'Inde (vert) et du Brésil (bleu)



**550 ppm**



**450 ppm**

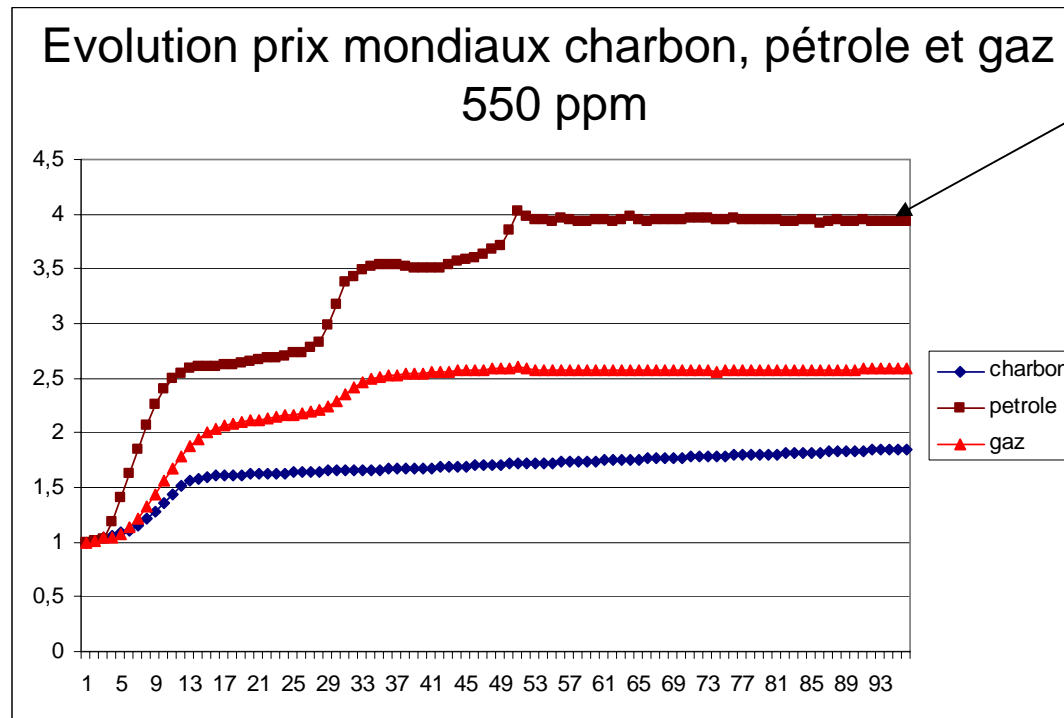
# Contrastes et paradoxes dans les profils de gains et de pertes de revenu (3)

---

- Existence de différentes phases :
  - fortes pertes pendant période de transition
  - existence d'une période de gains importants dans le sc. 450ppm, et non dans le sc. 550ppm
- Jeu combiné de paramètres centraux :
  - allègement de la contrainte d'importation en pétrole et en gaz
  - la part de l'énergie dans le budget des ménages
  - l'évolution des termes de l'échange
  - l'évolution des besoins d'investissement affectés au secteur énergétique



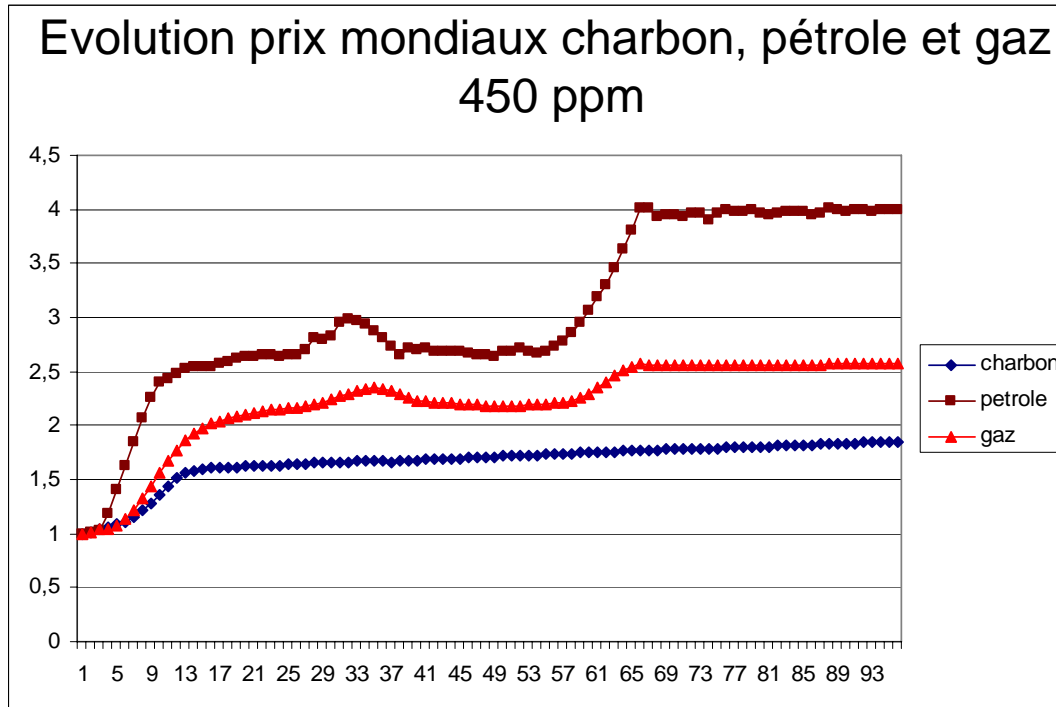
# Politique climatique et réduction de la dépendance pétrolière et gazière (1)



Coal to Liquid

- évolution des prix du pétrole modérée par rapport au scénario de référence
- peu d'impact sur les prix du gaz.
- parts de marché gaz croît par rapport au charbon et au pétrole

# Politique climatique et réduction de la dépendance pétrolière et gazière (2)

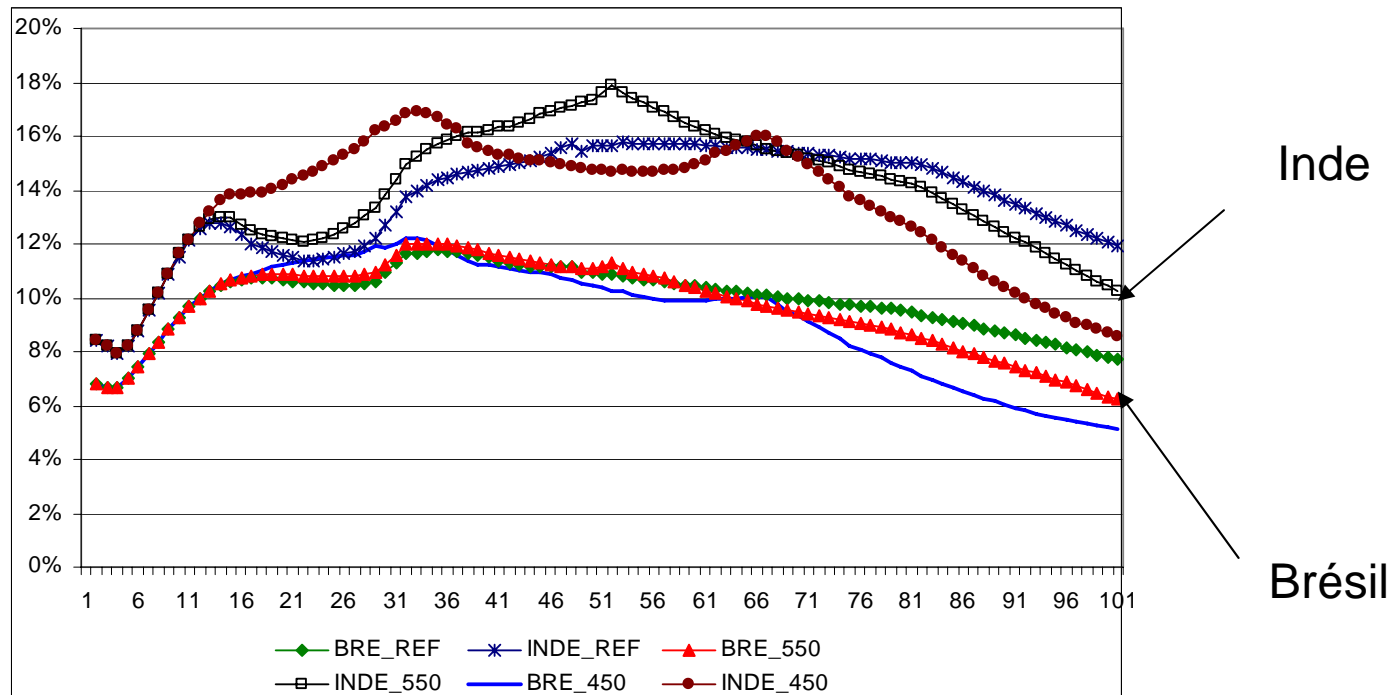


Baisse relative du prix du pétrole et du gaz par rapport au sc. de référence

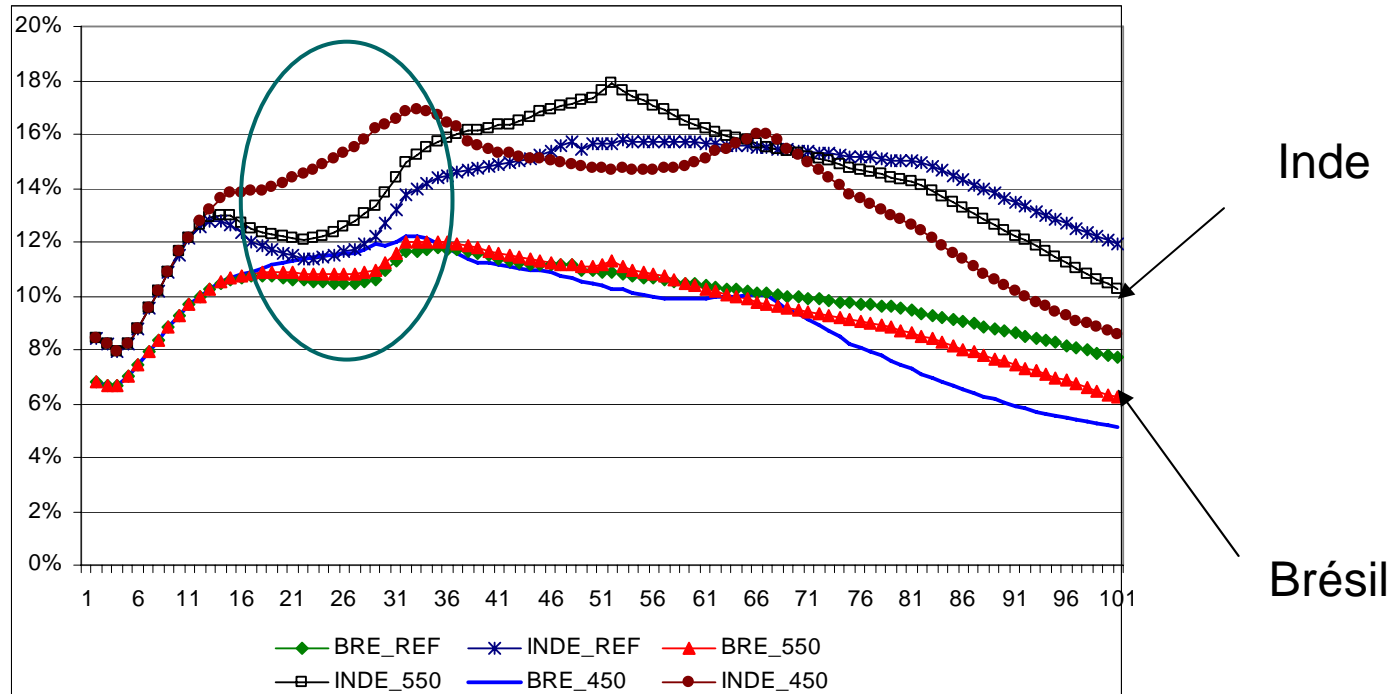
→ baisse de la facture énergétique pour les ménages et les entreprises brésiliennes et indiennes

→ réévaluation à la hausse des termes de l'échange et réduction des importations du Brésil et de l'Inde.

# Evolution de la facture énergétique des ménages (1)



# Evolution de la facture énergétique des ménages (1)



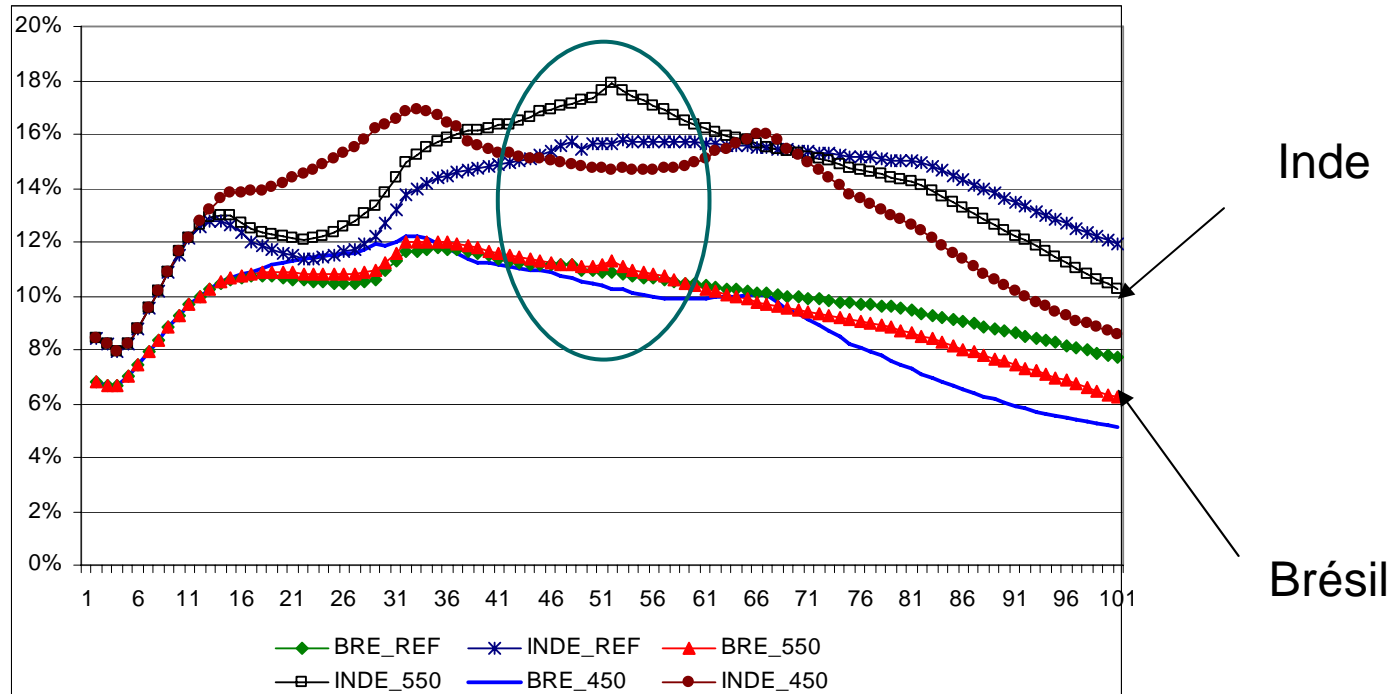
Période 1:

- faible niveau du prix du carbone
- inertie des équipements

450 ppm : hausse de l'ordre de 1% pour le Brésil, 5 fois plus en Inde

La différence provient des caractéristiques de l'offre énergétique des pays

# Evolution de la facture énergétique des ménages (1)

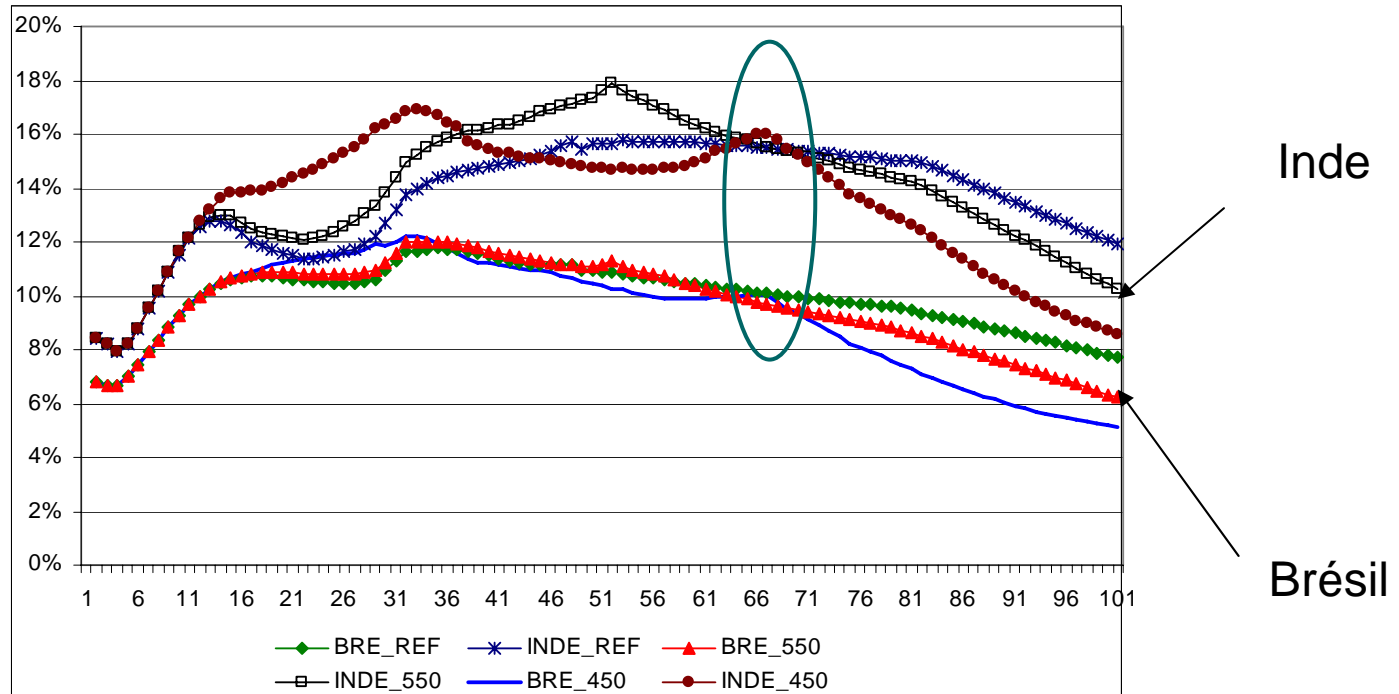


Période 2:

décroissance relative des dépenses énergétiques = deux effets qui l'emportent sur l'effet de la taxe grâce :

- au progrès technique
- au changement de mode de consommation énergétique

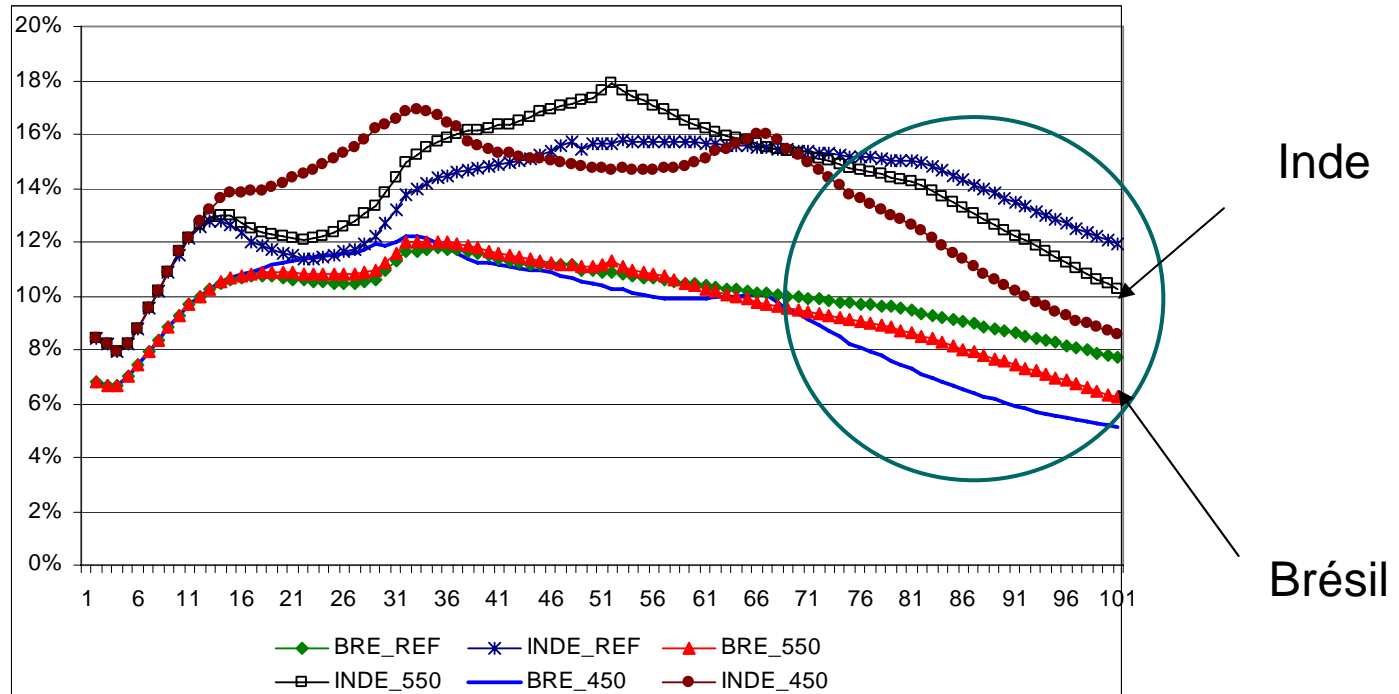
# Evolution de la facture énergétique des ménages (1)



Saturation de la baisse:

Les gains dus au progrès technique sont compensés par la hausse la mobilité

# Evolution de la facture énergétique des ménages (1)

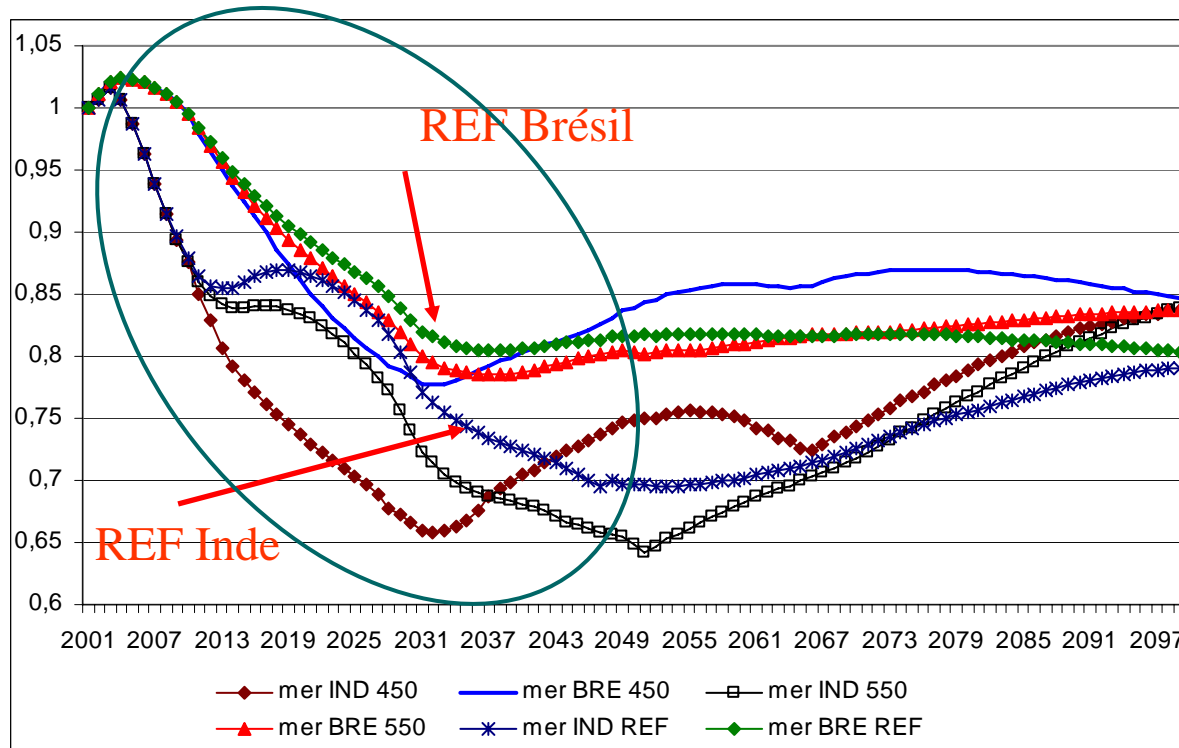


Politiques d'infrastructures et d'équipement des ménages exigés par un scénario volontariste.

L'effet rebond a donc des vertus technologiques

# Influence des termes de l'échange et du coût énergétique de la production

Evolution des termes de l'échange



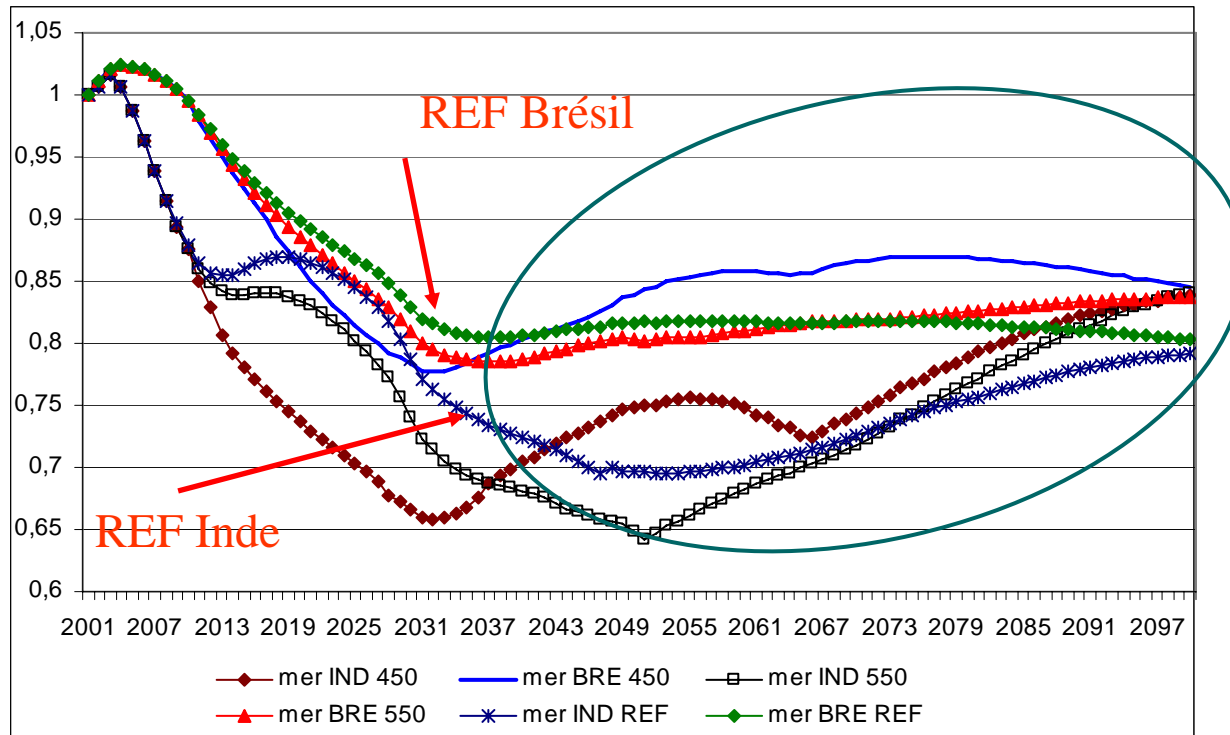
## Dans les scénarios de référence:

Phase de croissance économique élevée (hausse rapide des coûts de main d'œuvre par rapport aux pays développés) : baisse des termes de l'échange expliquée par forts besoins d'importations en équipements et biens de consommation



# Influence des termes de l'échange et du coût énergétique de la production

Evolution des termes de l'échange

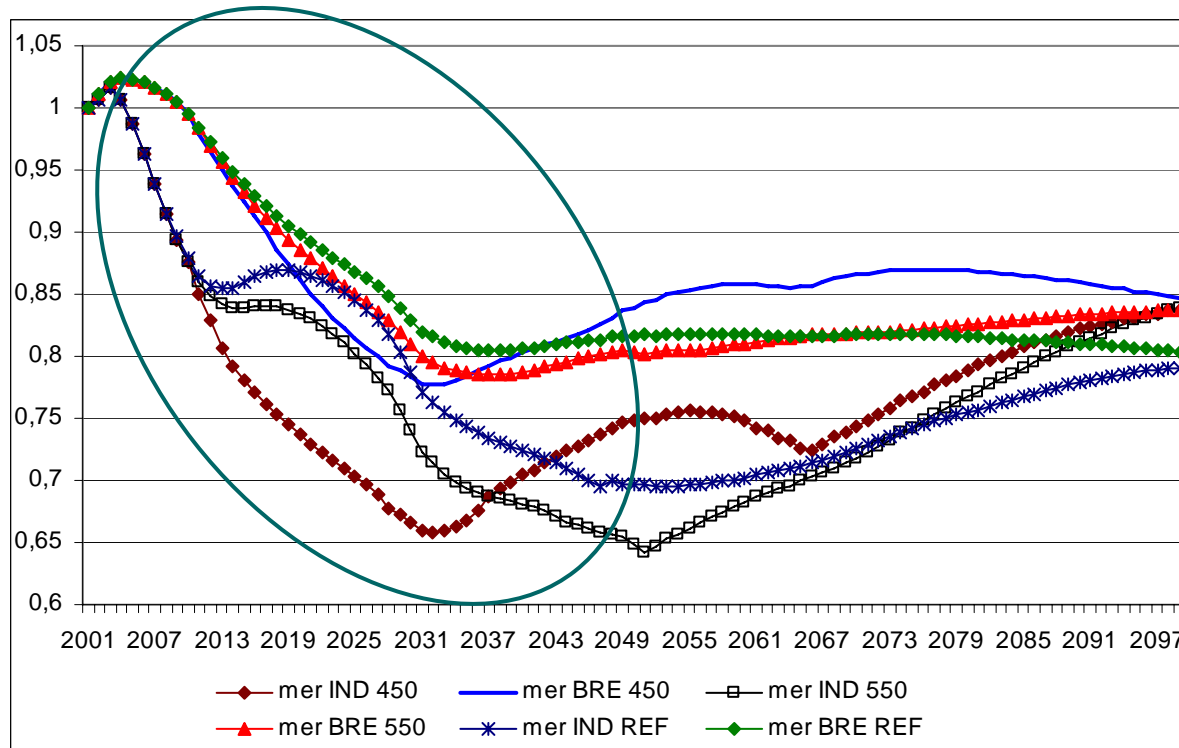


## Dans les scénarios de référence:

En fin de période, fin de la phase de rattrapage  
d'où la remontée significative des termes de l'échange

# Influence des termes de l'échange et du coût énergétique de la production

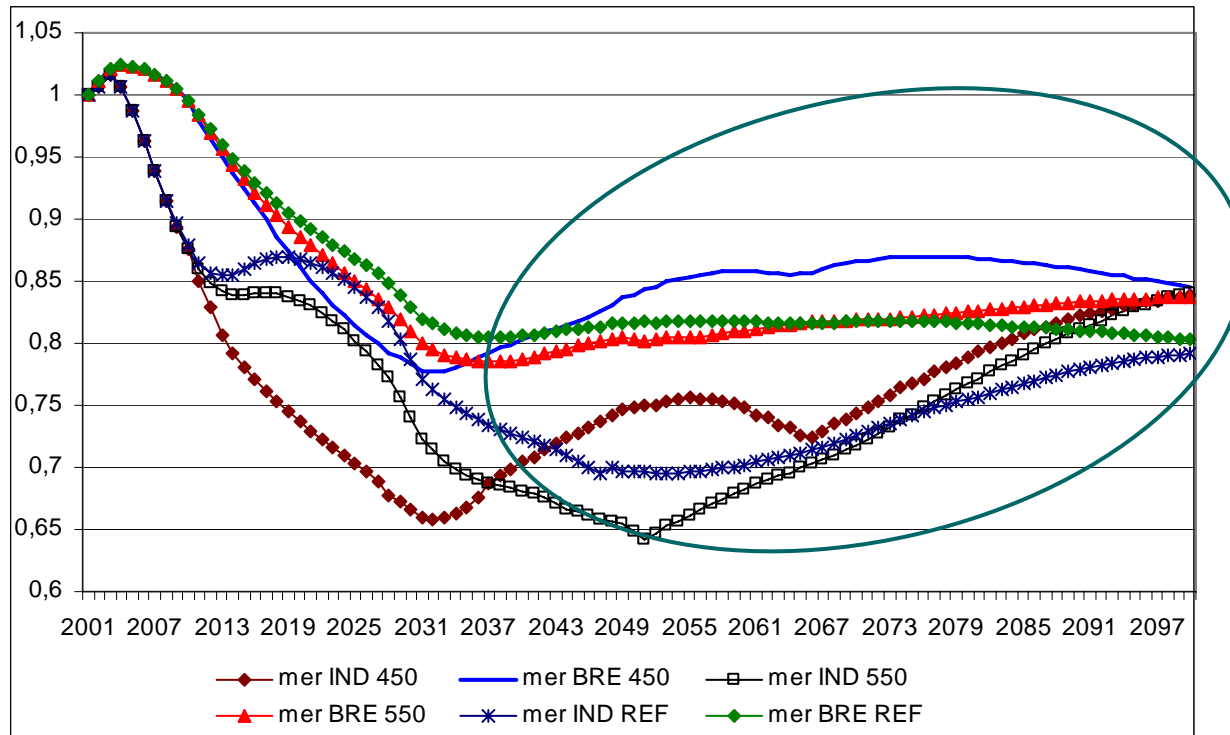
Evolution des termes de l'échange



**Sc. 450 et 550 ppm:** forte dégradation des termes de l'échange en raison de la hausse du coût énergétique de la production de biens non énergétiques

# Influence des termes de l'échange et du coût énergétique de la production

Evolution des termes de l'échange



## Sc. 450 et 550 ppm:

gains d'efficacité énergétique

baisse des prix des énergies fossiles

} → baisse des coûts énergétiques à long terme.

→ Réévaluation → hausse pouvoir d'achat indien et brésilien sur marchés internationaux

# Impacts et mécaniques macroéconomiques d'une contrainte carbone dans les PED

---

- Conclusion
- A court et moyen termes: impact d'une taxe carbone négatif et produisent des pertes nettes pour les économies brésilienne et indienne.
- A long terme : l'effet rebond et le progrès technique induit permettent une amélioration générale des caractéristiques macroéconomiques.
- le coût à supporter pour les économies
  - Est faible à long terme le prix du carbone est élevé (800\$/tC en 2050) et lorsque le PIB/hab sera plus élevé,
  - mais important à court et moyen terme (pour assurer la transition qui correspond à la phase de développement économique des PED).

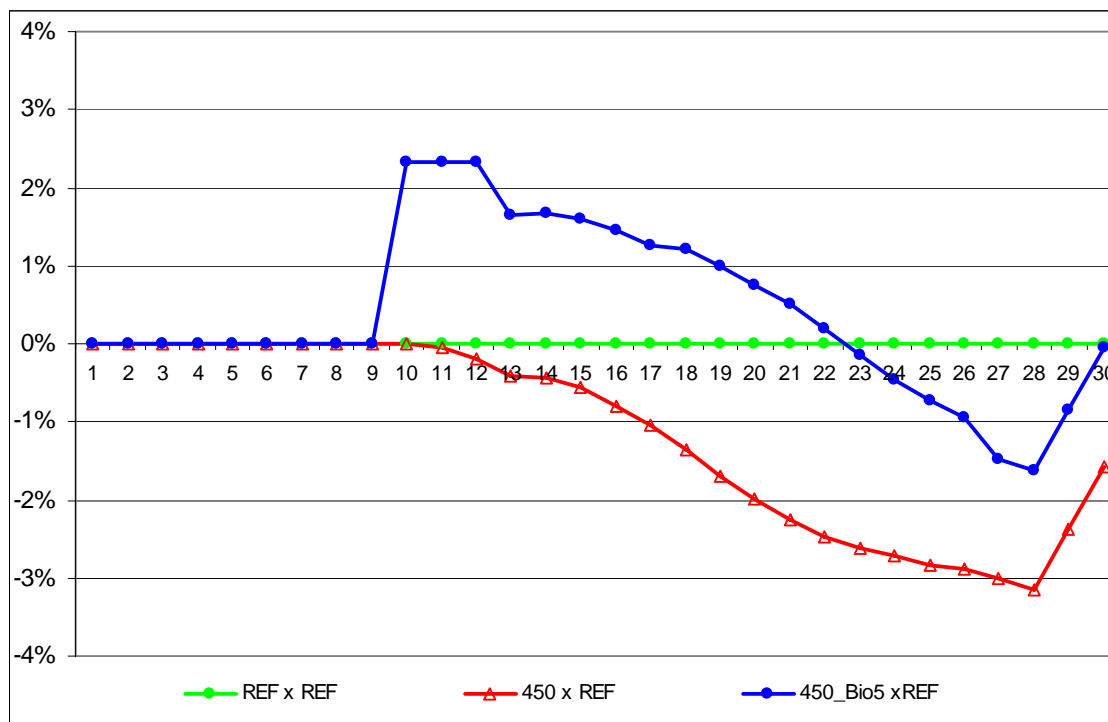
# Énergies de biomasse : opportunité pour le Brésil de lier énergie, environnement et développement ?

---

## CONTEXTE et JUSTIFICATION de l'étude

- Émissions de GES
  - faible niveau des émissions énergétiques (hydro + éthanol)
  - provenant principalement de la déforestation et du changement d'usage du sol
- Intégration du Brésil au sein d'un accord international sur la base de :
  - la prise en compte de la déforestation
  - du rêve d'expansion de l'éthanol comme réponse aux émissions des carburants fossiles, aux enjeux de sécurité énergétique et comme moteur de développement économique
- Évaluation de l'intérêt pour le Brésil à rejoindre un accord international: quel impact économique pour le Brésil d'une valorisation internationale de l'éthanol de canne à sucre?
- Hypothèse: Prise de marché de l'éthanol brésilien sur le marché international des carburants automobiles de 5% en 2030.

# Résultats (1): impact sur le PIB



- Evolution des termes de l'échange
- Baisse de la facture énergétique et l'industrie des ménages, elle-même en partie liée à la baisse des prix du pétrole et du gaz

# L'Inde et la question du charbon : quand le climat impose une contrainte incontournable ?

---

## METHODOLOGIE

- Scénario de référence:  
Définir un scénario de référence **réaliste** prenant en compte les **sous-optimalités** du système technico-économique indien
- Scénario alternatif  
Double dividende de politiques sans-regret dans le secteur électrique
- Séquestration géologique comme variable d'ajustement ?

# Un paradoxe apparent

---

Entre les forts taux de croissance des scénarios de référence  
donnés par les modèles

et

1. les déséquilibres du système économique et énergétique indien (shortage structurel, importantes subventions à la consommation d'électricité, gaspillage, fort niveau de pertes en T&D, forte croissance des importations de pétrole)
2. les forts taux de découplage entre croissance du PIB et croissance de la consommation énergétique

→ **Réalisme des scénarios de référence indien existant?**



# Un découplage PIB/cons. énergie futur optimiste par rapport aux tendances passées

---

	Période	Taux de croissance de la consommation d'énergie primaire	Taux de croissance de la consommation d'électricité	Taux de croissance du PIB	Elasticité de la conso. d'énergie au PIB
Tendances passées (Enerdata)	1975-95				1,4
	1995-05				0,9

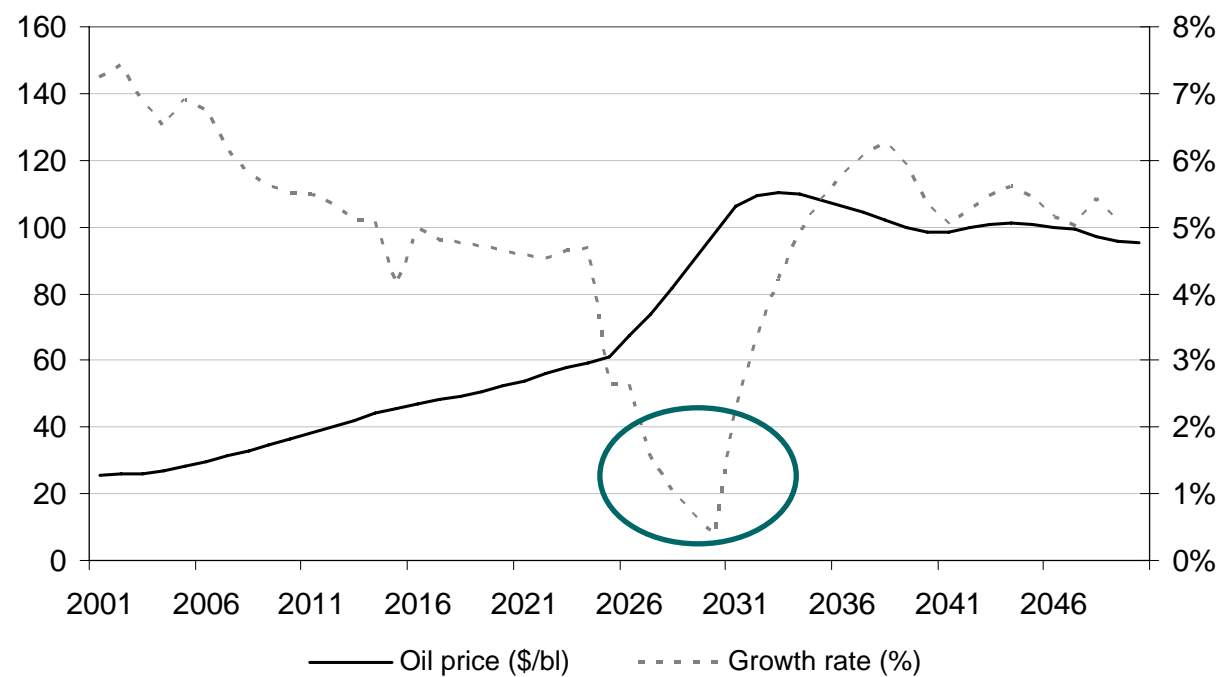
# Un découplage PIB/cons. énergie futur optimiste par rapport aux tendances passées

	Période	Taux de croissance de la consommation d'énergie primaire	Taux de croissance de la consommation d'électricité	Taux de croissance du PIB	Elasticité de la conso. d'énergie au PIB
Tendances passées (Enerdata)	1975-95				1,4
	1995-05				0,9
WEO 2006 Scénario de référence (AIE, 2006)	2004-2030	2,6%	3,8%	5,1%	0,51
WEO 2006 Scénario alternatif (AIE, 2006)	2004-2030	2,0%	3,3%	5,1%	0,39
IEO (DOE, 2006)	2004-2030	2,8%	3,9%	5,7%	0,49

Enjeu majeur: compréhension des mécanismes à l'œuvre dans chgts structurels

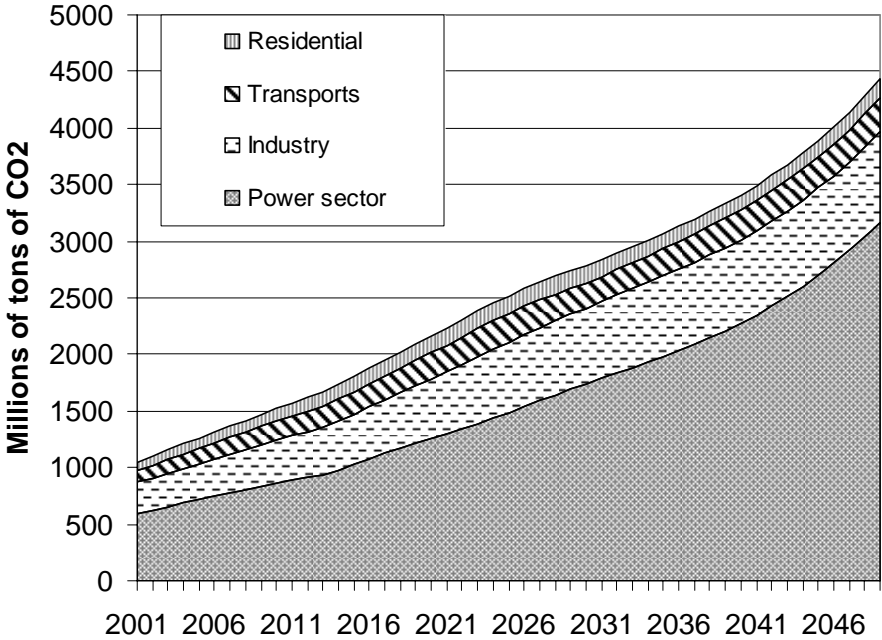
# Un scénario de référence contraint et instable avec d'importantes implications environnementales

Une forte vulnérabilité envers le peak-oil



# Un scénario de référence contraint et instable avec d'importantes implications environnementales

Emissions sectorielles de CO2 (MtCO2)



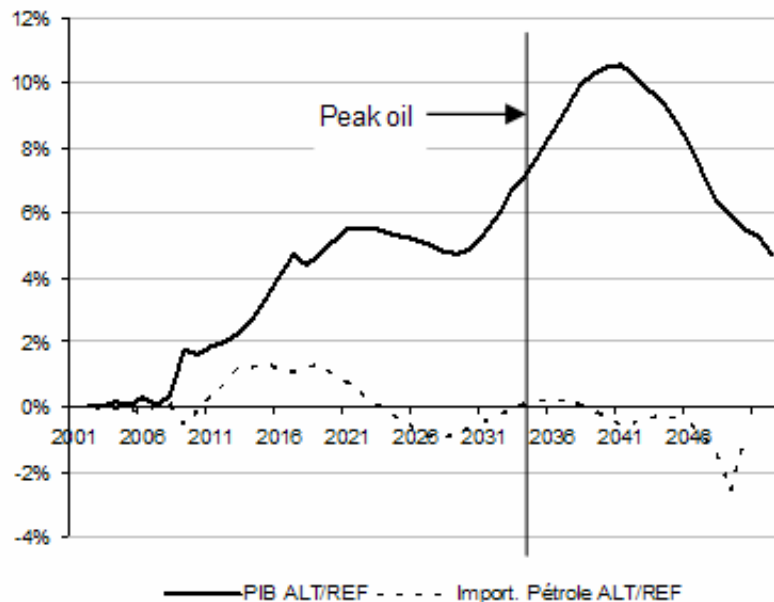
# Double dividende de politiques sans regret dans le secteur électrique

---

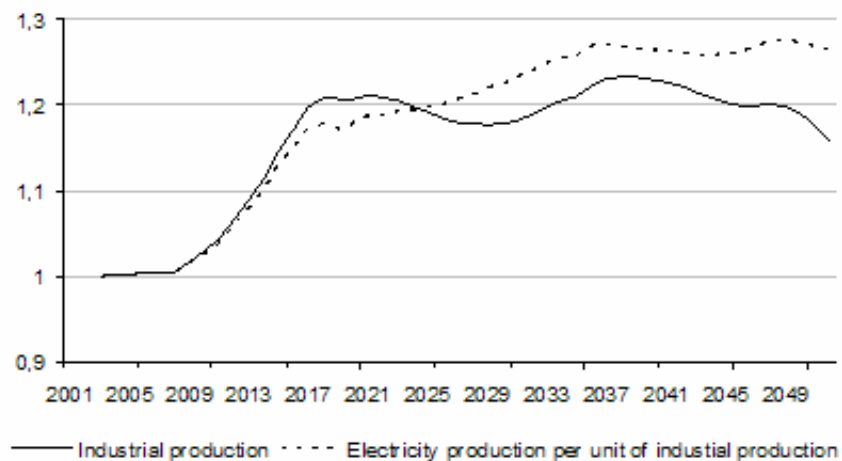
- réforme tarifaire
  - Rationalisation des consommations du secteur agricole (gaspillage:-50%)
  - Suppression des subventions (élasticité prix de la demande = -0,65)
- Subventions économisées:
  - Diminution des pertes en T&D
  - Investissement dans capacités additionnelles

# Résultats (1)

## Une moindre vulnérabilité au peak-oil

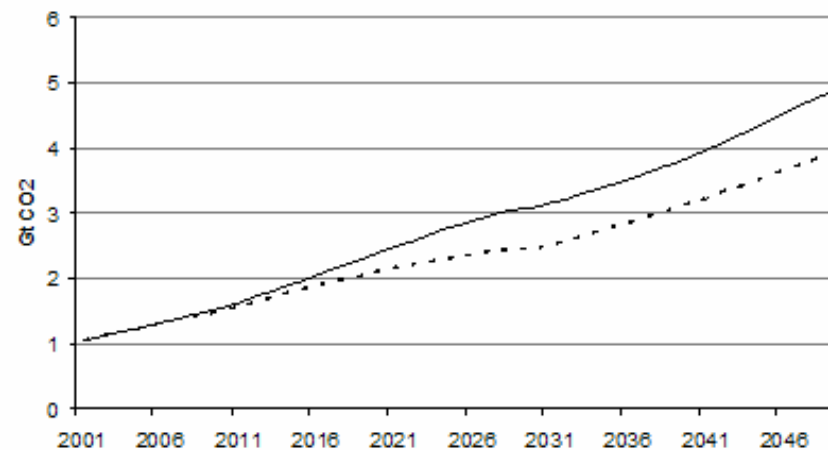
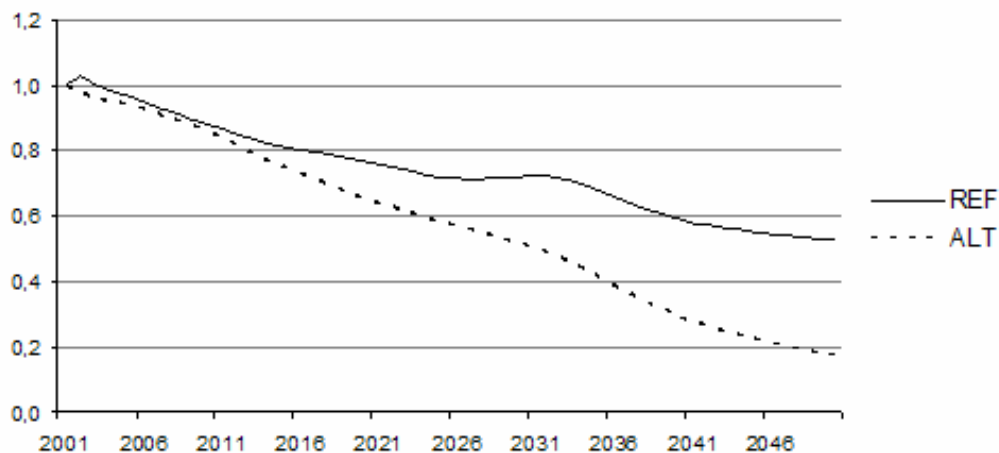


## Effet rebond



# Résultats (2)

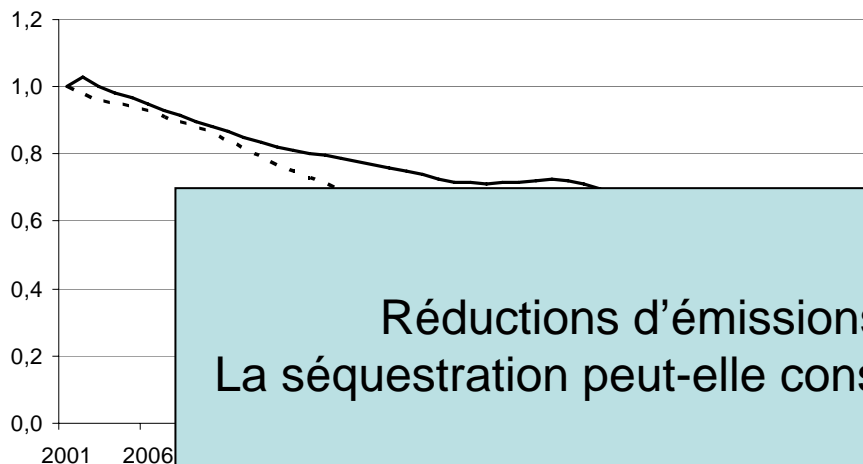
## Intensité énergétique



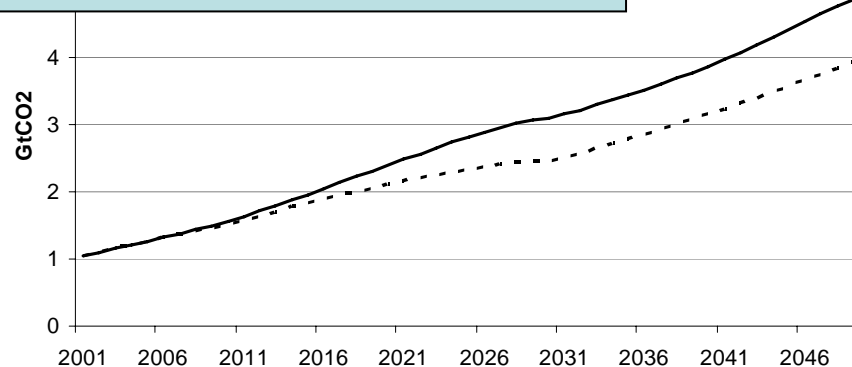
Emissions totales de CO2 (MtCO2)

# Résultats (2)

## Intensité énergétique



Réductions d'émissions de CO2 pas suffisantes!!  
La séquestration peut-elle constituer une variable d'ajustement ?

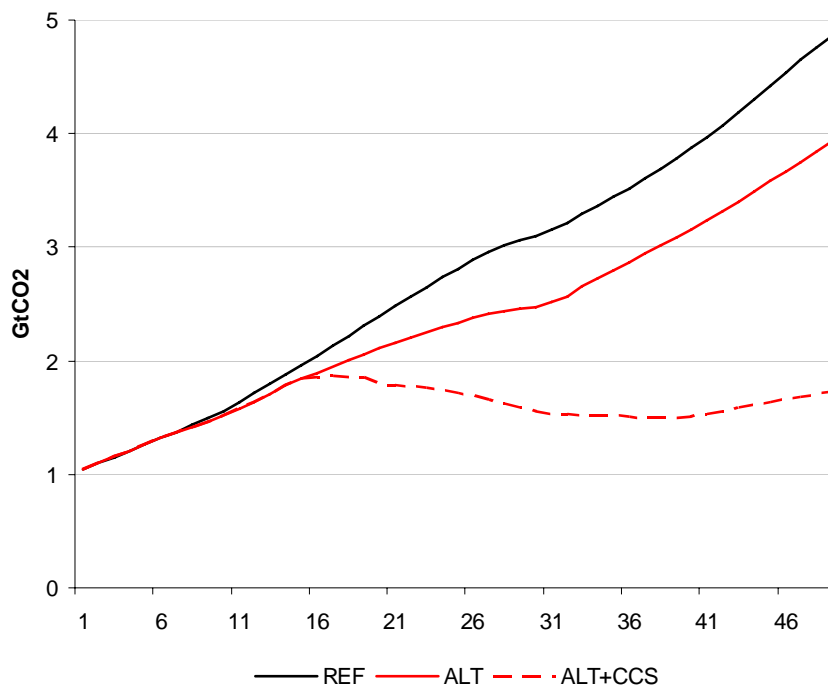


Emissions totales de CO2 (MtCO2)



# Des réductions d'émissions de GES compatibles avec un Facteur 2 mondial

Hypothèses de pénétration: toutes les nouvelles centrales thermiques à partir de 2015



Coût macroéconomique >> coût technique

Trouver mécanismes de financements internationaux pour

- sous réserve de mise en œuvre de P&M « sans regret »
- financer le surcoût de la séquestration géologique

# Architecture post-Kyoto: conclusion

---

La mise en œuvre des synergies est-elle suffisante pour constituer une incitation à des engagements « forts » des pays:

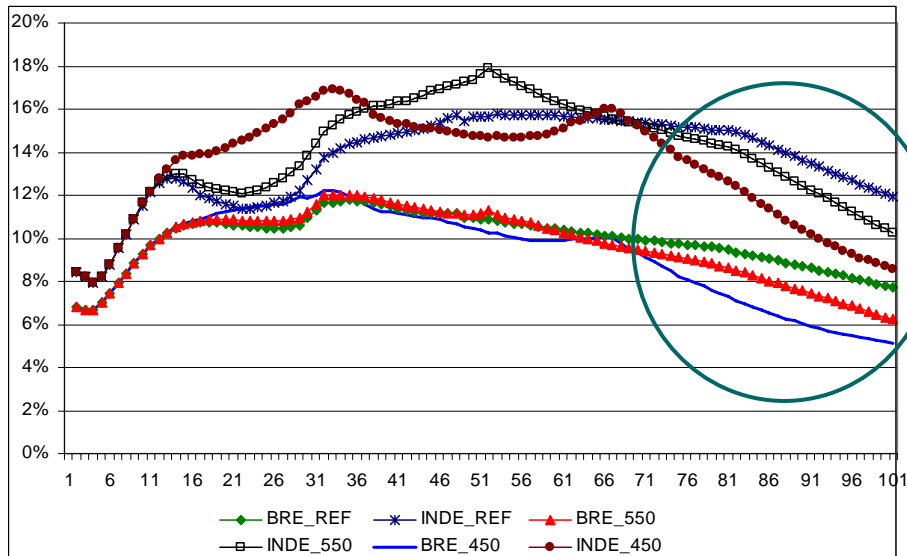
- Brésil: oui car les coûts à mettre en œuvre pour réduire les émissions de GES peuvent être compensés par les bénéfices issus de la valorisation de l'éthanol de canne à sucre sur le marché mondial.
- Inde: mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique
  - impacts positifs (peak-oil, croissance),
  - mais impact limité sur les niveaux d'émission
  - aller plus loin dans les réductions d'émissions de GES nécessitera des coûts importants
  - sauf si investissements précoces dans des infrastructures

## → Architecture

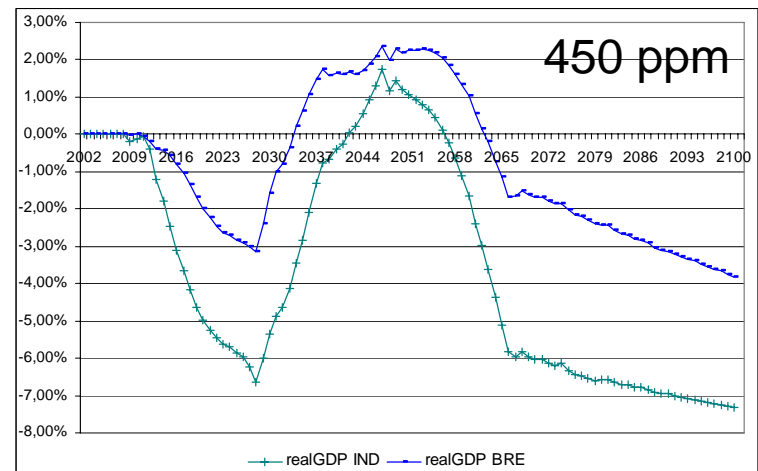
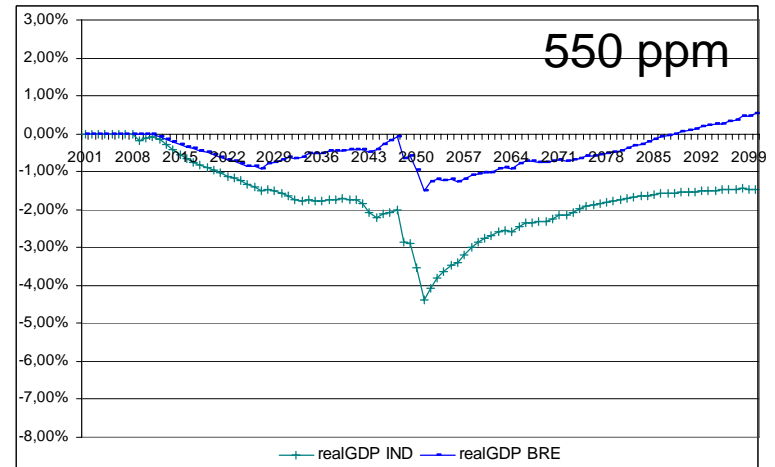
- Centrée autour d'un prix du carbone comme signal de long terme
- Souple s'adaptant à l'hétérogénéité du monde réel
- Mécanismes de financement des infrastructures



# Evolution de la facture énergétique des ménages (2)

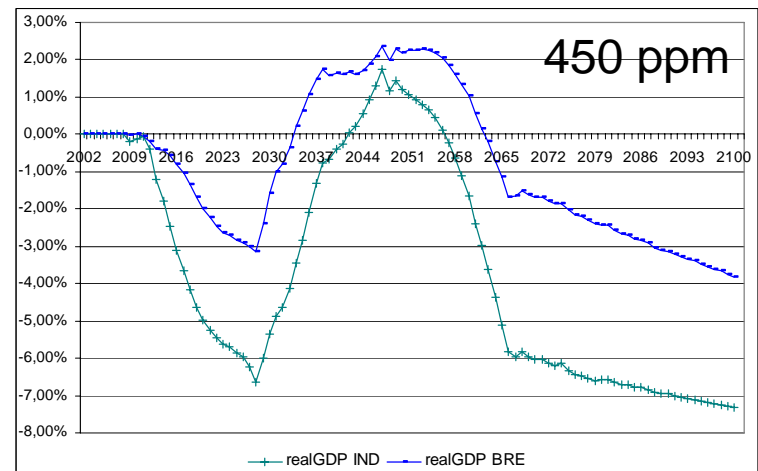
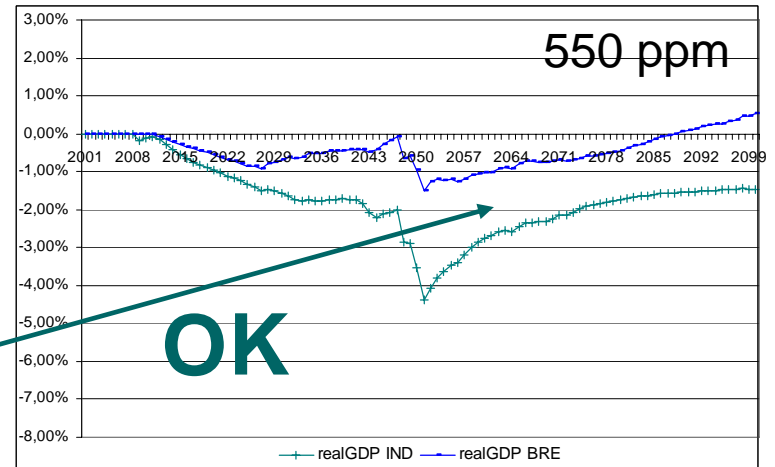
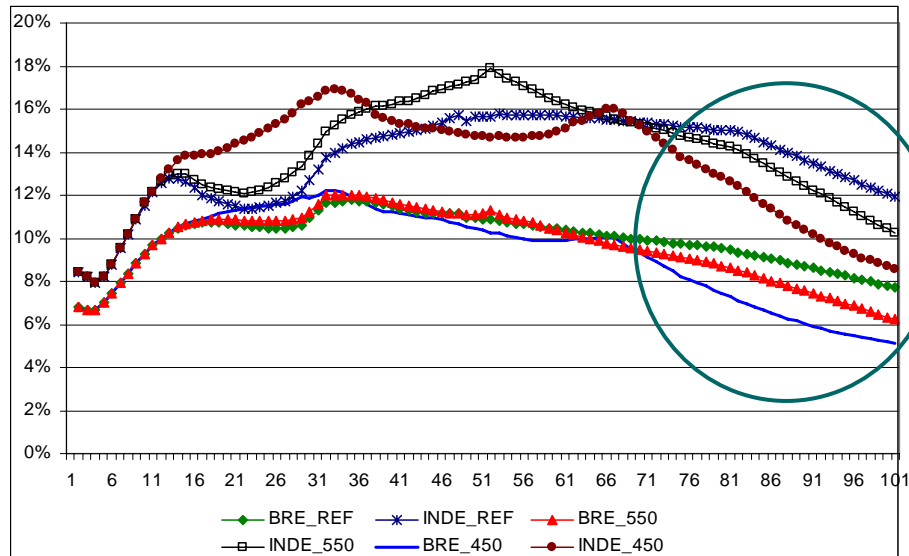


Allègement de la facture énergétique  
 - Significatif dans le sc.550ppm  
 - Important dans le sc. 450ppm  
 Cohérence avec évolution PIBs?



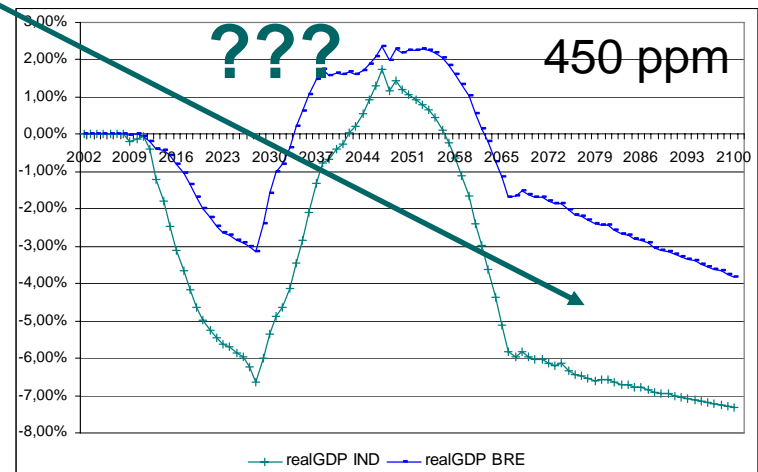
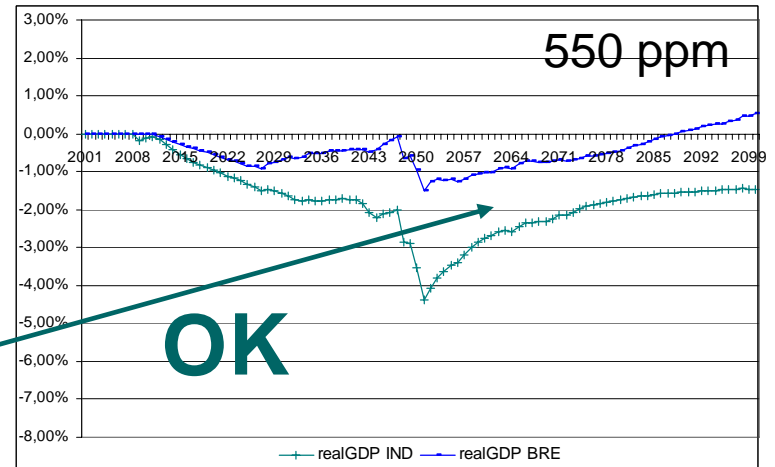
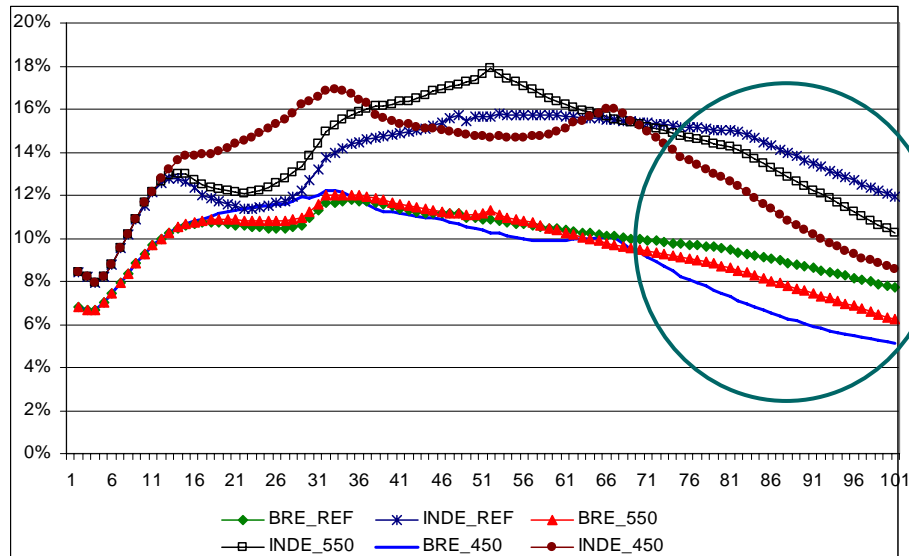
PIB

# Evolution de la facture énergétique des ménages (2)



PIB

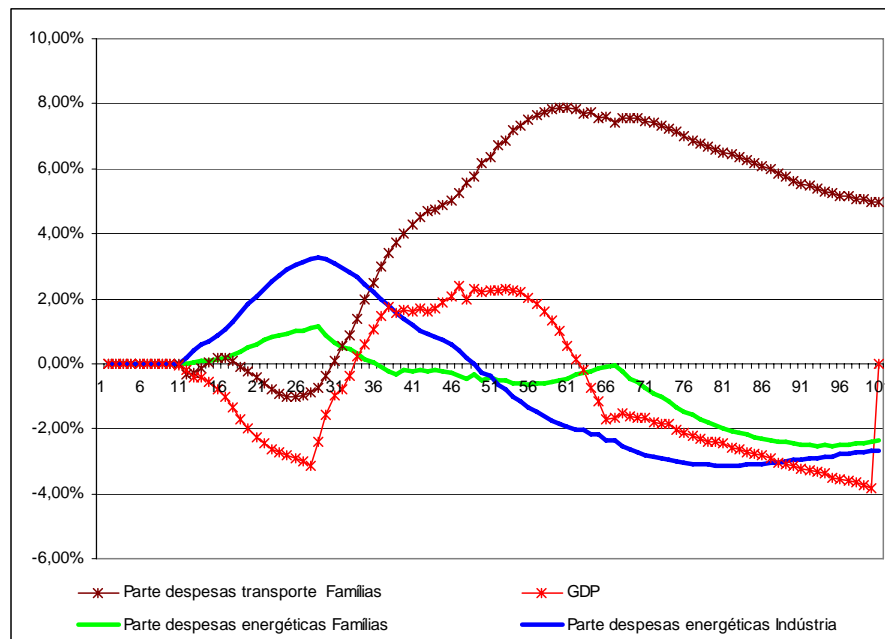
# Evolution de la facture énergétique des ménages (2)



PIB

# Evolution de la facture énergétique des ménages (3)

## Scénario 450ppm par rapport au scénario de référence



L'augmentation de la facture énergétique dans les transports est la responsable des pertes sur le PIB