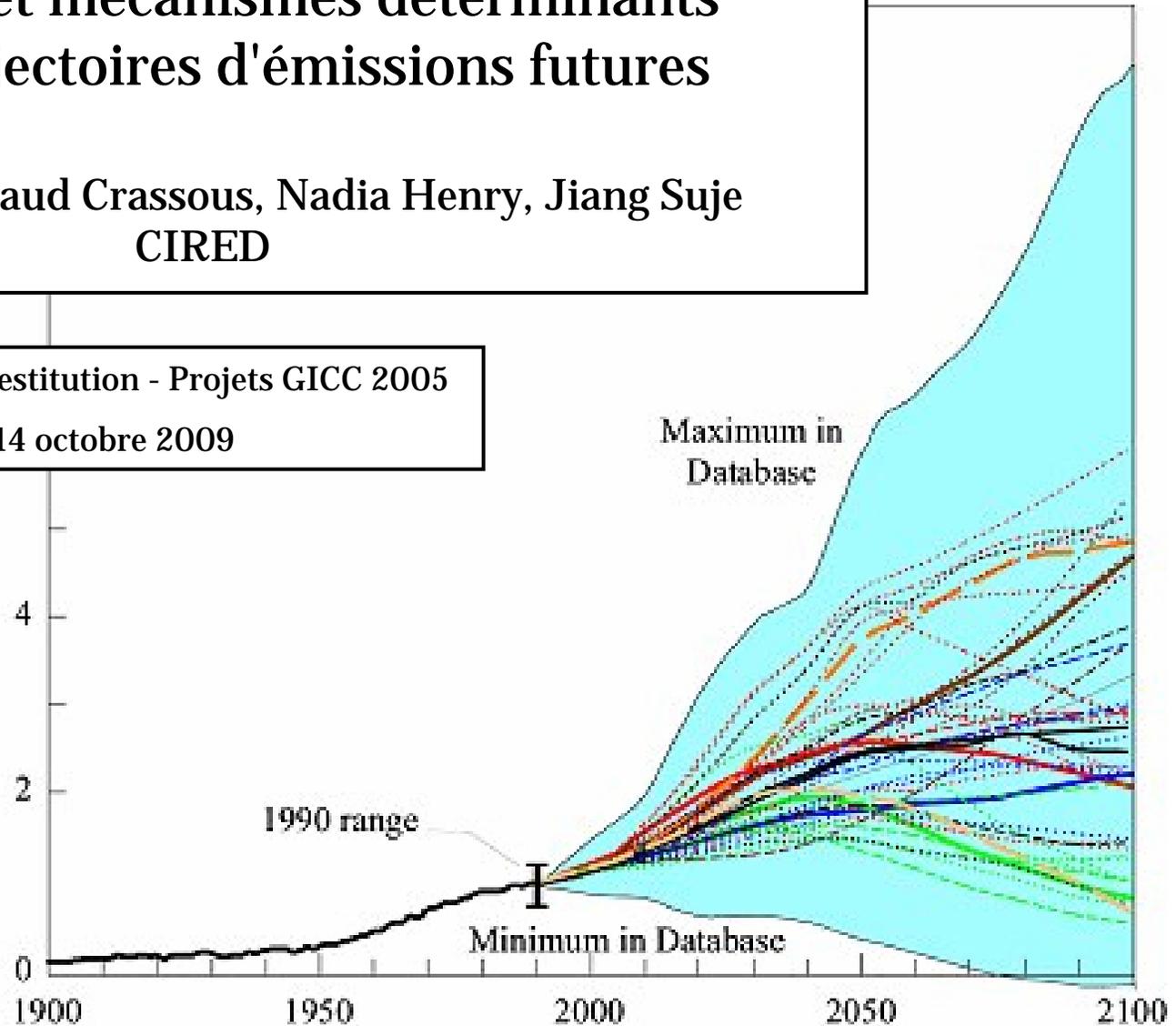


Scénarios de long-terme : hypothèses et mécanismes déterminants pour les trajectoires d'émissions futures

Olivier Sassi, Renaud Crassous, Nadia Henry, Jiang Suje
CIRED

Séminaire de restitution - Projets GICC 2005

14 octobre 2009



Des émissions futures à la dérive... très incertaine ?

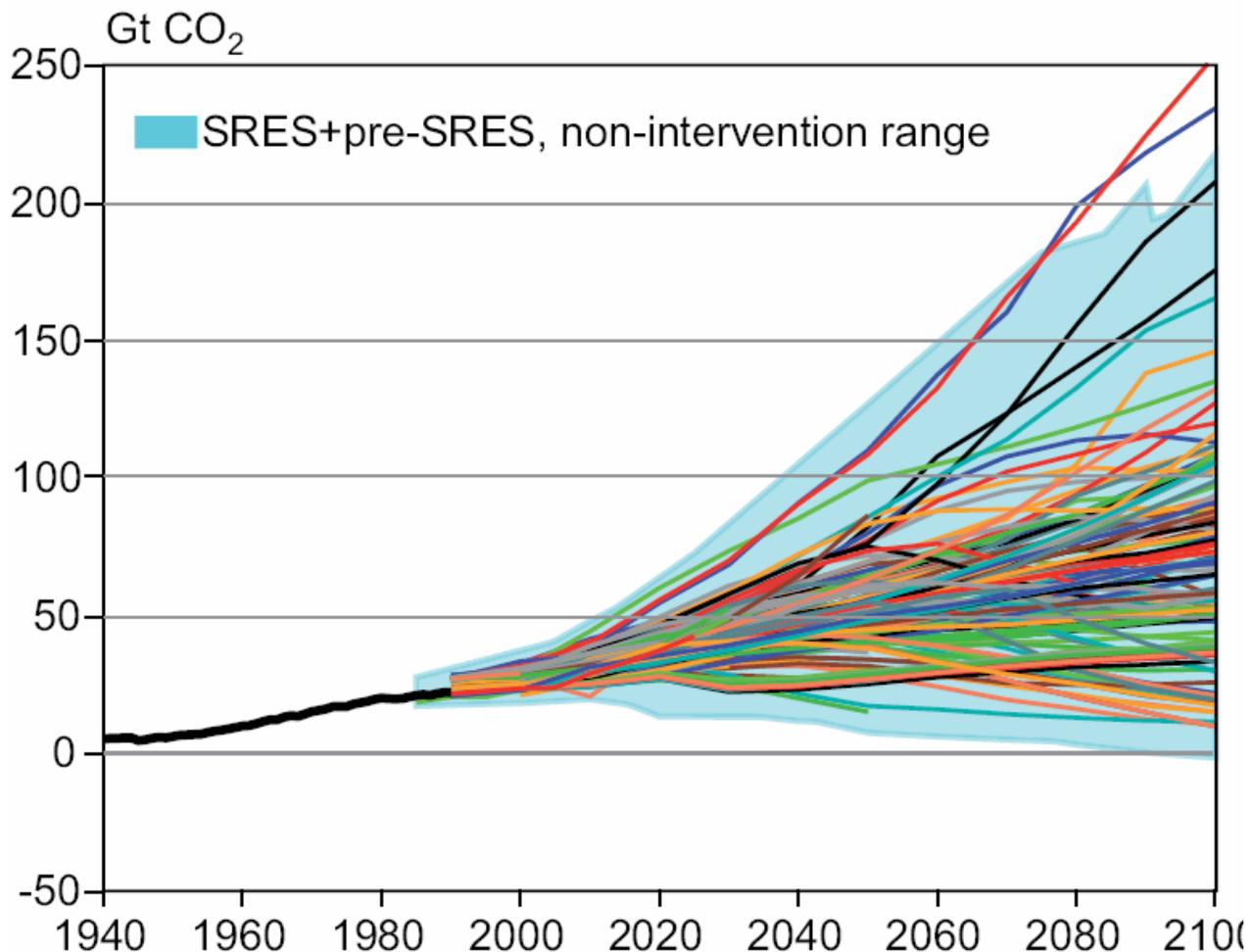
1. Eléments de contexte

2. Qu'est-ce qu'un scénario ?

3. Outils de modélisation

4. Un scénario inquiétant

5. Tests de sensibilité



Peut-on faire confiance à la modélisation ?

1. Eléments de contexte

2. Qu'est-ce qu'un scénario ?

3. Outils de modélisation

4. Un scénario inquiétant

5. Tests de sensibilité

- Une étape incontournable et un rôle stratégique dans la mesure des risques de l'inaction, la définition et l'évaluation *ex ante* des politiques climatiques (efficacité, coût), la recherche de stratégies d'intervention robustes à l'incertitude

- Des pratiques de modélisation poussées dans leurs retranchements, cf. critiques des scénarios SRES (2001) du GIEC

Controverse
PPP vs. MER
(Castles et
Henderson,
2004)

Optimisme
exagéré des gains
d'efficacité
autonomes ?
(Nature, 2008)

Sous-estimation
des tendances
récentes
(Raupach et al.,
2007)

- Une demande toujours plus forte de modélisation prospective et d'évaluation des politiques

Les leçons des scénarios SRES

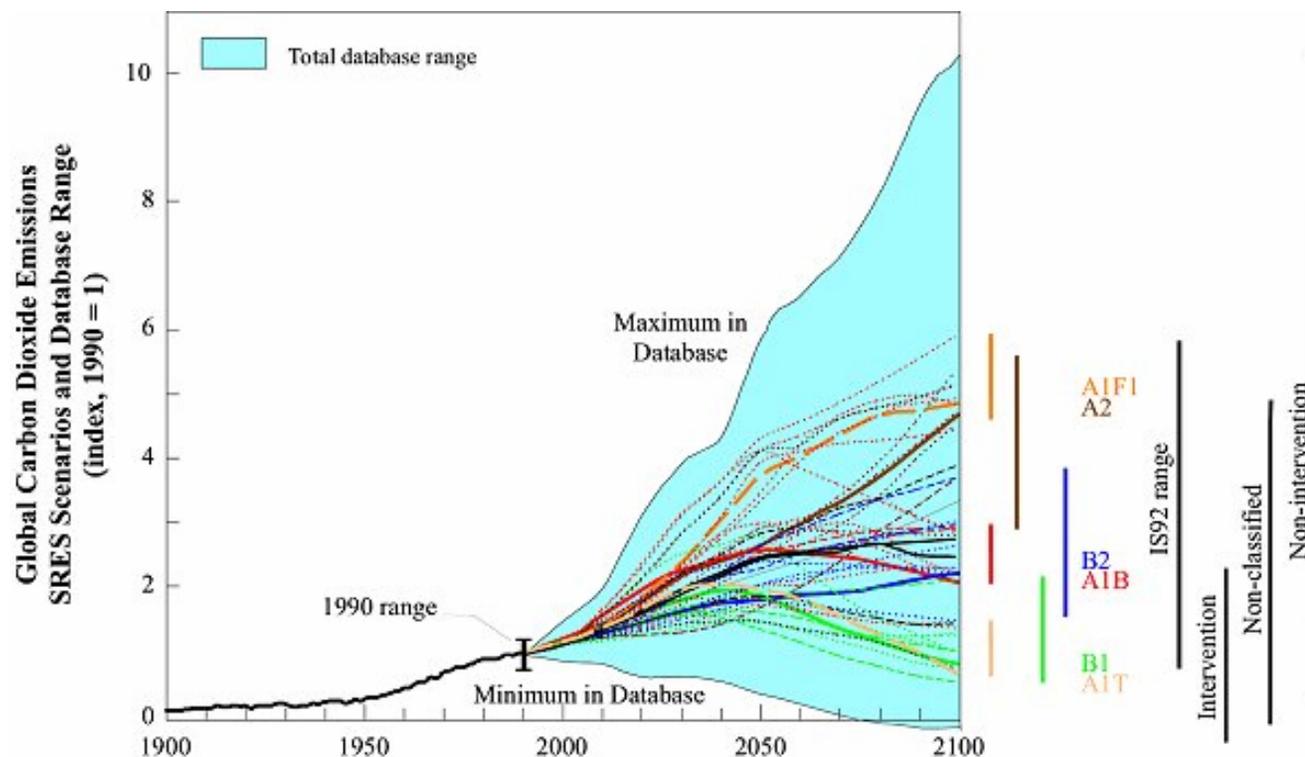
1. Eléments de contexte

2. Qu'est-ce qu'un scénario ?

3. Outils de modélisation

4. Un scénario inquiétant

5. Tests de sensibilité



Source : Nakicenovic et al. (2001)

Une identité simple et pratique ?

1. Eléments de contexte

2. Qu'est-ce qu'un scénario ?

3. Outils de modélisation

4. Un scénario inquiétant

5. Tests de sensibilité

Décomposition « de Kaya » :

$$E_{CO_2} = POP \cdot \frac{GDP}{POP} \cdot \frac{Energy}{GDP} \cdot \frac{E_{CO_2}}{Energy}$$

Croissance économique :
productivité, rattrapage

Intensité énergétique : Gains d'efficacité, dématérialisation, changement structurel

Intensité carbone : mix énergétique, séquestration

Le piège de l'explosion combinatoire

1. Eléments de contexte

2. Qu'est-ce qu'un scénario ?

3. Outils de modélisation

4. Un scénario inquiétant

5. Tests de sensibilité

Budget carbone
2000-2100

Taux de découplage CO₂/PIB

| | 1.9 % /an | 2.0 % /an | 2.1 % /an |
|-----------------|-----------------|-----------|-----------------|
| 0.9 % par an | 1733 GtC | 1628 GtC | 1530 GtC |
| 1.0 % par an | 1992 GtC | 1868 GtC | 1753 GtC |
| 1.1 % par an | 2229 GtC | 2152 GtC | 2016 GtC |

Taux de croissance de la productivité globale

Une identité simple ... mais des déterminants complexes

1. Eléments de contexte

2. Qu'est-ce qu'un scénario ?

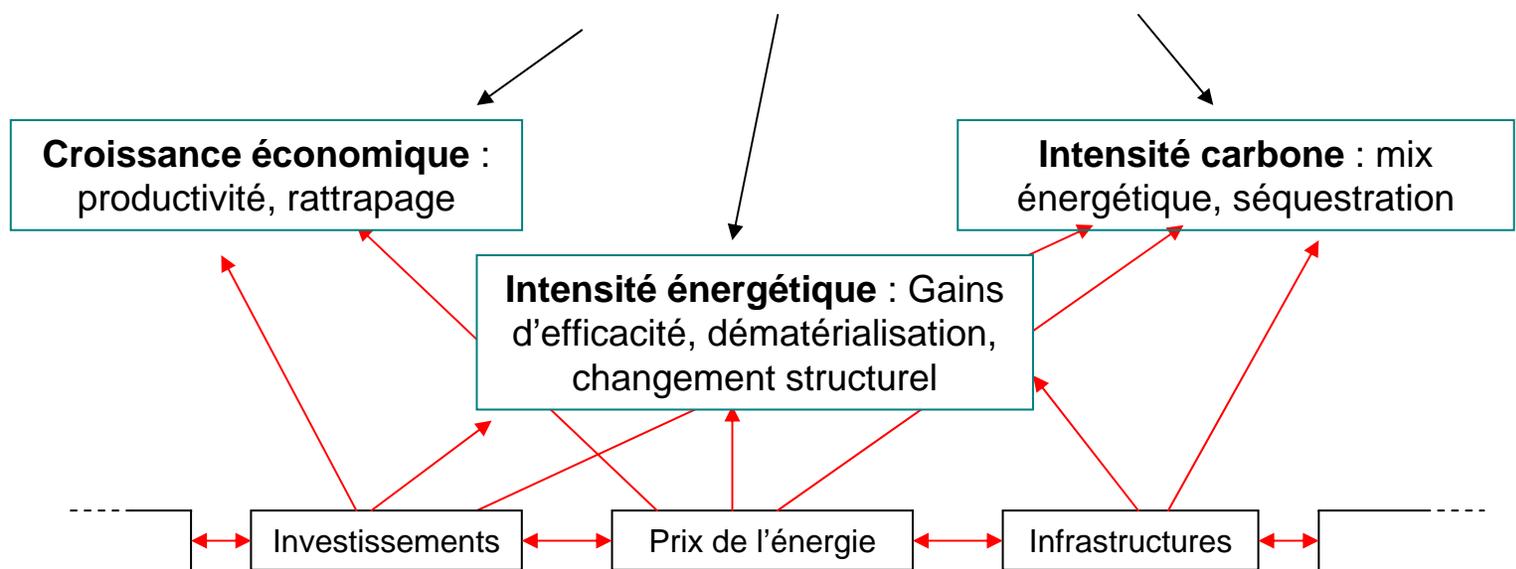
3. Outils de modélisation

4. Un scénario inquiétant

5. Tests de sensibilité

Décomposition « de Kaya » :

$$E_{CO_2} = POP \cdot \frac{GDP}{POP} \cdot \frac{Energy}{GDP} \cdot \frac{E_{CO_2}}{Energy}$$



Qu'est ce qu'un scénario ?

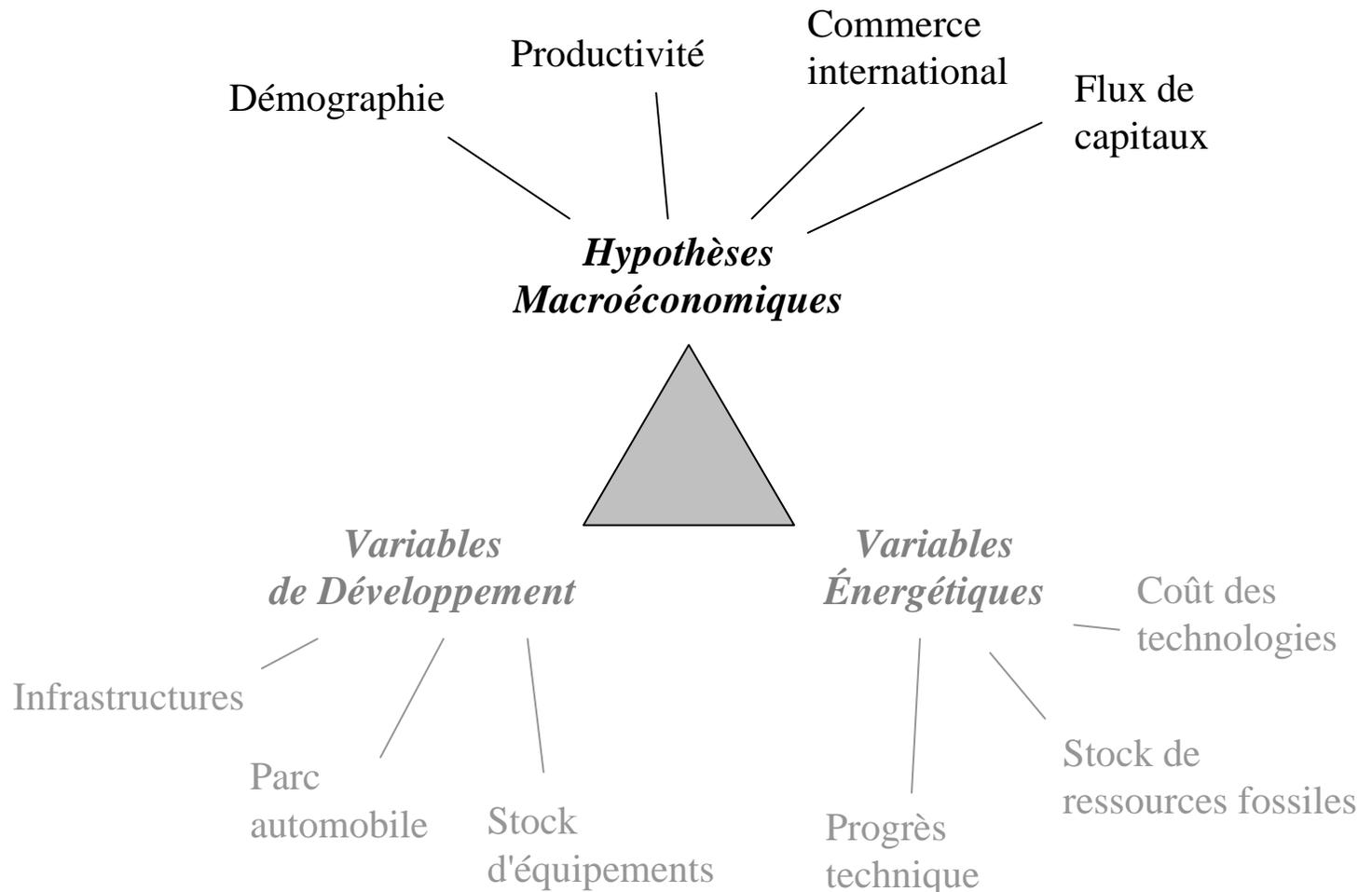
1. Eléments de contexte

2. Qu'est-ce qu'un scénario ?

3. Outils de modélisation

4. Un scénario inquiétant

5. Tests de sensibilité



Un sous-investissement chronique sur la représentation de la croissance dans les modèles énergies-climat

1. Eléments de contexte

2. Qu'est-ce qu'un scénario ?

3. Outils de modélisation

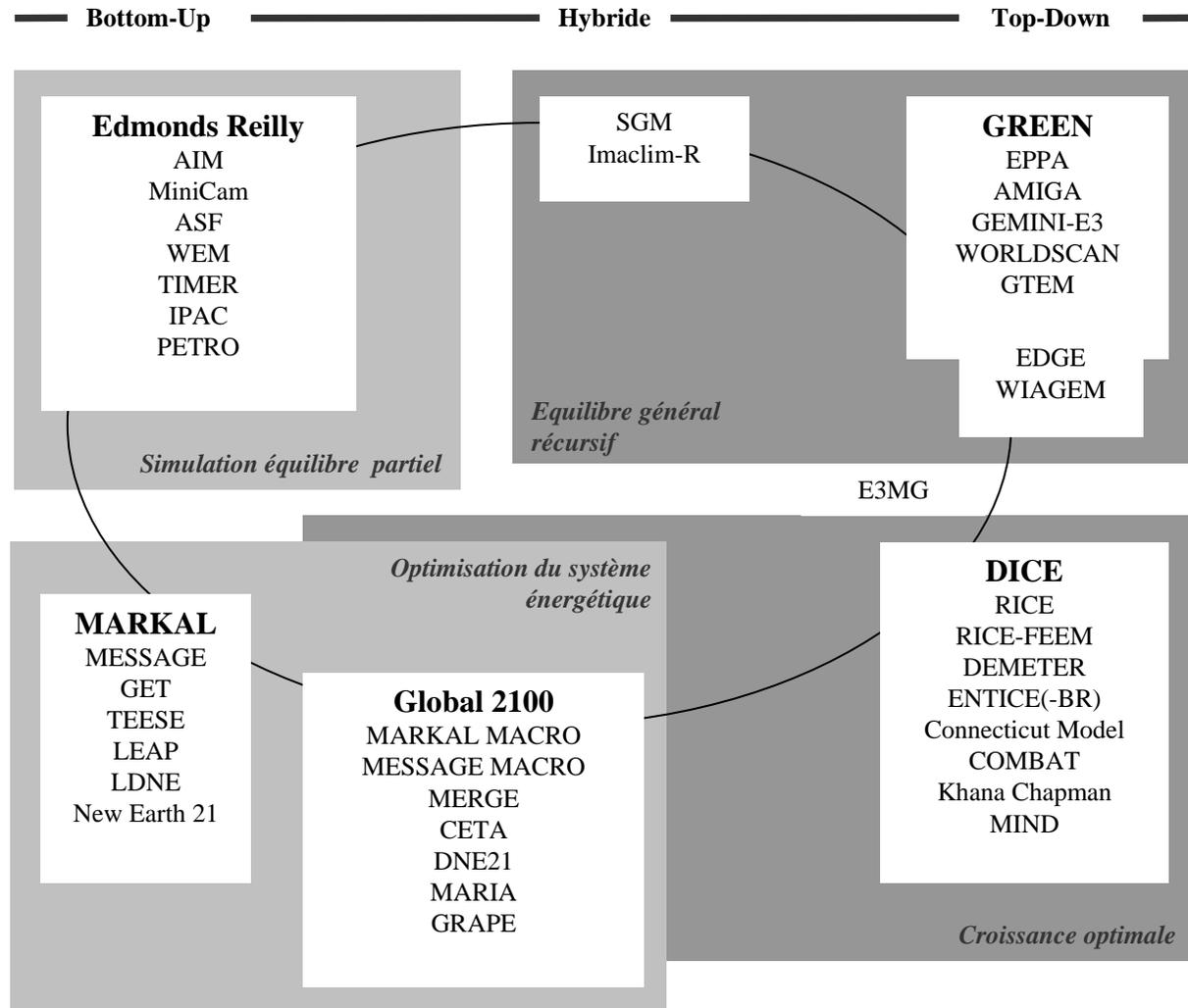
4. Un scénario inquiétant

5. Tests de sensibilité

- **Les scénarios « officiels » (SRES, AIE, OCDE) ont un quasi-monopole involontaire sur les projections de croissance**
- **Le défi : intégrer les recherches sur la croissance dans les analyses énergie-climat à long terme**
 - Une croissance endogène avec contraintes physiques et techniques
 - Formation de l'épargne et contraintes de financement
 - Épargne et structures démographiques
 - Vieillesse, migrations et emploi
 - Inertie, incertitudes et décalage entre besoins d'infrastructures et financement disponible
 - Flux commerciaux, ouverture aux marchés mondiaux
 - Flux de capitaux et questions de sécurité économique
 - Dualisme social, "sous-emploi" chronique et économie informelle
 - Frictions sur les ressources énergétiques

Une boîte à outils touffue....

1. Eléments de contexte
2. Qu'est-ce qu'un scénario ?
- 3. Outils de modélisation**
4. Un scénario inquiétant
5. Tests de sensibilité



Une boîte à outils touffue.... Et simple à la fois !

- 1. Eléments de contexte
- 2. Qu'est-ce qu'un scénario ?
- 3. Outils de modélisation**
- 4. Un scénario inquiétant
- 5. Tests de sensibilité

| | Scénarios exploratoires | Scénarios normatifs |
|-----------|---|---|
| Bottom Up | Equilibre partiel du secteur énergétique (POLES, TIMER) | Planification sectorielle (e.g. MARKAL) |
| Top-Down | Equilibre général multisectoriel (e.g. SGM, EPPA) | Contrôle optimal (e.g. RICE, DICE) |

Trois insatisfactions chroniques transversales

1. Eléments de
contexte

2. Qu'est-ce qu'un
scénario ?

**3. Outils de
modélisation**

4. Un scénario
inquiétant

5. Tests de
sensibilité

- **La représentation de la croissance économique**
 - Croissance stabilisée (voire croissance optimale)
 - Croissance exogène
- **La représentation des technologies et de leur évolution**
Question partiellement résolue dans les modèles hybrides
- **La représentation des anticipations et des sous-optimalités:**
 - Anticipations rationnelles ou parfaites ?
 - Déséquilibres chroniques non transitoires
 - Barrières au changement

Un modèle hybride global, Imaclim-R

1. Eléments de
contexte

2. Qu'est-ce qu'un
scénario ?

**3. Outils de
modélisation**

4. Un scénario
inquiétant

5. Tests de
sensibilité

- Une architecture récursive garantissant :
 - La cohérence macroéconomique des points de passage futurs (Équilibre général statique des flux)
 - Une cohérence dynamique du triptyque investissements / infrastructures / technologie (modules sectoriels, formes réduites)

- Une distinction entre mécanismes d'ajustements de court-terme et évolutions de long-terme :
 - prise en compte de l'inertie des systèmes techniques et des usages
 - imperfection des anticipations des agents, menant à des trajectoires non-optimales et des déséquilibres de court ou moyen terme.
 - "moteur de la croissance" stabilisée sur le long terme

Un modèle hybride global, Imaclim-R

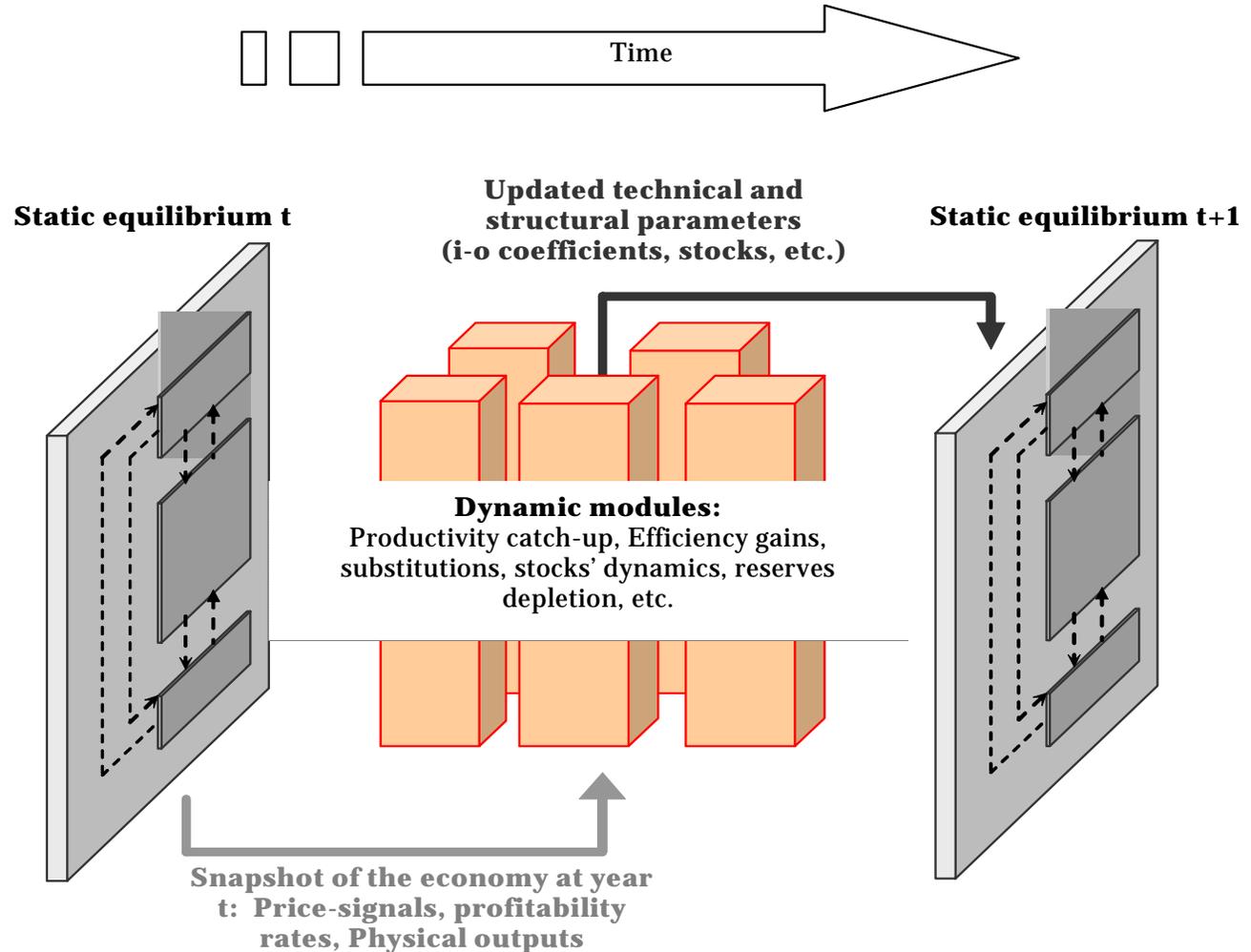
1. Eléments de contexte

2. Qu'est-ce qu'un scénario ?

3. Outils de modélisation

4. Un scénario inquiétant

5. Tests de sensibilité



Un projet en deux parties

1. Eléments de
contexte

2. Qu'est-ce qu'un
scénario ?

**3. Outils de
modélisation**

4. Un scénario
inquiétant

5. Tests de
sensibilité

Volet 1 : Un scénario robuste de croissance forte des émissions

**Volet 2 : Tests de sensibilité des scénarios sur les déterminants
macroéconomiques**

Quand des hypothèses médianes produisent un scénario extrême...

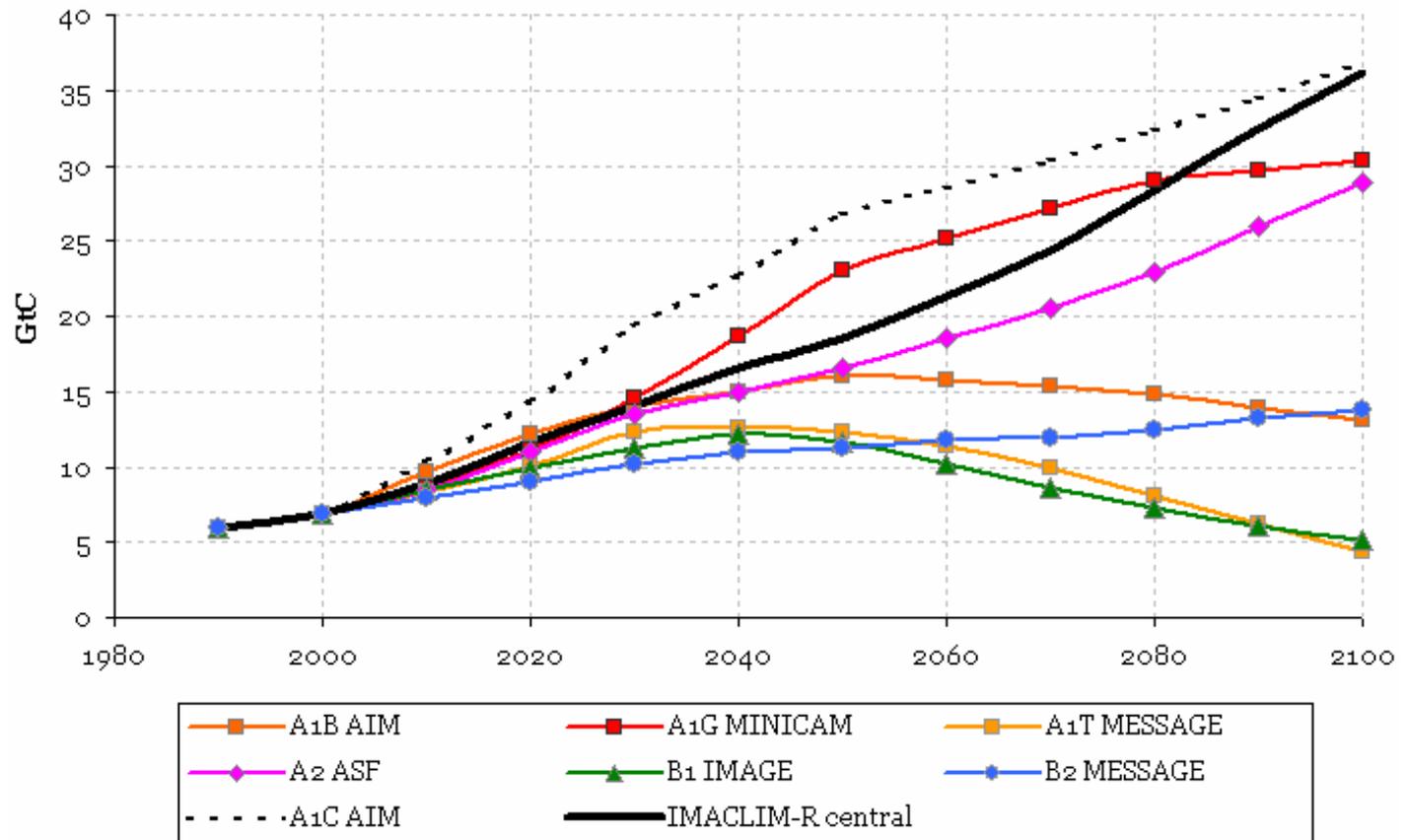
1. Eléments de contexte

2. Qu'est-ce qu'un scénario ?

3. Outils de modélisation

4. Un scénario inquiétant

5. Tests de sensibilité



Quand des hypothèses médianes produisent un scénario extrême...

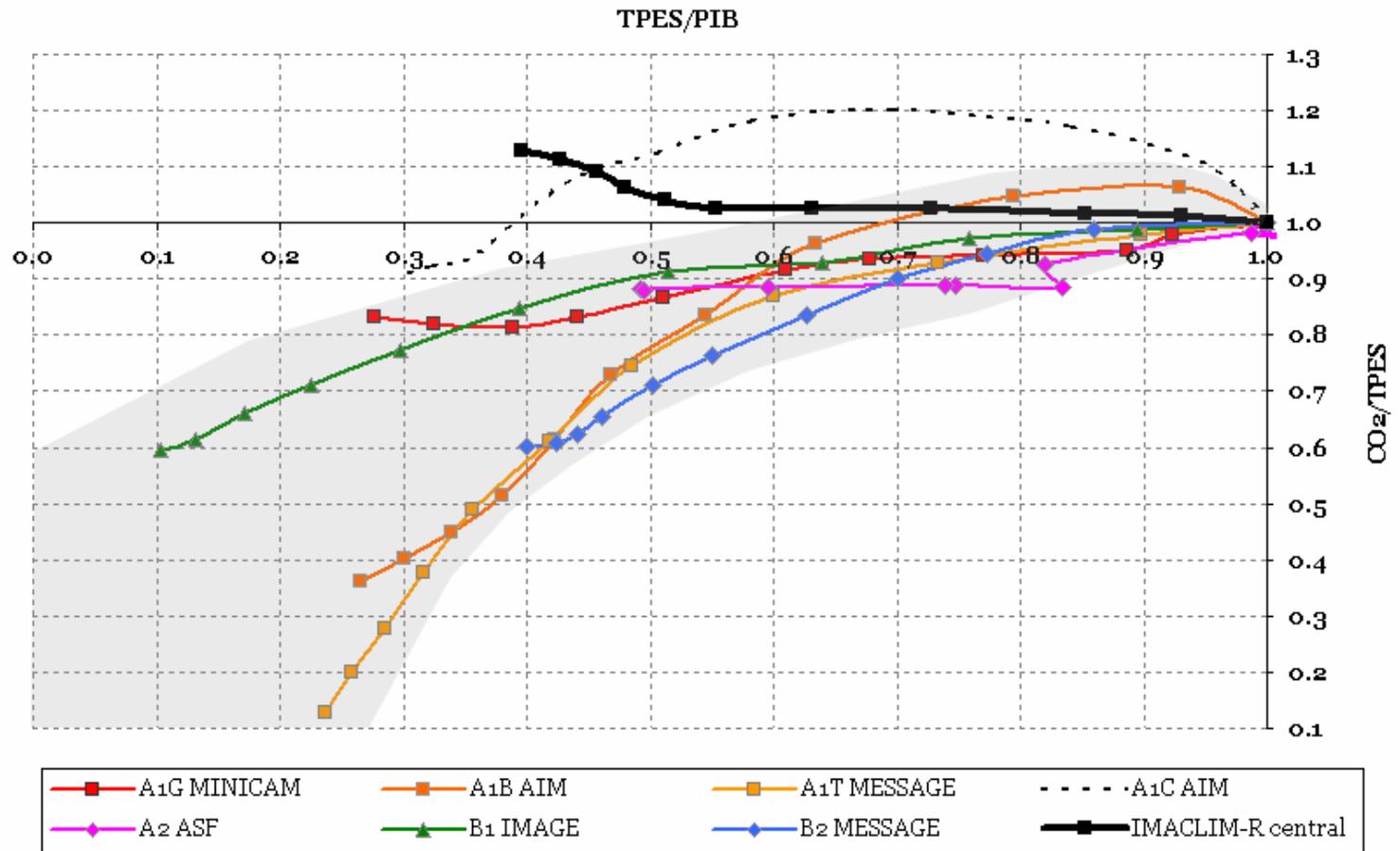
1. Eléments de contexte

2. Qu'est-ce qu'un scénario ?

3. Outils de modélisation

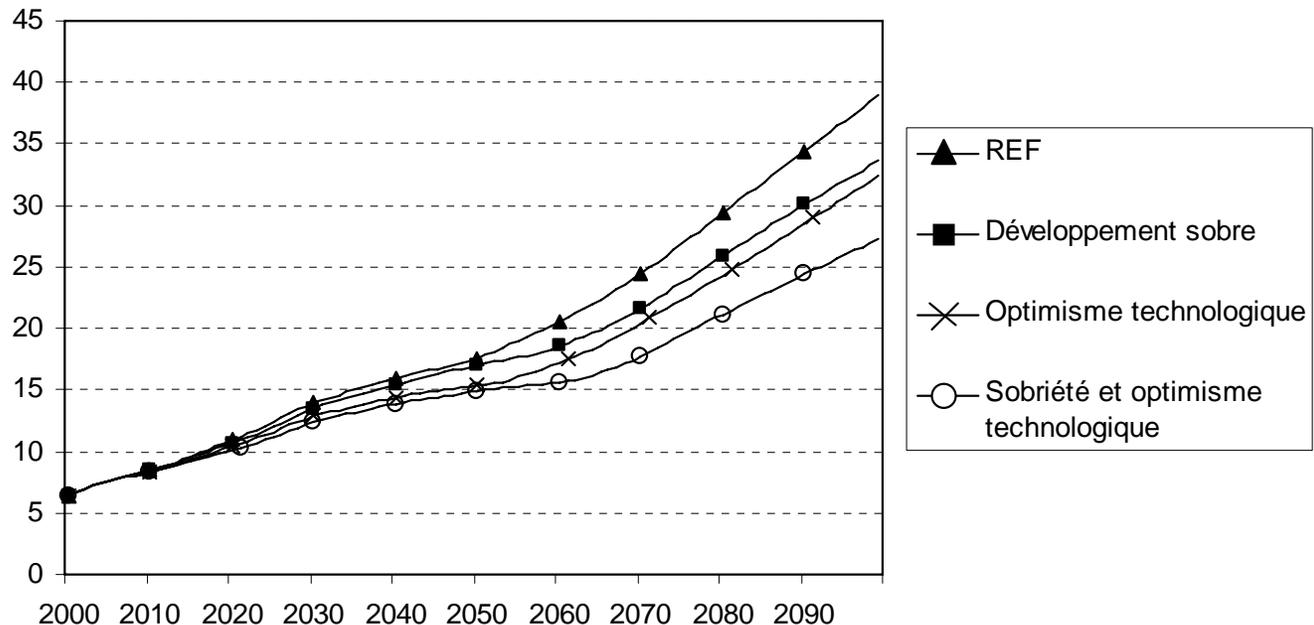
4. Un scénario inquiétant

5. Tests de sensibilité



De nombreuses forces de rappel renforcent la robustesse de ce scénario...

Emissions mondiales de CO2 (GtC)



Des gains d'efficacité continus (TPES/PIB -60% en un siècle)
mais l'intensité carbone reste constante voire croissante

1. Eléments de contexte

2. Qu'est-ce qu'un scénario ?

3. Outils de modélisation

4. Un scénario inquiétant

5. Tests de sensibilité

Des déterminants macroéconomiques à ne pas négliger

1. Eléments de contexte

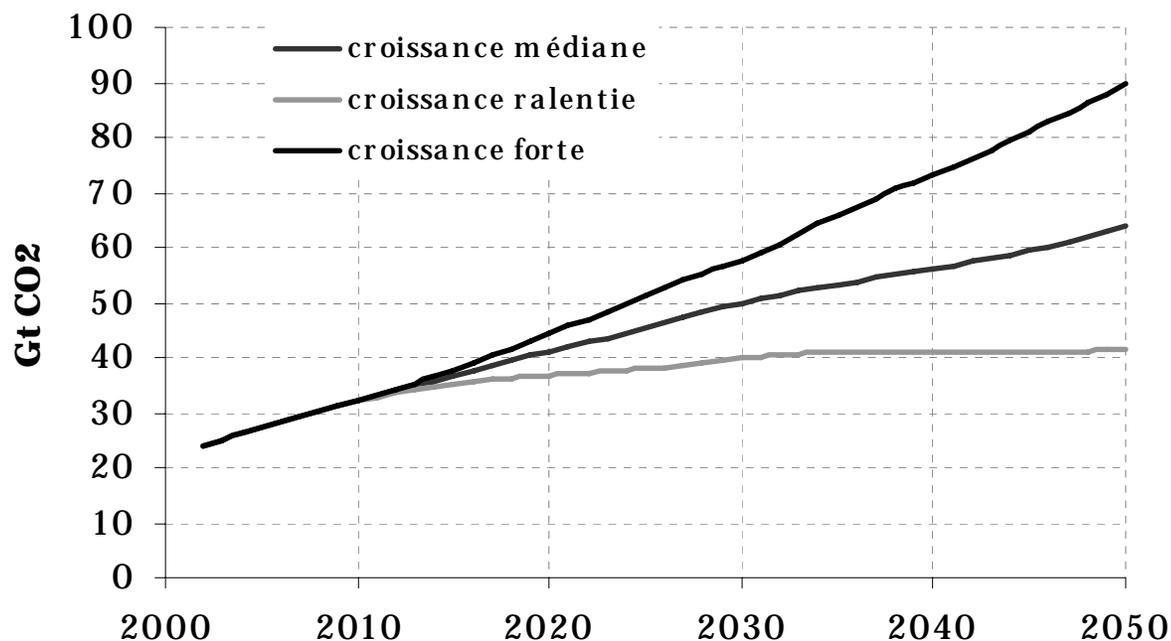
2. Qu'est-ce qu'un scénario ?

3. Outils de modélisation

4. Un scénario inquiétant

5. Tests de sensibilité

Population & rattrapage de productivité restent des déterminants de premier ordre



Des déterminants macroéconomiques à ne pas négliger

1. Eléments de contexte

2. Qu'est-ce qu'un scénario ?

3. Outils de modélisation

4. Un scénario inquiétant

5. Tests de sensibilité

Les rétroactions techniques et matérielles existent bien mais

- (i) Elles sont de second ordre par rapport à la croissance
- (ii) Elles peuvent agir dans les deux sens (retour du charbon)

| | Croissance ralentie | Croissance médiane | Croissance rapide |
|------------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Emissions CO2 | 0.92 % (-0.96%) | 1.88 % | 2.64 % (+0.76%) |
| Population | 0.75 % | 0.75 % | 0.75 % |
| PIB par tête | 1.33 % (-1.11%) | 2.44 % | 3.13 % (+0.69%) |
| Intensité énergétique | -0.79 % (+0.18%) | -0.97 % | -1.00 % (-0.03%) |
| Intensité carbone | -0.33 % (-0.06%) | -0.27 % | -0.17 % (+0.10%) |

Des déterminants macroéconomiques à ne pas négliger

1. Eléments de contexte

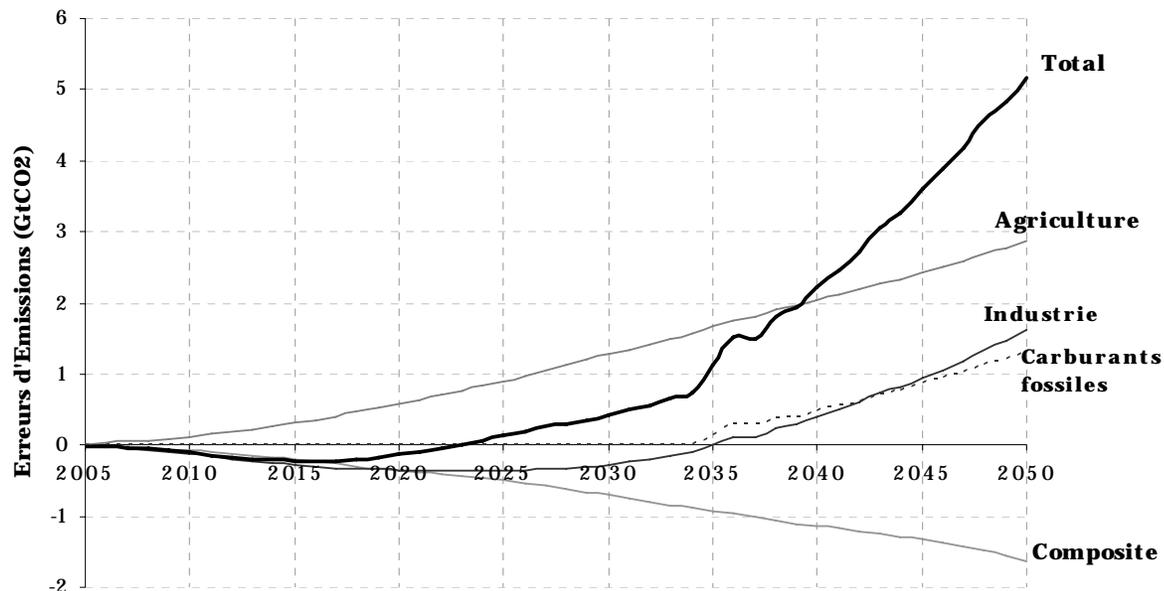
2. Qu'est-ce qu'un scénario ?

3. Outils de modélisation

4. Un scénario inquiétant

5. Tests de sensibilité

Un point plus technique mais central : La description de l'évolution structurelle des préférences est aussi déterminante



Variations d'émissions sectorielles entre préférences homothétiques et description plus fine des saturations pour certains biens

Conclusion

- Nécessité d'**encadrer les effets rebonds** (signaux-prix stables et croissants, suppression des barrières au changement)
- Sur le long terme, **permettre l'ajustement des politiques aux variations des déterminants macroéconomiques** (NAMAs dans les PED surtout)
- Anticiper les risques de retour au charbon
- Intégrer systématiquement les incertitudes chroniques dans l'évaluation des politiques publiques
- Un déficit de recherche sur la demande finale future dans les PED (styles de développement, organisation spatiale, rural/urbain)