



# Réflexion prospective sur les biocarburants en France

## Contributions d'une méthode Monte Carlo

Paul HUGUES, Edi ASSOUMOU, Nadia MAIZI  
Centre de Mathématiques Appliquées, Mines ParisTech  
Partenariat avec **Avril**

---

Lundi 2 mars 2015 – Journée de la Chaire MPDD

---

# Sommaire

2/13



Journée de la Chaire – Prospective pour les enjeux Énergie-Climat

1. Contexte et enjeux
2. Méthodologie
3. Résultats
4. Conclusions



# Les biocarburants : question de générations

- Première génération :  
→ Produits à partir de l'organe de réserve de la plante (fruits, graines)



- Deuxième génération :  
→ Produits à partir de biomasse lignocellulosique (pailles, branches, tiges)



- Troisième génération :  
→ Produits par des microorganismes



+ Procédés 1G valorisant les déchets



Biocarburants avancés

# Un développement récent et rapide

4/13

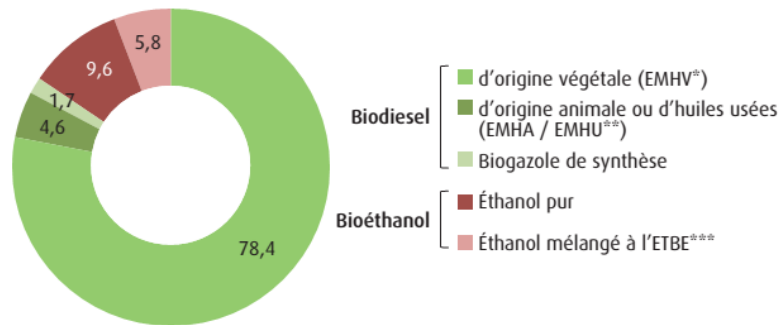


Journée de la Chaire – Prospective pour les enjeux Énergie-Climat

- En France, part de 5,5 % dans la consommation transport en 2012

Répartition de la consommation finale de biocarburants par filière en 2012

Total : 2 716 ktep  
En %

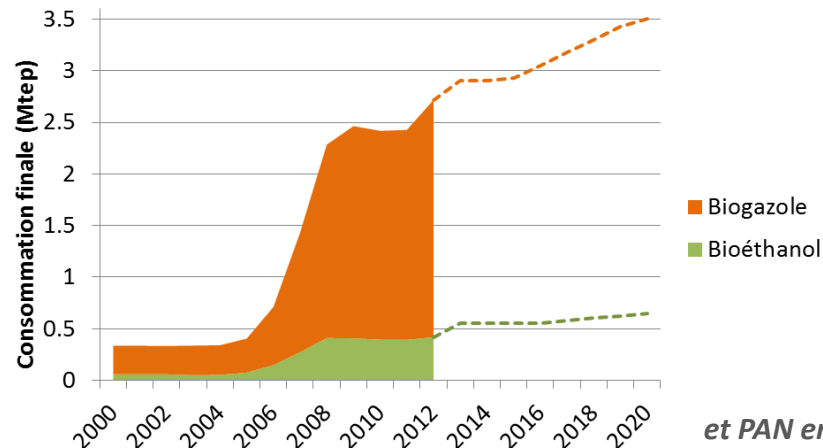


Champ : métropole.

Source : SOEs, d'après Douanes



- Développement grâce à un contexte réglementaire favorable



Sources : SoES, 2014  
et PAN en faveur des EnR, 2010

# Et un futur soumis à de nombreuses incertitudes

5/13



Journée de la Chaire – Prospective pour les enjeux Énergie-Climat

- Incertitudes techniques
  - Contraintes sur les taux d'incorporation
  - Foisonnement de procédés de conversion
  - Rendements et coûts
- Incertitudes sur les ressources
  - Disponibilité et coûts
  - Challenge logistique
  - Concurrence des usages
- Incertitudes réglementaires
  - Bilans environnementaux
  - Plafond d'incorporation des biocarburants de 1<sup>ère</sup> génération
  - Comptabilité

# Le modèle de prospective pour appréhender ces incertitudes (1/2)

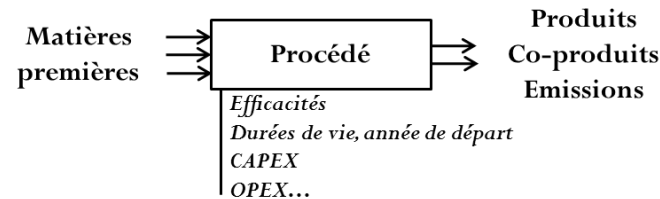
6/13



Journée de la Chaire – Prospective pour les enjeux Énergie-Climat

Périmètres		
Sectoriel	Géographique	Temporel
Bioénergies (hors déchets municipaux et industriels banals)	France	2010 – 2050

- Basé sur une approche MARKAL/TIMES :
  - *Bottom-up* ou technologiquement riche



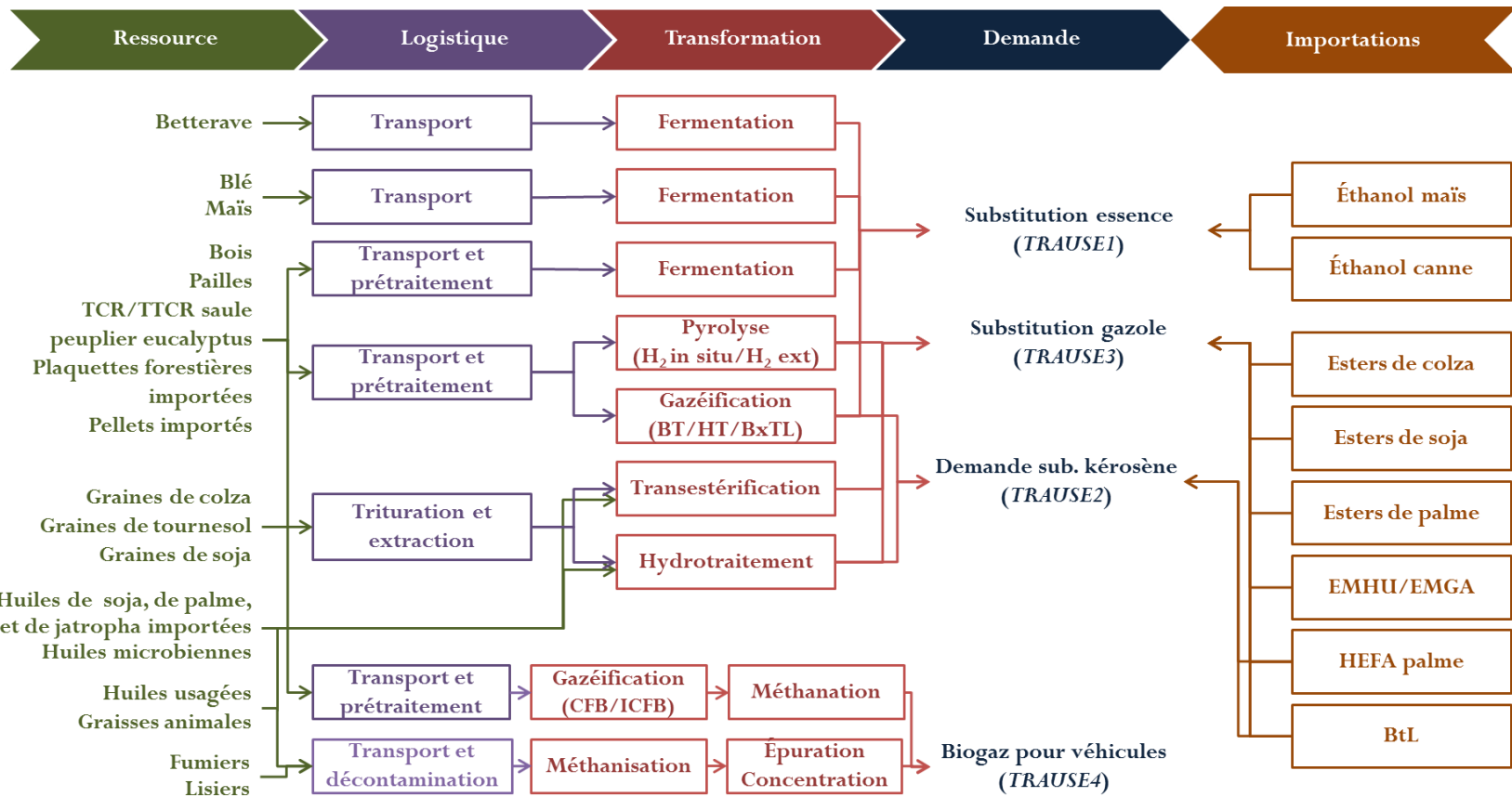
- Minimisation du coût total actualisé
- Contraintes représentant le système physique et la réglementation
- Résultats : niveaux de capacité et d'activité des procédés, coûts marginaux associés aux commodités et aux contraintes

# Le modèle de prospective pour appréhender ces incertitudes (2/2)

7/13



Journée de la Chaire – Prospective pour les enjeux Énergie-Climat



## Sous-secteur biocarburant

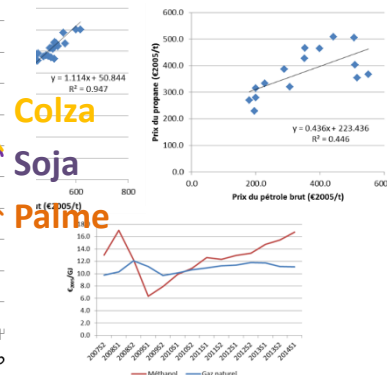
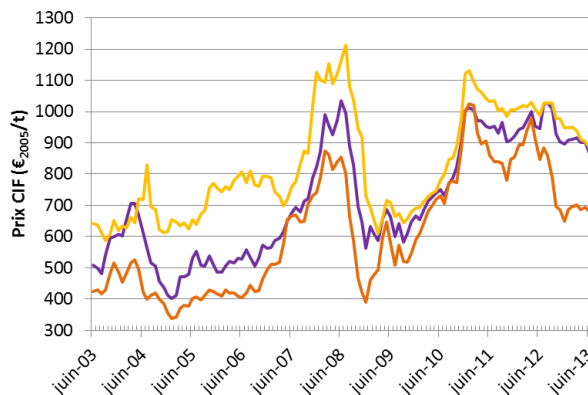
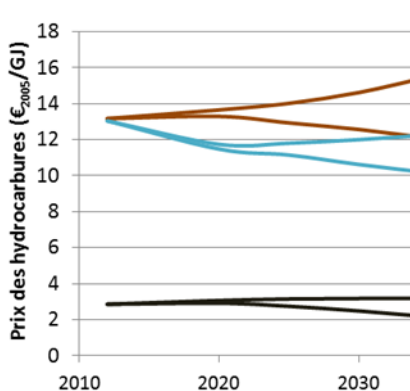
# Variation des valeurs de quatre jeux de paramètres

8/13



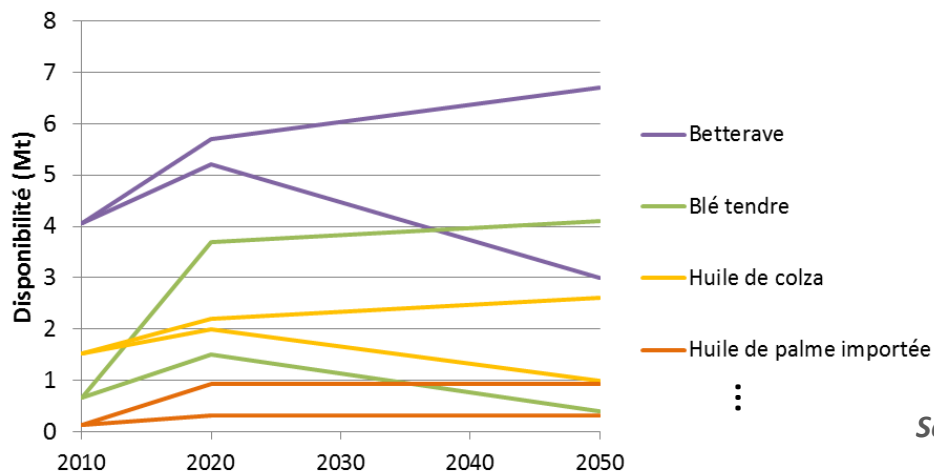
Journée de la Chaire – Prospective pour les enjeux Énergie-Climat

## 1. Prix des matières premières, des produits et des co-produits



Sources : données de l'ANEP, OIEA, BOB

## 2. Disponibilité des matières premières



Source : SRES, IPCC, 2012



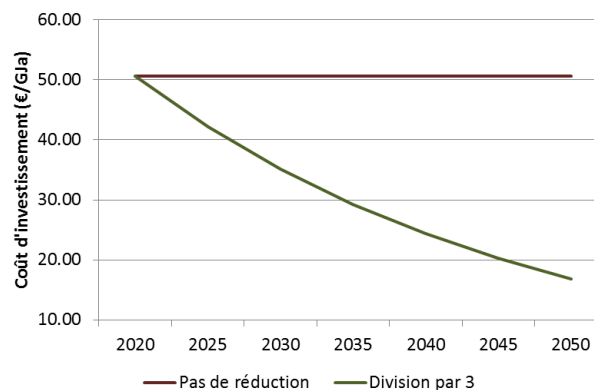
# Variation des valeurs de quatre jeux de paramètres

9/13

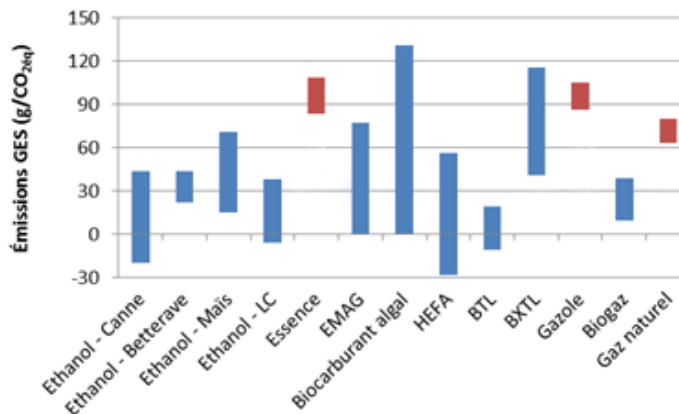


Journée de la Chaire – Prospective pour les enjeux Énergie-Climat

## 3. Coûts des procédés de conversion



## 4. Facteurs d'émissions de GES



Source : SRES, IPCC, 2012

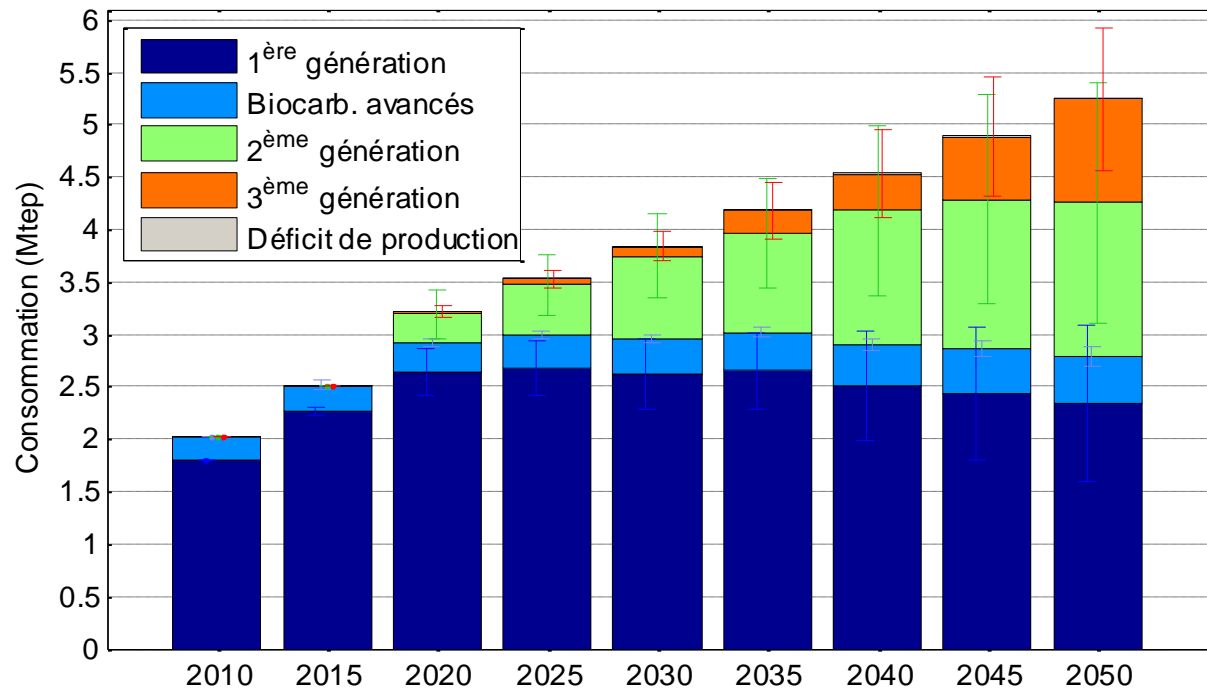
# Quantification des incertitudes pour les futurs déploiements technologiques

10/13



Journée de la Chaire – Prospective pour les enjeux Énergie-Climat

- Évolution de la consommation de biocarburacteur/biogazole



# Quantification des incertitudes pour les futurs déploiements technologiques

11/13

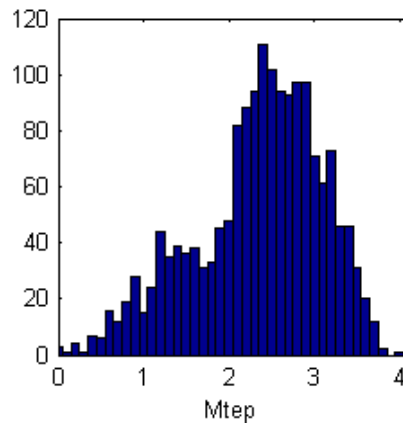


Journée de la Chaire – Prospective pour les enjeux Énergie-Climat

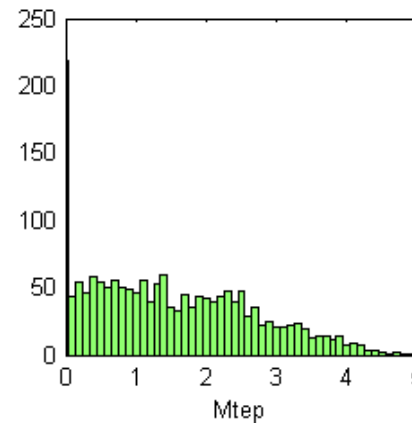
- Distribution de la consommation de biocarburacteur/biogazole

2050

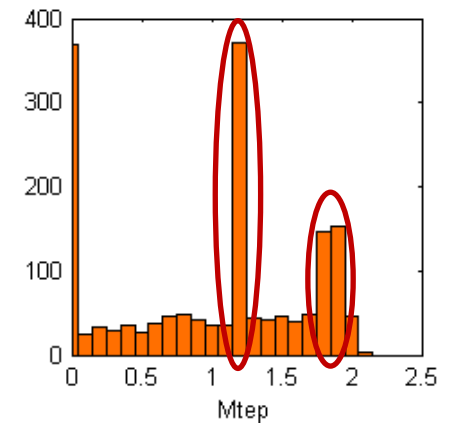
1<sup>ère</sup> génération



2<sup>ème</sup> génération



3<sup>ème</sup> génération



# Outil d'analyse des résultats en regard des hypothèses

12/13



Journée de la Chaire – Prospective pour les enjeux Énergie-Climat

$$\frac{1}{(1 + \alpha)^{n(t-1)}} \sum_{i \in TCH} in$$

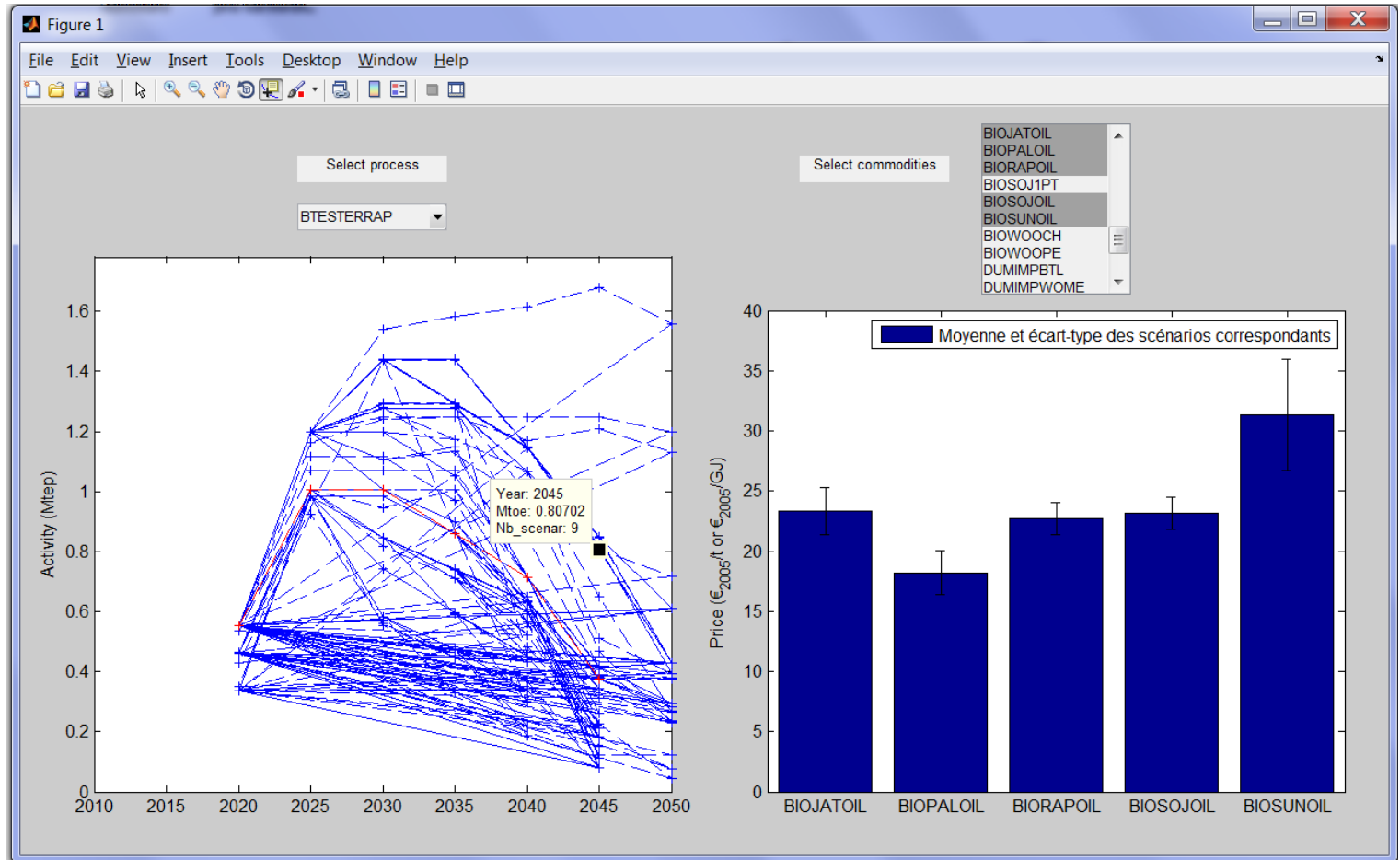
$$\times \left( \sum_{i \in TCH} fixom_i(t) \right)$$

$$+ \sum_{i \in EEA} \sum_{z \in Z} \sum_{y \in Y} varo$$

$$+ \sum_{k \in ENC} \sum_s cos$$

$$+ \sum_s \sum_{z \in Z} \sum_{y \in Y}$$

$$- \sum_s \sum_{z \in Z} \sum_{y \in Y} price$$



# Conclusions et perspectives

13/13



Journée de la Chaire – Prospective pour les enjeux Énergie-Climat

- Les incertitudes sont un frein au positionnement des acteurs
- La réflexion prospective permet de baliser ces incertitudes
- Vision robuste grâce à la méthode Monte Carlo
- Outil supplémentaire d'aide à la décision
  
- Objectifs volontariste : développement des trois générations
- Compétition inter et intra-génération
  
- Perspectives d'analyse avec la méthode Monte Carlo
  - Détection d'erreurs de modélisation
  - Identification des paramètres les plus influents

**MERCI POUR VOTRE ATTENTION**



**SOUTENANCE DE THÈSE LE 10 MARS 2015  
À MINES PARISTECH, CAMPUS SOPHIA ANTIPOLIS**

