



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

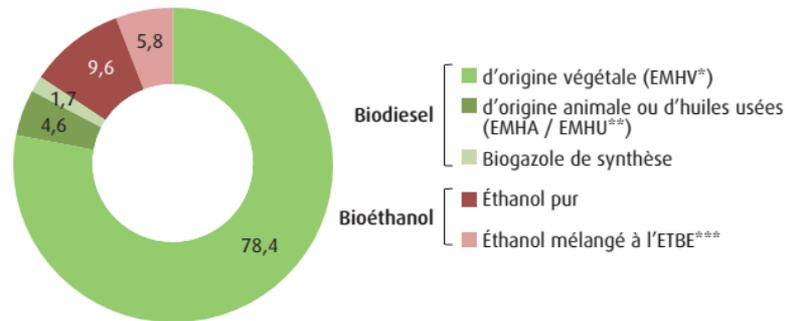


Journée de la Chaire – Prospective pour les enjeux Énergie-Climat

- 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 %

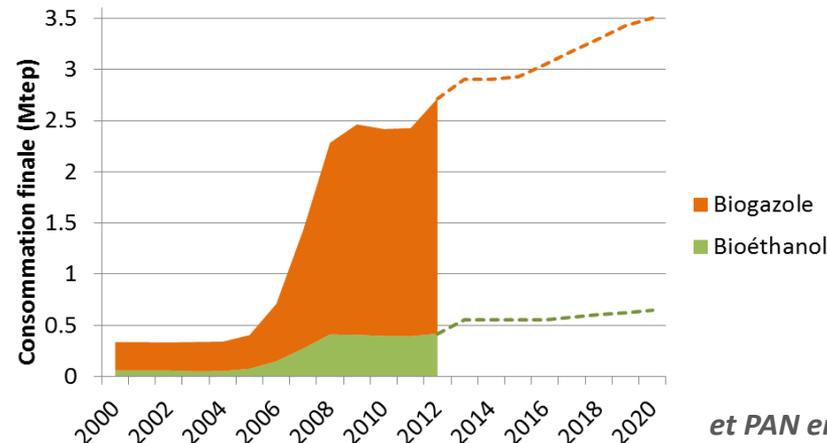


Champ : métropole.

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^{ère} génération
 - Comptabilité

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

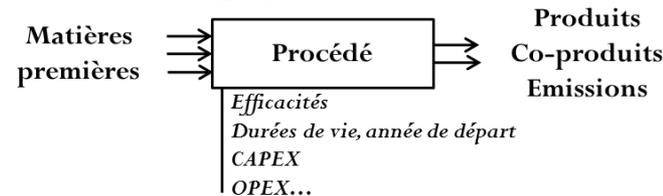
6/13



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



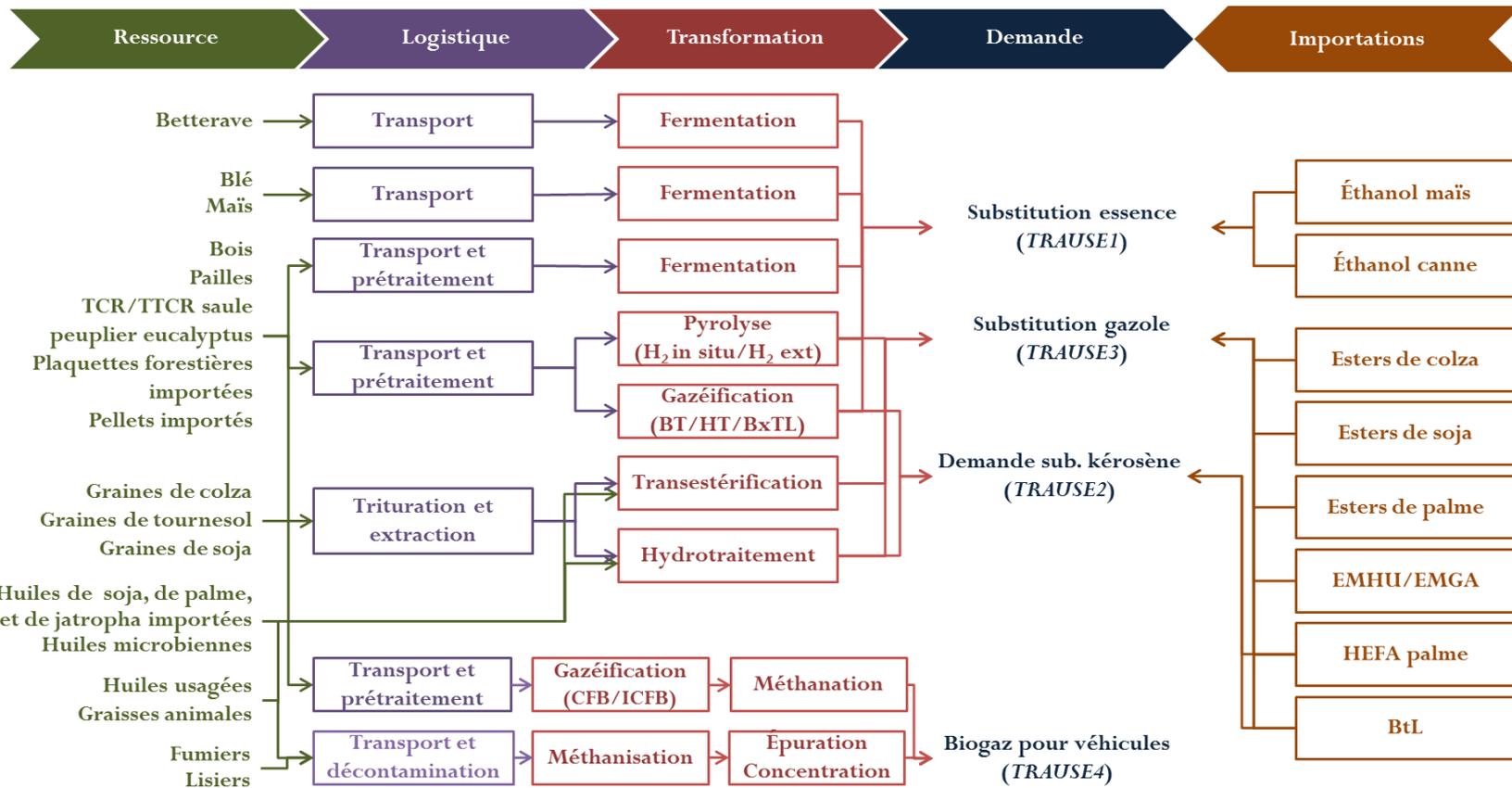
- Minimisation du coût total actualisé
- Contraintes représentant le système physique et la réglementation
- Résultats : niveaux de capacité et d'activité des procédés, coûts marginaux associés aux commodités et aux contraintes

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

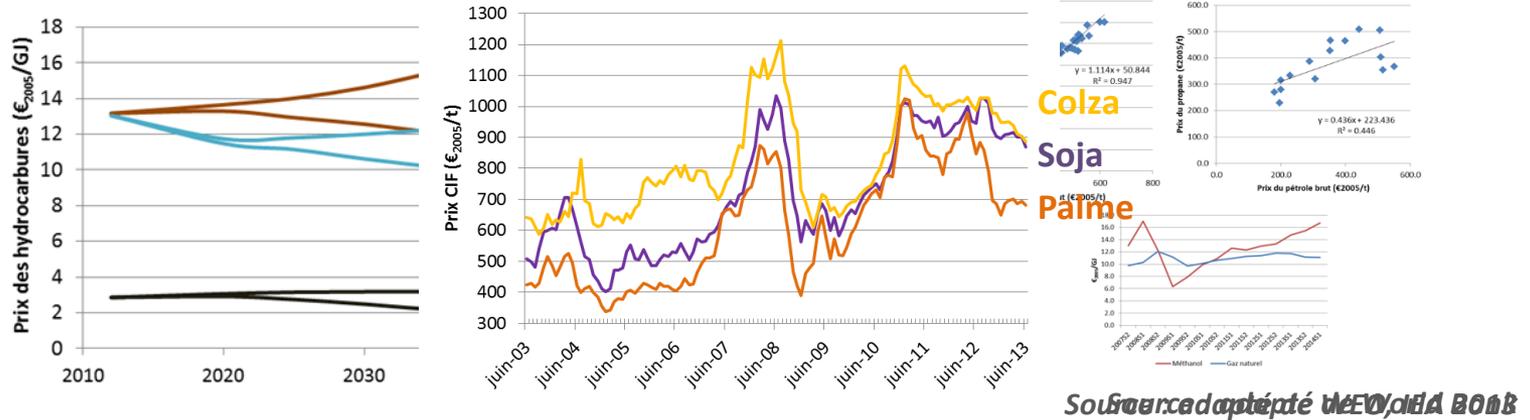
Variation des valeurs de quatre jeux de paramètres

8/13

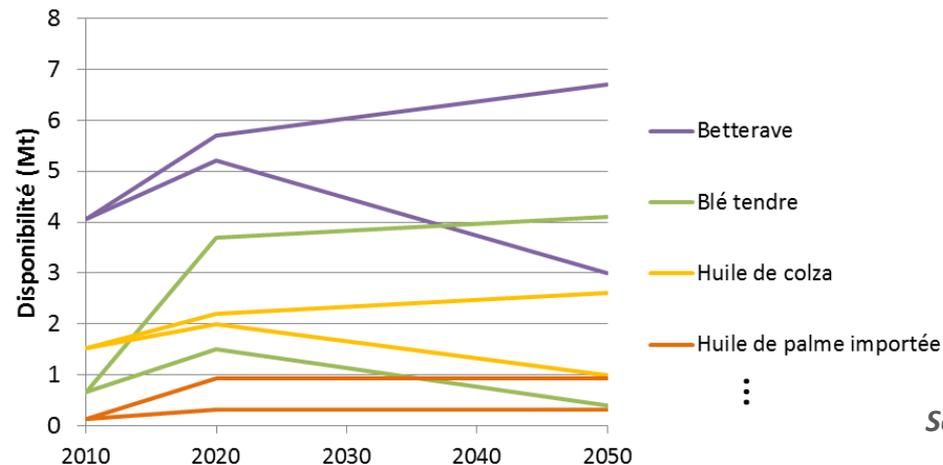


Journée de la Chaire – Prospective pour les enjeux Énergie-Climat

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



2. Disponibilité des matières premières



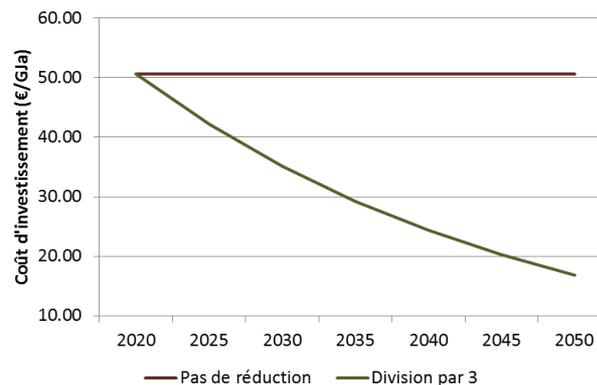
Variation des valeurs de quatre jeux de paramètres

9/13

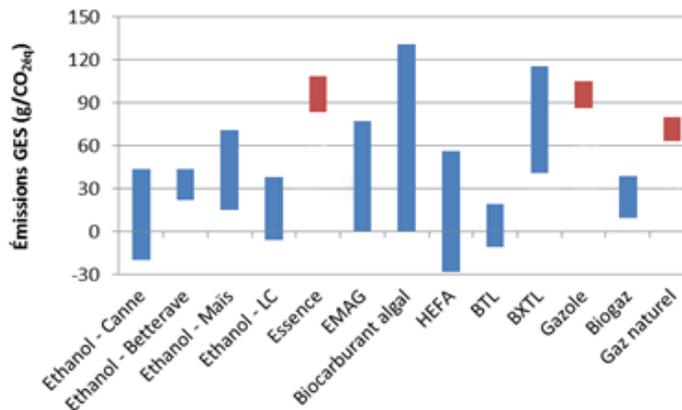


Journée de la Chaire – Prospective pour les enjeux Énergie-Climat

3. Coûts des procédés de conversion



4. Facteurs d'émissions de GES



Source : SRES, IPCC, 2012

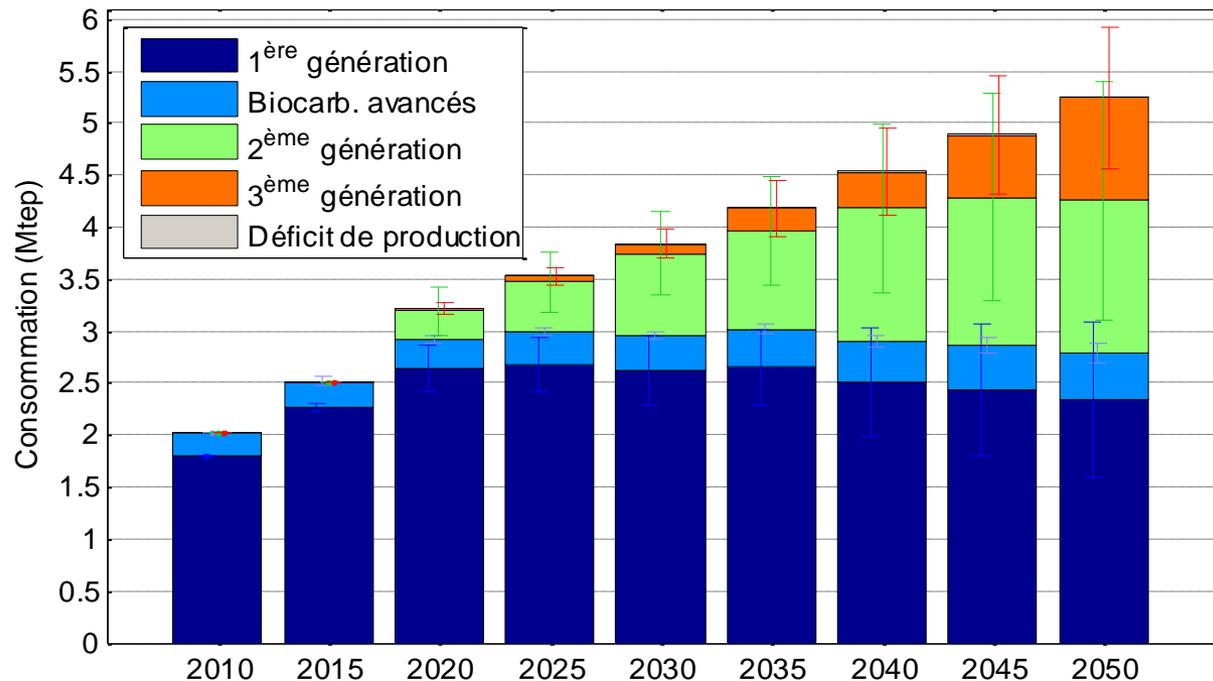
Quantification des incertitudes pour les futurs déploiements technologiques

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

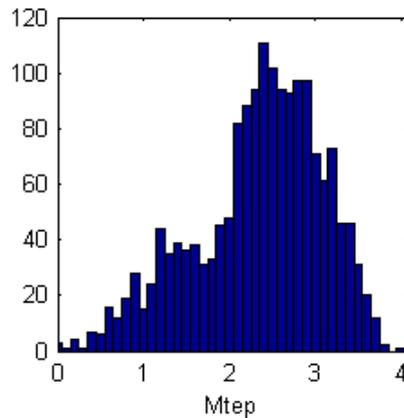


Journée de la Chaire – Prospective pour les enjeux Énergie-Climat

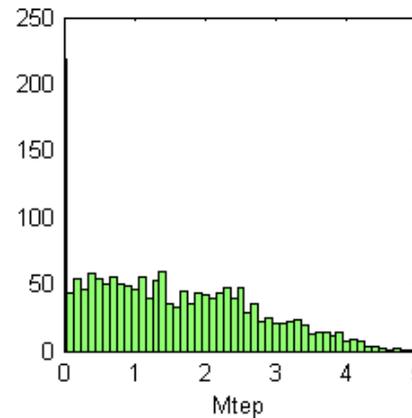
- Distribution de la consommation de biocarburacteur/biogazole

2050

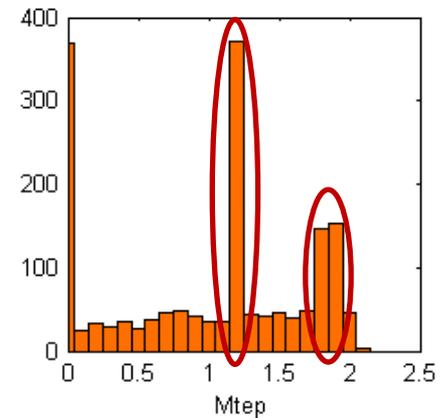
1^{ère} génération



2^{ème} génération



3^{ème} génération



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

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

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

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

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

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

Outil d'analyse des résultats en regard des hypothèses

12/13



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

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

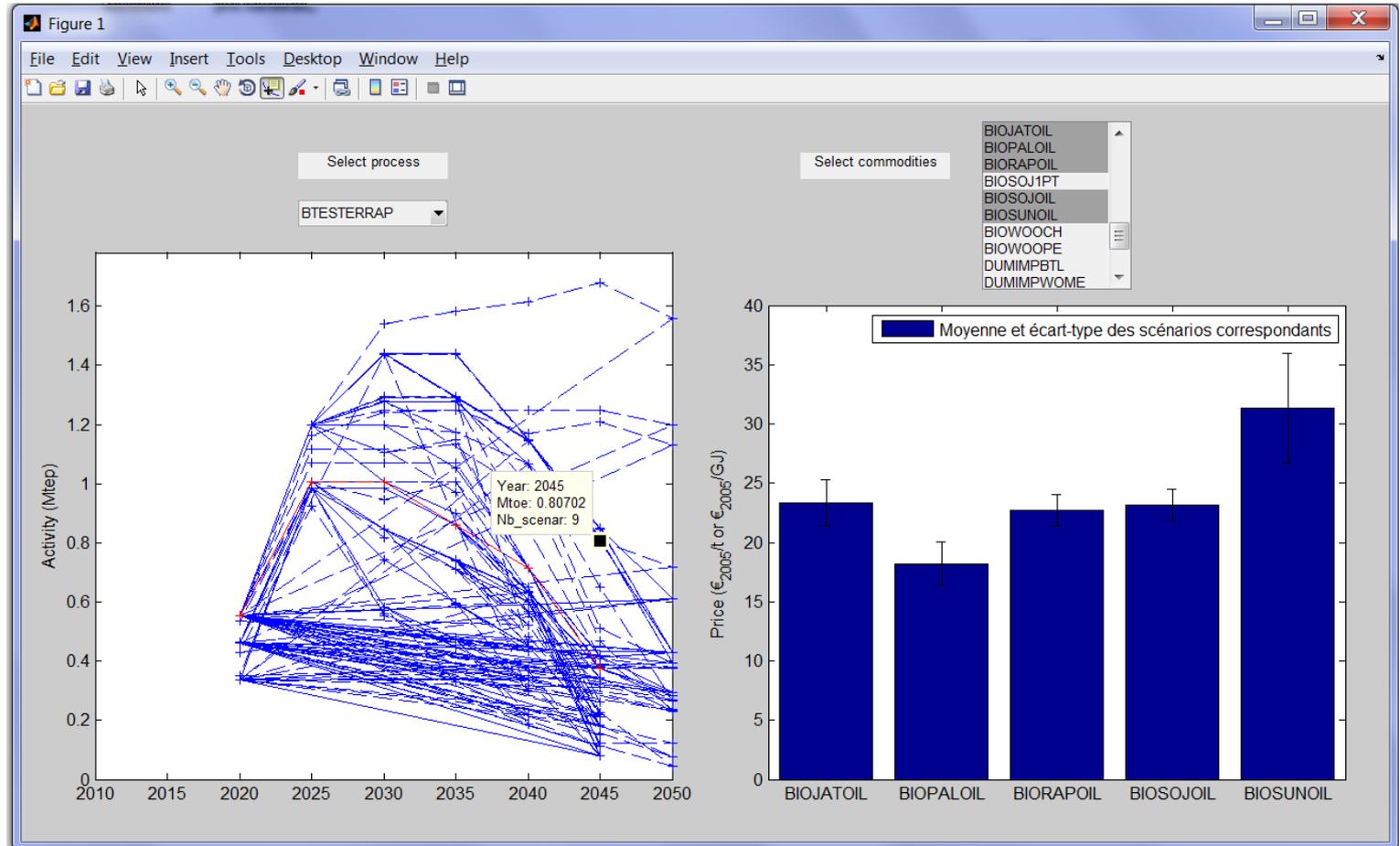
$$\times \left(\sum_{i \in TCH} fixom_i(t) \right)$$

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

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

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

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



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**

