

Etude de la transition et des interactions des systèmes électriques à l'aide de modèles multi-échelle

Jérôme GUTIERREZ - Centre de Mathématiques Appliquées

Des enjeux multi-échelle pour un système électrique en pleine mutation

Des enjeux spatiaux

- Emergence de sites de production décentralisés
- Nouveaux usages : véhicule électrique
- Concept smart-grid / smart-city

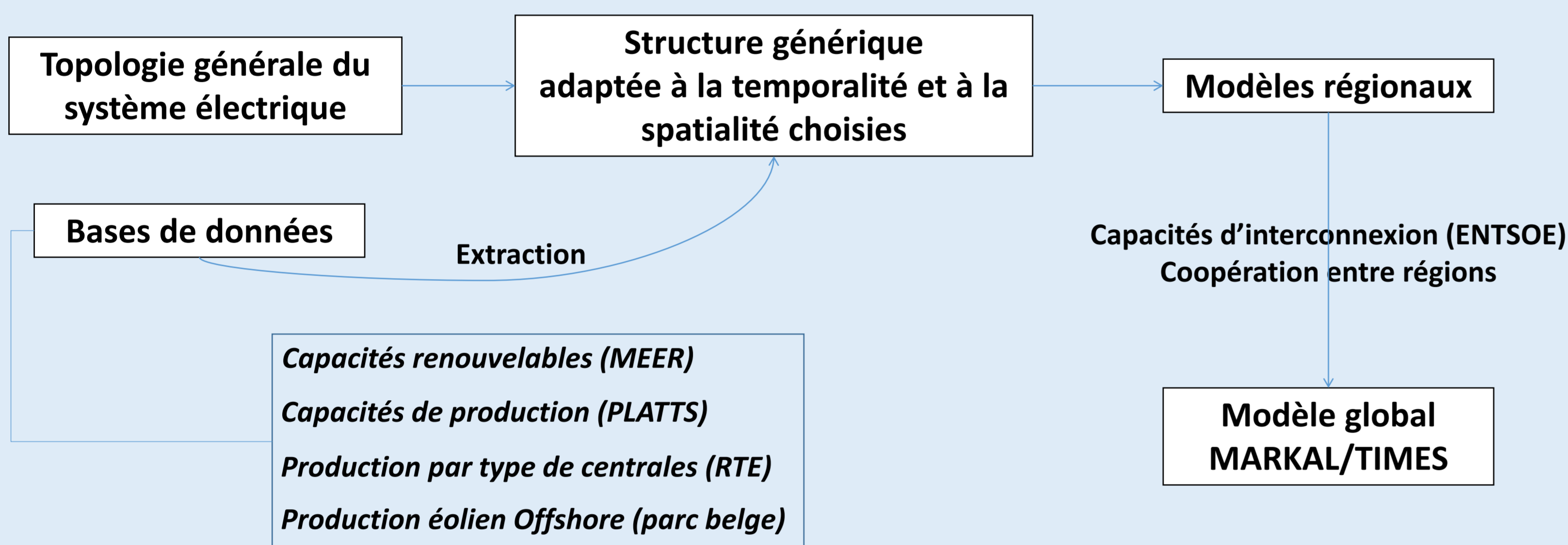
→ *Coordination nécessaire des acteurs et des flux entre régions*

Des enjeux temporels

- Enjeux opérationnels sur le **court terme** :
 Equilibre offre-demande
 Maîtrise du pic de consommation
- Enjeux stratégiques sur le **long terme** :
 Dimensionnement des capacités de production
 Dimensionnement des capacités d'interconnexion

But de l'étude : Identifier les régions et/ou périodes critiques sur le long terme afin d'accompagner au mieux la transition des territoires tout en conciliant ces enjeux à différentes échelles

Des modèles MARKAL/TIMES pour répondre à ces différents questionnements



Quels sont les intérêts du générateur ?

- Création rapide de modèles complexes
- Souplesse de génération permettant des études variées
- Génération automatique afin d'éviter les erreurs manuelles
- Choix des contraintes en adéquation avec les échelles spatio-temporelles

Quelles applications pour le générateur ?

- Transposition possible d'un modèle à d'autres échelles temporelles
- Gestion et réorganisation facilitées des régions
- Simulation de différentes stratégies de collaboration entre régions
- Optimisation des méthodes de résolution

Estimation dynamique du contenu CO₂ par KWh sur le long terme pour la France

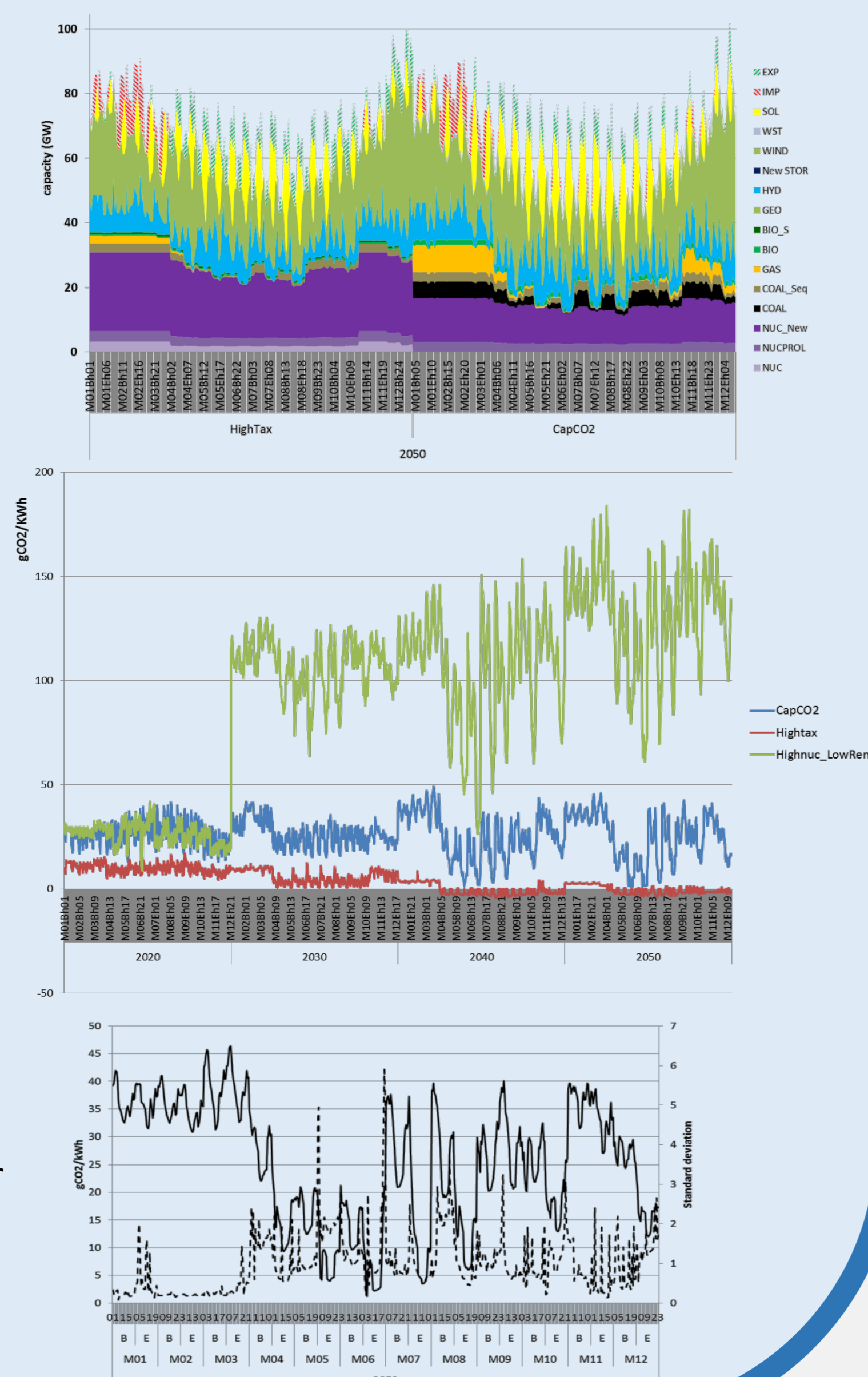
Impacts de politiques environnementales ou d'aléas climatiques sur les émissions de CO₂

Ce premier schéma présente l'évolution du mix électrique en 2050 avec une **forte taxe carbone** (à gauche) et une **contrainte carbone en volume** (à droite). On remarque dans le premier cas une forte flexibilité du nucléaire et l'utilisation de peu de centrales thermiques en dehors de la période hivernale contrairement au second scénario.

Ces tendances se retrouvent au niveau de la courbe carbone. On observe :

- de fortes fluctuations saisonnières (valeurs minimales en été)
- l'apparition de **périodes totalement décarbonées** pour une **forte taxe carbone** et des valeurs négatives à partir de 2040 avec l'utilisation de centrales biomasse à séquestration de carbone

Ce graphique représente les **fluctuations** des émissions de CO₂ engendrées par différents profils renouvelables sous contrainte carbone en volume avec pour chaque pas de temps, la valeur moyenne (en trait plein) et l'**écart type** (en trait discontinu) du contenu carbone.



Transition du système électrique et interactions régionales

Assurer l'approvisionnement en électricité c'est satisfaire à tout instant l'équilibre entre l'offre et la demande aussi bien aux échelles les plus larges qu'aux plus fines. Ainsi, tout système a une influence plus ou moins importante sur chacun des autres systèmes. L'enjeu est de quantifier ces interactions.

Trois exemples d'applications :

- **Modification de l'état électrique de la région PACA**

Quelles seraient, par exemple, les conséquences du déploiement de capacités renouvelables ou de l'expansion du véhicule électrique au sein de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur :

- pour la région elle-même ?
- pour les autres régions françaises ?
- pour les pays frontaliers ?

- **Stratégies de collaboration entre régions**

On s'intéresse ici aux conséquences d'une collaboration plus ou moins parfaite entre les régions françaises afin d'accompagner la transition énergétique. Cette étude permettra d'identifier les trajectoires énergétiques régionales cohérentes.

- **Optimisation des méthodes de résolution**

Pour un nombre important de régions et avec une décomposition temporelle fine, la résolution des modèles devient rapidement onéreuse. La souplesse de création des modèles multi-région via le générateur est un atout non négligeable afin de résoudre le problème « par morceaux » et de manière plus efficace. Parmi les méthodes d'optimisation, on s'intéressera notamment à la **résolution en parallèle** ou aux méthodes de **relaxation Lagrangienne**.