



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Qualité et fiabilité de la fourniture électrique : Approche prospective pour l'île de la Réunion

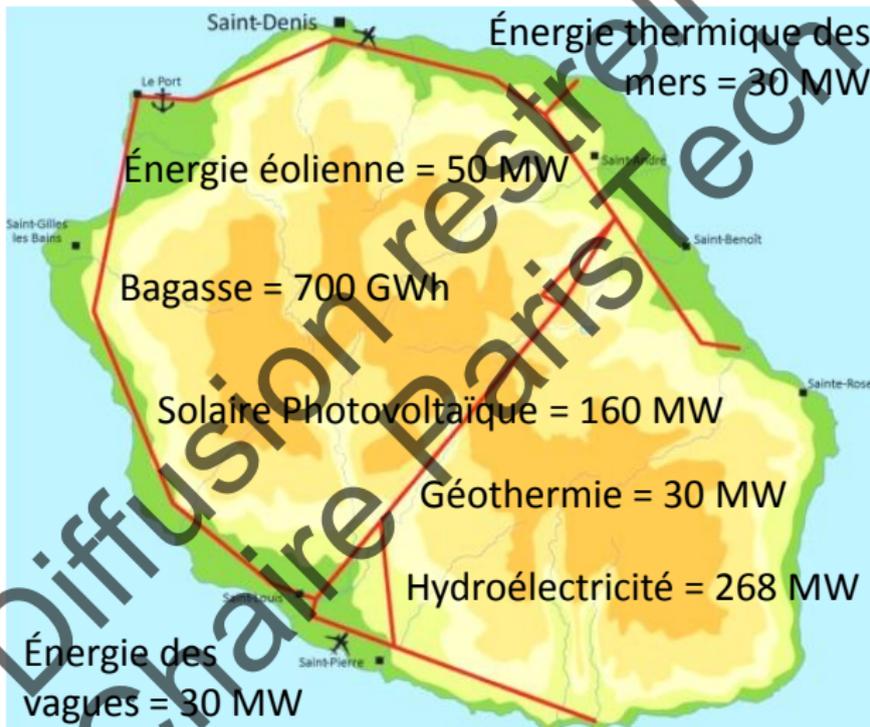
Mathilde Drouineau¹ Vincent Mazaucic² Edi Assoumou¹ Nadia Maïzi¹

¹MINES ParisTech, Centre de Mathématiques Appliquées

²Schneider Electric, Stratégie & Innovation

Journée de la Chaire, mercredi 17 novembre 2010

Comment valoriser efficacement le potentiel EnR ?



Spécificités de l'île de la Réunion

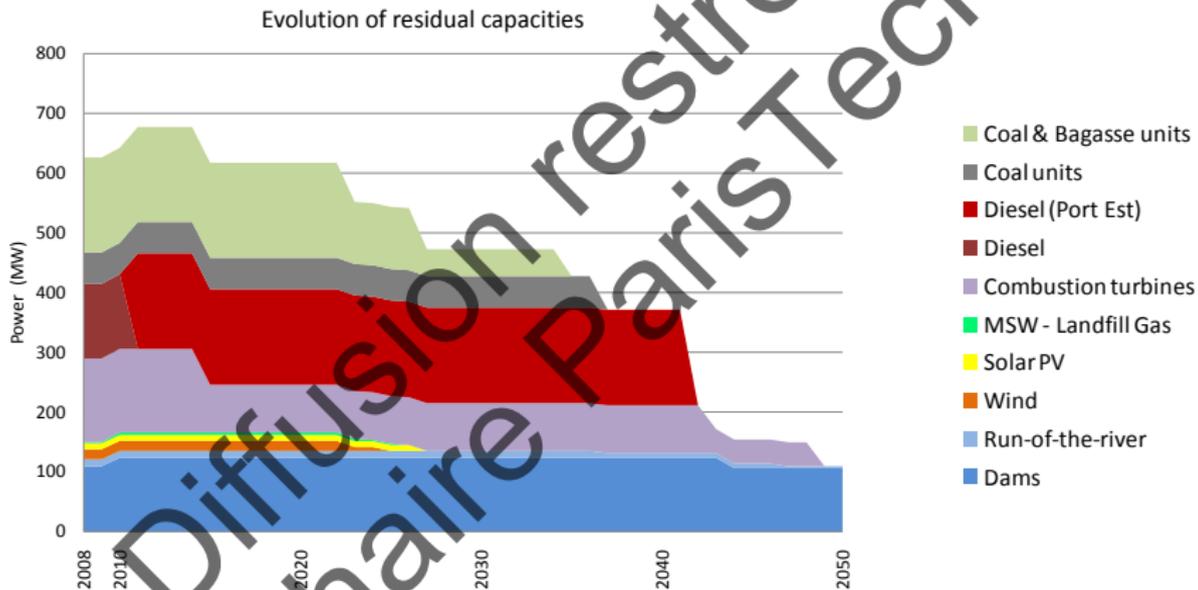
- 2025 : objectif 100 % d'EnR dans la production d'électricité
 - engagements politiques forts (PRERURE, GERRI)
- Gisements importants d'énergies renouvelables
 - puissance électrique garantie : hydraulique, biomasse, géothermie
 - énergies intermittentes : éolien, solaire, énergie des mers
- Fragilité du réseau électrique
 - peu maillé, pas d'interconnexion
 - part croissante de l'intermittent, peu de foisonnement
- ➡ Recherche de solutions pour la production intermittente
 - stockage (lissage de la production)
 - appels d'offre avec puissance garantie

Situation initiale

- Production principalement à base de **ressources fossiles** (64 %)
- **Demande fortement croissante** (multipliée par 1.46 d'ici 2030)
- **Premier secteur émetteur** de gaz à effet de serre (49.6 %)
- Part importante de la consommation finale (17 %)
- **Déclassement du parc actuel** à l'horizon 2030 / 2040

Diffusion restreinte
Chaire ParisTech

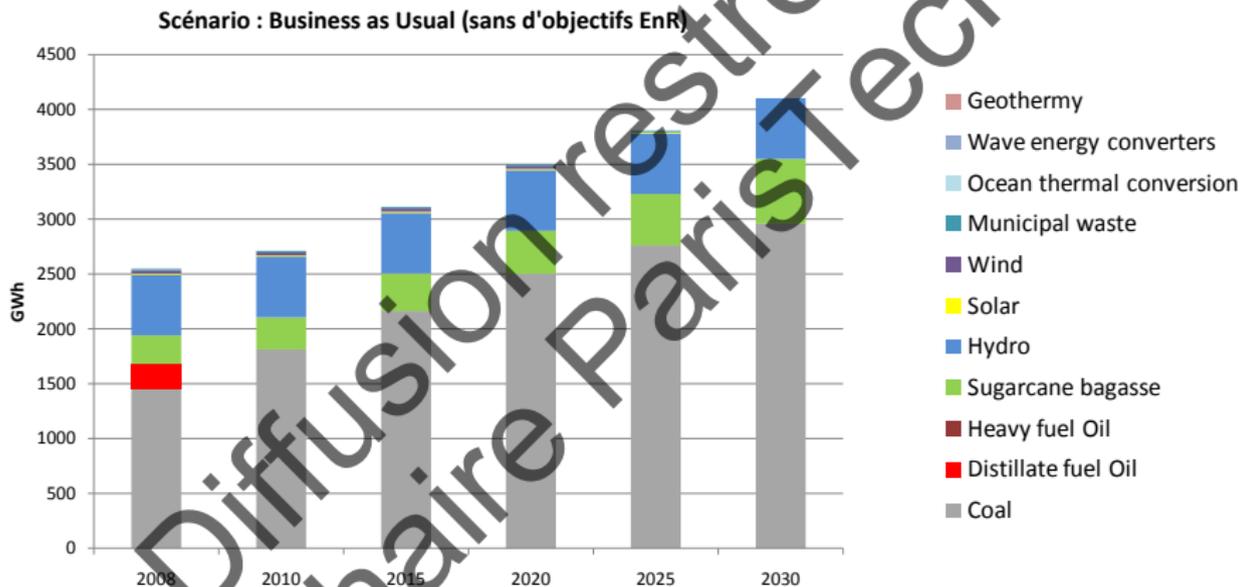
Déclassement des moyens de production



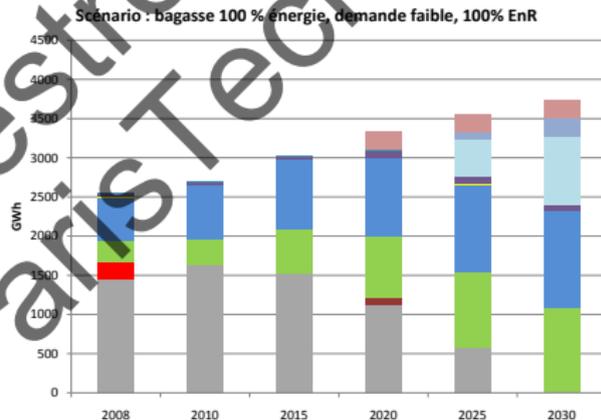
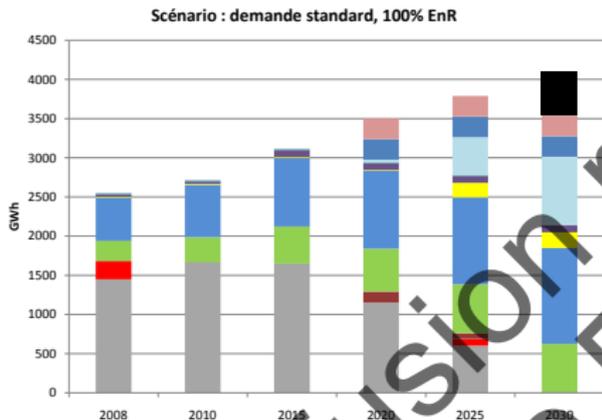
Scénarios proposés

- Importations de ressources fossiles pour l'électricité :
 - 1 Pas de ressources fossiles
 - 2 Pas de charbon
 - 3 Importations illimitées (charbon, fioul)
- Scénarios de demande (scénarios EDF) :
 - 1 Niveau de demande standard
 - 2 Niveau bas
- Évolution de la filière de production de canne à sucre :
 - 1 Amélioration des rendements
 - 2 Filière canne 100 % énergie

Business As Usual : prédominance du charbon



Chemins technologiques vers l'autonomie électrique



■ Coal
 ■ Sugarcane bagasse
 ■ Wind
 ■ Wave energy converters
 ■ Distillate fuel Oil
 ■ Hydro
 ■ Municipal waste
 ■ Geothermal

■ Heavy fuel Oil
 ■ Solar
 ■ Ocean thermal conversion
 ■ Missing production

Du réalisme des résultats prospectifs

Ces résultats nous posent quelques questions ...

① Design des politiques d'incitations

- Coût de la sortie du charbon
- Subventions permettant une croissance rapide et forte des énergies renouvelables (bagasse, énergie des mers)

② Faisabilité technique discutable

- Électricité intermittente / électricité garantie
- Fiabilité de la production d'électricité

Modèle performant pour l'aide à la décision

S'appuyant sur deux piliers principaux

① Représentation fortement désagrégée

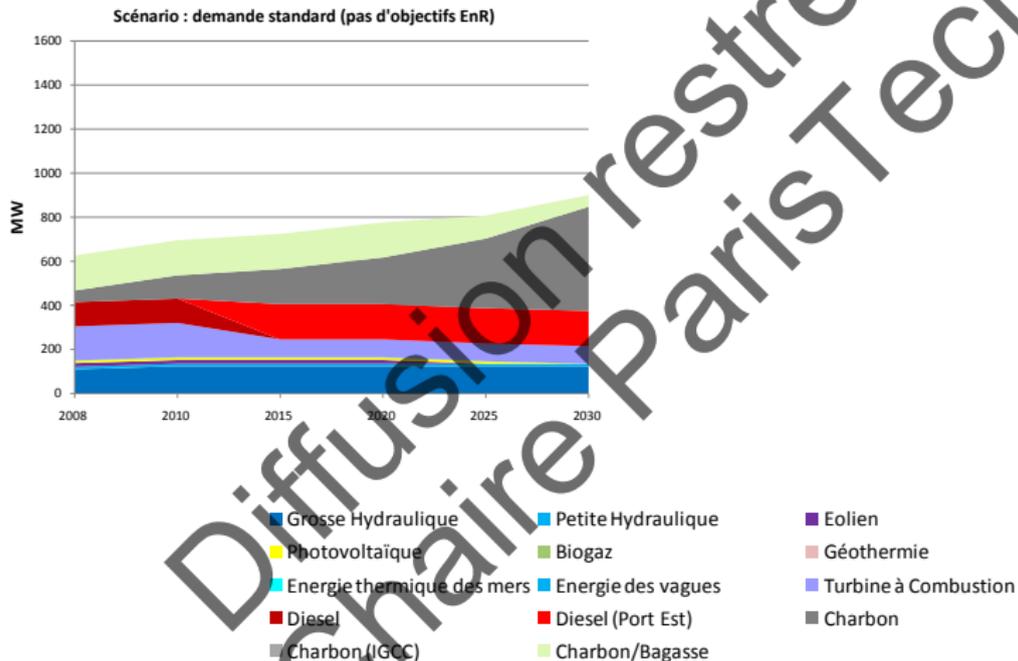
- au niveau des technologies (types de centrales, combustibles, émissions, données technico-économiques)
- au niveau de la demande (découpage temporel)

② Optimisation de la solution pour le modèle décrit

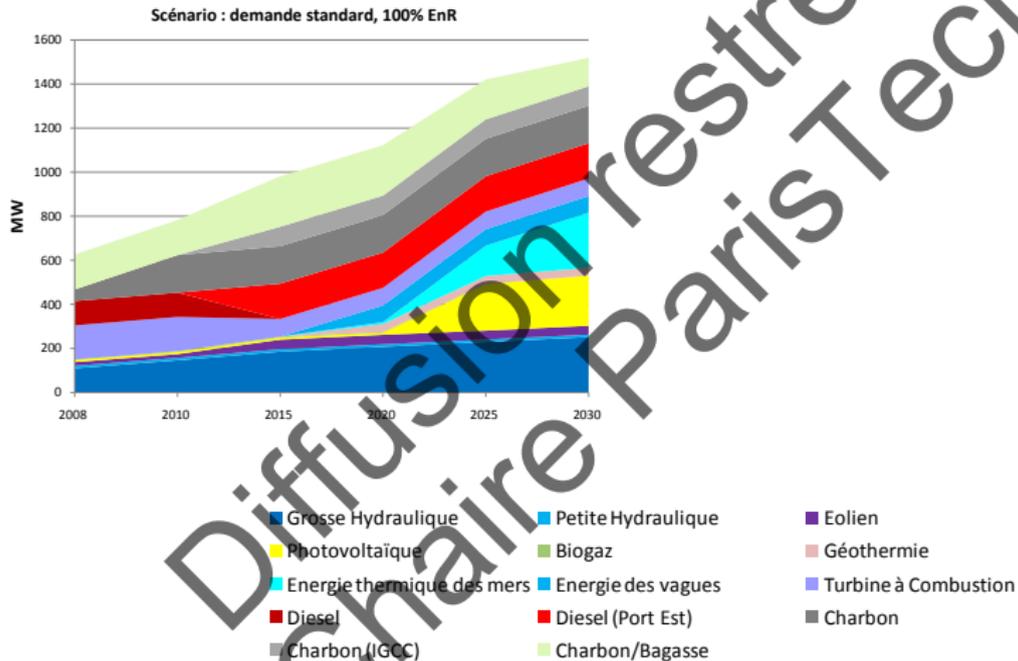
un tel modèle fait émerger

- ☞ les technologies efficaces pour satisfaire la demande et les contraintes
- ☞ les politiques d'incitations, le timing des investissements, etc

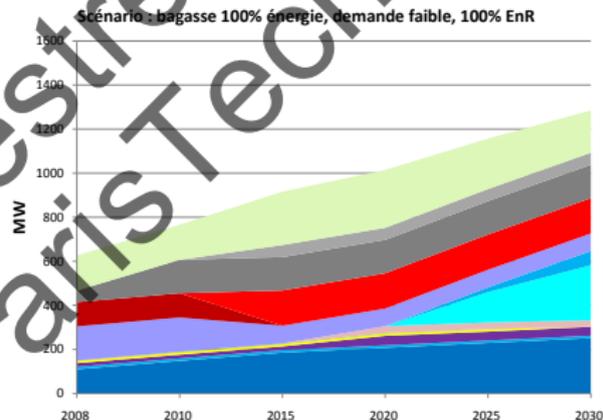
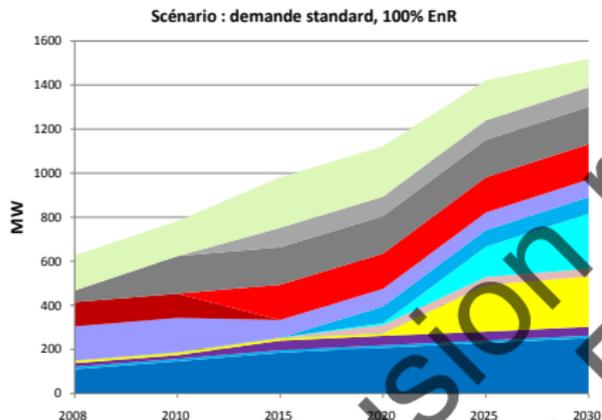
Croissance des capacités installées



Croissance des capacités installées



Croissance des capacités installées



Grosse Hydraulique

Petite Hydraulique

Photovoltaïque

Biogaz

Energie thermique des mers

Energie des vagues

Diesel

Diesel (Port Est)

Charbon (IGCC)

Charbon/Bagasse

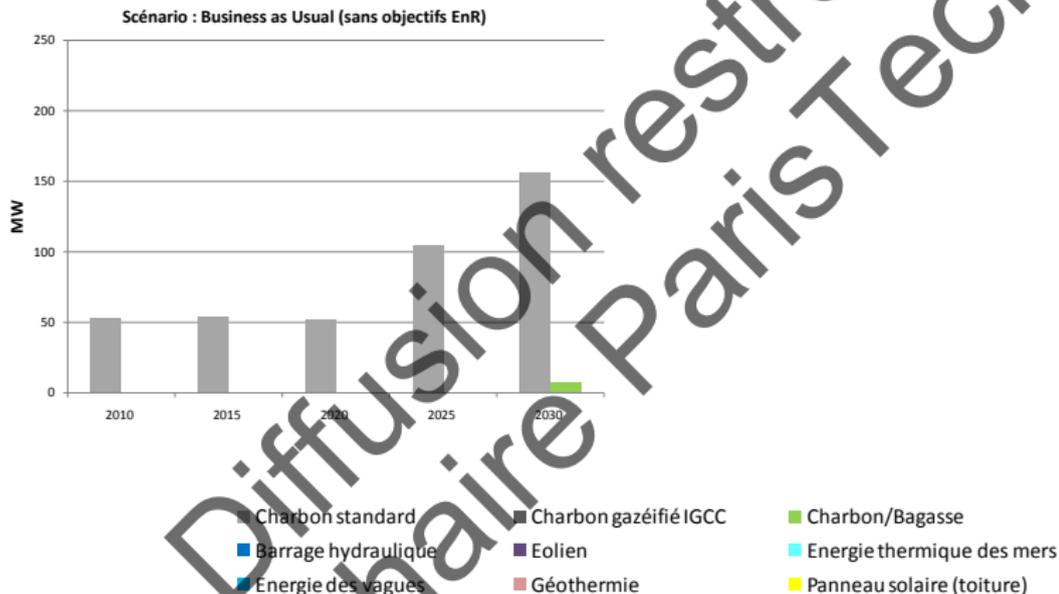
Eolien

Géothermie

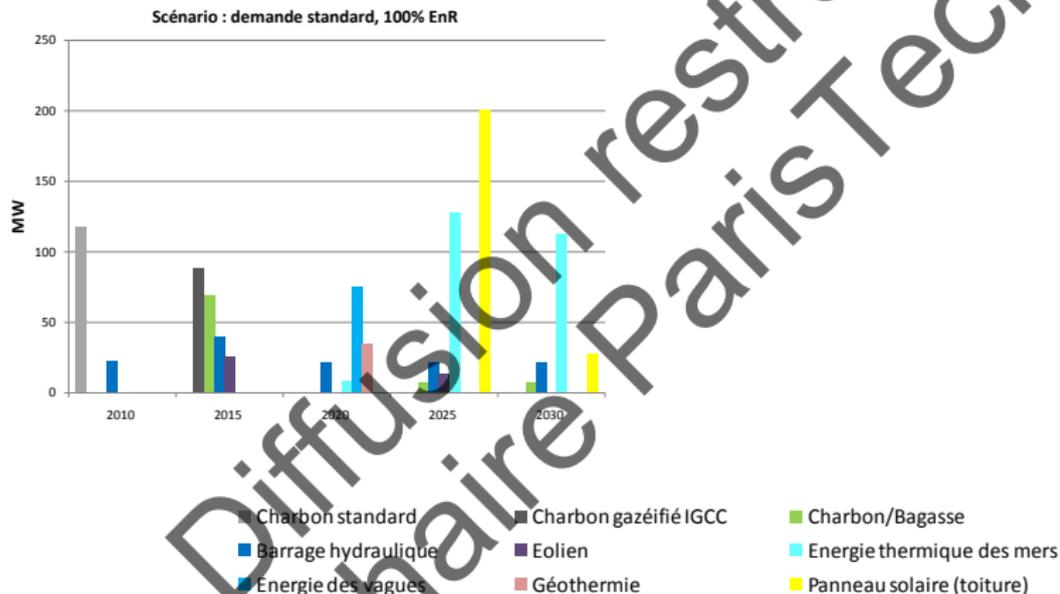
Turbine à Combustion

Charbon

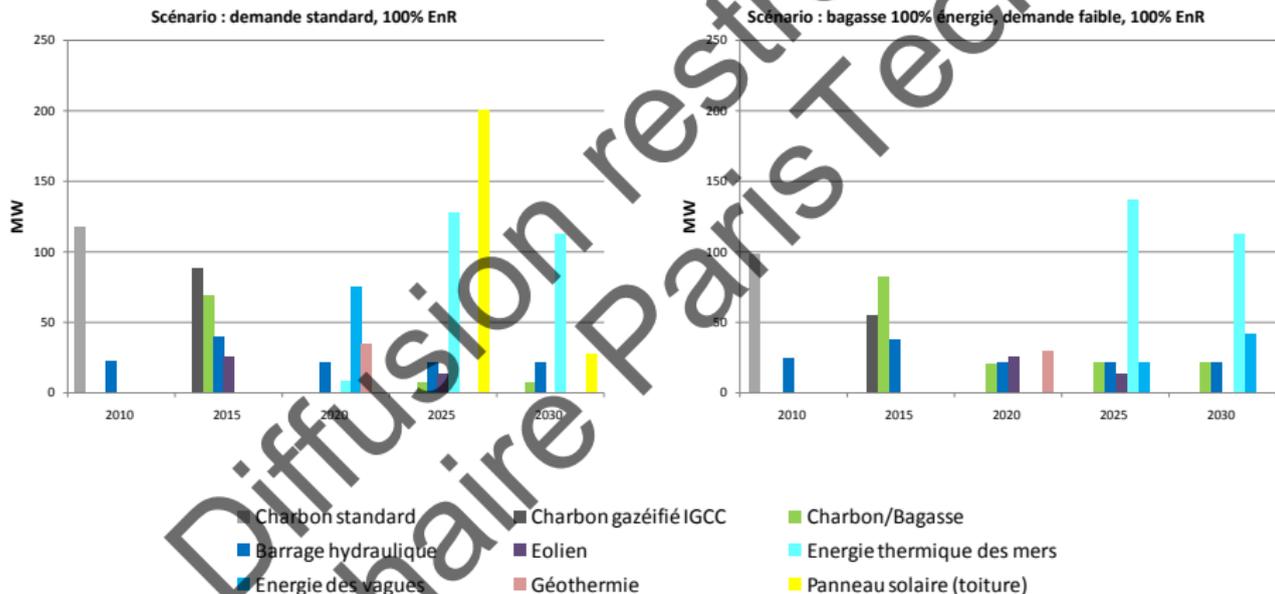
Timing des investissements



Timing des investissements



Timing des investissements



Les aspects dynamiques sont absents du modèle

Un modèle électrique avec TIMES se structure de la façon suivante

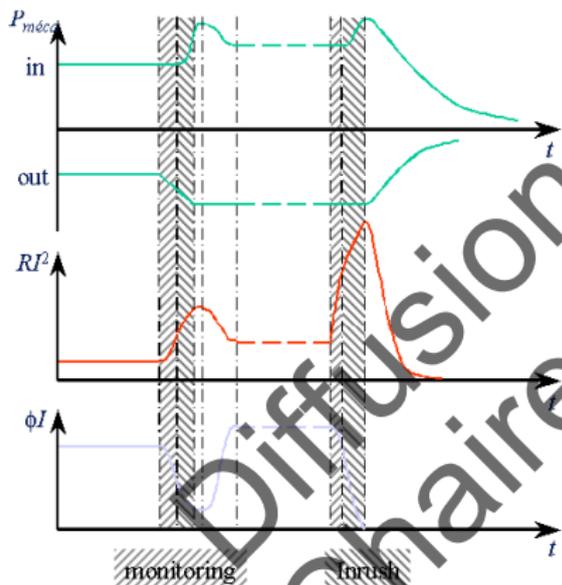
- ① **Équilibres des flux d'électricité**, ventilés sur chaque sous-période
- ② **Contraintes de capacité**, réserves pour le pic
 - option de flexibilité, pour une utilisation plus réaliste des capacités

mais certains éléments sont absents :

- ☞ **les services système** ne sont pas modélisés.
 - Occultation des aspects dynamiques : stabilité du système, black out, qualité de la fourniture
- ☞ **ces critères sont discriminants** pour les technologies de production :
 - énergies renouvelables / conventionnelles
 - architectures centralisées / décentralisées

Approche proposée

① Gestion dynamique des systèmes électriques



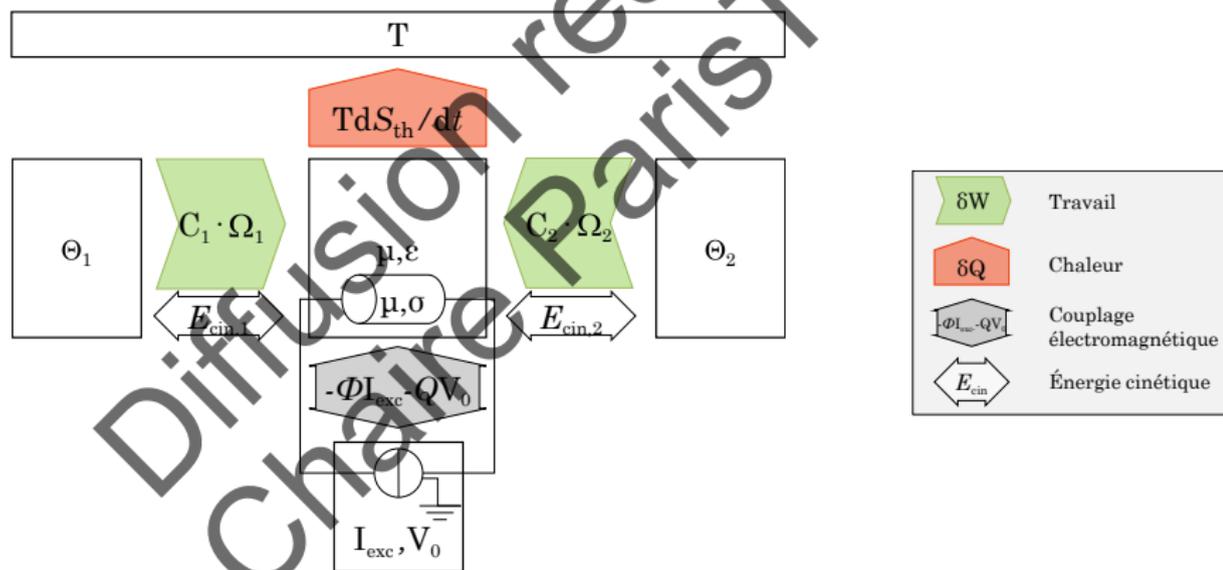
Source : V. Mazauric, 2009.

- faire face aux **fluctuations de charges**
- équilibres en puissances active et réactive
- maintien de la fréquence et de la tension :
 - limites contractuelles
 - éviter les black out
- 📖 étude des **régimes transitoires**

Approche proposée

2 Modèle électrique agrégé

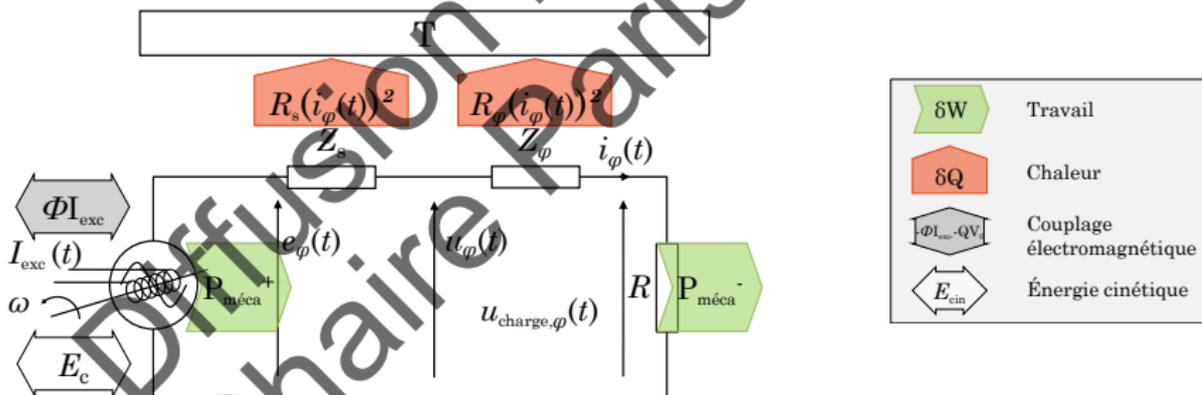
- s'appuyant sur une approche thermodynamique du système électrique
- ☞ nécessité de stocks d'énergies cinétique et *magnétique*



Approche proposée

2 Modèle électrique agrégé

- s'appuyant sur une approche thermodynamique du système électrique
- nécessité de stocks d'énergies cinétique et *magnétique*



Perspectives

- ③ Intégration de nouvelles contraintes dans le modèle TIMES
 - éléments techniques adaptés à l'approche technologique de TIMES

Diffusion restreinte
Chaire ParisTech

Perspectives

- ③ Intégration de nouvelles contraintes dans le modèle TIMES
 - éléments techniques adaptés à l'approche technologique de TIMES

