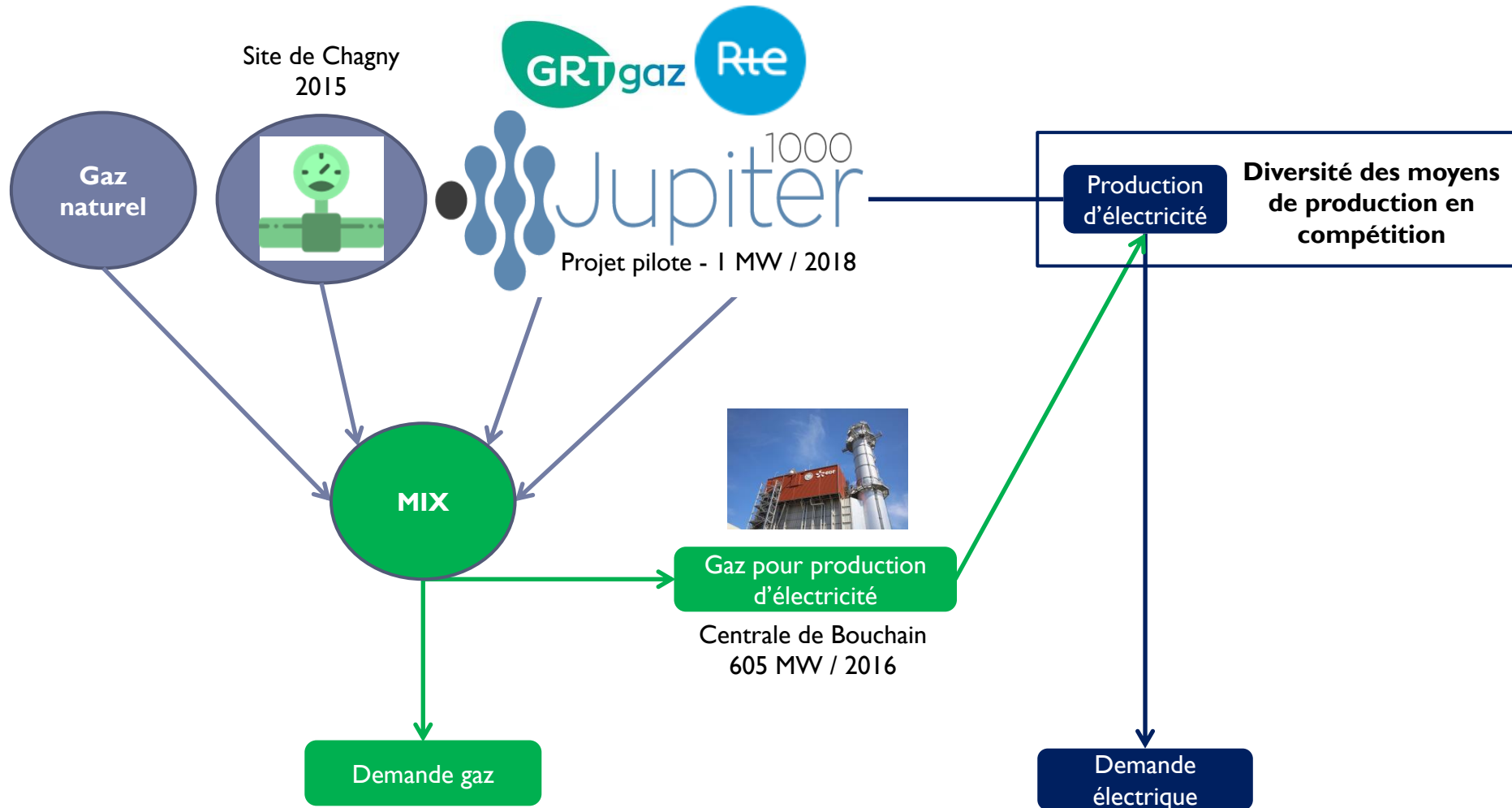




Modélisation de la complémentarité long-terme des systèmes gaz et électricité

Rémy Doudard – Jérôme Gutierrez – Edi Assoumou
9 juin 2017

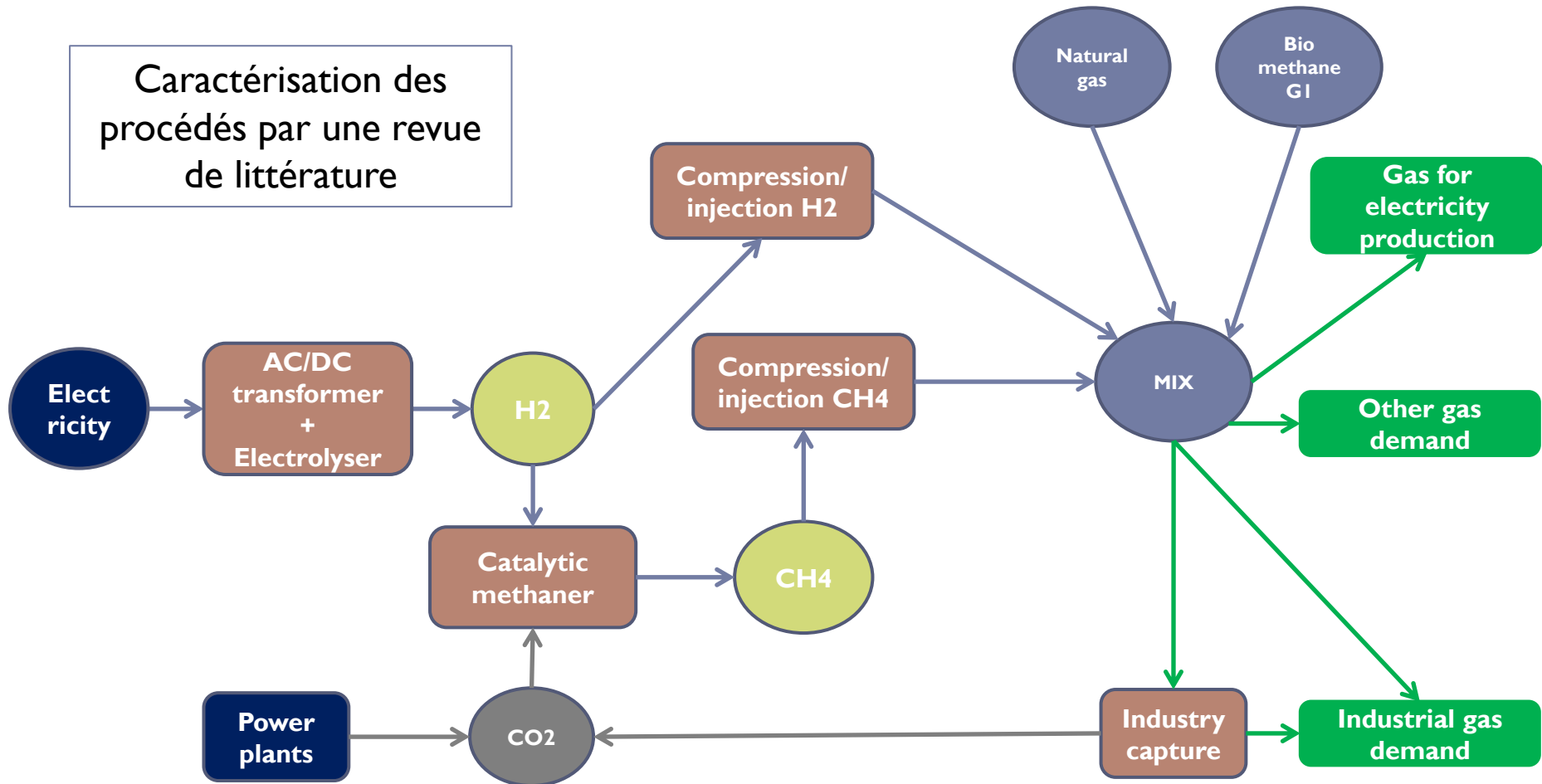
Topologie de la complémentarité gaz-électricité



Approche prospective pour l'analyse...

- ▶ Des choix technologiques et du dimensionnement des capacités
 - ▶ Pour le mix gaz (hydrogène, gaz de synthèse, biométhane)
 - ▶ Pour le mix électrique (rôle du gas-to-power)
- ▶ Du comportement opérationnel des systèmes
 - ▶ Variation du mix électrique et du mix gaz au cours du temps (pas horaire)

Compréhension de la topologie et du fonctionnement des systèmes : focus sur la filière Power-to-Gas



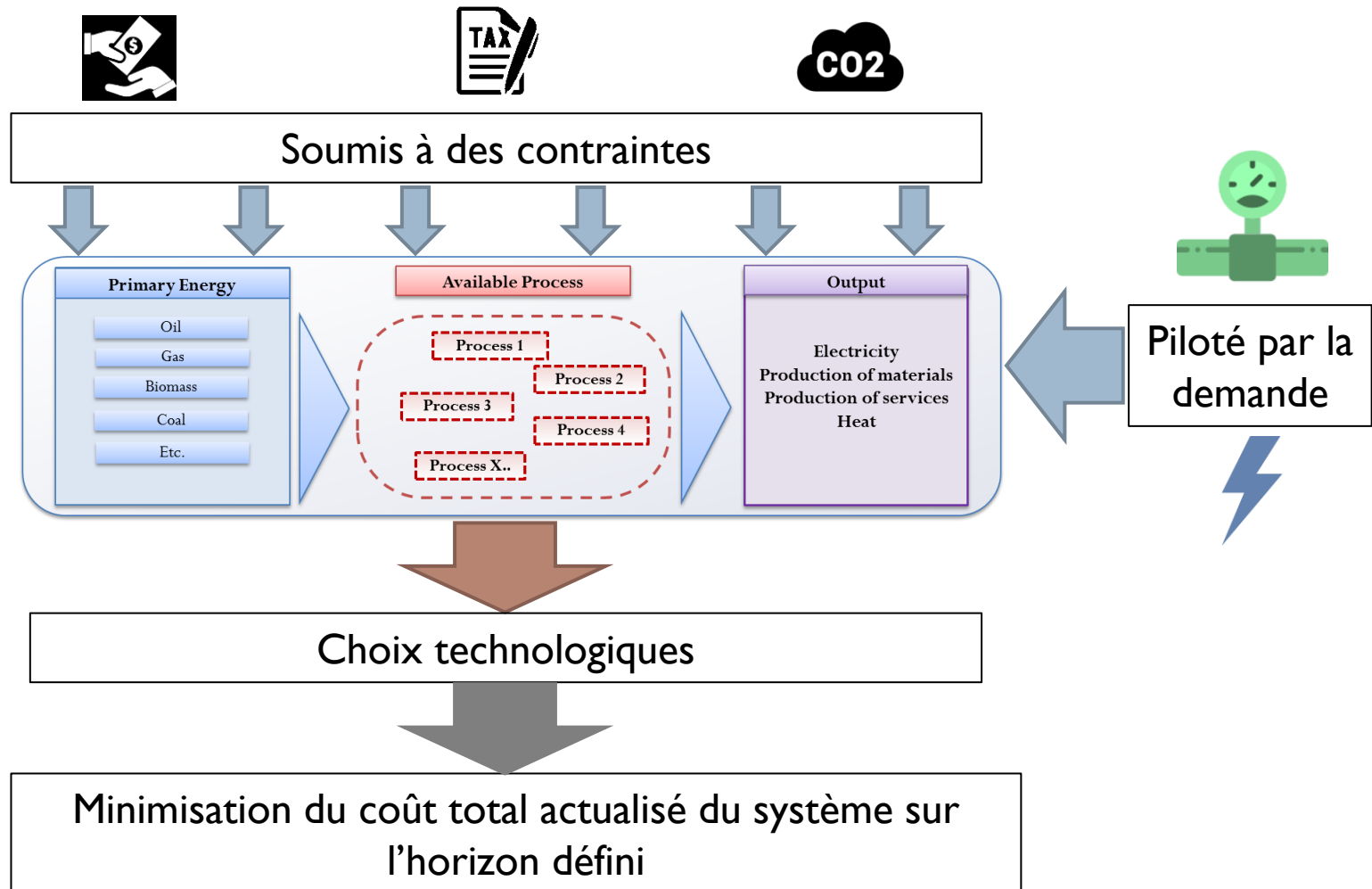
Enjeux de modélisation

- ▶ Capter la complexité des deux systèmes qui décrivent :
 - ▶ plusieurs **chemins candidats** comportant un ensemble de **procédés**, des ressources primaires jusqu'à la demande
- ▶ Identification de la meilleure configuration possible vis-à-vis des hypothèses :
 - ▶ de niveau de demande,
 - ▶ de prix des énergies,
 - ▶ des politiques envisagées (réduction des émissions)
 - ▶ ...



Paradigme optimal

Choix effectué : utilisation du générateur de modèle TIMES



Réalisation d'un modèle technologique d'optimisation des systèmes gaz et électricité : TIMES_FR_GazElec

Collaboration de deux thèses :

- Jérôme Gutierrez (CMA)
- Rémy Doudard (CMA/GRTgaz)

Modélisation du système électrique

Modélisation du système gaz

Demande finale de gaz (industrie/autres secteurs)
Implémentation de la filière Power-to-Gas

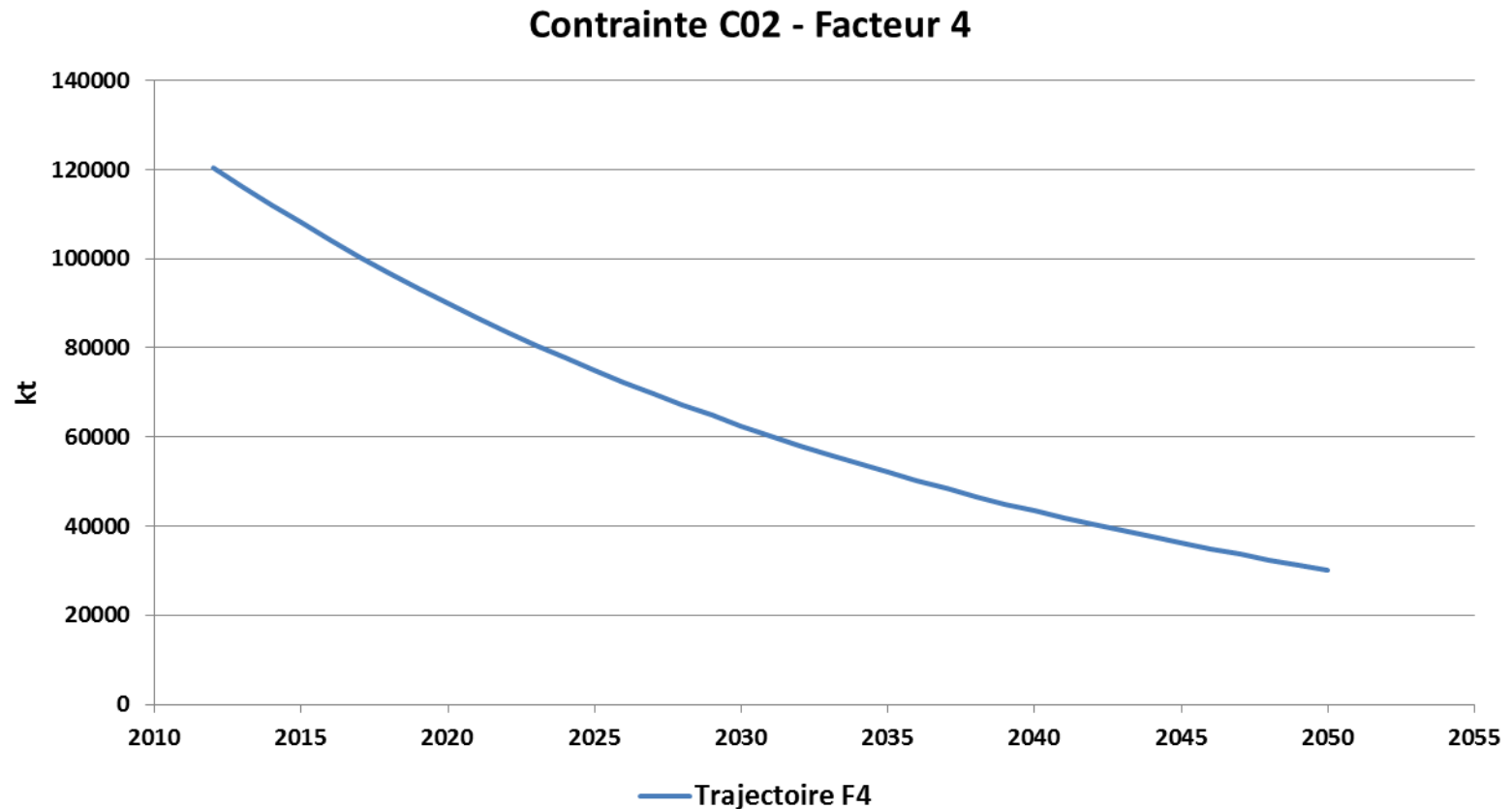
Représentation désagrégée des moyens de production

Modèle TIMES_FR_GazElec
12 mois, 2 jours type (Sem/We), 24h
(576 pas de temps)

Définition de contraintes long-terme sur le système

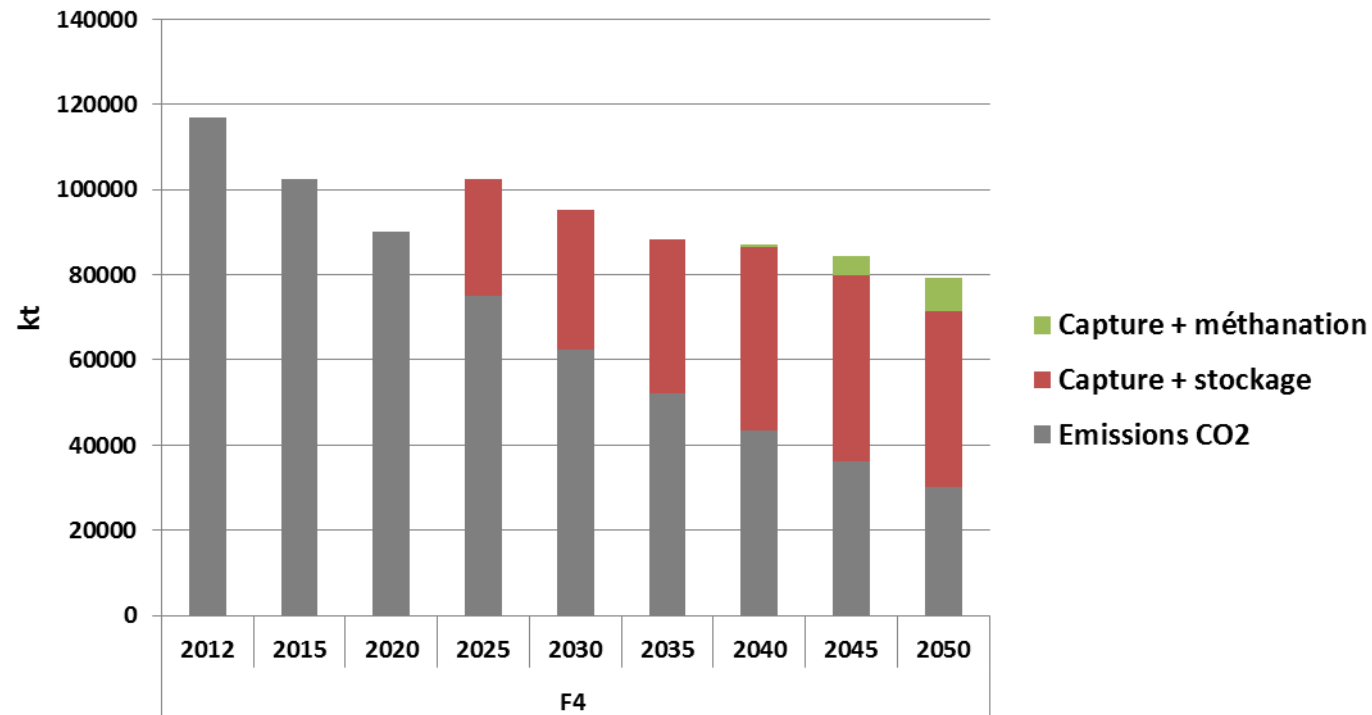
Cas d'étude	Scénario de demande	Contraintes	Scénario(s) associé(s)
BASE	Electricité : Scénario central (<i>RTE Bilan Prévisionnel 2014</i>)	Pas d'augmentation des émissions du secteur électrique Nucléaire limité à 50% de la production à partir de 2025	BASE
Contrainte d'émissions CO2	/		
	Gaz : Scénario central (<i>Bilan Prévisionnel gaz naturel et renouvelable</i>)	Facteur 4 /2012	F4

Définition de la trajectoire de décarbonation F4



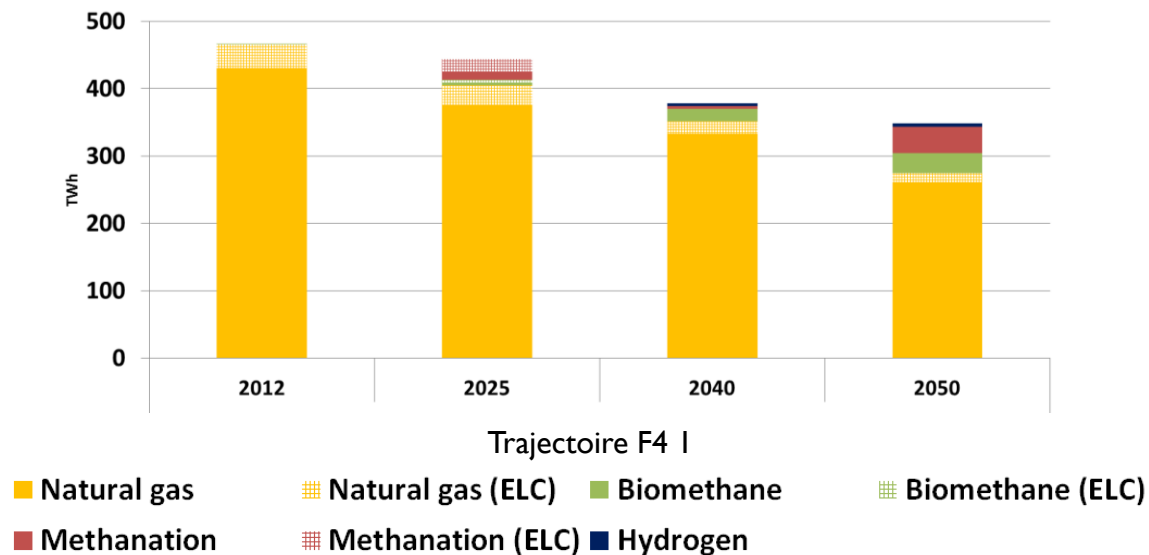
Résultats – facteur 4

La trajectoire de décarbonation adoptée implique un développement à grande échelle anticipé de la capture et stockage du CO₂ (2025) mais...



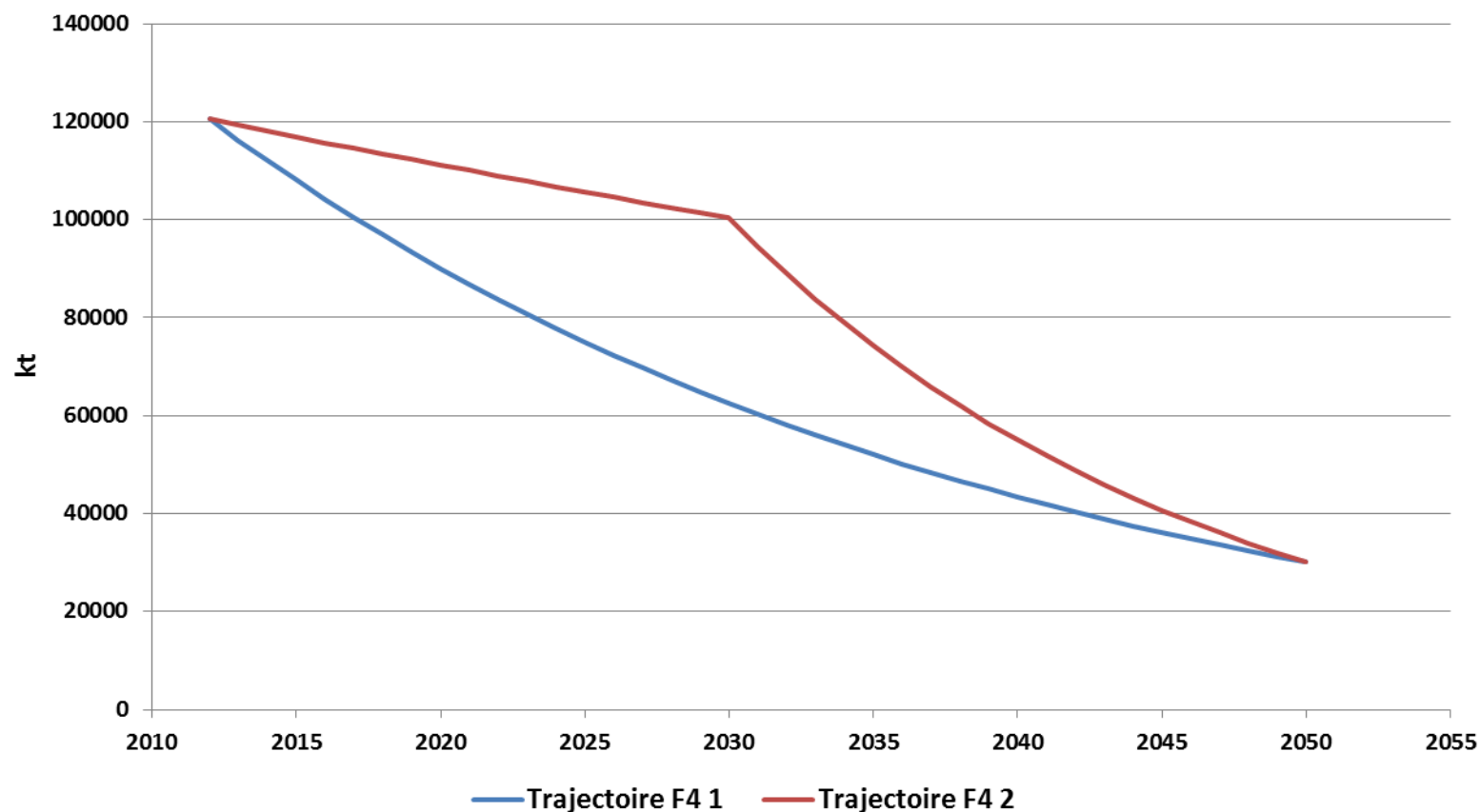
... repousser la disponibilité de la filière CCS de 5 ans « surcontraint » le système

- ▶ **Stockage CO2 disponible à partir de 2030**
 - ▶ Recours à la méthanation dès 2025 pour décarboner le système gaz
 - ▶ Système électrique surcontraint → « importation » d'hydrogène
De l'hydrogène à un coût très élevé est « importé/délocalisé » par le modèle pour satisfaire la contrainte

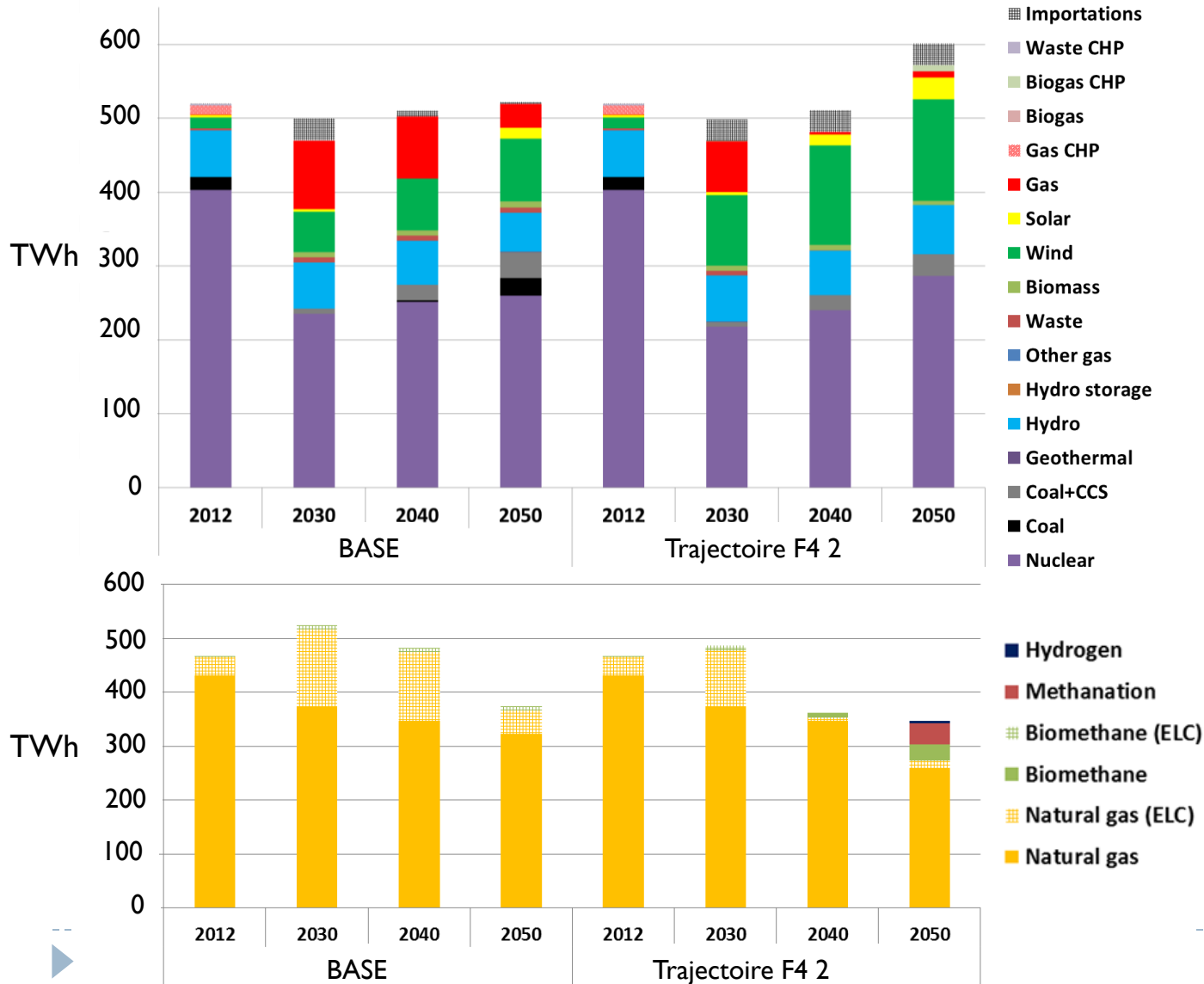


Que se passe-t-il lorsque l'on modifie
la trajectoire de décarbonation ?

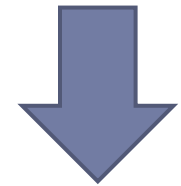
Nouvelle trajectoire de décarbonation



Analyse croisée du mix électrique et du mix gaz



Le système électrique accroît sa production en fin d'horizon pour satisfaire la demande des électrolyseurs



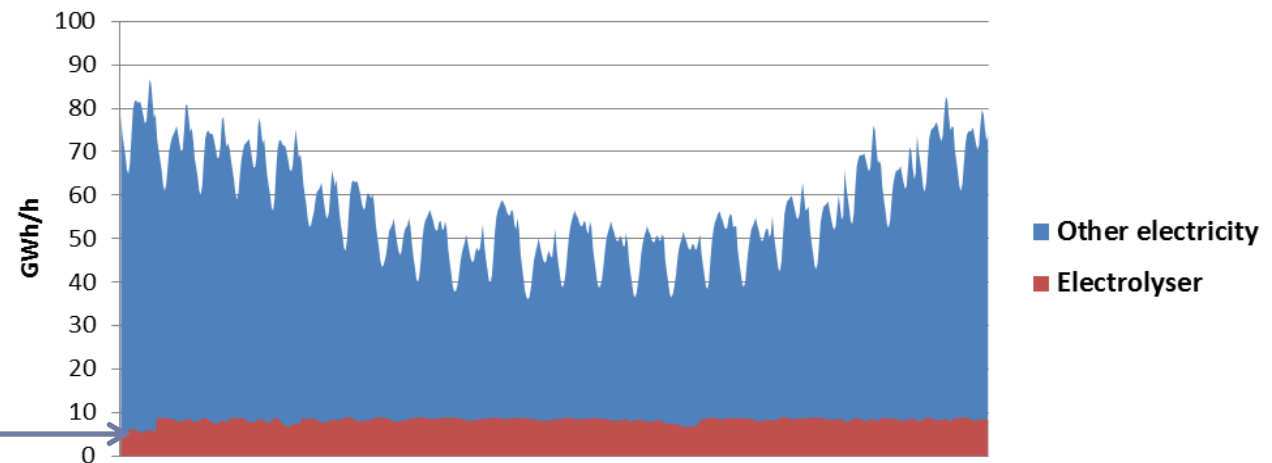
Injection d'hydrogène + méthanation

Analyse de la dynamique de consommation en 2050



Mix gaz

■ Natural gas ■ Biomethane ■ Methanation ■ Hydrogen



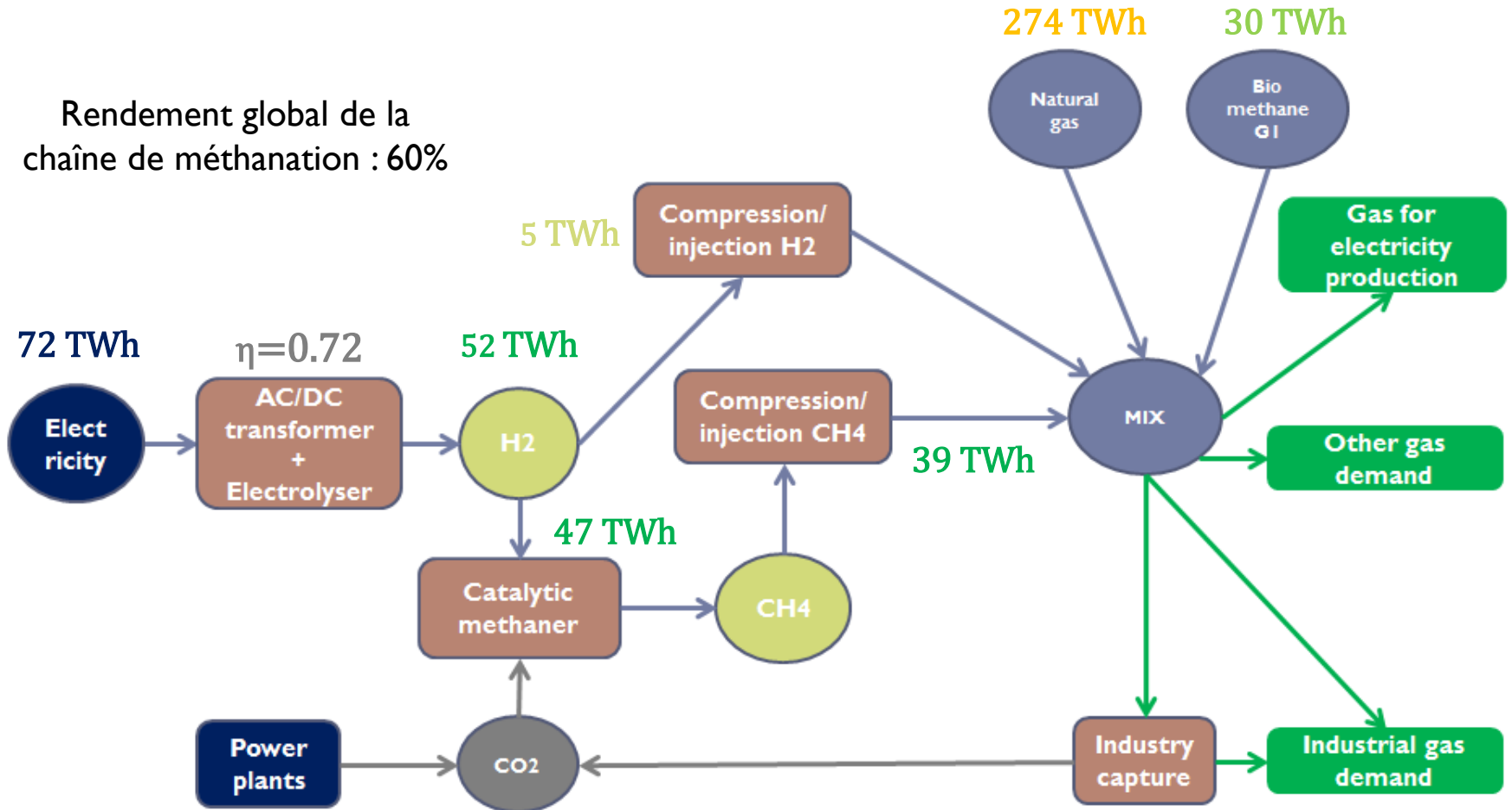
Demande électrique

Analyse sur tous les pas de temps
(1 journée de semaine et de week-end par mois)

**Sollicitation
moindre de
l'électrolyseur au
pic de demande
annuelle**

Flux d'énergie pour le système gaz en 2050

Rendement global de la chaîne de méthanation : 60%



Conclusion

- ▶ Approche prospective pour l'investigation de la complémentarité des systèmes gaz et électricité
- ▶ Une description fine des filières est nécessaire pour la comprendre et évaluer sa dynamique sur le long terme
- ▶ Le degré de complémentarité des systèmes est influencé par les effets combinés:
 - ▶ Du « timing » de la contrainte CO2
 - ▶ De la disponibilité des technologies

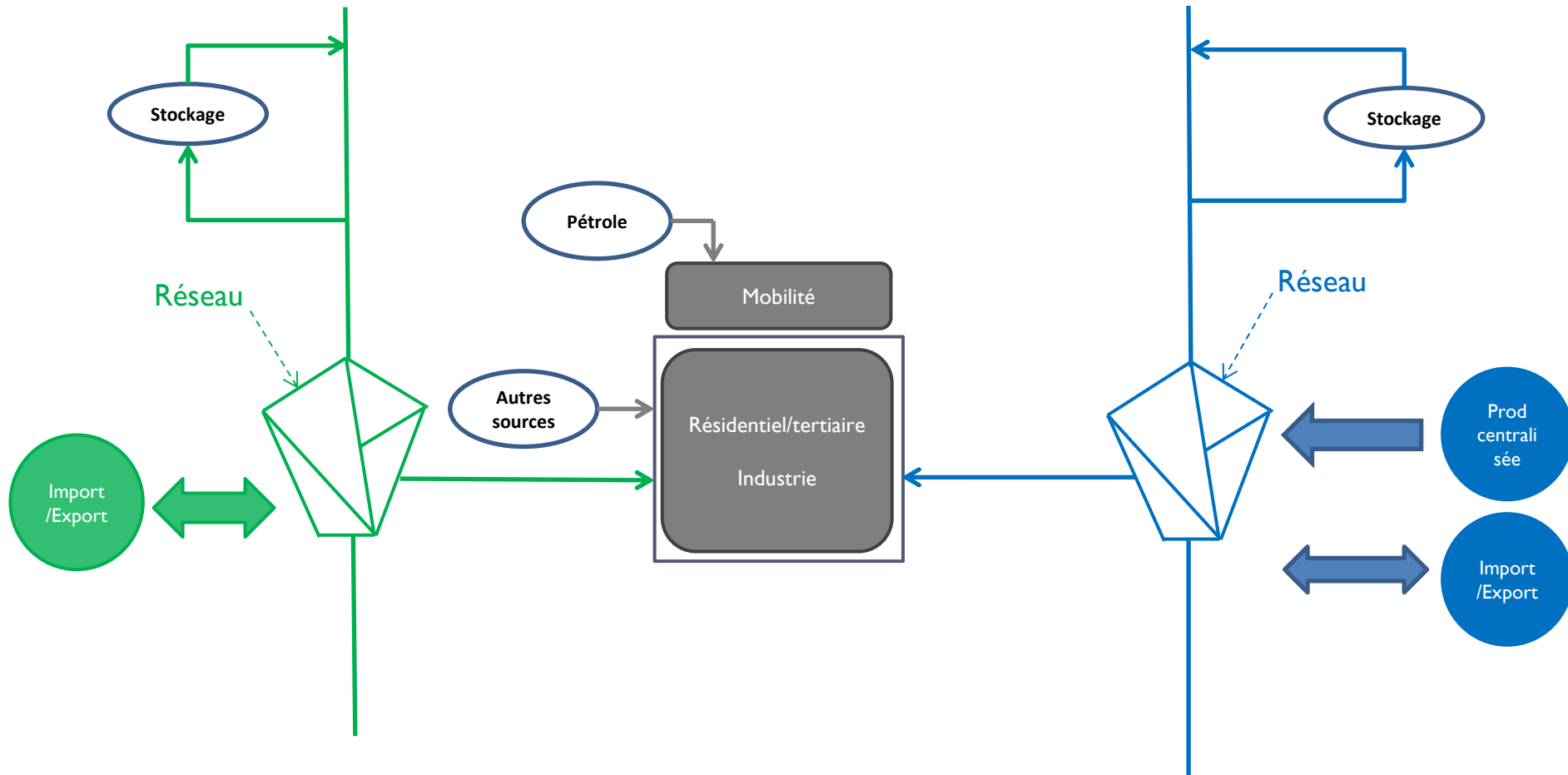
Perspectives : flexibilité des systèmes multi-énergies, approche prospective

Gaz

Hydrogène

Electricité

Chaleur



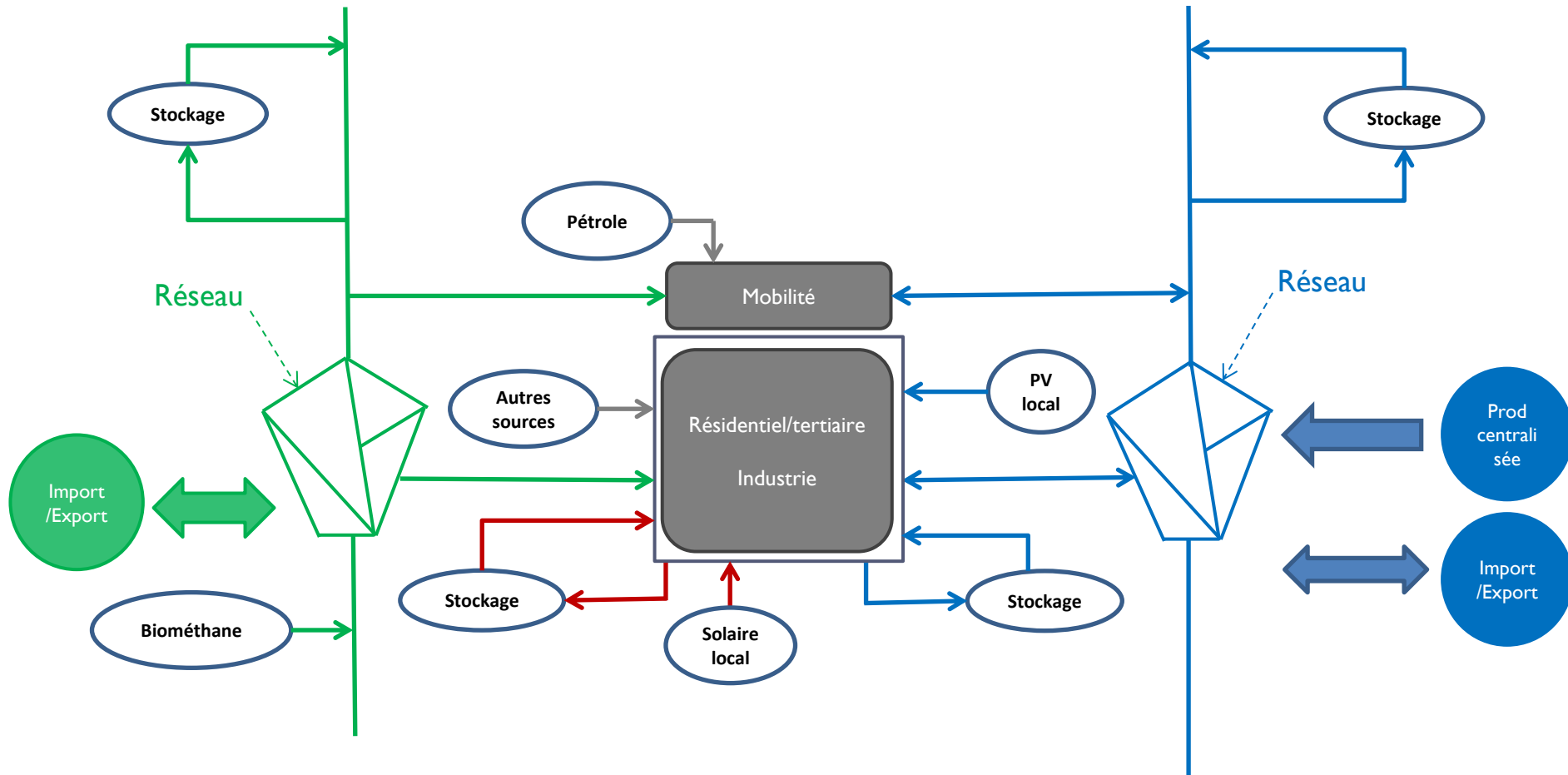
Perspectives : flexibilité des systèmes multi-énergies, approche prospective

Gaz

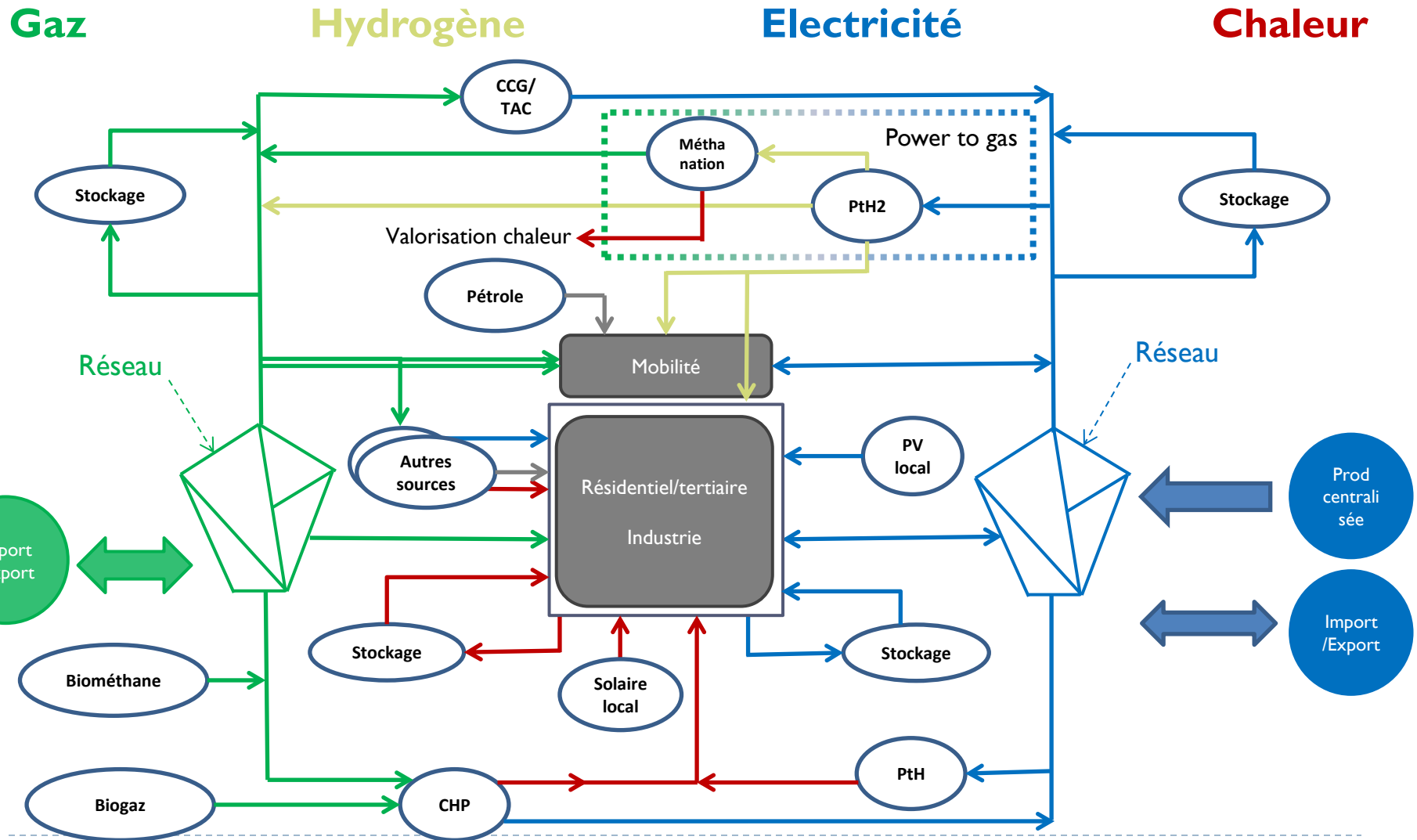
Hydrogène

Electricité

Chaleur



Perspectives : flexibilité des systèmes multi-énergies, approche prospective



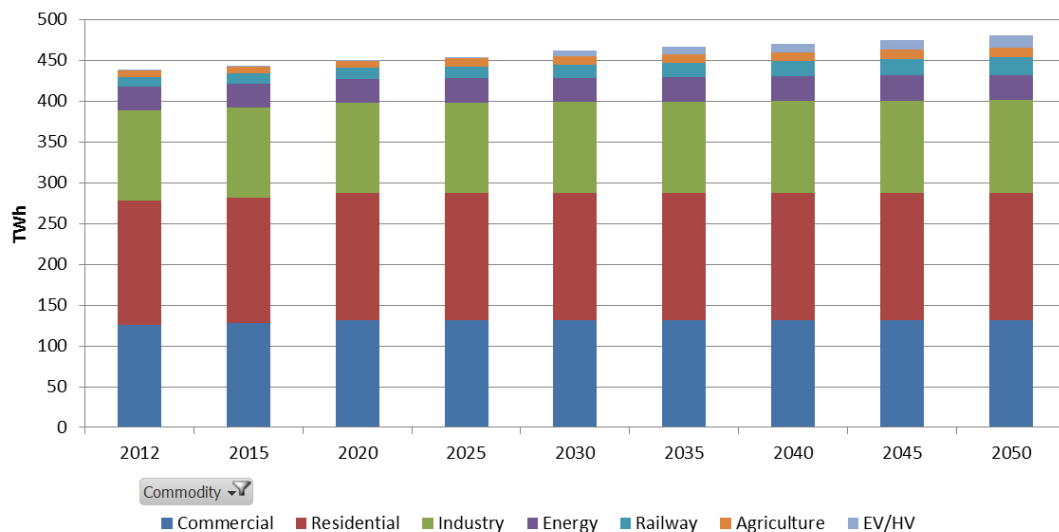


Merci pour votre attention !



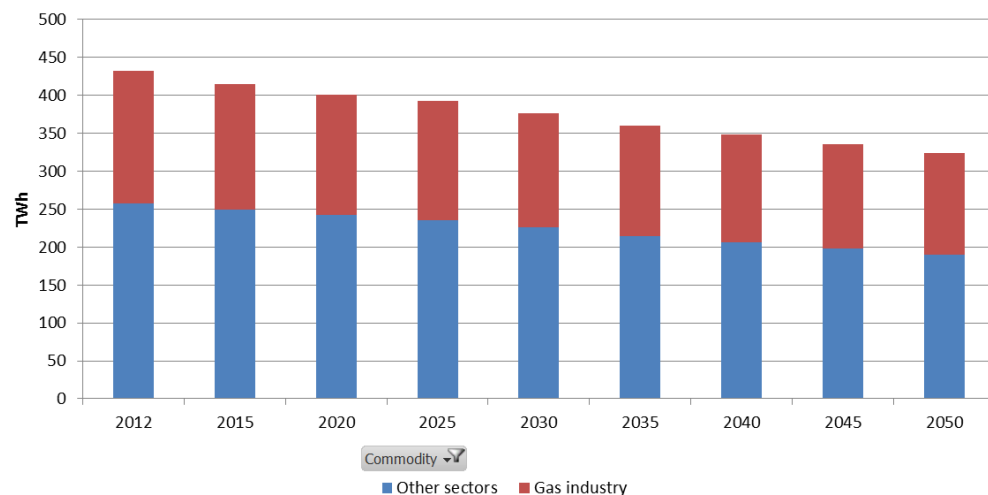
Annexes

Hypothèses de demande



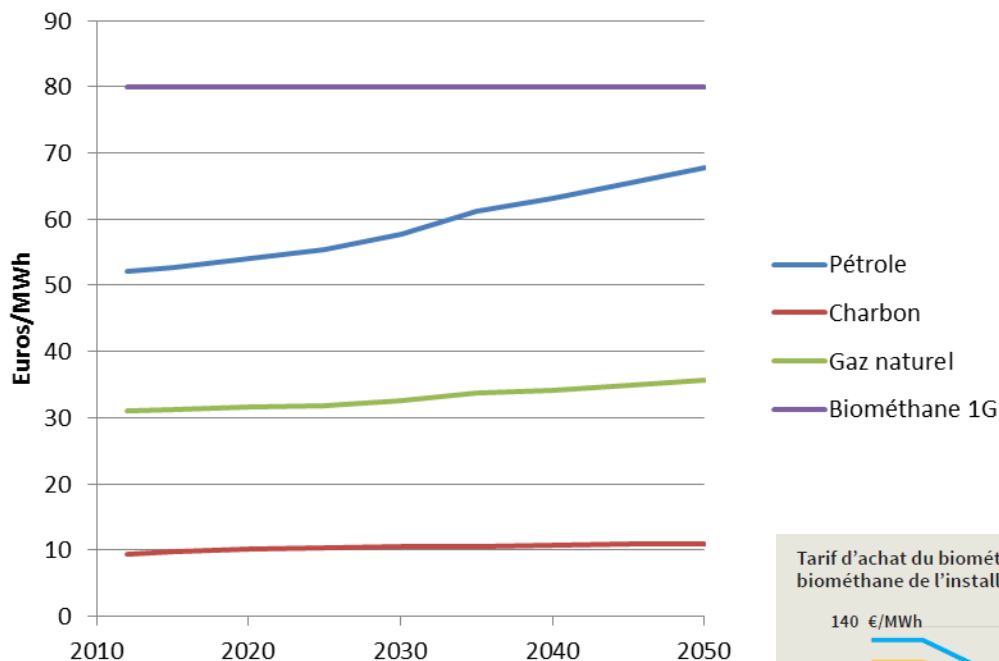
RTE BP 2014, scénario C

Différenciation des taux d'évolution et des profils de demande par secteur (profils RTE OpenData et GRTgaz)

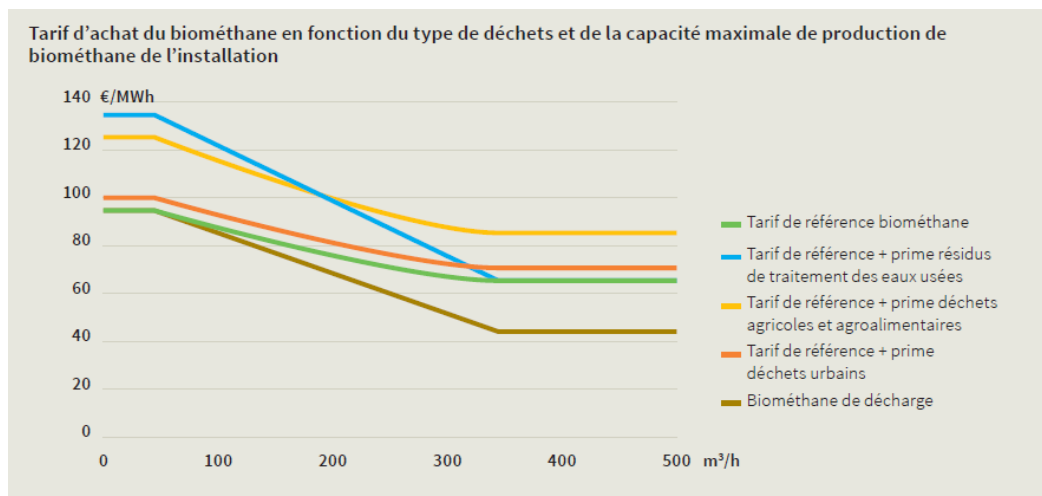


Perspectives gaz naturel et renouvelables, scénario A

Hypothèses de prix des énergies



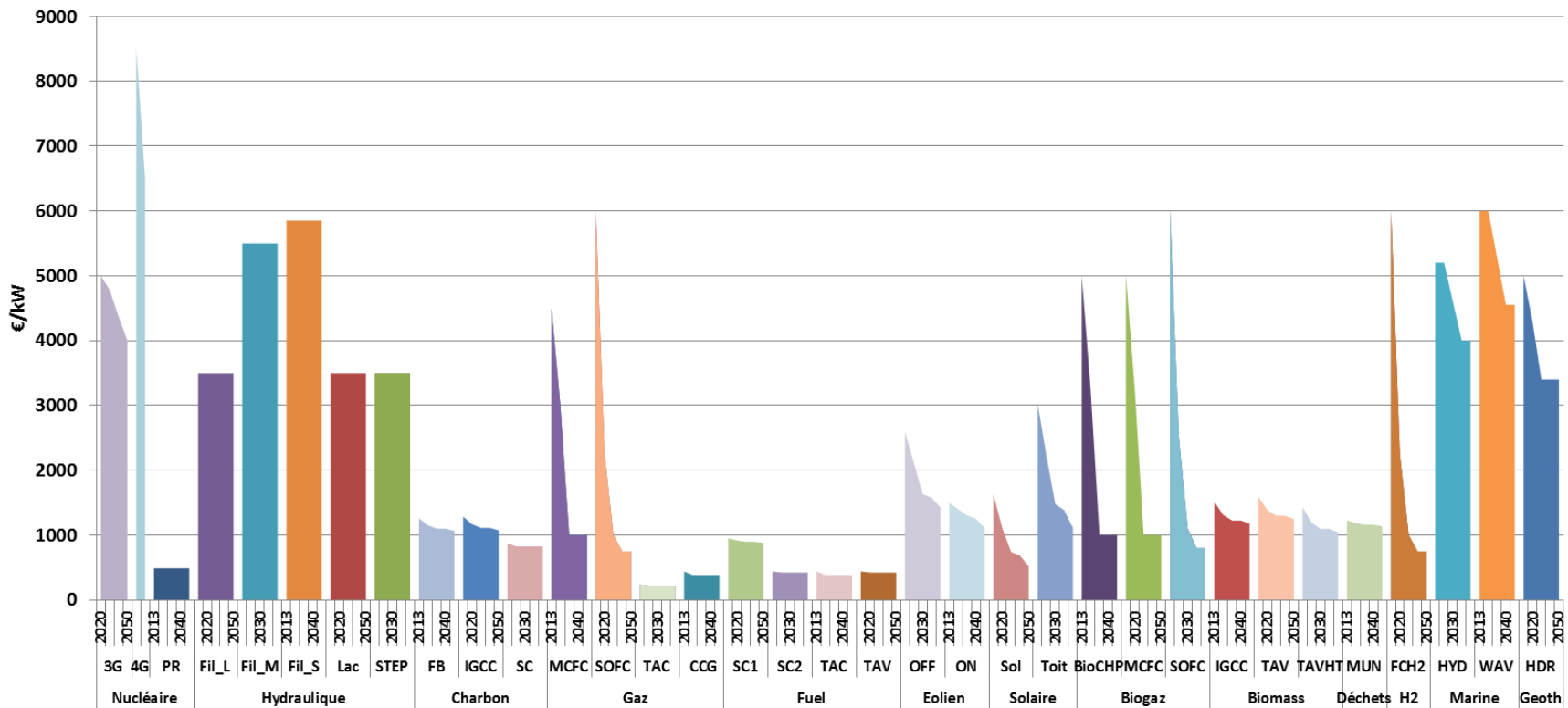
Source pétrole/charbon/gaz naturel : WEO 2013 new policies



Source : panorama du gaz renouvelable en 2016

Hypothèses de coût d'investissement des technologies de production d'électricité

► Coût en €/kW, hors procédés CCS



Capture CO₂ - industrie

► Hypothèse de coût de captage : 75€/t

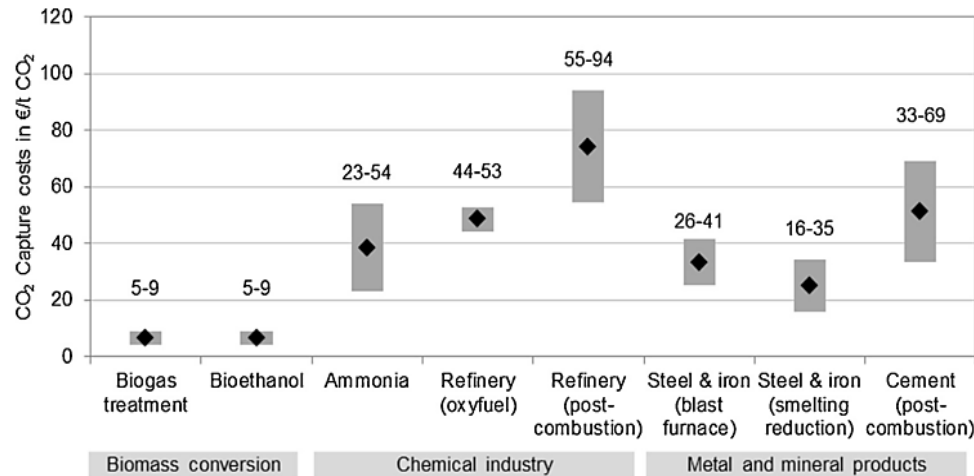
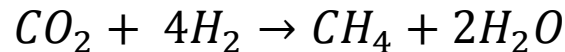
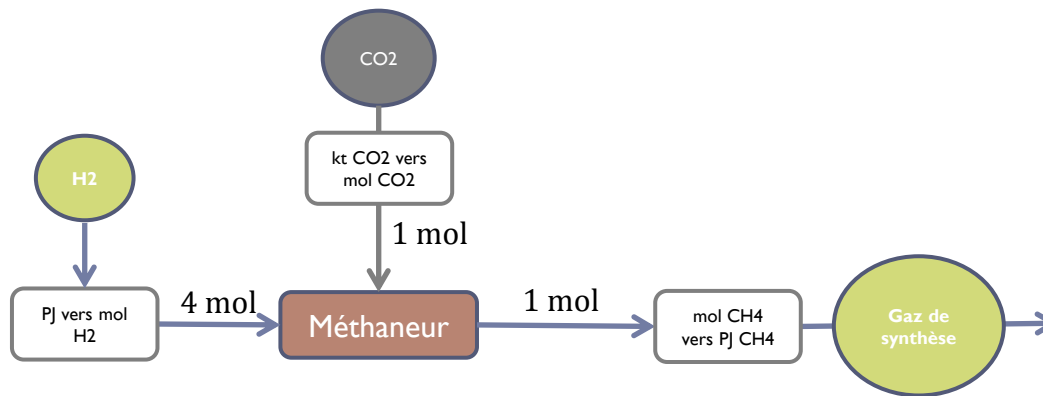


Fig. 6. Capture costs for CO₂ from industrial processes, with information from Kuramochi et al. [34].

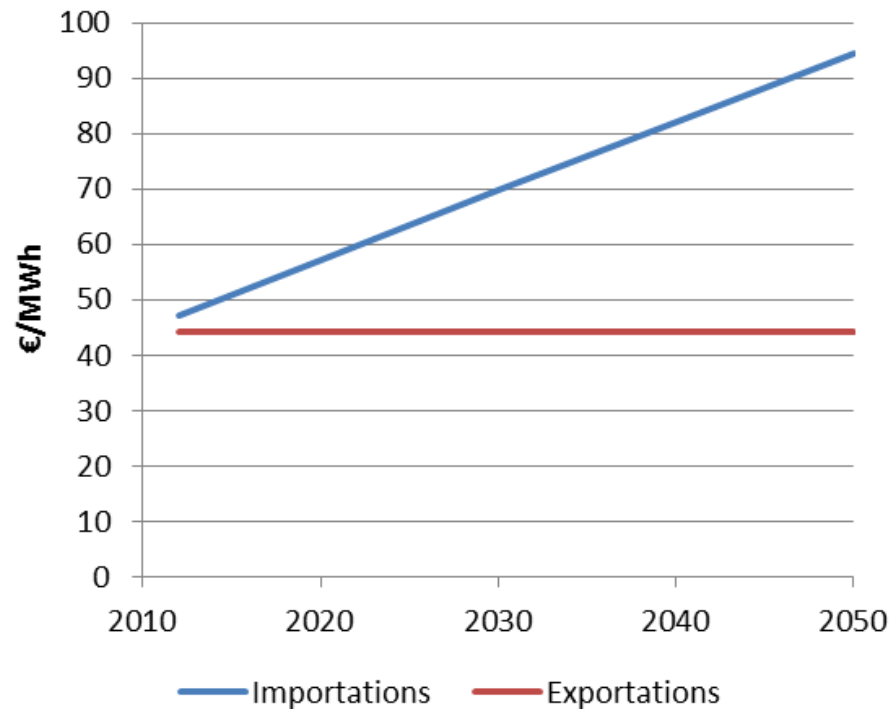
Source : Reiter et al., Evaluating CO₂ sources for power-to-gas applications – A case study for Austria, 2015

Modélisation du procédé de méthanation

- Hypothèse : réactifs introduits dans des proportions stoechiométriques

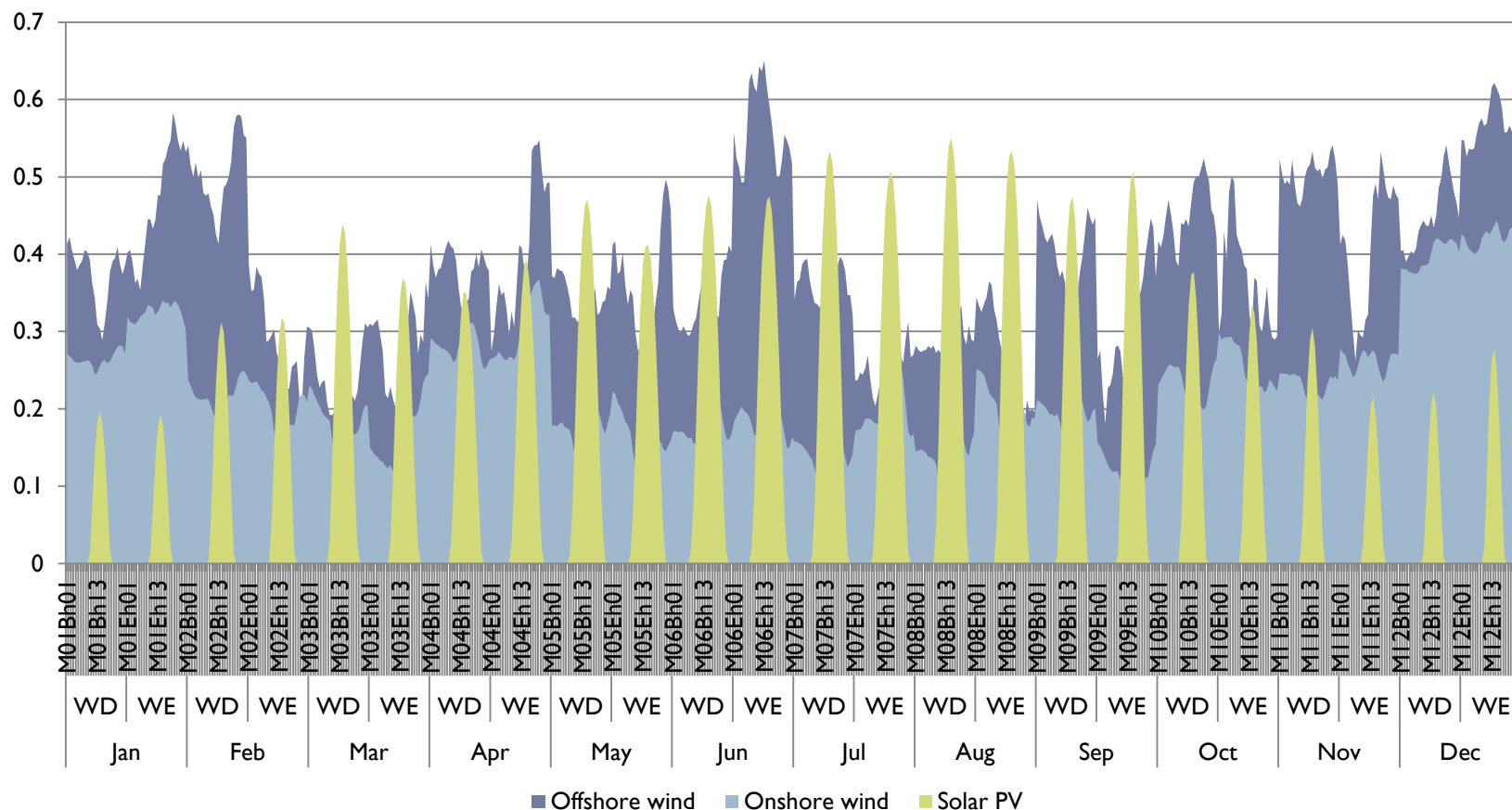


Echanges - hypothèses



Source : Thèse de Vincent Krakowski, 2016, « Intégration du renouvelable et stratégies de déploiement du réseau électrique électrique: réconciliation d'échelles spatio-temporelles dans des exercices prospectifs prospectifs de long terme »

Profil de production renouvelable



Eolien onshore et solaire : données RTE 2012

Eolien offshore : données ELIA