



Perspectives pour les bioénergies et la méthanation en France selon le scénario Négawatt

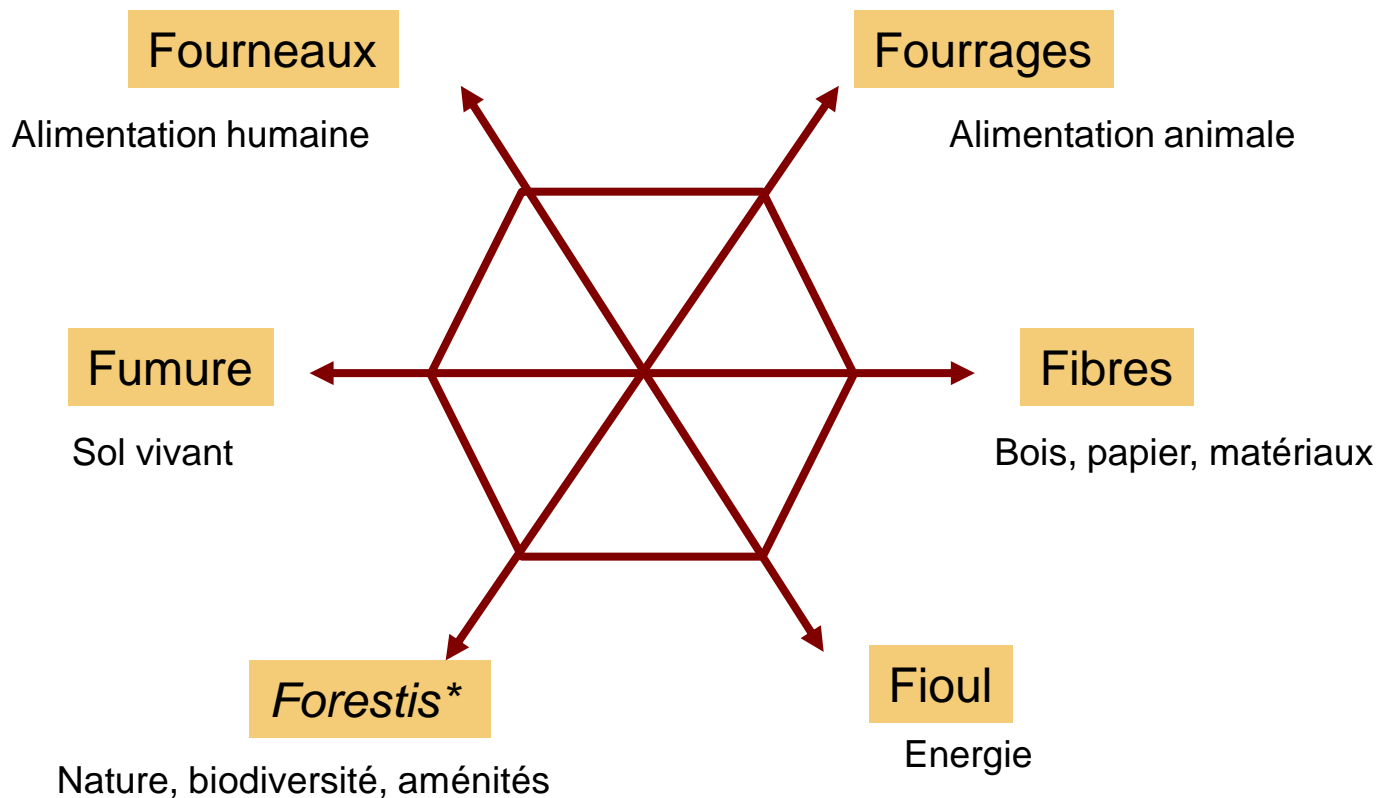
Afterres2050

Un scénario
soutenable
pour l'agriculture
et l'utilisation des
terres en France
à l'horizon **2050**

Solagro

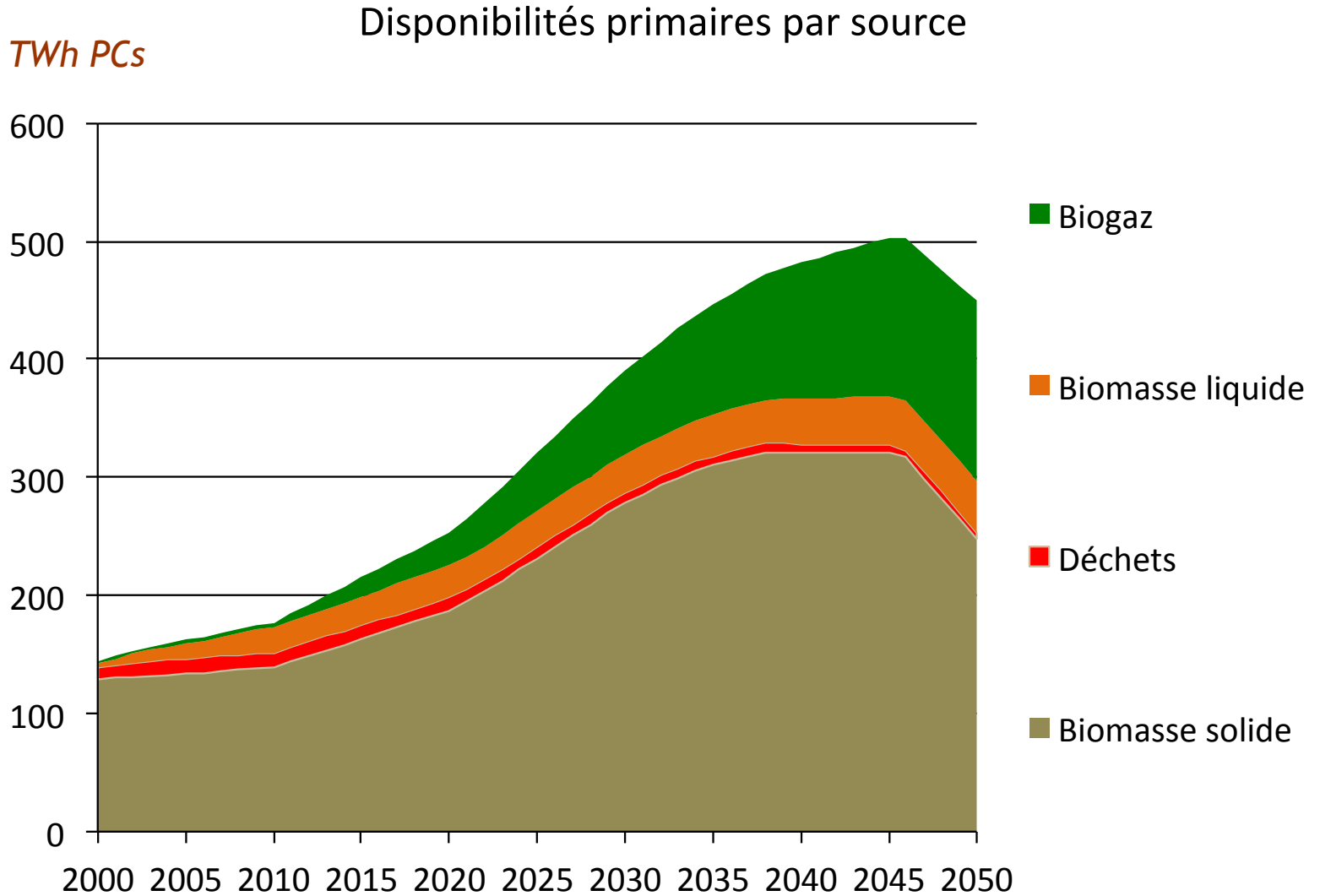
Afterres**2050**

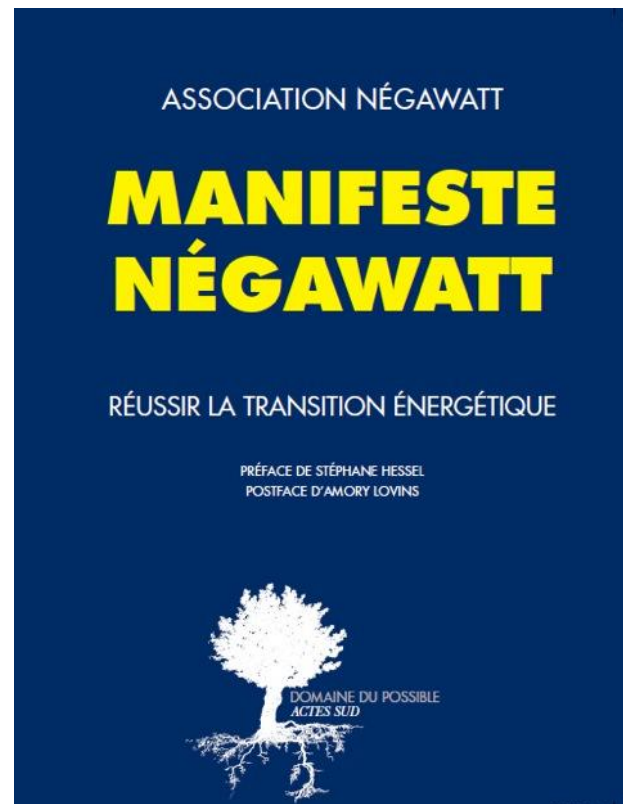
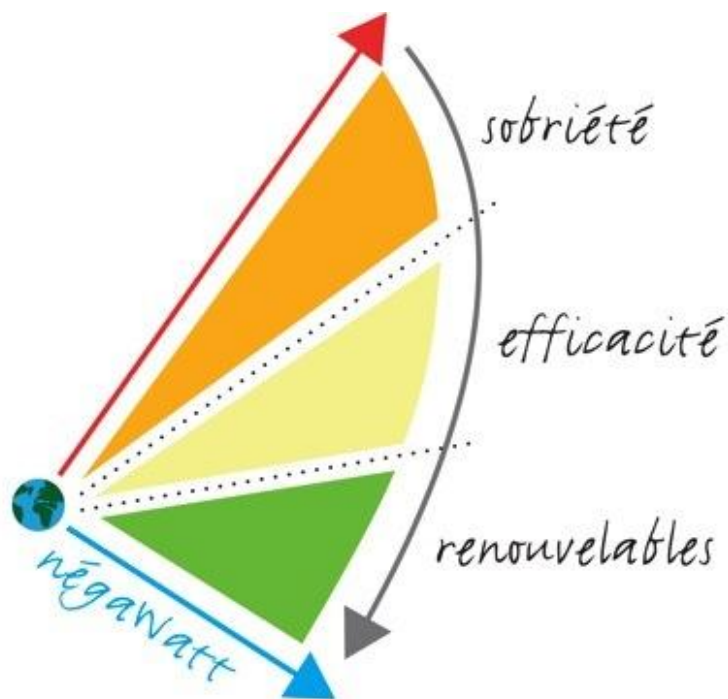
« L'hexagone » des concurrences d'usage des sols et de la biomasse



* « territoire soustrait à l'usage général » ; « terrain sur lequel on a prononcé un ban, une proscription de culture, d'habitation »

La biomasse dans le scénario négaWatt

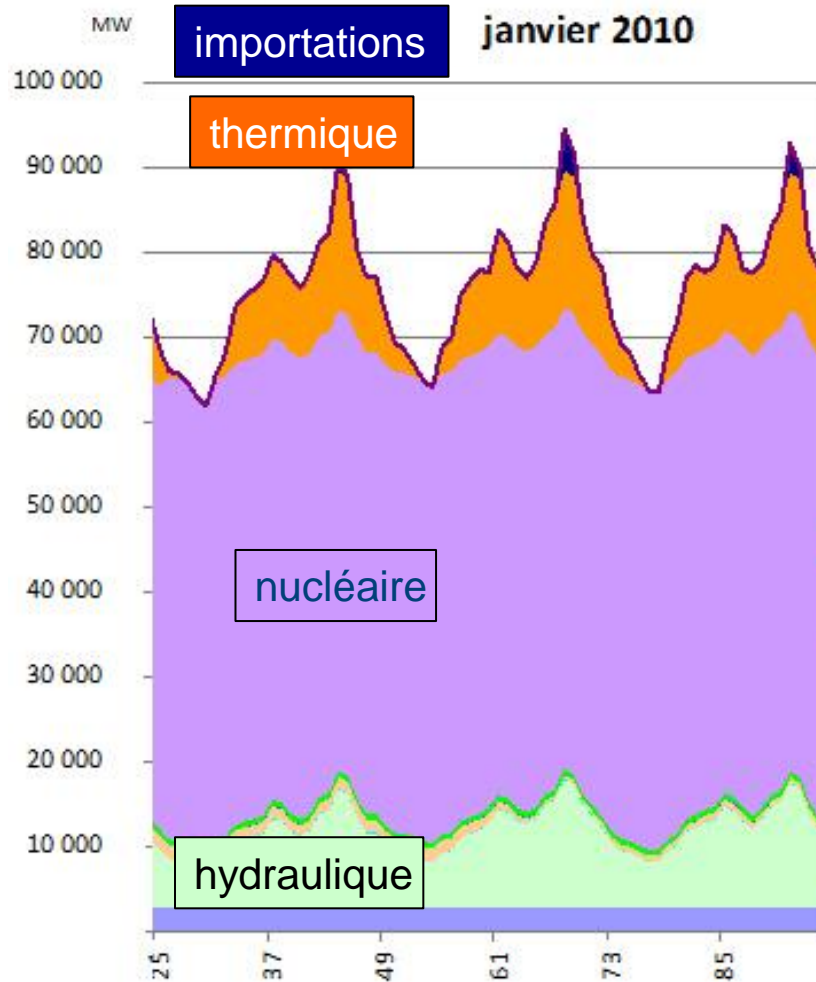




Créée en 2001

Dirigée par 24 experts (compagnie des négaWatts)

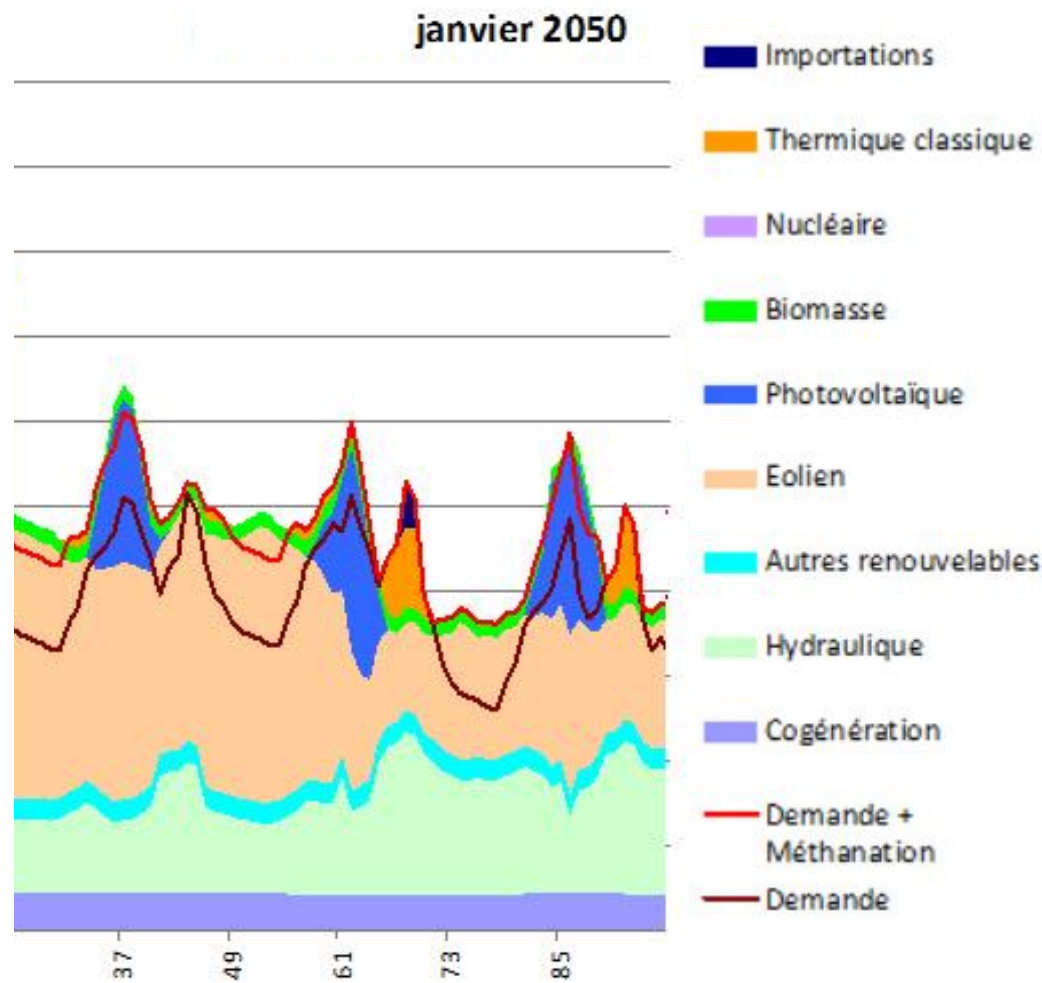
1000 adhérents



- Forte variabilité de la demande :
 - 30 GW (nuit d'été) à 100 GW (extrême pointe d'hiver),
 - dont 20 GW du au chauffage électrique : variation appel de puissance de 5 GW par ½ heure
- Faible flexibilité de la capacité de production :
 - 63 GW nucléaire,
 - obligation de compléter par des centrales thermiques à flamme et par des importations
- Gestion du réseau :
 - Effacement heures de pointe
 - Station de transfert et pompage

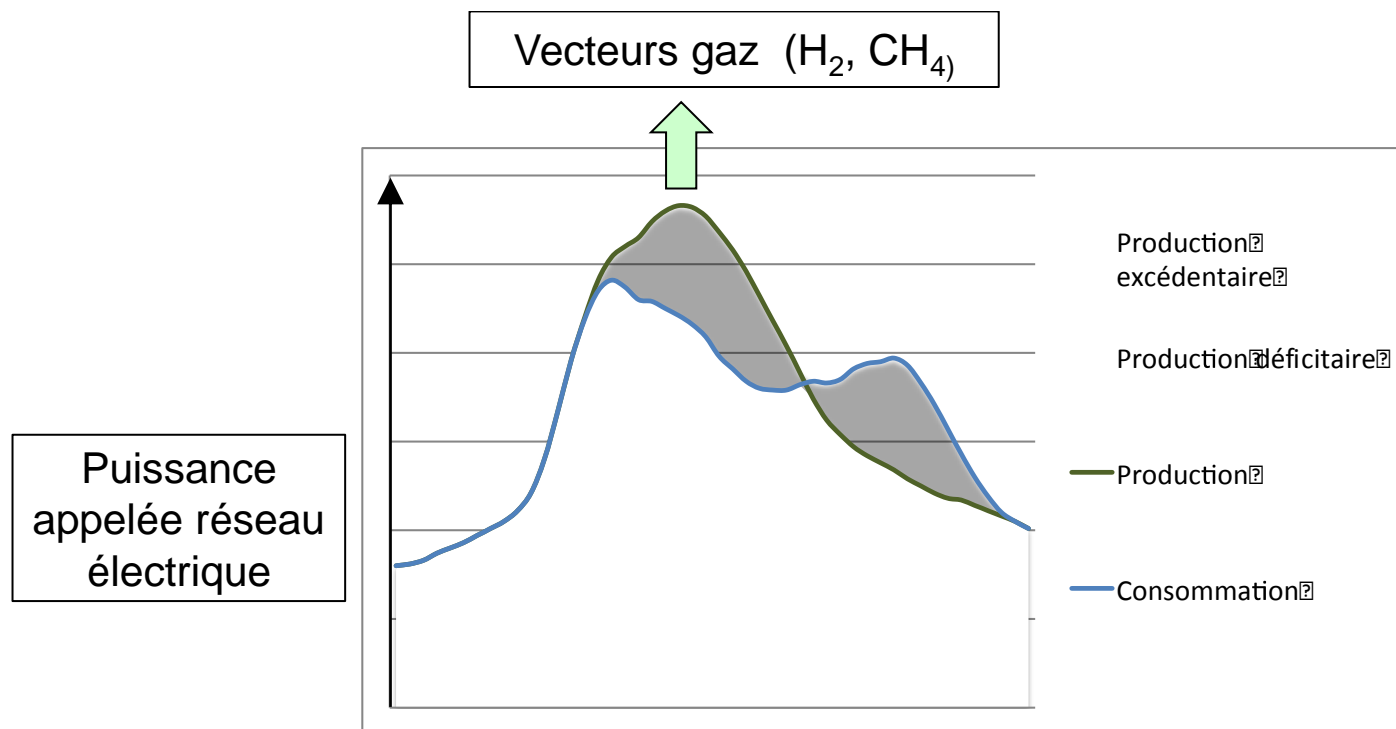
Comparaison en puissance sur 3 jours en hiver

- Plus de variabilité à la production (éolien, solaire), moins de variabilité de la demande
- Hiérarchie des moyens de mise en adéquation offre demande
 - « Réseaux intelligents » (smart-grids) : effacement de la pointe, déplacement, prévision...
 - Augmentation de la capacité de transfert et pompage (20% de perte)
 - Stockage via la production d'hydrogène et la **méthanation** (connexion réseaux gaz et électricité) (30-50% de perte)
 - Découplage (100% de perte)

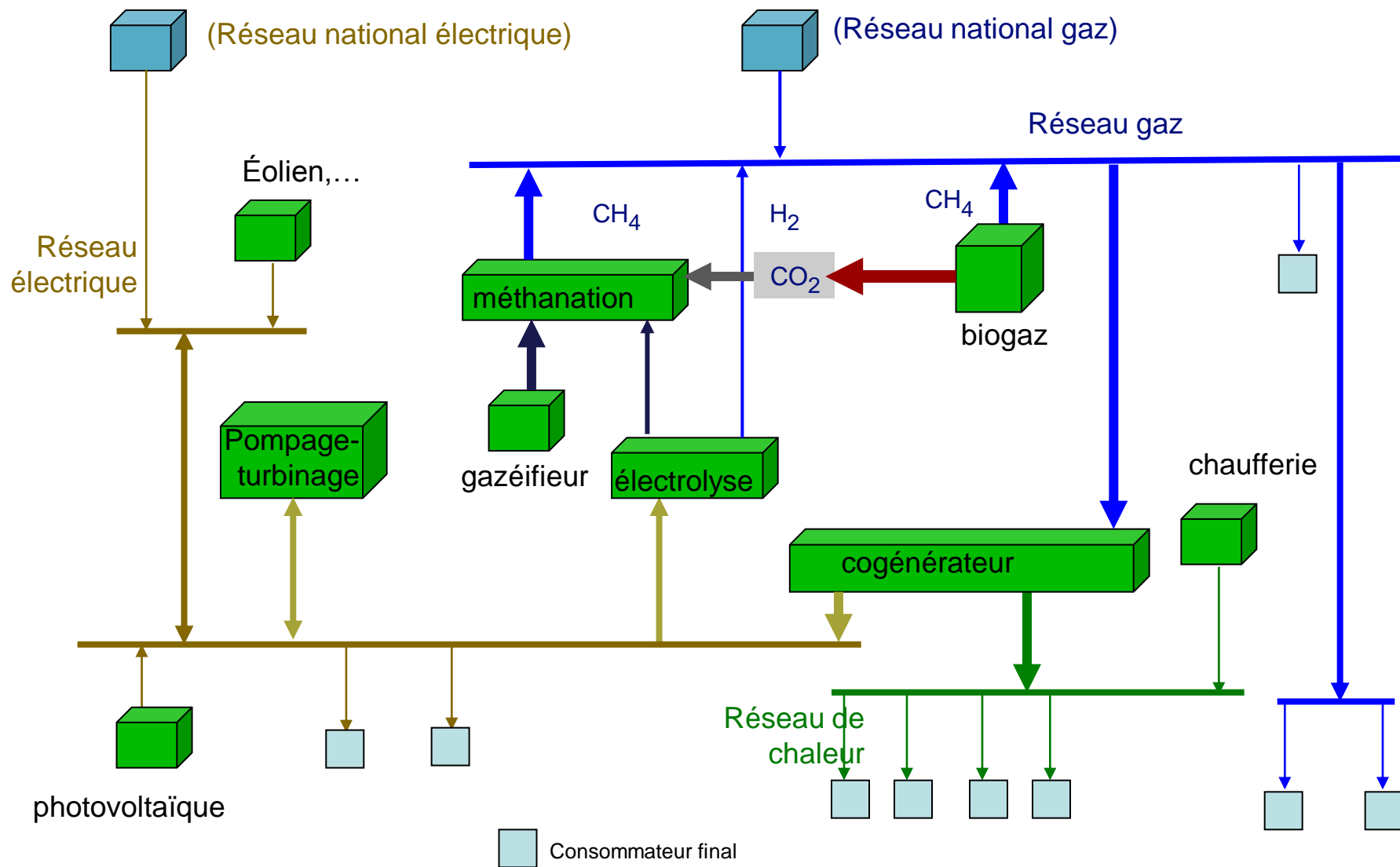


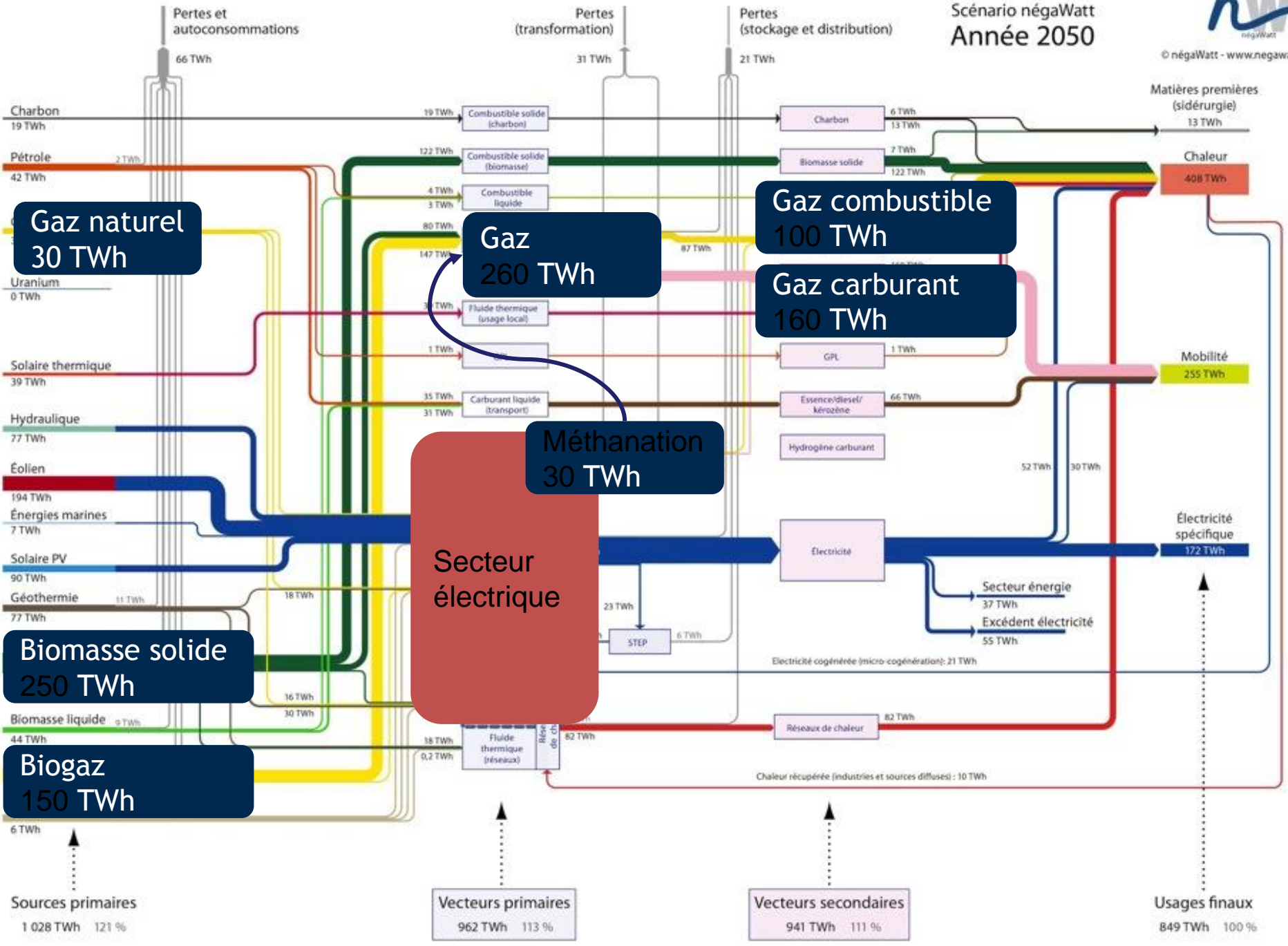
Comparaison en puissance sur 3 jours en hiver

- Production **d'hydrogène** par électrolyse lors des pics de production excédentaire, injection H₂ sur réseau gaz
- **Méthanation** : conversion de H₂ en CH₄ , prendra le relais de l'injection directe de H₂ lorsque le taux limite de H₂ sur les réseaux gaz sera atteint (horizon 2030)

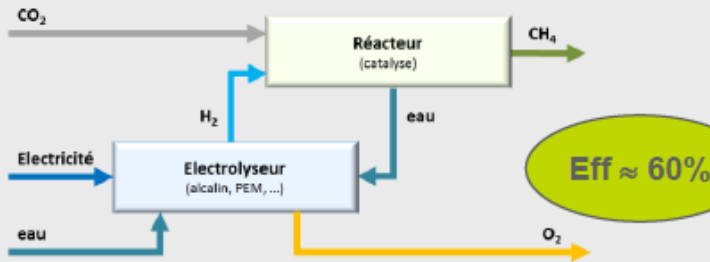


Des réseaux « en tous sens » interconnectés





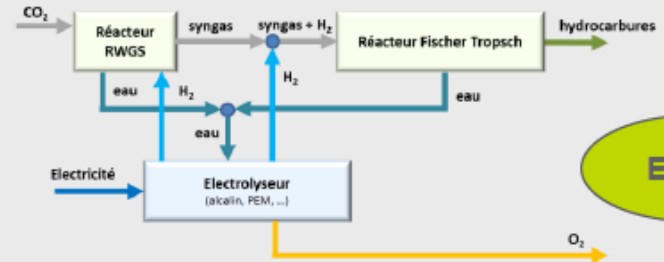
1 Conversion catalytique directe du CO₂



Eff ≈ 60%



2 Conversion catalytique indirecte du CO₂

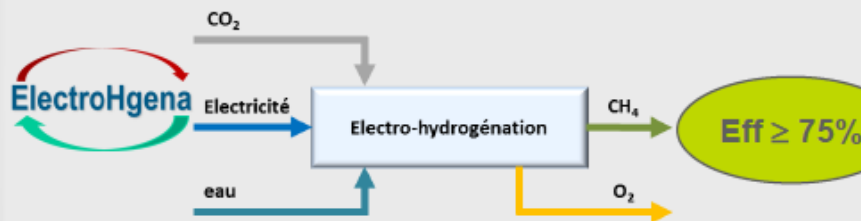


Eff ≈ ?

RWGS : reverse water gas shift reaction



4 Conv. directe par électro-hydrogénation du CO₂



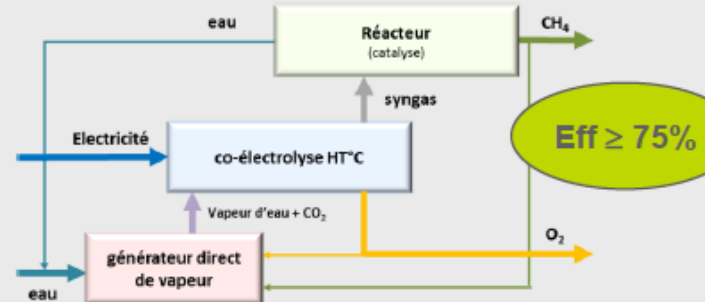
Eff ≥ 75%

Conduction protonique

hydrogénase



3 Conv. indirecte par électro-réduction du CO₂



Eff ≥ 75%





H₂ et Méthanation pour valoriser l'électricité excédentaire

<http://www.grtgaz.com/fileadmin/engagements/documents/fr/Power-to-Gas-etude-ADEME-GRTgaz-GrDF-complete.pdf>

Etude réalisée par :



CONSULTANT

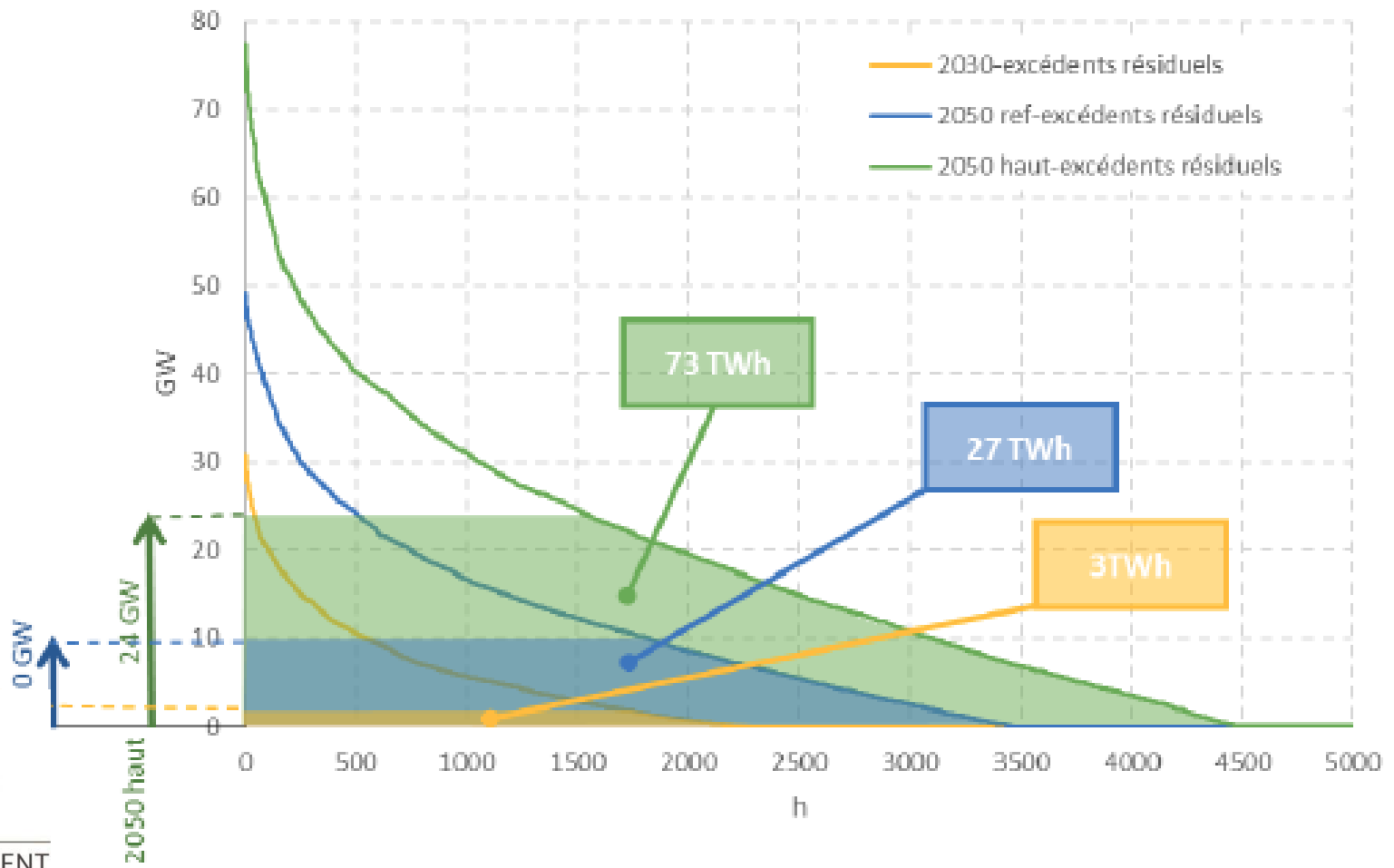
ENVIRONNEMENT

ÉNERGIE



Quels excédents d'électricité valorisables ?

Figure 40 – Capacité installée et énergie valorisée



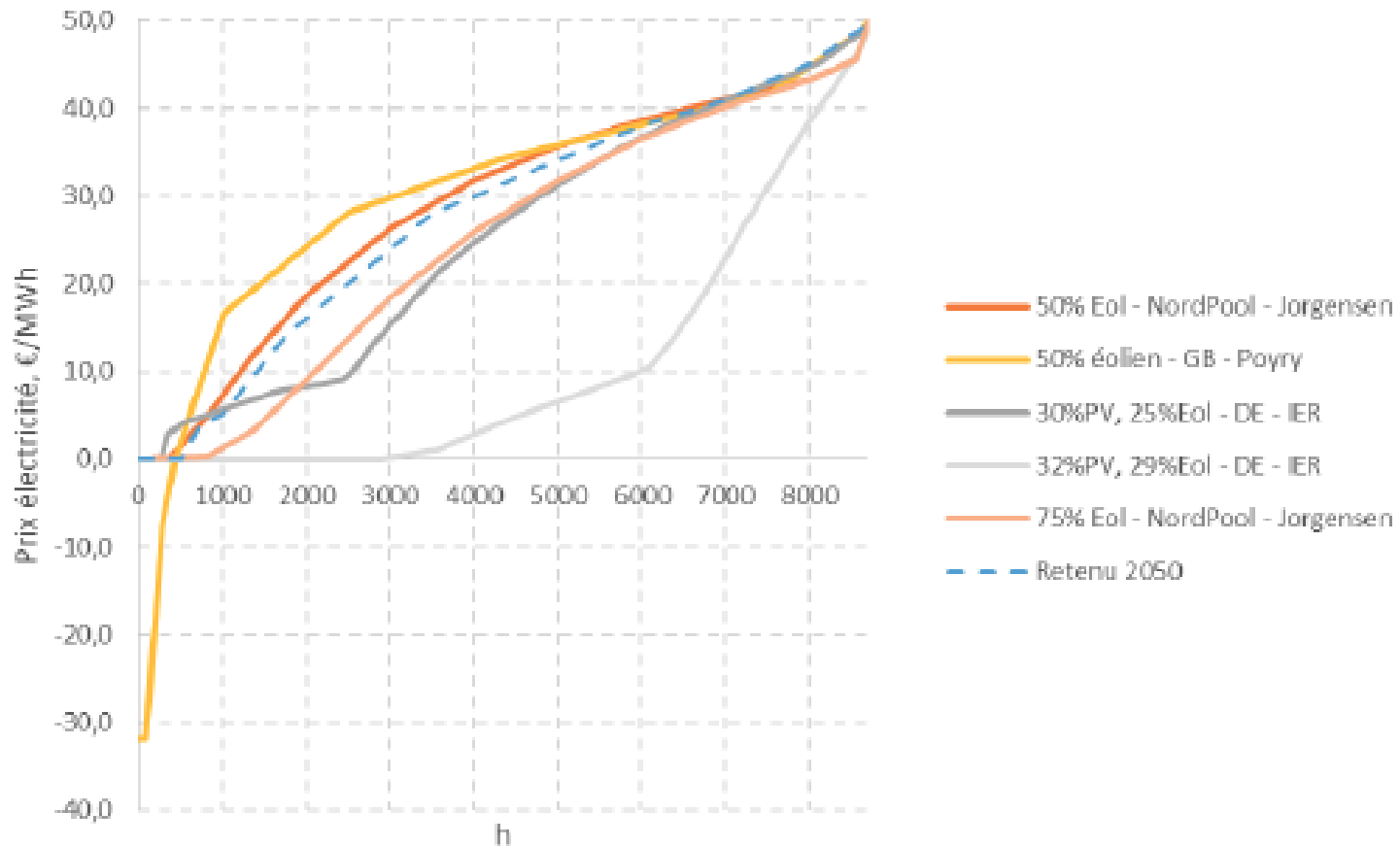
Source : E&E Consultant



CONSULTANT
ENVIRONNEMENT
ÉNERGIE

Prospective sur le prix de l'électricité

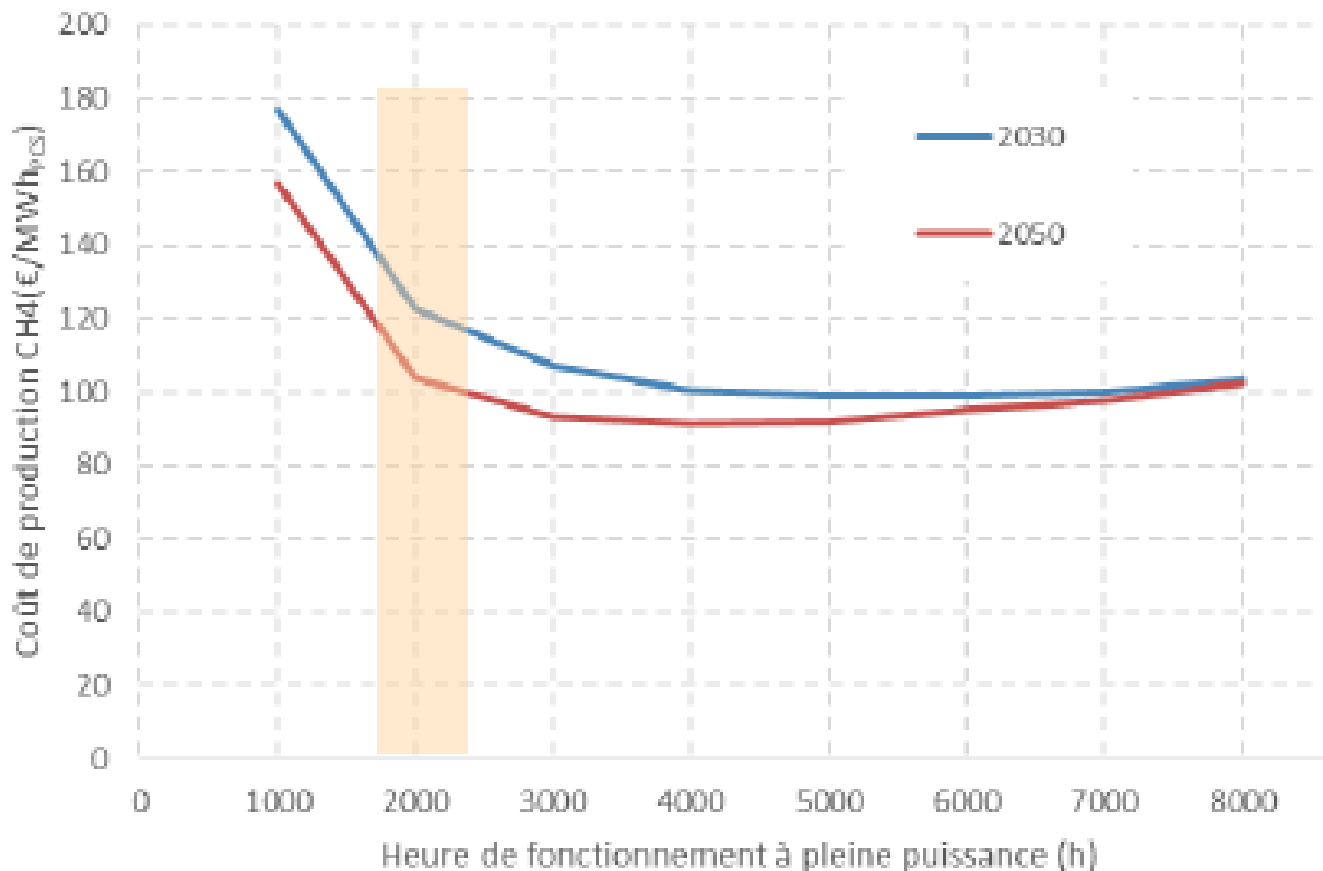
Figure 43 - Estimation du prix moyen minimum du marché de l'électricité pour 2050



Source : d'après (IER and Voß, 2013), (Cox and Pöyry, 2009), (Jorgensen and Ropenus, 2008),
interprétation et calculs E&E Consultant

Coût de production du méthane

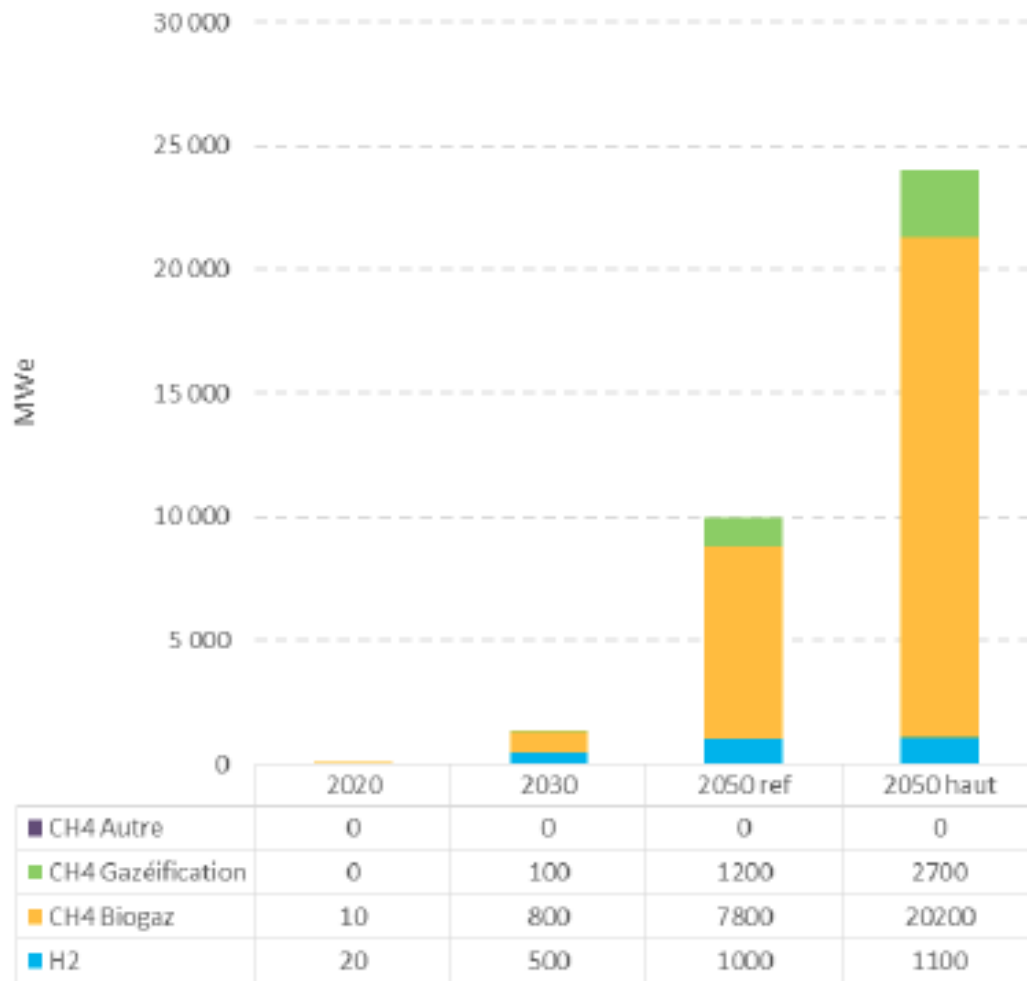
Figure 74 - Coûts de production du méthane en fonction du temps de fonctionnement, et selon différents profils de prix du marché (cas 5)



Source : E&E consultant

Scénario sur sources CO2

Figure 78 – Scénario de développement du Power-to-Gas, hypothèses « Max », France



Source : E&E consultant, Solagro