



# JRI

Journées Recherche Innovation  
Biogaz méthanisation

2-4 octobre 2018 - RENNES

## Un mix de gaz 100% renouvelable en France en 2050 ?

*Etude de faisabilité technico-économique*

Christian Couturier, Simon Métivier  
SOLAGRO

Réalisation



Commanditaires

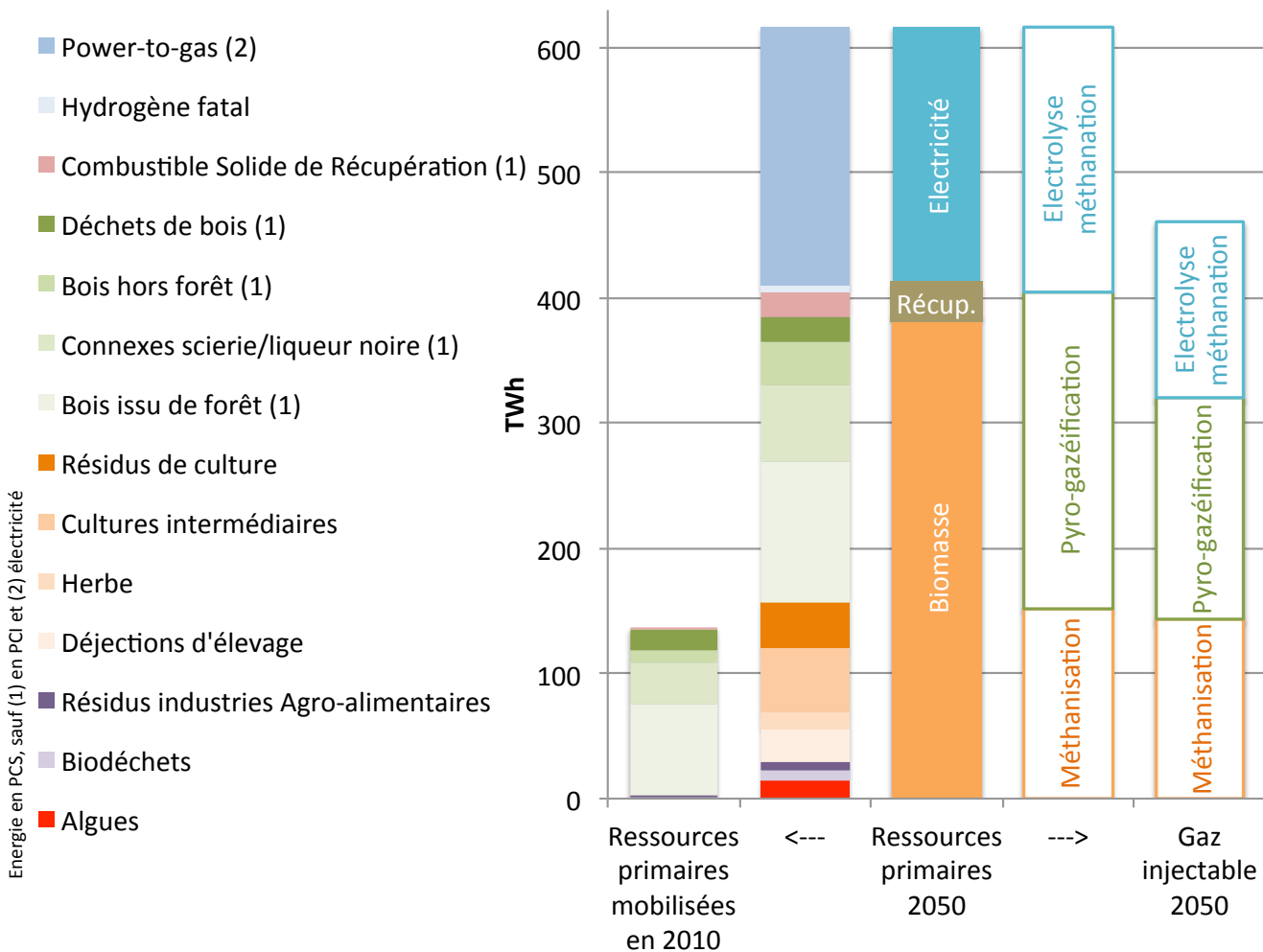


## Contexte, objectifs et périmètre de l'étude

- Contexte / cadrage
  - Vision ADEME 2050, LTECV, PPE, SNBC...
  - Etude Mix électrique 100% ENR (ADEME 2015)
  - Place du gaz dans la transition énergétique ?
- Objectifs
  - Analyser les conditions de faisabilité technico-économiques d'un système gazier français basé à 100% sur les énergies renouvelables
    - Quels types de gaz ?
    - Quelles évolutions du réseau ?
    - Quel impact sur le coût moyen du gaz délivré ?
- Périmètre
  - France métropolitaine – Pas d'imports de ressources
  - Focalisé sur gaz de réseau



# Potentiel maximal de gaz renouvelables (avant arbitrages économiques et usages bois)



## • TWh PCs

**Ressources : 620**

- Agricole : 130
- Bois énergie : 230
- Biodéchet+IAA : 15
- Micro-algues : 14
- CSR : 20
- H2 fatal : 0,3
- Power-to-gas : 210

**Potentiel injectable : 460**

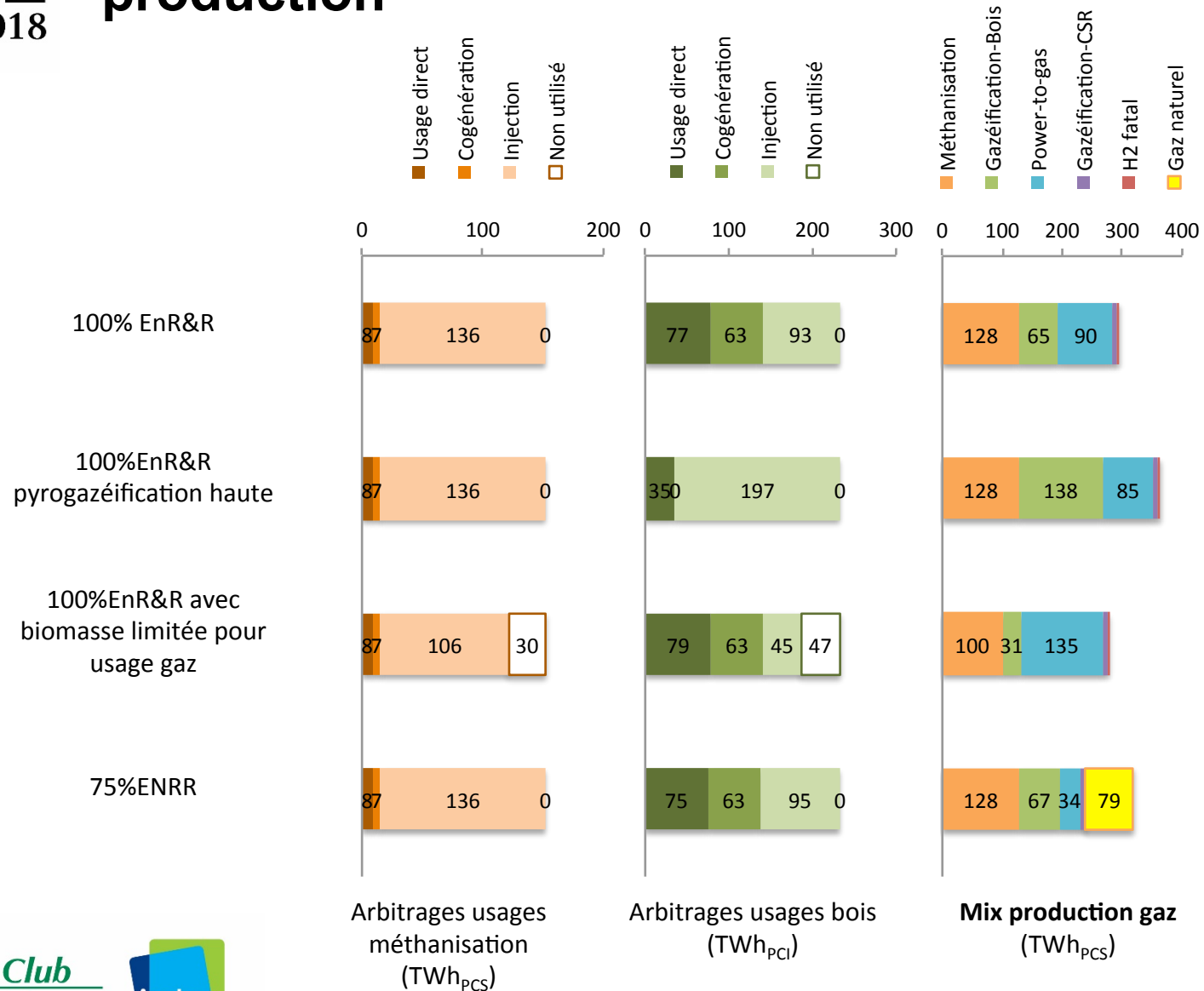
- méthanisation : 140
- pyro-gazéification : 180
- power-to-gas : 140

Ne prend pas en compte l'utilisation des mêmes ressources pour d'autres usages que le gaz injectable

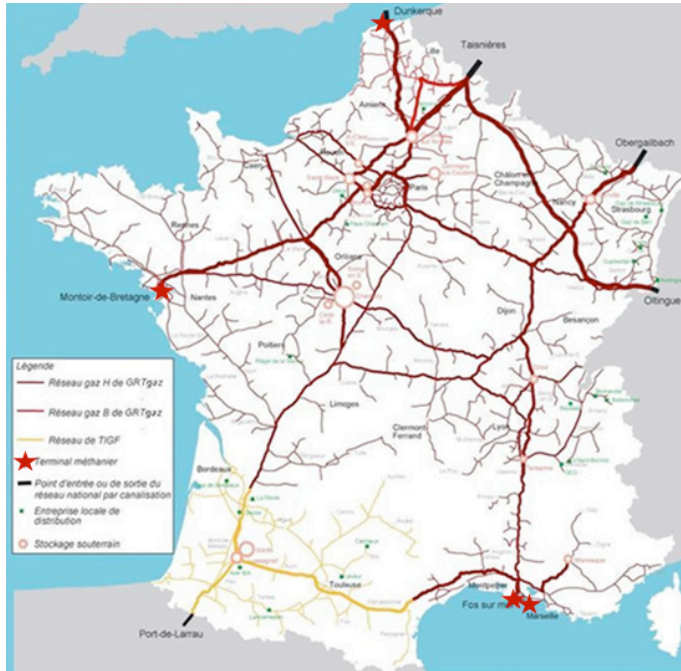
# Description des scénarios modélisés

Nom	Description
<b>100% EnR&amp;R</b>	<b>Scénario le plus proche du scénario énergie-climat ADEME 2035-2050</b> - Substitution d'une partie de la cogénération biogaz et bois
<b>100% EnR&amp;R</b> avec pyrogazéification haute	<b>Vecteur gaz est renforcé :</b> - Cogénération biogaz en partie substituée - <b>Cogénération bois supprimée au profit de la gazéification/injection</b> - <b>Réseau de chaleur bois supprimé au profit de la gazéification/injection</b>
<b>100% EnR&amp;R</b> avec biomasse limitée pour usage gaz	Identique « <b>100% EnR&amp;R</b> » + <b>limitation des ressources méthanisables et bois à 80% de leur potentiel</b> , en raison de : - Difficulté de mobilisation de la ressource biomasse (impacts environnementaux ou acceptabilité sociale sous-estimés...) - Et/ou difficulté technologique sur les filières les moins matures (ex : gazéification/injection)
<b>75% EnR&amp;R</b>	Identique « <b>100% EnR&amp;R</b> » + <b>le gaz naturel est encore présent et représente 25% de la consommation.</b>

# Résultats scénarios – Composition du mix de production



# Raccordements et équilibre du système gazier



## Réseau actuel :

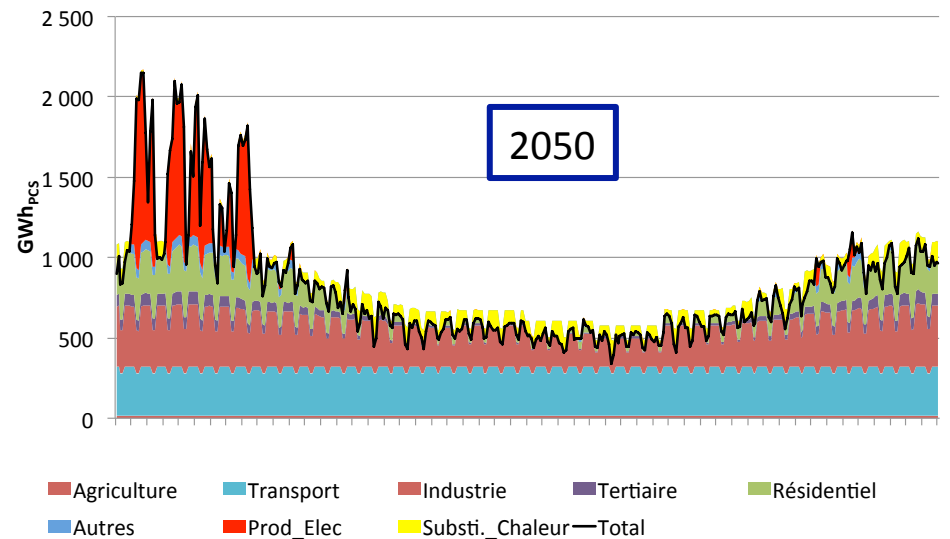
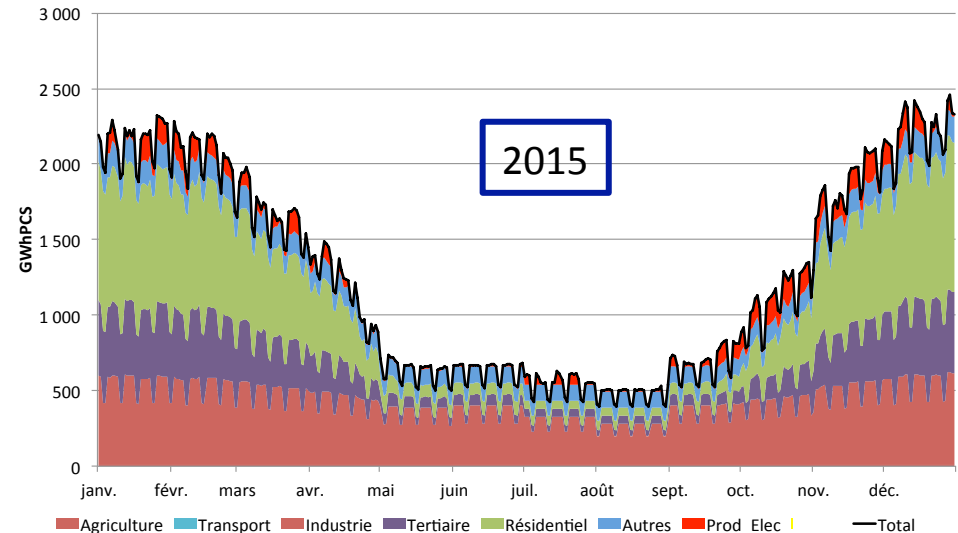
- Infrastructure composée de :
  - Points d'entrée de gaz : gazoduc ou terminaux méthanier (<10)
  - Réseau de transport (40-70 bar) / réseau de distribution (16-0,4 bar)
  - Stockages souterrains (16 stockages = 132 TWh)
- Fonctionnement :
  - Type « écoulement gravitaire » : de la haute pression (points d'entrée / Stockage) vers la basse pression

## Passage au 100% gaz ENRR, 2 principaux enjeux :

- Raccordement de la ressource (méthanisation, gazéification, power-to-gas)
  - => env. 8 000 unités de production
- Equilibrage offre-demande :
  - Temporel
  - Géographique

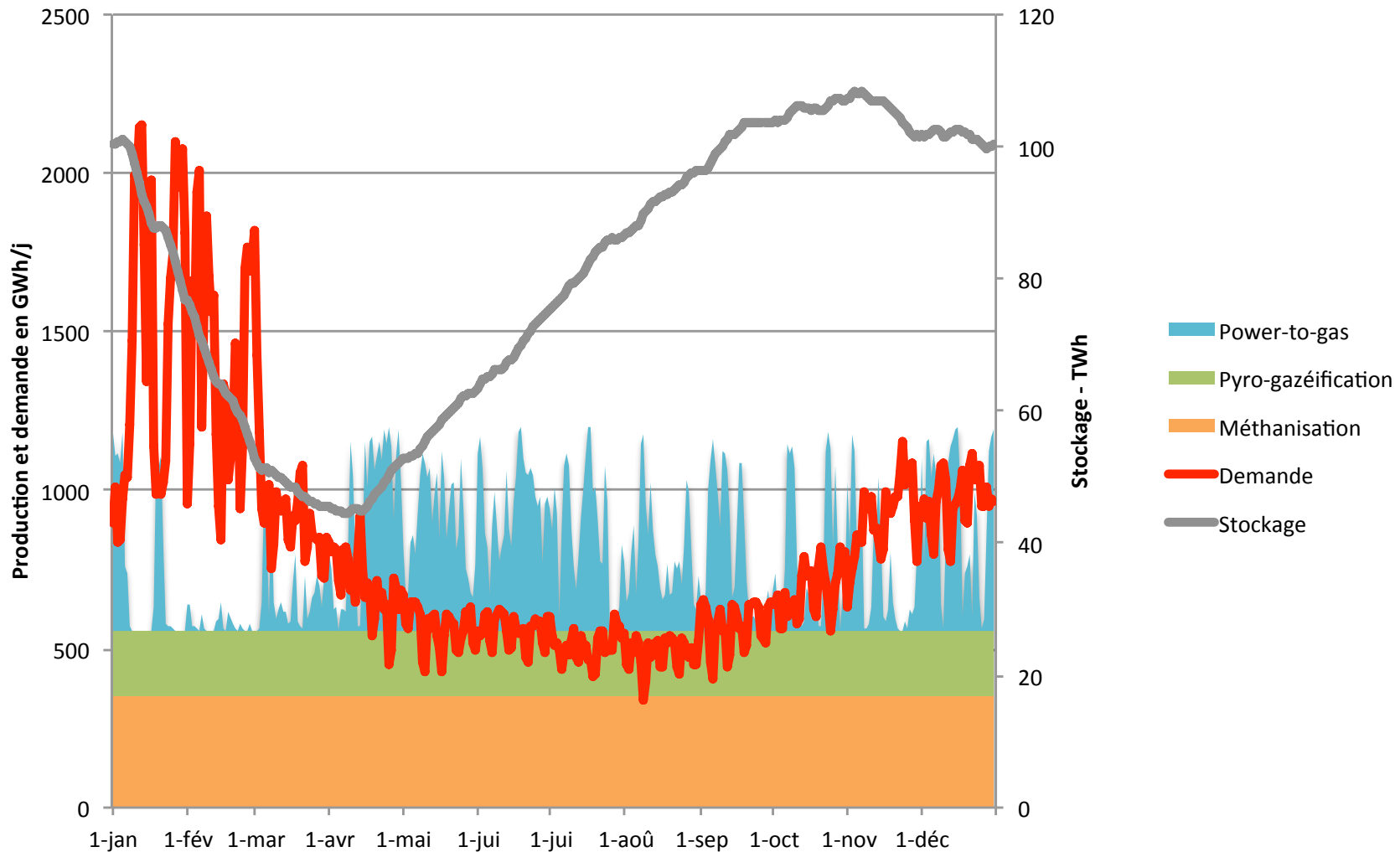
## Courbe de charge - demande

- Forte baisse de la demande en hiver
- En été, la baisse des usages traditionnels est compensée par le nouvel usage « gaz carburant »
- La demande gaz reste importante (dépend des scénarios) pour la production électrique avec des puissances d'appel plus élevées et plus concentrées qu'aujourd'hui



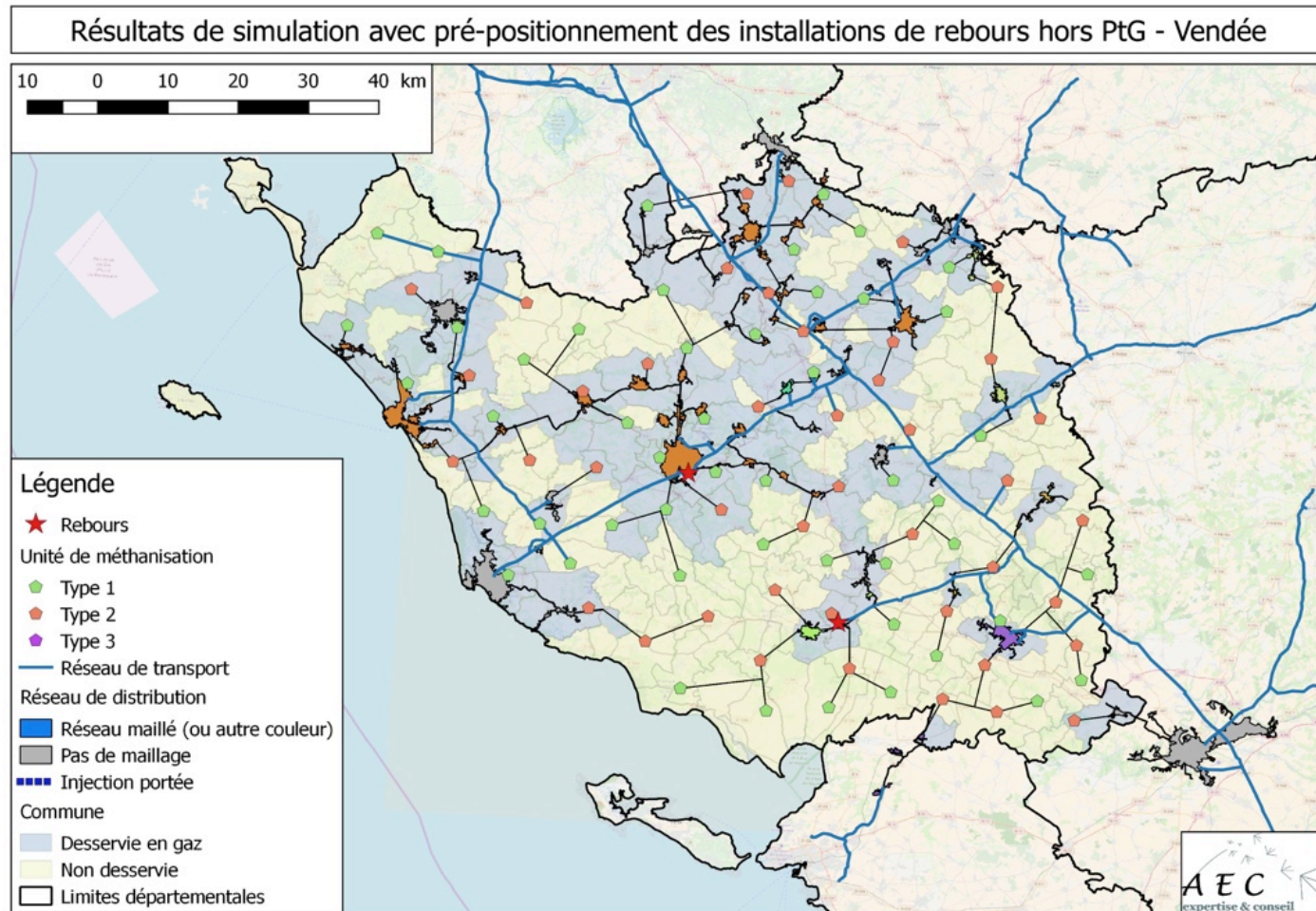


# Equilibrage offre - demande



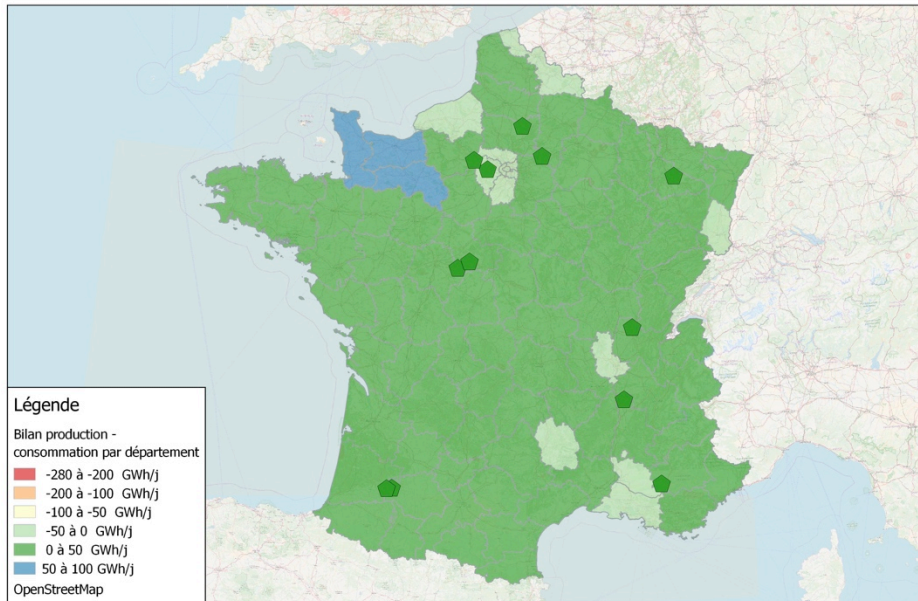
# Résultats des études territoriales

Intérêt de la  
planification du  
développement des  
réseaux avec  
mutualisation des  
coûts de  
développement  
( S3REnR gaziers )

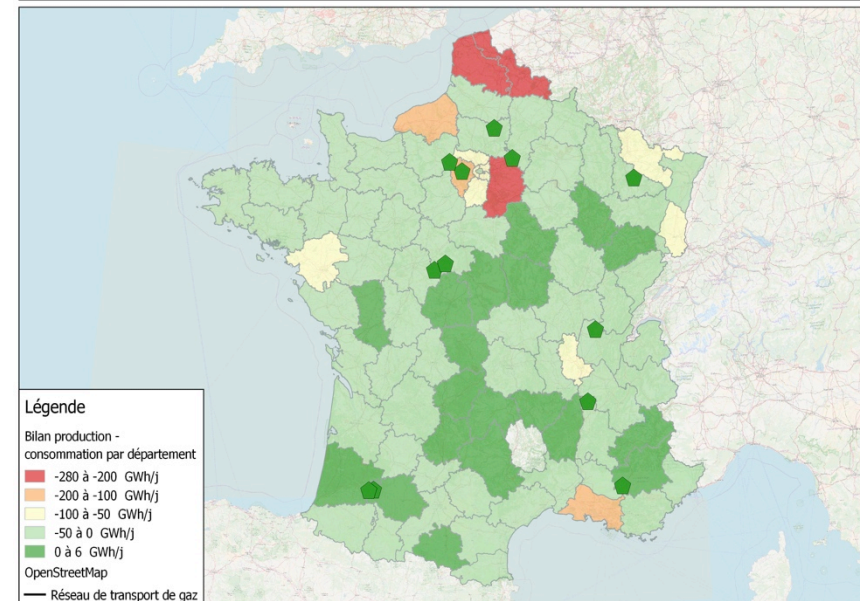


- Au national :
  - Pics de consommation semblables aux pics actuels (localisation et volume)
  - Pics de production diffus
- Pour le réseau de transport :
  - **Pas de renforcements majeurs à priori**
  - Besoins de **modification des stations de recompression** (bidirectionnel)
  - Volume de **gaz transité plus faible**

Structure du réseau de gaz - Pic de production Scénario 2 climat chaud



Structure du réseau de gaz - Pic de consommation Scénario 2 climat froid



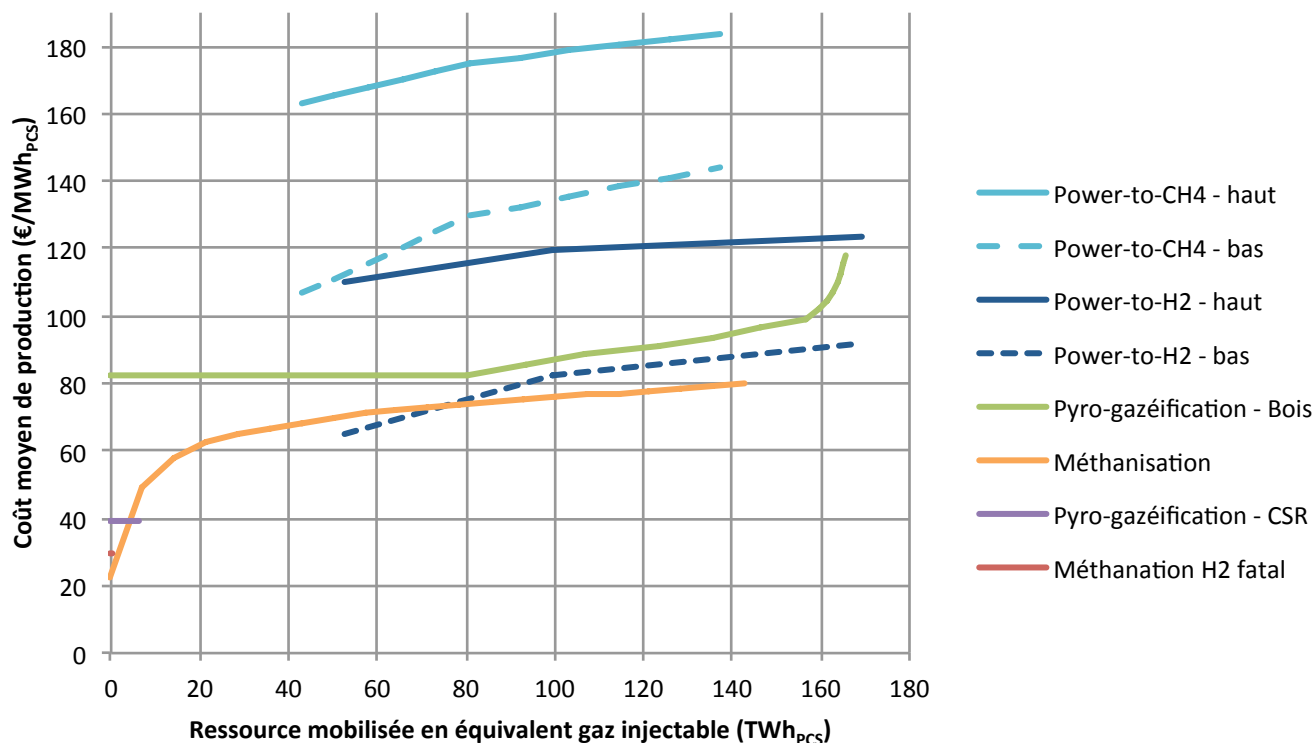
# Coûts de production des gaz renouvelables en 2050

- Méthanisation  $\leq 80$  €/MWh
- Pyrogazéification entre 80 et 120 €/MWh (sauf CSR à 40 €/MWh)
- Power-to-gas entre 65 à 185 /MWh
  - 65-125 €/MWh PtH2
  - 105-185 €/MWh PtCH4

Notes :

- Pour les filières de méthanisation et de pyrogazéification-bois, les coûts de production dépendent du niveau de mobilisation globale des ressources en biomasses, qui inclut les ressources mobilisées pour d'autres usages que la production de gaz injectable (combustion).

- LCOE avec taux actualisation 5%





## Bilan économique du système gazier

Coût du MWh gaz consommé

€/MWh

Coût du gaz entre 100 et 150 €/MWh<sub>PCS</sub> selon les scénarios

0 20 40 60 80 100 120 140 160 180

100% EnR&R

100%EnR&R avec  
pyrogazéification haute

100%EnR&R avec biomasse  
limitée pour usage gaz

75%En&RR

■ Réseau historique + stockage

■ Adaption du réseau aux gaz ENRR

■ Gaz naturel

■ Gaz ENRR 1\*

■ Gaz ENRR 2\*

Coûts similaires

+14%

-14%

118 - 132

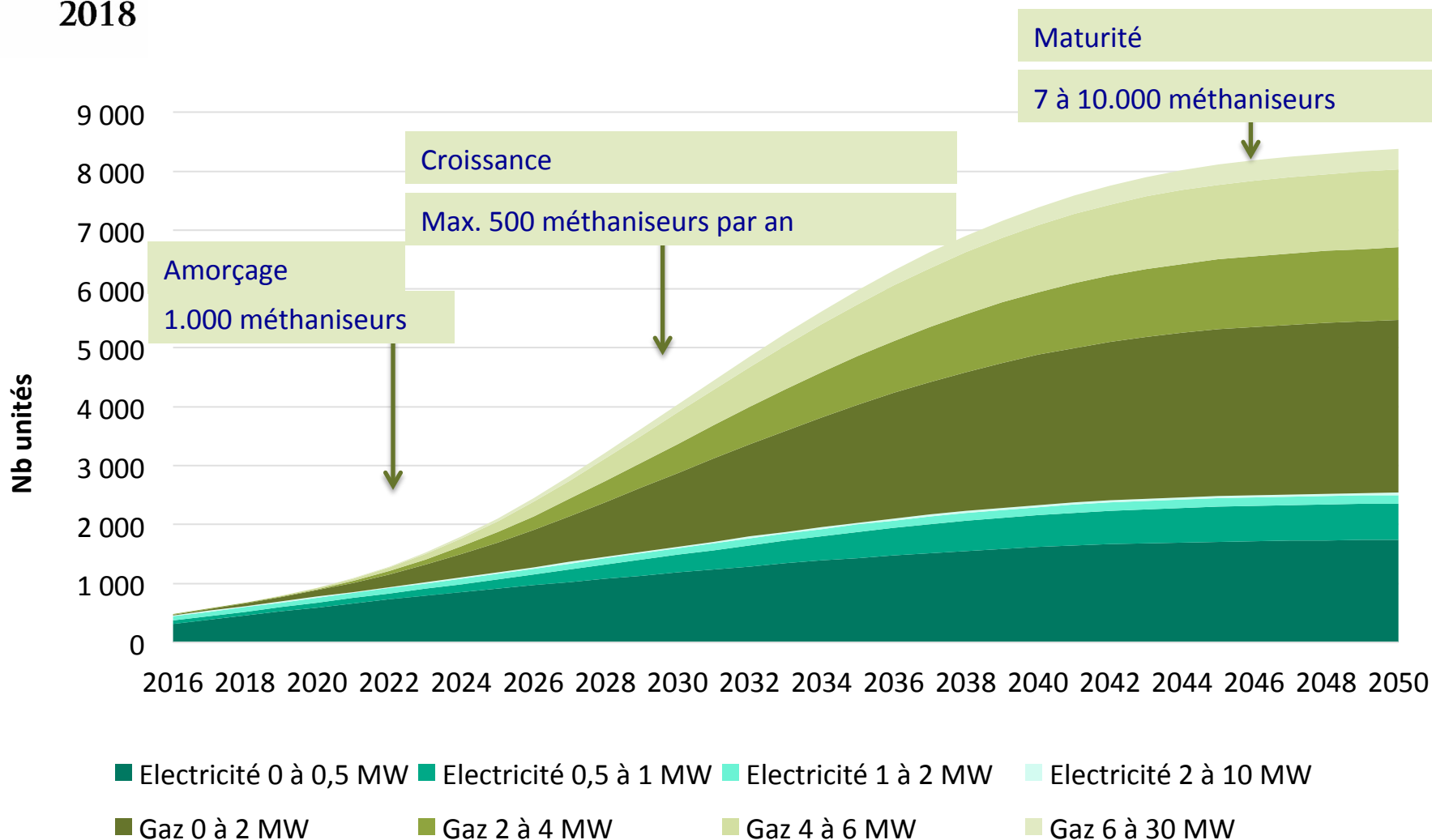
116 - 127

133 - 153

105 - 111

- La part réseau est faible entre 15% et 20 % du coût total, et en particulier les seuls coûts de raccordement (dont maillage et rebours) représente que 3%.
- En comparaison à un approvisionnement 100% gaz naturel, les scénarios permettraient d'éviter entre 45 et 67 Mt<sub>CO2</sub>/a (1)

# 8.000 méthaniseurs / BA 80 km<sup>2</sup> max (r=5 km)



- ❑ Un système gazier compatible avec le 100% gaz EnR&R
  - Faible recours faible au gaz porté
  - Les technologies existent déjà pour rendre le réseau de gaz bidirectionnel (rebours, maillage), la maîtrise des coûts nécessite d'anticiper leur déploiement
  - Infrastructure de transport et stockage : élément clé pour l'équilibrage offre-demande
- ❑ Interactions fortes entre réseau gazier et électrique
  - Le gaz sert aux besoins de pointe du système électrique (de 10 à 46 TWh<sub>PCS</sub>)
  - Le power-to-gas permet :
    - un stockage inter-saisonnier de l'électricité et une optimisation géographique de son réseau
    - une ressource importante en gaz renouvelable pour le vecteur gaz (de 34 à 135 TWh<sub>PCS</sub>)
- ❑ La pyrogazéification représente entre 15 et 40 % du mix de gaz

- ☐ Tout comme l'étude « Mix électrique 100% ENR »
  - L'étude « 100% gaz ENRR » n'est pas une optimisation globale du système énergétique
  - L'étude ne modélise pas la trajectoire entre aujourd'hui et 2050
- ☐ L'étude n'évalue pas un certain nombre d'externalités positives :
  - Réduction du déficit commercial
  - Augmentation de l'indépendance énergétique
  - Développement d'emplois locaux (environ 8 000 unités de production)
- ☐ D'autres scénarios pourraient être modélisés avec des répartitions différentes entre les usages de la biomasse, les usages finaux du gaz...
- ☐ Le potentiel de ressource biomasse et sa mobilisation présentent des incertitudes
  - Acceptabilité sociale des projets
  - Bilan environnemental des filières
- ☐ L'ADEME prévoit une évaluation macro-économique pour 2019