



# Scénario Région Occitanie à énergie positive

## Cahier technique

### le système gazier méthane + hydrogène



Avril 2022

Scénario REPOS 2.77

200422a

# Contexte

Le présent cahier technique **détaille la place du vecteur gaz sous toutes ses formes (méthane, hydrogène) dans le scénario REPOS « Région à Énergie POSitive » en Occitanie.**

## Version de référence de la modélisation

La note s'appuie sur les données et les résultats de la modélisation du scénario REPOS version 2.77.

## Rédaction

Thierry SALOMON

*Consultant (analyse, modélisation, rédaction de ce cahier technique)*

# Sommaire

<b>Contexte</b> .....	<b>2</b>
<b>Sommaire</b> .....	<b>2</b>
<b>Objectifs et méthodologie</b> .....	<b>3</b>
<b>Nomenclature et définitions</b> .....	<b>5</b>
<b>Le système gazier dans REPOS Occitanie</b> .....	<b>6</b>
<i>Typologie</i> .....	6
<i>Process</i> .....	7
<i>Les réseaux de distribution du gaz</i> .....	8
<b>Le CH4 dans le scénario REPOS Occitanie</b> .....	<b>9</b>
<i>Ressource mobilisable</i> .....	9
<i>Production primaire</i> .....	11
<b>L'hydrogène dans le scénario REPOS</b> .....	<b>11</b>
<i>Production primaire</i> .....	11
<i>Process intermédiaires utilisant H2</i> .....	12
<b>Hypothèses sur la consommation de gaz</b> .....	<b>14</b>
<i>Les usages</i> .....	14
<b>Évolution 2015-2050 et bilans</b> .....	<b>19</b>
<i>Évolution des usages des gaz (réseau régional et usages directs)</i> .....	19
<i>Evolution de la part des énergies renouvelables (réseau régional et usages directs)</i> .....	20
<i>Évolution des usages de l'hydrogène</i> .....	21
<i>Évolution du réseau régional de gaz</i> .....	22
<b>Annexe 1 - Note sur les émissions de GES (CO2 et CH4)</b> .....	<b>24</b>

# Objectifs et méthodologie

## Principe général de la modélisation

Le scénario « REPOS Occitanie » est un exercice de prospective énergétique permettant d'évaluer, année par année depuis 2015 jusqu'en 2050 les usages et services énergétiques dans la région Occitanie, et d'en déduire la consommation totale.

Par ailleurs le scénario analyse sur la même période les ressources énergétiques mobilisables en Occitanie, et estime les productions d'énergies renouvelables correspondantes.

La demande (la consommation) est ensuite comparée à l'offre (la production) pour estimer leur évolution respective vers une « Région à Energie **POS**itive » où l'offre en énergies renouvelables produites en Occitanie dépasserait la demande.

L'analyse, tant sur la consommation que sur la production, est effectuée selon 8 vecteurs énergétiques dont les combustibles et carburants gazeux.

## Limites

La modélisation REPOS, dans sa version 2.77, effectue un bilan annuel, chaque année entre 2015 et 2050.<sup>1</sup>

Elle n'est donc pas une simulation sur un pas de temps plus réduit, jour par jour voire heure par heure, qui seule permettrait de mieux prendre en compte les besoins en stockage-déstockage.

## Cartographie simplifiée du système énergétique gazier

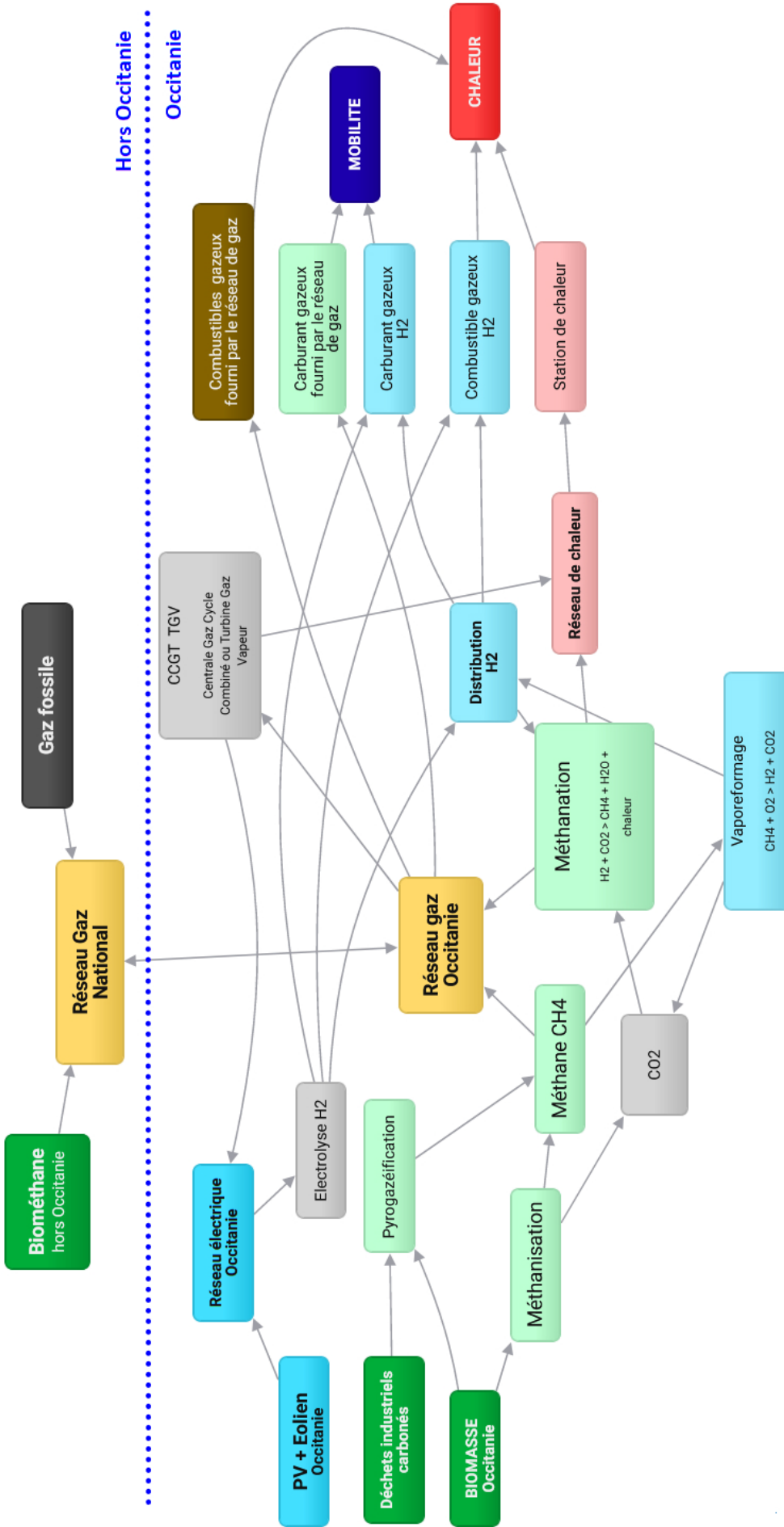
*Voir page suivante*

et sur <http://go.bubbl.us/a7bc70/06a1?/Energie-Occitanie>

---

<sup>1</sup> Tout se passe comme si toutes les opérations annuelles se déroulaient en un seule fois (calcul « overnight »)





# Nomenclature et définitions

## Sigles

GES : Gaz à Effet de Serre

GPL : Gaz de Pétrole Liquéfié, tels le butane  $C_4H_{10}$  et le propane  $C_3H_8$ . Mix d'hydrocarbures légers stockés à l'état liquide, pour 40% issus du raffinage du pétrole et pour 60% de l'extraction du gaz dit « naturel ».

GPL-c : GPL utilisé comme carburant pour la mobilité.

GNV (Gaz Naturel Véhicule) : nom que l'on donne au gaz dit « naturel » lorsqu'il est utilisé comme carburant pour la mobilité.

PV : photovoltaïque

VP : Véhicule Particulier (ou Voiture Particulière)

VUL : Véhicule Utilitaire Léger

PL : Poids Lourd

## Définition

CO<sub>2</sub> : Dioxyde de carbone ou gaz carbonique. Par simplification, on nommera « CO<sub>2</sub> » un gaz composé uniquement de dioxyde de carbone.

CO<sub>2</sub>f : CO<sub>2</sub> d'origine fossile<sup>2</sup>

CO<sub>2</sub>b : CO<sub>2</sub> d'origine biogénique

CH<sub>4</sub> : Hydrocarbure méthane. Par simplification, on nommera « CH<sub>4</sub> » le gaz composé uniquement de méthane.

CH<sub>4</sub>f : CH<sub>4</sub> dont le carbone est d'origine fossile

CH<sub>4</sub>b : CH<sub>4</sub> dont le carbone est d'origine biogénique, c'est-à-dire constitutif d'un végétal

H<sub>2</sub> : Dihydrogène. Par simplification, on nommera « H<sub>2</sub> » le gaz composé uniquement d'hydrogène.

H<sub>2</sub> gris : hydrogène produit par vaporeformage du gaz fossile

H<sub>2</sub> vert : hydrogène produit par électrolyse à partir d'énergies électriques renouvelables ou par vaporeformage à partir de biomasse.

Biogaz : gaz collecté en sortie d'un méthaniseur composé de CO<sub>2</sub>, de méthane CH<sub>4</sub> et de traces d'impuretés

Biométhane : gaz méthane (CH<sub>4</sub>) obtenu par épuration du biogaz.

BioGNV : carburant véhicule composé de biométhane

Réseaux de gaz locaux : réseaux très localisés, non reliés à d'autres réseaux et comprenant une unité de production (par exemple un méthaniseur) alimentant des usages locaux.

Réseau national de gaz : réseau de transport et de distribution du gaz maillé sur tout le territoire français.

Réseau régional de gaz : partie du réseau national situé en Occitanie.

GRTgaz : Avec TERÉGA, l'une des deux entreprises gestionnaires du réseau de transport du gaz en France.

TERÉGA : Avec GRTgaz, une des deux entreprises gestionnaires du réseau de transport du gaz en France, présente sur la majeure partie de l'Occitanie.

---

<sup>2</sup> Voir annexe 1

GRDF : Entreprise gestionnaire du réseau de distribution du gaz

PPE : Programmation Pluriannuelle de l'Énergie.

SNBC : Stratégie Nationale Bas Carbone

SRB : Schéma Régional Biomasse

PRPGD : Plan Régional de Prévention et de Gestion des Déchets

## Note sur les émissions de GES (CO2 et CH4)

*Voir en annexe 1*

# Le système gazier dans REPOS Occitanie

## Typologie

La modélisation du scénario REPOS Occitanie distingue :

*Deux vecteurs énergétiques :*

- le vecteur « gaz combustible »
- le vecteur « gaz carburant »

*Quatre gaz :*

- le dihydrogène H<sub>2</sub>
- le méthane CH<sub>4</sub>
- le butane C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>
- le propane C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>

La présente note ne concerne que la production, la distribution et l'utilisation des vecteurs énergétiques de type « combustibles gazeux et carburants gazeux » tels que H<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub>.

Elle ne concerne donc pas le butane et le propane qui sont des gaz de pétrole liquéfiés (GPL). Dans la modélisation énergétique REPOS Occitanie, ceux-ci sont regroupés avec les autres liquides pétroliers et classifiés, selon leur usage, sur deux autres vecteurs énergétiques : les combustibles liquides et les carburants liquides (ou liquéfiés).

*Quatre origines du CH<sub>4</sub>*

La modélisation du scénario REPOS Occitanie analyse trois processus de production du méthane CH<sub>4</sub> :

- Méthanisation
- Pyrogazéification
- Méthanation

A ces trois processus se rajoutent les « importations » en Occitanie via le maillage avec le réseau national de gaz dit « de gaz naturel » dont le mix comprend très majoritairement du méthane importé d'origine fossile<sup>3</sup> et du biométhane injecté sur le réseau.

---

<sup>3</sup> Deux grands types de gaz fossile sont distribués en France : dans la moitié nord du pays le gaz B (issu essentiellement des Pays-Bas) qui a une teneur élevée en azote et un bas pouvoir calorifique ; dans la moitié sud, le gaz H (qui provient notamment de la mer du Nord, d'Algérie et de Russie) qui possède un plus haut pouvoir calorifique (10,67 à 12,77 kWh/m<sup>3</sup>N pour une combustion à une température de 25°C)

## Trois origines du H2

La modélisation du scénario REPOS Occitanie distingue deux process de production de l'hydrogène H2 :

- Electrolyse
- Vaporeformage du biométhane

Ces deux process sont complétés, si nécessaire, par des « importations » de H2 en Occitanie par citernes via transport routier ou ferroviaire.

## Deux types de réseaux de distribution

Le scénario REPOS Occitanie distingue deux modes de distribution :

- Des systèmes indépendants, non maillés, pour des usages et une distribution locale.
- Un réseau maillé régional, couplé au réseau national.

## Process

### CH4

<i>Process</i>	<i>Descriptif</i>	<i>Input</i>	<i>Output</i>	<i>Usages dans REPOS</i>
Méthanisation	Procédé de transformation anaérobie de la biomasse.	Biomasse	CH4 + CO2	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Utilisation locale « à la ferme »</li><li>➤ Injection dans le réseau de gaz</li></ul>
Pyrogazéification	Procédé de transformation par pyrolyse <sup>4</sup> de produits carbonés.	Produits carbonés	CH4 + CO2	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Injection en totalité dans le réseau de gaz</li></ul>
Méthanation	Procédé de production de CH4 par synthèse de H2 et CO2	H2 + CO2	CH4 + H2O + chaleur	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Injection en totalité dans le réseau de gaz</li></ul>

### Hydrogène

<i>Process</i>	<i>Descriptif</i>	<i>Input</i>	<i>Output</i>	<i>Usages dans REPOS</i>
Électrolyse	Production de H2 et O2 à partir d'eau et d'électricité	H2O + électricité	H2 + O2	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Utilisation directe (industrie, mobilité)</li><li>➤ Injection dans des réseaux dédiés H2</li><li>➤ Injection dans le réseau de gaz</li></ul>
Vaporeformage	Production de H2 à partir de CH4, d'eau, d'air	CH4 + Air + H2O	H2 + CO2 + H2O	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Injection dans le réseau de gaz</li></ul>

<sup>4</sup> La pyrolyse (ou thermolyse) est la décomposition d'un composé organique par une augmentation importante de sa température

## Les réseaux de distribution du gaz

Les deux vecteurs gaz liquides et gazeux font l'objet de deux modes de distribution à l'utilisateur final :

1. soit par des systèmes indépendants
2. soit par un « réseau régional » maillé et couplé aux frontières de la Région Occitanie avec le « réseau national ».

### 1) Des systèmes de distribution indépendants, non maillés

Dans ce cas, tout ou partie des gaz CH<sub>4</sub> et H<sub>2</sub> produits est utilisé directement, indépendamment du réseau régional :

- Méthaniseurs de petite puissance, avec production de biogaz utilisé localement (« biogaz à la ferme »)
- Cuves et citernes de bioGNV avec remplissage par camion-citerne en station-service
- Électrolyseurs avec production de H<sub>2</sub> stockée en containers pour alimentation de station de remplissage
- Électrolyseurs avec production de H<sub>2</sub> alimentant un stockage et un réseau local
- Ensemble Méthaniseur-Vaporeformeur pour production de H<sub>2</sub> alimentant un stockage et un réseau local, etc ...

Dans tous ces cas de figure, le gaz produit est considéré consommé localement et donc non injecté au réseau de gaz régional.

### 2) Un réseau régional de gaz maillé et relié au réseau national

Ce réseau régional est alimenté en CH<sub>4</sub> ou H<sub>2</sub> selon 4 types de ressources

#### *CH<sub>4</sub> produit par méthanisation*

La production de CH<sub>4</sub> par méthanisation non utilisée dans les systèmes indépendants décrits ci-dessus est considérée injectée en totalité dans le réseau régional de gaz. C'est le cas des unités les plus importantes, raccordées au réseau régional par une station d'injection du biogaz.

#### *CH<sub>4</sub> produit par pyrogazéification*

Le CH<sub>4</sub> produit par pyrogazéification est considéré injecté en totalité dans le réseau régional de gaz.

#### *CH<sub>4</sub> produit par méthanation*

De même le CH<sub>4</sub> produit par des unités de méthanation est considéré injecté en totalité dans le réseau régional de gaz.

#### *H<sub>2</sub> injecté dans le réseau*

Une part de la production régionale de H<sub>2</sub> par électrolyse non utilisée dans des systèmes indépendants est injectée dans le réseau régional de gaz.

#### *Importations de gaz du réseau*

La demande en gaz distribué par le réseau régional doit pouvoir être assurée en permanence par ces 4 sources de production de CH<sub>4</sub> et de H<sub>2</sub>. Si ce n'est pas le cas, un équilibrage est réalisé par une « importation » du réseau national de gaz en Occitanie.

A l'inverse, si ces 4 sources apportent une quantité de gaz supérieure à la demande, l'excédent sera considéré comme « exporté » vers le réseau national.

#### *Calcul du mix du réseau de gaz*

Concernant le gaz importé, une part croissante de celui-ci devrait être d'origine renouvelable (« gaz vert ») si cette croissance est conforme aux projections de la PPE et de la SNBC. La modélisation actuelle REPOS ne tient



pas compte de cette part de « gaz vert » dans le mix énergétique du réseau de gaz national pour calculer le % d'énergies renouvelables dans le réseau régional.

Le mix du réseau gaz en Occitanie correspond donc à la répartition suivante, en contenu énergétique :

Contenu énergétique du réseau de gaz régional =

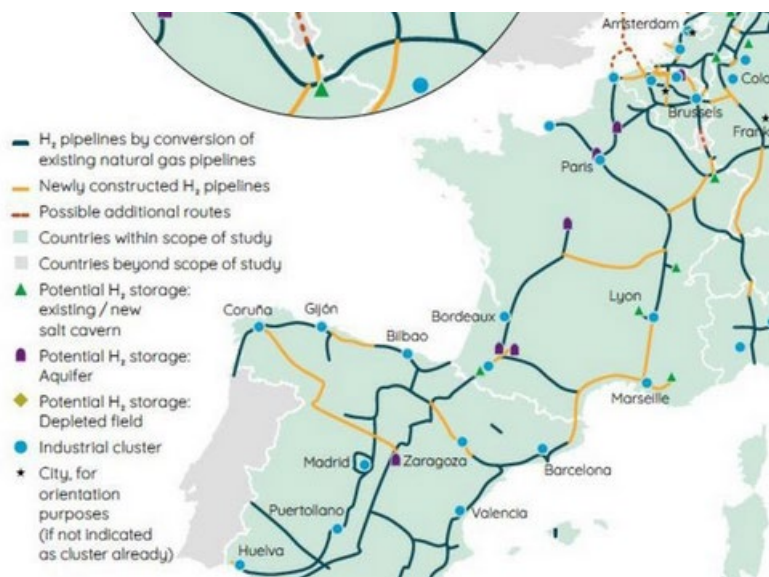
- contenu énergétique du CH<sub>4</sub> produit par méthanisation en Occitanie et injecté dans le réseau
- + contenu énergétique du CH<sub>4</sub> produit par pyrogazéification en Occitanie
- + contenu énergétique du CH<sub>4</sub> produit par méthanation en Occitanie
- + contenu énergétique du H<sub>2</sub> produit en Occitanie et injecté dans le réseau
- + contenu énergétique du CH<sub>4</sub> importé.

Le calcul est annualisé.

## Réseaux dédiés H<sub>2</sub>

Il est envisagé que plusieurs réseaux H<sub>2</sub> dédiés soient implantés en Occitanie, dont les mailles Montpellier - Perpignan - Toulouse du réseau H<sub>2</sub> européen EHB « European Hydrogen Backbone »

La modélisation REPOS ne distingue pas, dans sa version actuelle, entre la distribution à partir de tels réseaux et la distribution directe sur site.



Source : H2-Mobile <https://www.h2-mobile.fr>

## Le méthane CH<sub>4</sub> dans le scénario REPOS Occitanie

### Ressource mobilisable

L'analyse de la ressource mobilisable s'appuie sur les évaluations du SRB<sup>5</sup> réalisées par la Région en 2018 et du PRPGD<sup>6</sup>.

Le tableau page suivante est une synthèse des données issues de ces deux rapports.

<sup>5</sup> SRB : Schéma Régional de Biomasse

<sup>6</sup> PRPGD : Plan Régional de Prévention et de Gestion des Déchets

	Potentiel SRB et PRD	Biomasse Combustible			Déchets incinérables	Biomasse Méthanisable	Biocarburants
		dont chauffage	dont pyrolysable	dont cogén			
<b>Potentiel forestier</b>							
Bois de forêts (bois-buches)	8 900 GWh	13 190	7 927	973			
Bois de haies	1 890 GWh		1 890				
Bois issues de la transformation	2 400 GWh		2 400				
<b>Potentiel agricole méthanisable</b>							
Production méthanisable	11 487 GWh	11 487	1 201		10 286		
<b>Gisement de déchets organiques non forestiers non agricoles</b>							
Déchets organiques méthanisables	840 GWh	3 344			840		
Déchets organiques vers UVE	714 GWh				714		
Déchets de bois	1 400 GWh		776	624			
CSR	390 GWh		390	390			
<b>Biocarburant</b>							
Culture Biocarburant	0 GWh	0					0
<b>Gisement total biomasse valorisable</b>							
		28 021	9 904	973	714	11 126	0
<b>Potentiel maxima REPOS 2050</b>							
		<b>Biomasse pour combustion</b>	<b>14 980</b>				
		<i>dont équipements individuels de chauffage et chaufferies</i>		7 927			
			<i>dont pyrolyse</i>	6 000			
			<i>dont cogénération bois-énergie</i>	973			
			<b>Biomasse pour incinération</b>		<b>700</b>		
					<b>Biomasse méthanisable</b>	<b>11 500</b>	<b>Biocarburant</b>
							<b>0</b>

## Production primaire

### Méthanisation

Selon les analyses SRB 2018 et PRPGD, le potentiel méthanisable est, en contenu énergétique, égal à 11 126 GWh.

### Pyrogazéification

Toujours selon ces deux analyses, le potentiel pyrogazéifiable est, en contenu énergétique, égal à 5300 GWh.

La production par pyrogazéification débute dans le scénario REPOS en 2026. Le rendement du process correspondant varie de 49 % pour atteindre 70 % en 2050.

## L'hydrogène H2 dans le scénario REPOS

### Production primaire

#### Electrolyse

##### *Equiperment en électrolyseurs*

Dans le scénario REPOS Occitanie, la demande énergétique en H2 est fournie :

- Sur la période 2015-2022, par « importation » d'hydrogène c'est-à-dire par fourniture d'hydrogène commercial supposé être produit en totalité par reformage de gaz fossile.
- Après 2022<sup>7</sup>, par « importation » puis progressivement par électrolyse à partir d'électrolyseurs situés en Occitanie et dont la capacité est censée, dans la modélisation REPOS, s'adapter en permanence à la croissance de la demande.

##### *Rendement des électrolyseurs*

Ce rendement varie linéairement de 45 % en 2015 à 71 % en 2050<sup>8</sup> pour tenir compte des progrès technologiques sur les électrolyseurs.

##### *Origine de l'électricité des électrolyseurs*

La quantité d'électricité à fournir en année X aux électrolyseurs est fonction de la demande cette année X en H2 et du rendement des électrolyseurs.

Dans la modélisation REPOS Occitanie, cette quantité est considérée comme intégralement fournie par les équipements renouvelables électriques situés en Occitanie, principalement éolien et photovoltaïque.

S'agissant d'une consommation intermédiaire (c'est-à-dire non finale), cette consommation des électrolyseurs est ensuite déduite de la production électrique d'origine renouvelable délivrée sur le réseau. Le solde correspond donc à l'électricité d'origine renouvelable nette disponible pour la consommation finale des cinq secteurs de consommation analysés.

##### *Production*

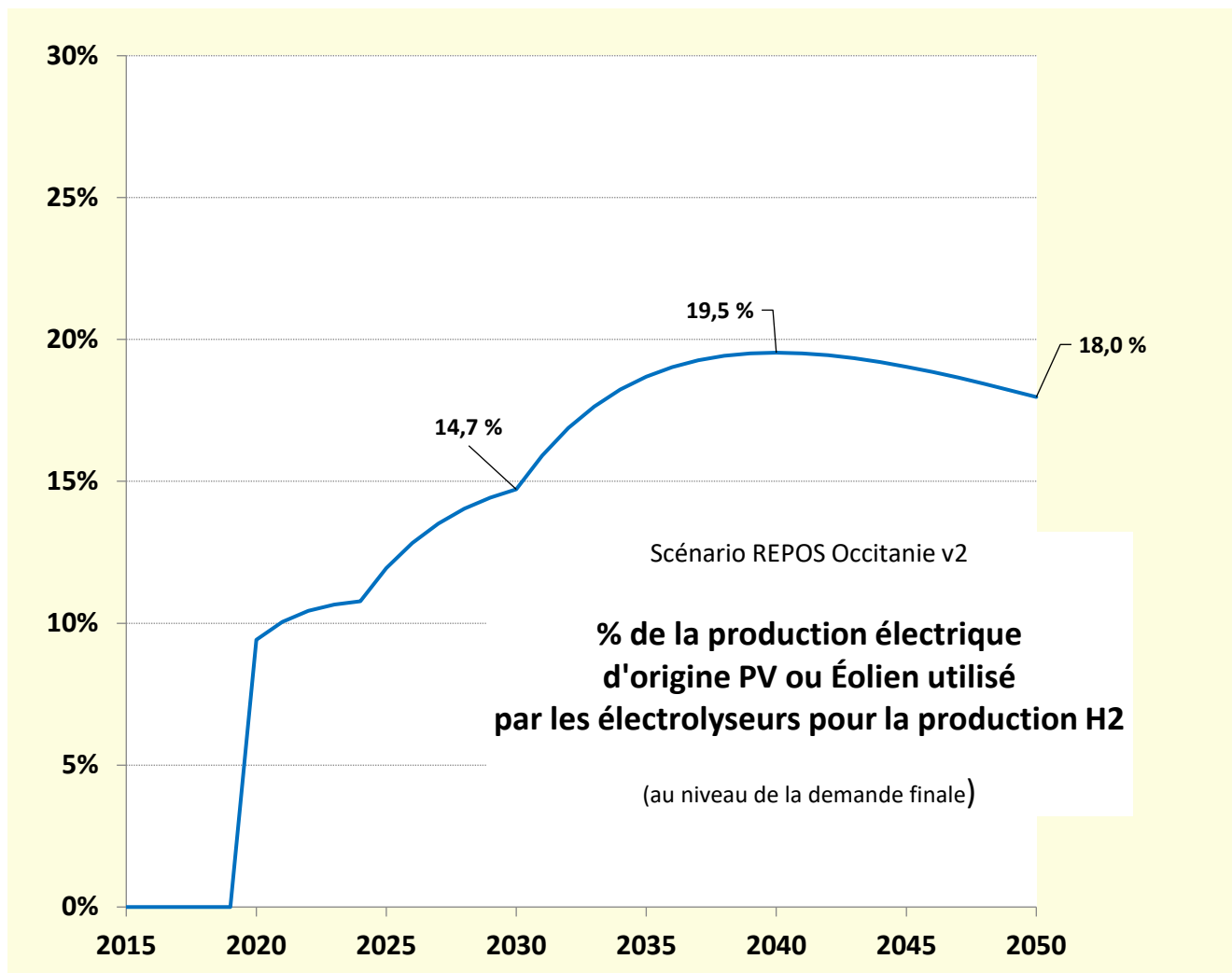
La part de la production électrique d'origine PV + Éolien utilisée pour l'électrolyse atteint 19,5 % vers 2040, et reste ensuite dans la plage 18 à 20 %.

---

<sup>7</sup> Le projet Hyport à Blagnac sera mis en service en 2022

<sup>8</sup> Ce rendement de 71 % est celui retenu par RTE en 2050 dans son rapport « Systèmes énergétiques 2050 »

L'hydrogène ainsi produit est considéré comme « vert », et comptabilisé comme combustible ou carburant gazeux d'origine renouvelable.



## Vaporeformage

La production de H2 par vaporeformage du méthane produit par méthanisation fait l'objet de recherche-développement par la société SEVEN.

Malgré une chaîne énergétique nécessitant un double process de méthanisation puis vaporeformage, cette filière peut s'avérer intéressante en utilisation locale afin d'éviter le transport de H2 par route si l'unité d'électrolyse est très éloignée.

Pour l'instant cette filière n'est pas intégrée dans le scénario REPOS v 2.77.

## Process intermédiaires utilisant H2

Dans la modélisation du scénario REPOS Occitanie la méthanisation et la pyrogazéification se révèlent à elles seules insuffisantes pour arriver à un mix gazier proche de 100 % d'origine renouvelable produite en Occitanie dans le réseau gazier régional.

Pour renforcer la production de gaz d'origine renouvelable et régionale, le scénario recourt à deux autres process : l'injection directe de H2 dans le réseau et la synthèse de CH4 à partir de H2 par méthanation.

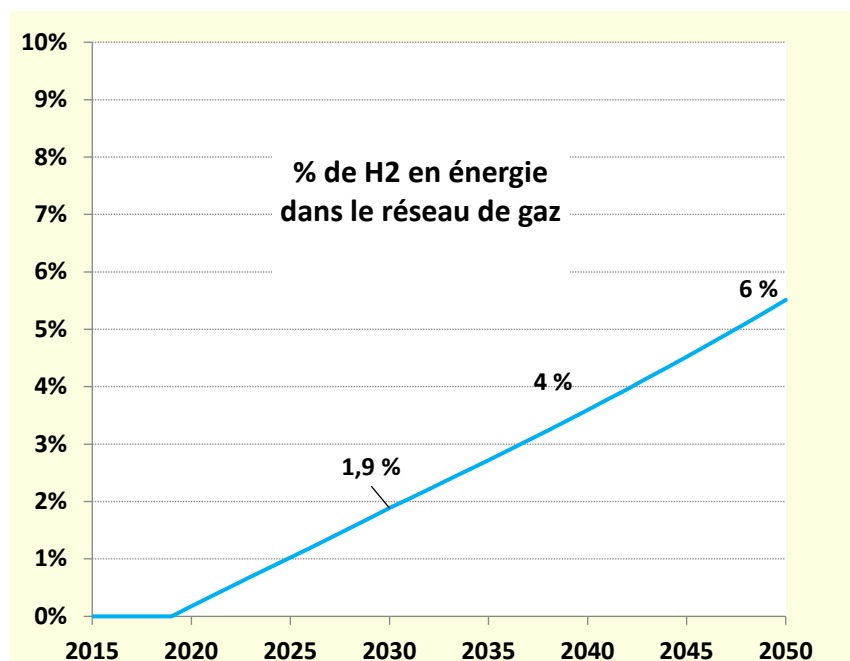
## Injection H2 dans le réseau de gaz

Ce process consiste à injecter directement une partie du H2 produit par électrolyse dans le réseau régional de gaz.

Le contenu énergétique correspondant varie linéairement depuis 2020 jusqu'à 1000 GWh en 2050.

Le taux d'injection atteint 6 % en contenu énergétique en 2050, soit en volume de l'ordre de 20 %, un taux envisagé à long terme dans certaines études<sup>9</sup> :

« Les opérateurs d'infrastructures gazières français ont présenté le 15 novembre (2019) un rapport sur les conditions techniques et économiques d'intégration de l'hydrogène dans les réseaux existants de gaz naturel. Un taux de 6% est envisagé à court terme, 10% en 2030 et jusqu'à 20% au-delà. L'injection d'un pourcentage plus élevé impliquerait selon eux des coûts trop importants, mais d'autres solutions sont envisagées. »



## Méthanation

Ce process consiste à synthétiser du CH4 à partir de H2 et CO2.

Le H2 est produit par électrolyse.

Le CO2 est issu de différents process agricoles ou industriels. Il peut notamment être collecté en sortie d'unité de méthanisation, puisque le biogaz produit est un mélange de CH4 et CO2. Dans ce cas la méthanation permet d'ajouter à la production de biométhane une production complémentaire par méthanation.

Dans le scénario REPOS Occitanie la totalité du CH4 produit par méthanation est injectée dans le réseau gazier régional.

Le contenu énergétique de l'hydrogène nécessaire varie linéairement jusqu'à 2000 GWh en 2050.

---

<sup>9</sup> [Source : Industrie-techno](#)



# Hypothèses sur la consommation de gaz

## Les usages

### Résidentiel et Tertiaire

Les usages suivants sont modélisés dans REPOS Occitanie :

- Chauffage au gaz à partir d'une chaudière ou d'une chaufferie raccordée au réseau régional de gaz
- Eau chaude sanitaire par un équipement ECS raccordé au réseau régional de gaz
- Cuisson par cuisinière et fours raccordés au réseau régional de gaz

Ne sont pas analysés dans cette version de REPOS Occitanie :

- Les systèmes de climatisation ou de production de froid par des systèmes gaz par absorption
- Les PAC hybride gaz
- L'utilisation directe du vecteur hydrogène à partir, par exemple, de chaudière H2 ou de piles à combustible.

→ Pour plus de spécifications, voir les deux Cahiers Techniques REPOS « Résidentiel » et « Tertiaire »

### Industrie et Agriculture

*Voir l'analyse Enerdata de 2018*

Les usages suivants sont modélisés dans REPOS Occitanie :

- Process thermique industriel et serres utilisant le gaz du réseau
- Quelques process thermiques industriels utilisant du H2 en 2015.<sup>10</sup>

Ne sont pas analysés dans cette version de REPOS Occitanie :

- Les nouveaux process thermiques industriels utilisant du H2
- L'utilisation de l'hydrogène comme matière première (raffinage pétrolier, ammoniac, engrais, industrie chimique, métallurgie, etc.).

→ Pour plus de spécifications, Analyse Enerdata de 2018

### Mobilité des personnes

→ Voir également le Cahier Technique REPOS « Mobilité »

L'analyse REPOS pour la mobilité des personnes intègre 9 types de véhicules avec les motorisations suivantes :

- GNV = Moteur thermique alimenté par du gaz délivré à partir du réseau régional de gaz
- Electrique = Moteur électrique sur batteries
- H2 = pile à combustible à hydrogène + moteur électrique

---

<sup>10</sup> En 2019, 210 kNm3 d'H2 ont été utilisés dans l'industrie en Occitanie selon l'enquête sur les consommations d'énergie dans l'industrie (EACEI).

- Essence-Gazole = Moteur thermique alimenté par des carburants fossiles

Le vecteur gaz fait donc partie intégrante des énergies utilisées soit en alimentation en carburant GNV via le réseau de gaz, soit fournissant de l'hydrogène pour une PAC.

### *Estimation des flottes de véhicule*

La répartition entre ces quatre types de motorisation prise en compte dans le scénario REPOS Occitanie pour la mobilité des personnes est exprimée lors d'une année X non pas en % des véhicules en circulation (c'est-à-dire en part de marché commerciale) mais en % des km parcourus par le parc entier lors de cette année X (c'est-à-dire en « part de marché kilométrique »).

Par exemple « 20 % Electrique pour les VP Berline en 2030 » signifie qu'en 2030, sur la totalité des kms parcourus par le parc de véhicules de type berline, 20 % l'ont été par des véhicules à moteur électrique sur batteries.

Ce % permet de calculer les consommations d'énergie par parc et par type. L'estimation du nombre de véhicules au sein d'une flotte donnée fait l'objet d'un calcul spécifique en fonction des kms annuels moyens effectués par les véhicules du parc.

### *Parts de marché kilométrique estimatives*

Les « parts de marché kilométriques » sont estimées pour 2015, 2020, 2030 et 2050 pour 9 types de véhicules selon les hypothèses suivantes :

(en surligné jaune, les motorisations utilisant le vecteur gaz)

Part de marché et % motorisation	Cible 2020	Cible 2030	Cible 2050	2015
<b>Vélo</b>				
Vélo non assisté	90 %	65 %	45 %	98 %
GNV	0 %	0 %	0 %	0 %
Electrique	10 %	30 %	50 %	2 %
Hydrogène	0 %	5 %	5 %	0 %
<b>2 roues motorisés</b>				
Essence - Gazole	100 %	65 %	0 %	100 %
GNV	0 %	0 %	0 %	0 %
Electrique	0 %	30 %	50 %	0 %
Hydrogène	0 %	5 %	50 %	0 %
<b>VP citadine</b>				
Essence - Gazole	25 %	15 %	0 %	25 %
GNV	0 %	0 %	0 %	0 %
Electrique	75 %	85 %	100 %	75 %
Hydrogène	0 %	0 %	0 %	0 %
Hybride GNV - Elec	0 %	0 %	0 %	0 %
Hybride H2 - Elec	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>VP berline</b>				
Essence - Gazole	98 %	68 %	3 %	99 %
GNV	0 %	10 %	25 %	0 %
Electrique	2 %	20 %	25 %	1 %
Hydrogène	0 %	0 %	25 %	0 %
Hybride GNV - Elec	0 %	0 %	15 %	0 %
Hybride H2 - Elec	0 %	2 %	7 %	0 %
<b>Microbus</b>				
Essence - Gazole	99 %	58 %	0 %	99 %
GNV	1 %	10 %	35 %	1 %
Electrique	0 %	30 %	30 %	0 %
Hydrogène	0 %	2 %	35 %	0 %
Hybride GNV - Elec	0 %	0 %	0 %	0 %
Hybride H2 - Elec	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>Bus et cars</b>				
Essence - Gazole	98 %	63 %	0 %	99 %
GNV	2 %	20 %	35 %	1 %
Electrique	0 %	15 %	30 %	0 %
Hydrogène	0 %	2 %	35 %	0 %
Hybride GNV - Elec	0 %	0 %	0 %	0 %
Hybride H2 - Elec	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>Train (grandes lignes)</b>				
Essence - Gazole	0 %	0 %	0 %	0 %
GNV	0 %	0 %	0 %	0 %
Electrique	100 %	100 %	100 %	100 %
Hydrogène	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>Train (locaux)</b>				
Essence - Gazole	35 %	18 %	0 %	35 %
GNV	0 %	8 %	15 %	0 %
Electrique	65 %	72 %	80 %	65 %
Hydrogène	0 %	2 %	5 %	0 %
<b>Avion</b>				
Essence - Gazole	100 %	100 %	100 %	100 %
GNV	0 %	0 %	0 %	0 %
Electrique	0 %	0 %	0 %	0 %
Hydrogène	0 %	0 %	0 %	0 %

## Vélos

50 % en 2050 à assistance électrique par batterie.

Développement après 2030 d'une niche spécifique : les vélos à assistance électrique à mini-PAC à recharge H2 utilisés en ville, essentiellement pour des livraisons ou des flottes de type Vélib lorsque la recharge directe sur le vélo par un véhicule dédié à ces recharges ou le remplacement par des cartouches H2 est économiquement plus rentable que des bornes de recharge électrique.

## Deux roues motorisés

Substitution à terme, en 2050, des moteurs thermiques au profit, selon l'usage, d'une motorisation électrique soit par batterie, soit par PAC + H2 lorsqu'une grande autonomie est nécessaire.

### *VP citadine*

Véhicules particuliers légers, 3 ou 4 roues, adaptés à des déplacements de 1 à 3 personnes en zone urbaine ou péri-urbaine, et utilisés lorsque la spécificité du déplacement rend difficile ou trop lent un transport collectif ou en 2 roues (déplacements à arrêts multiples, zones mal couvertes par les transports collectifs, personnes âgées ou handicapées, conditions météo rendant la circulation difficile, etc.).

Pas d'utilisation du gaz : ces véhicules sont tous électriques sur batteries.

### *VP berline*

Véhicules particuliers de type « berline familiale » adaptés à des déplacements interurbains jusqu'à 5 personnes, utilisés lorsque la spécificité du déplacement rend difficile ou trop lent un transport collectif.

En 2050, une très faible partie résiduelle du parc (3 %) est encore en essence ou gazole, la motorisation étant soit thermique bioGNV (25 %), électrique par batteries (25 %) ou PAC + H2 (25 %) ou bien encore hybride Elec-GNV et Elec-H2 (22 %).

L'utilisation du gaz GNV ou H2 concerne intégralement ou partiellement 72 % des kilométrages effectués (25 % + 25% + 22 %).

### *Microbus*

Véhicules de transport collectif à la demande, de point à point, de type « taxi collectif » conçus pour transporter jusqu'à 6 à 10 personnes.

En 2050 la motorisation de ce type de véhicule est soit thermique en bioGNV (35 %), soit électrique par batteries (30 %) ou par PAC + H2 (35 %).

L'utilisation de gaz (GNV ou H2) concerne intégralement ou partiellement 70 % des kilométrages effectués (35 % + 35 %).

### *Bus, autocars*

Véhicules de transport collectif, 50 à 100 personnes par véhicule ou rame.

En 2050, répartition de la motorisation identique aux microbus.

### *Trains (grandes lignes)*

Train à forte capacité sur lignes principales. Motorisation 100 % électrique.

### *Trains locaux*

Train à desserte interurbaine sur lignes secondaires, principalement électrique (80 % en 2050). Remplacement des motorisations diesel par du biométhane ou de PAC + H2 lorsque l'électrification de la ligne ne peut être réalisée.

### *Avion*

Kérozène à 100 % jusqu'en 2050 : pas d'hypothèse de substitution par des biocarburants, l'électrique ou de l'hydrogène.

## **Mobilité des marchandises (fret)**

→ Voir également le Cahier Technique REPOS « Mobilité »

### *Mode de calcul*

Comme pour la mobilité des personnes, les « parts de marché » pour le fret des marchandises qui sont estimées lors d'une année X dans le scénario REPOS Occitanie sont exprimés non pas en % du nombre de

véhicules en circulation pour un type de véhicule mais en % des km parcourus par le parc de ce type lors de cette année X.

Ces « parts de marché kilométriques » sont estimées pour 2015, 2020, 2030 et 2050 pour 7 modes de transport de marchandises : par deux roues (VUL1 Cyclo), par véhicules utilitaires inférieurs à 3,5 t de PTAC<sup>11</sup> (VUL2), par camions (PL1), par tracteurs d'une semi-remorque jusqu'à 44 T (PL2), par péniche (Fluvial) et par train de marchandise (Fret rail).

### Parts de marché kilométriques estimatives

Explicatif : dans le tableau ci-dessous, « 15 % GNV pour les PL1 en 2030 » correspond à l'hypothèse suivante : en 2030, sur la totalité des kms parcourus par tous les véhicules de type « poids lourds camions », 15 % de ce kilométrage sera effectué par des camions roulant au GNV.

En surligné jaune, les motorisations utilisant le vecteur gaz.

<b>FRET - Part de marché et % motorisation</b>				
	Cible 2020	Cible 2030	Cible 2050	2015
<b>VUL1 Cyclo</b>				
Essence - Gazole	0 %	0 %	0 %	0 %
GNV	0 %	0 %	0 %	0 %
Electrique	100 %	100 %	100 %	100 %
Hydrogène	0 %	0 %	0 %	0 %
Hybride GNV - Elec	0 %	0 %	0 %	0 %
Hybride H2 - Elec	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>VUL2 &lt; 3,5 T</b>				
Essence - Gazole	100 %	65 %	5 %	100 %
GNV	0 %	10 %	25 %	0 %
Electrique	0 %	20 %	25 %	0 %
Hydrogène	0 %	1 %	25 %	0 %
Hybride GNV - Elec	0 %	2 %	10 %	0 %
Hybride H2 - Elec	0 %	2 %	10 %	0 %
<b>PL1 Camions</b>				
Essence - Gazole	100 %	71 %	0 %	100 %
GNV	0 %	15 %	30 %	0 %
Electrique	0 %	2 %	5 %	0 %
Hydrogène	0 %	2 %	40 %	0 %
Hybride GNV - Elec	0 %	5 %	10 %	0 %
Hybride H2 - Elec	0 %	5 %	15 %	0 %
<b>PL2 Tracteurs</b>				
Essence - Gazole	100 %	80 %	10 %	100 %
GNV	0 %	15 %	45 %	0 %
Electrique	0 %	0 %	0 %	0 %
Hydrogène	0 %	5 %	45 %	0 %
Hybride GNV - Elec	0 %	0 %	0 %	0 %
Hybride H2 - Elec	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>Fluvial</b>				
Essence - Gazole	100 %	83 %	10 %	100 %
GNV	0 %	10 %	40 %	0 %
Electrique	0 %	5 %	10 %	0 %
Hydrogène	0 %	2 %	40 %	0 %
<b>Fret rail</b>				
Essence - Gazole	35 %	18 %	0 %	35 %

<sup>11</sup> Poids Total Autorisé en Charge



GNV	0 %	8 %	15 %	0 %
Electrique	65 %	72 %	80 %	65 %
Hydrogène	0 %	2 %	5 %	0 %

### VUL1 Cyclo

Bicycles ou tricycles assurant des services de fret urbain (vélo cargo, etc). Motorisation à assistance électrique.

### VUL2 > 3,5 T

Véhicules urbains légers inférieur à 3,5 Tonnes PTAC. Equilibre (25 %) entre les 3 grands types de motorisation GNV, PAC+ H2 et électrique + batteries.

### PL1 Camions

Motorisations adaptées à des longs trajets : GNV (30 %), PAC H2 (40 %) et hybrides GNC/ Elec et H2/Elec (20 %) Aucun véhicule sur uniquement des batteries.

### PL2 Tracteurs pour semi-remorques

Répartition équilibrée entre GNV et PAC H2 (50 % en 2050). Aucun véhicule sur batteries.

### Fluvial

Répartition selon la nature des navires entre GNV (40 %), PAC H2 (40 %) et électrique sur batteries (10 %)

### Fret rail

Essentiellement électriques (80 %). Remplacement des motorisations diesel par GNV ou H2 lorsque l'électrification de la ligne ne peut être réalisée.

## Évolution 2015-2050 et bilans

### Évolution des usages des gaz (réseau régional et usages directs)

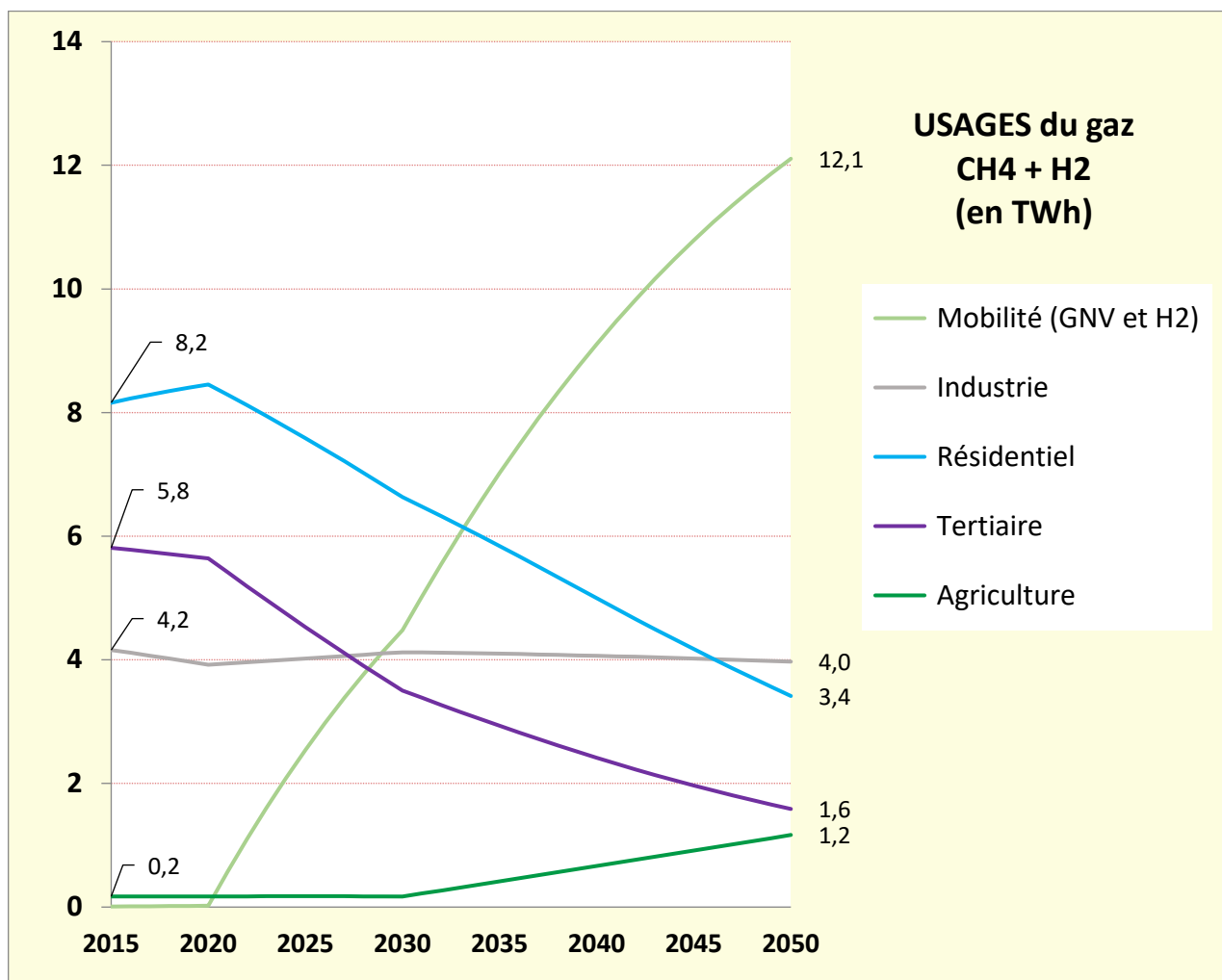
Les usages totaux du gaz sous toutes ses formes moléculaires (CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>), toutes provenance (importation, production en Occitanie) et vecteurs (carburant, combustible) progressent en valeur énergétique de 18,3 TWh en 2015 à 22,3 TWh en 2050.

Les utilisations de gaz (CH<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>) liées la mobilité des personnes et du fret se développent progressivement jusqu'à devenir de loin le premier poste de consommations avec 12,1 TWh en 2050.

Les usages du gaz dans le bâtiment diminuent d'un facteur 2,5 (Résidentiel) à 3,5 (Tertiaire) par le double effet :

- de la baisse de la consommation de gaz, due à l'amélioration de l'isolation des locaux,
- du remplacement progressif des chaudières gaz.

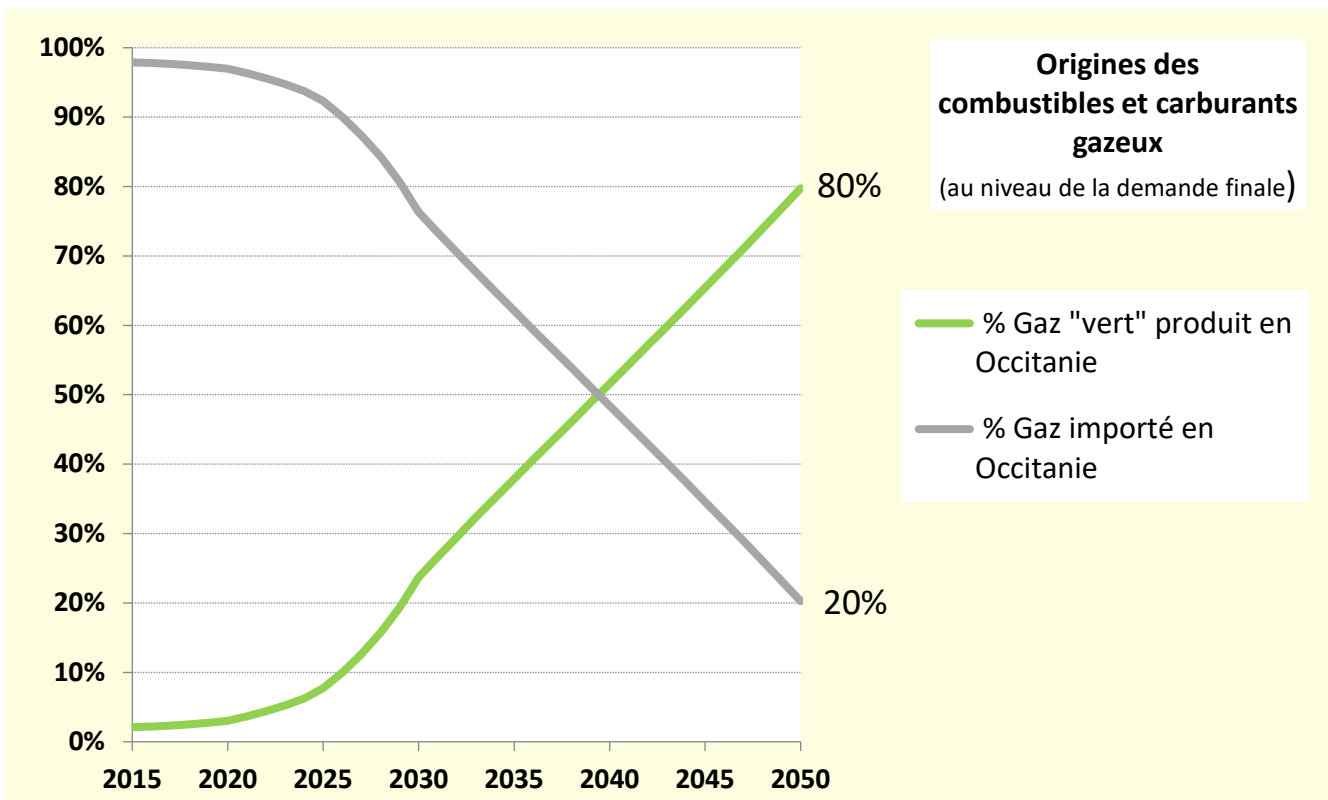
Dans l'agriculture, net accroissement par substitution du diesel par du bioGNV dans les engins agricoles.



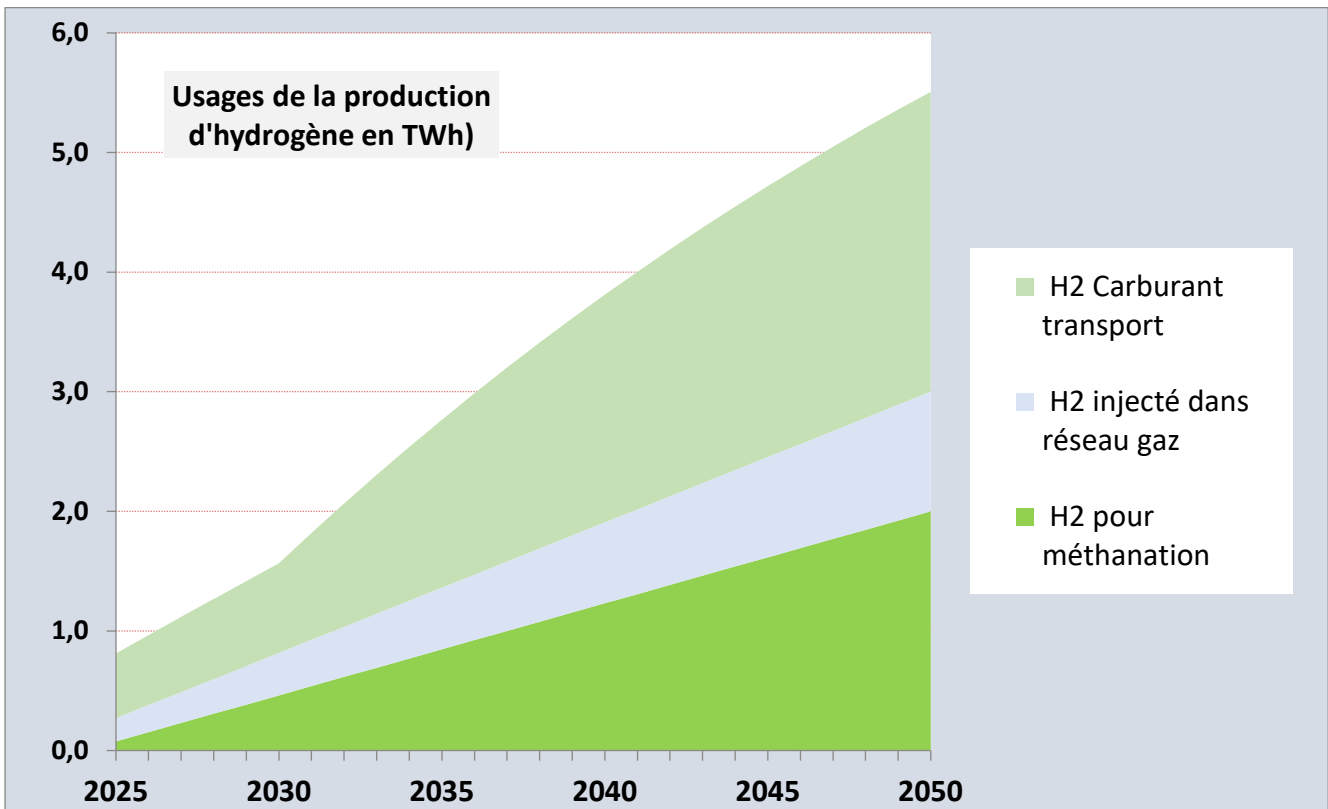
## Evolution de la part des énergies renouvelables (réseau régional et usages directs)

Le % de gaz dont l'origine est à la fois renouvelable et produite en Occitanie croît régulièrement.

Vers 2040, ce pourcentage est égal à celui qui est importé via le réseau national. A terme, en 2050, ce taux atteint 80 %.



## Évolution des usages de l'hydrogène



Dans le scénario REPOS Occitanie, les usages de l'hydrogène, qui partent quasiment zéro, atteignent 5,5 TWh en 2050.

Ces usages évoluent de la façon suivante :

- Une forte progression de l'hydrogène utilisé dans les transports ;
- Une part utilisée pour la méthanation, le CH<sub>4</sub> ainsi synthétisé (pour 2000 GWh en 2050) étant envoyée dans le réseau régional de gaz ;
- Une part est injectée dans le réseau régional de gaz, pour 1000 GWh en 2050.

Enfin les usages industriels sont marginaux, et sont supposés rester au même niveau.

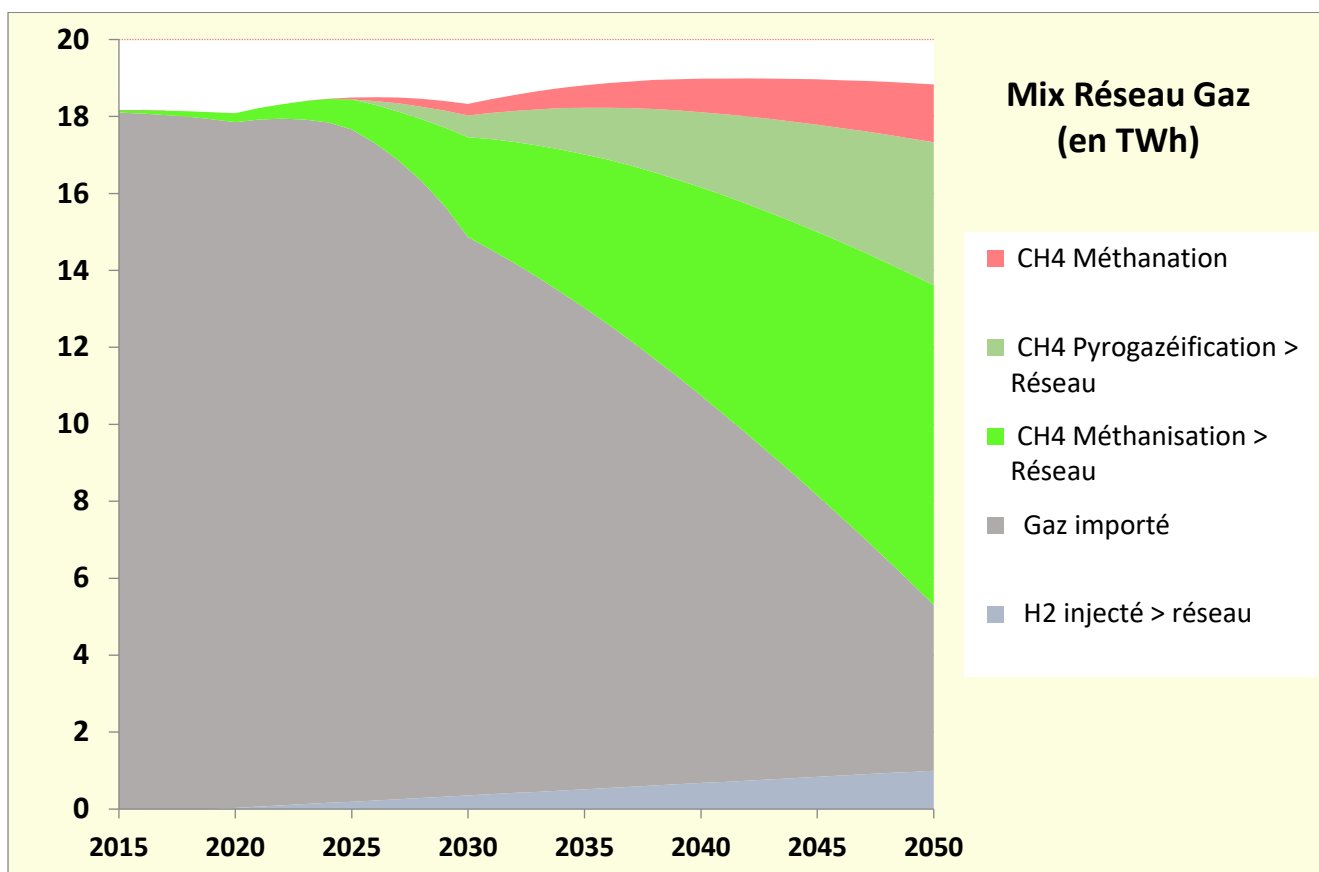
## Évolution du réseau régional de gaz

### Évolution de l'énergie consommée à partir du réseau régional de gaz

Dans le scénario REPOS Occitanie l'énergie consommée à partir du réseau régional de gaz est relativement stable autour de 18 TWh sur toute la période 2015 – 2050.

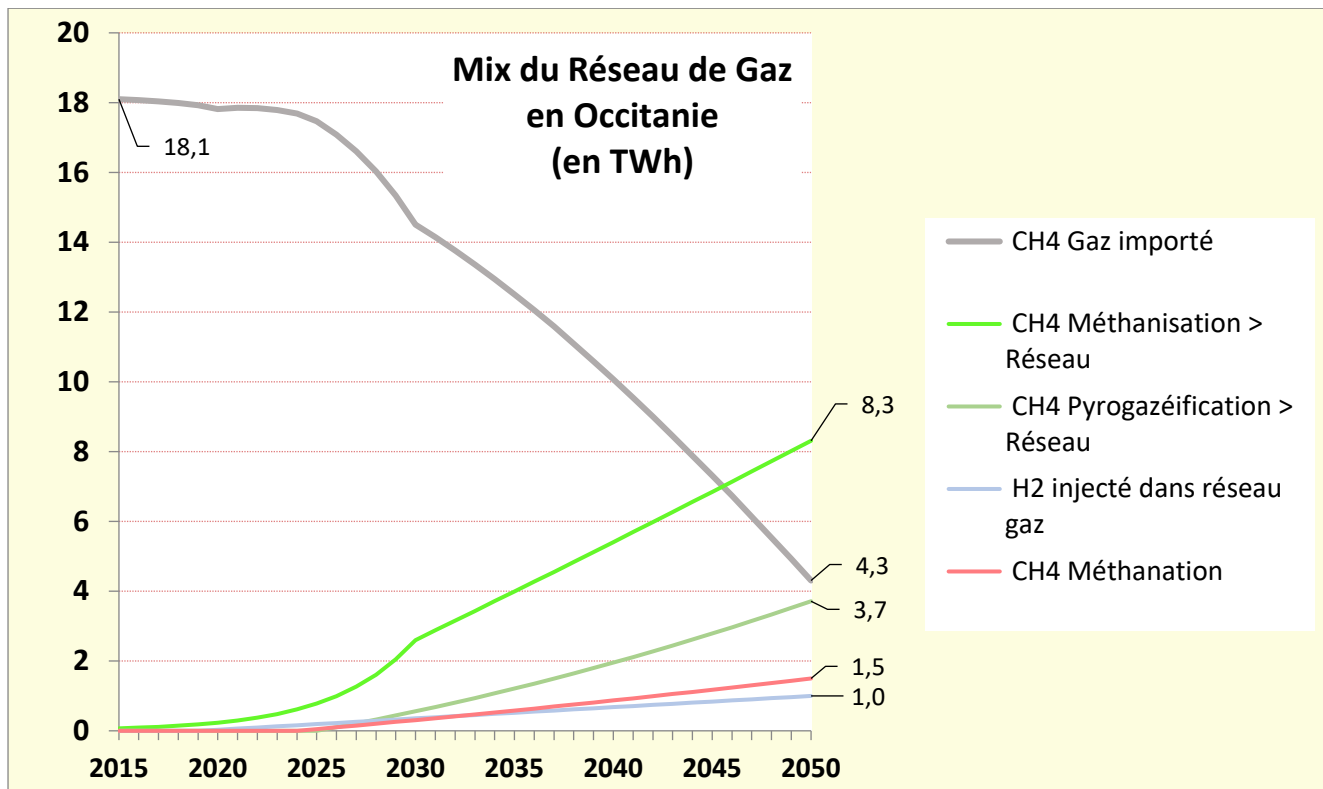
Cette stabilité est due à plusieurs évolutions haussières et baissières mais qui, au final, se compensent :

- Augmentation de la population, donc du nombre d'utilisateurs,
- Forte hausse du bioGNV pour la mobilité des personnes et du fret,
- Baisse de consommation de gaz dans les logements grâce à la rénovation thermique
- Diminution et remplacement progressif des chaudières gaz
- ...



### Évolution de la provenance du gaz du réseau régional

Cette relative stabilité de la quantité d'énergie consommée autour de 18 TWh masque une évolution considérable de l'origine des gaz composant le réseau régional par rapport à la situation qui prévalait en 2015 avec un gaz quasi-intégralement importé depuis le réseau national et d'origine très majoritairement fossile :



Ainsi en 2050, sur un total de 18,8 TWh, le contenu énergétique du gaz « importé » ne représente plus que 24 % de son niveau 2015 (4,3/18,1) et 23 % du mix 2050.

Avec 44 % le CH4 issu de méthanisation devient le mode de production prépondérant devant la pyrogazéification (20 %).

La méthanation (1,5 TWh) et l'injection de H2 (1,0 TWh) jouent un rôle de complément, essentiellement en sécurisation du réseau.



## Annexe 1 - Note sur les émissions de GES (CO2 et CH4)

Concernant le calcul des émissions de GES à partir de l'utilisation du gaz le scénario REPOS Occitanie distingue le **CO2 et CH4 d'origine fossile** (CO2f et CH4f) et le CO2 d'origine biologique appelé aussi **CO2 et CH4 d'origine biogénique** (CO2b et CH4b).

### *Les émissions d'origine fossile*

Le carbone correspondant a pour origine le gaz dit « naturel » des gisements de gaz conventionnels ou bien les gaz de schiste extraits par fracturation de la roche-mère.

Dans ces deux cas, le carbone a été stocké dans le sous-sol durant des centaines de millions d'années<sup>12</sup>. Son relâchement final dans l'atmosphère s'effectue :

- après combustion sous forme de CO2f
- ou sous forme de CH4f en cas de fuites dans les réseaux ou les équipements d'extraction, de distribution et de transformation.

Dans les deux cas, ces émissions de CO2f ou CH4f participent donc pleinement à l'effet de serre en fonction de leur pouvoir respectif de réchauffement.

### *Les émissions d'origine biogénique*

Le **carbone d'origine biogénique** est celui qui est créé par la photosynthèse permettant la croissance de la biomasse.

Dans ce cas, chaque atome de carbone est d'abord capté par la plante dans le CO2 atmosphérique puis stocké après photosynthèse dans la structure de la plante. Il est ensuite :

1. relâché sous forme de CO2b après utilisation directe (CO2 émis par combustion de la biomasse par exemple) ou après un processus de transformation de la biomasse (CO2 émis en sortie de méthaniseur par exemple),
2. ou bien relâché sous forme de CH4b lors de la décomposition de la biomasse s'il n'y a pas capture du gaz émis lors de celle-ci (cas d'une décharge à ciel ouvert) ou bien en cas de fuites dans les réseaux ou les process après récupération.
3. ou bien stocké dans le sol ou dans le bois de construction.

Dans le cas 1) le relâchement d'un atome de carbone dans l'atmosphère sous forme de CO2b correspond exactement à la captation initiale de cet atome par photosynthèse à partir du CO2 atmosphérique : en d'autres termes une molécule de CO2 atmosphérique redevient au terme du process une molécule CO2 atmosphérique... Le pouvoir de réchauffement global à 100 ans du CO2b est donc considéré comme nul<sup>13</sup>.

Dans le cas 2) le relâchement d'un atome de carbone dans l'atmosphère sous forme de CH4b augmente l'effet de serre par rapport au CO2, son pouvoir de réchauffement à 100 ans étant 25 fois plus important.

Dans le cas 3) le stockage du CO2 diminue l'effet de serre puisqu'une molécule de CO2 est piégée par stockage. Une molécule de CO2 sera, au final, soustraite de l'atmosphère au moins le temps du stockage Celui-ci est alors, au moins temporellement, un « puits de carbone ».

---

<sup>12</sup> Le gisement de gaz fossile dit « naturel » se sont formés entre 600 à 200 millions d'années.

<sup>13</sup> Source : 5ème rapport du GIEC Il faut cependant, pour être exact, tenir compte du différentiel temporel sur l'effet de serre entre la captation initiale et le relâchement.