



Pôlénergie

Entreprises et territoires
des **Hauts-de-France**

Stockage des énergies : Etat des lieux en France



1. Vecteur chaleur
2. Vecteur électrique
3. Vecteur gaz
4. Power to Gas

STOCKAGE HYDRAULIQUE

- Élévation de température de l'eau
- Permet d'équilibrer production et consommation



Stockage A Krems, Autriche,
50 000 m³ d'eau, 2 GWh

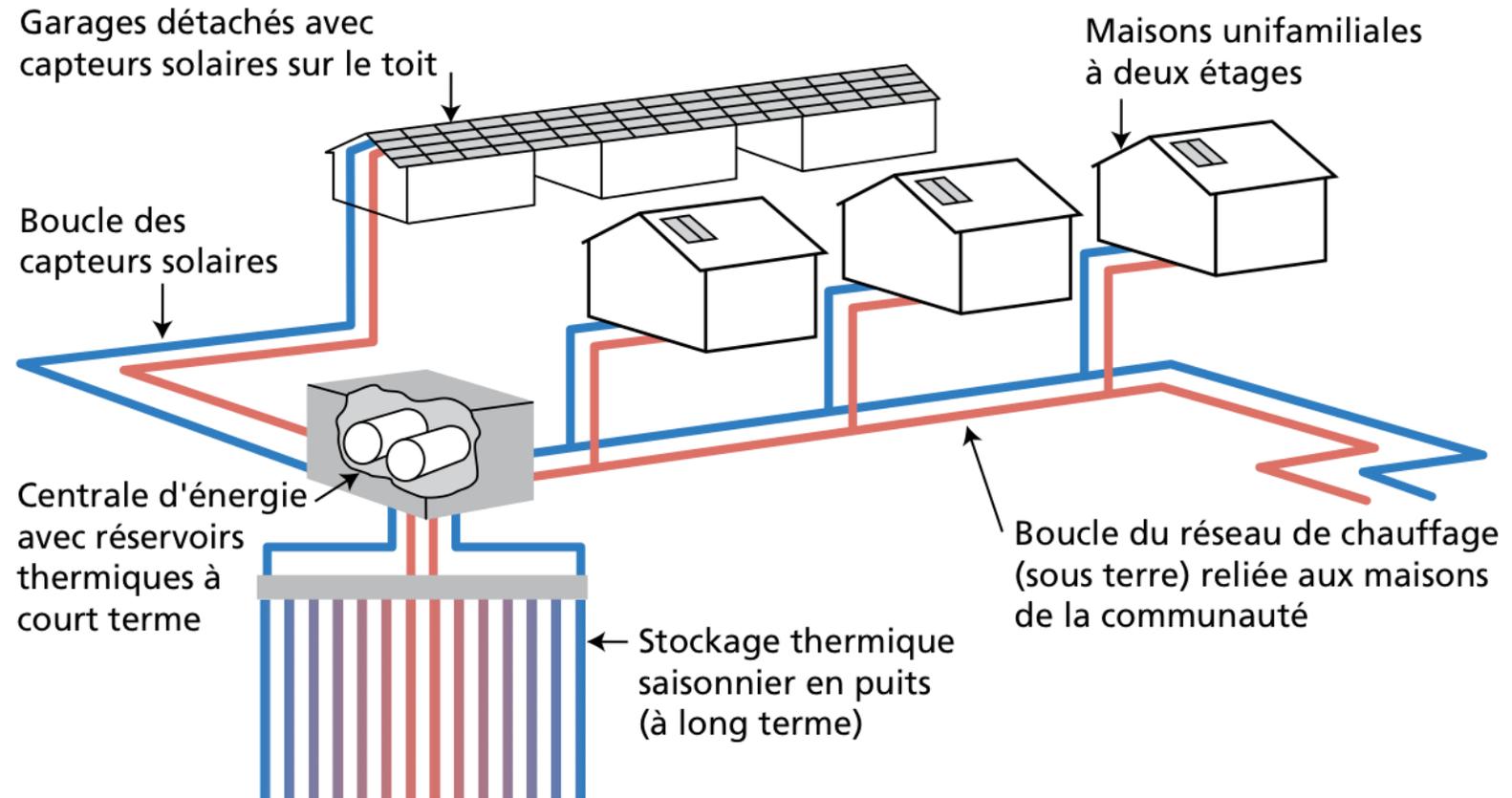


*Stockage permettant l'équilibrage entre
production et besoin de chaleur pour des
serres de cultures,
Exemple d'Arques (Hauts-de-France)*

STOCKAGE GEOLOGIQUE : Borehole Thermal Energy Storage

Principe :

- Utilise le sol comme batterie thermique
- Permet d'avoir un stockage inter saisonnier de chaleur
- Expérimentations en France
- Acteurs :



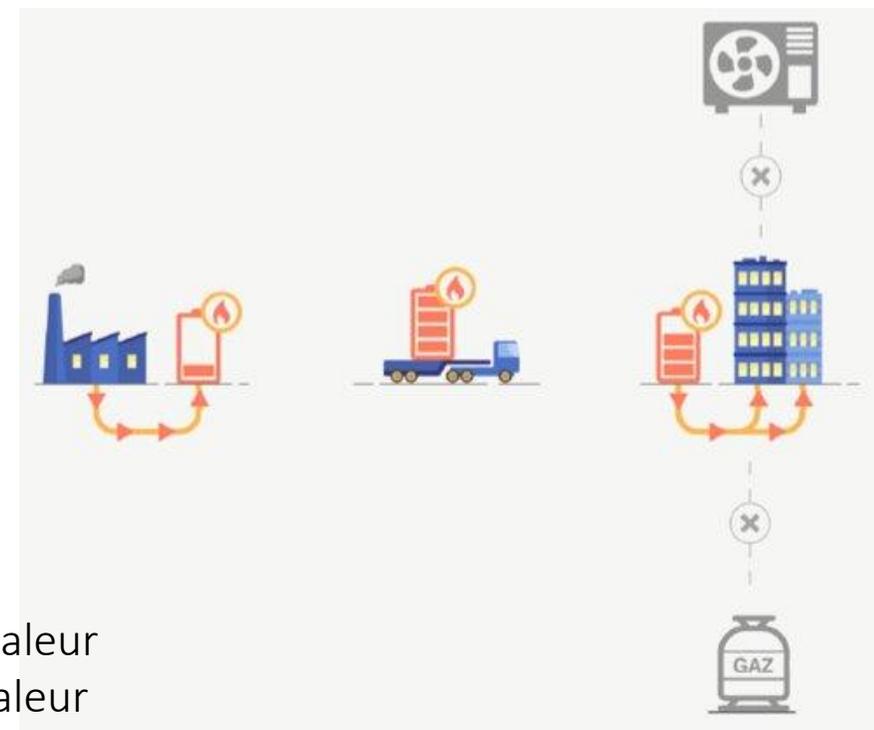
STOCKAGE CHIMIQUE

Principe :

- Stocker la chaleur sous forme chimique solide
- Déstockage de la chaleur au besoin
- Permet d'utiliser la chaleur basse température (<50°C)
- Permet d'utiliser la chaleur plus tard : Dissociation temporelle sans pertes de chaleur
- Permet d'utiliser les chaleurs plus loin : Dissociation spatiale sans pertes de chaleur
- 10 MWh th par conteneur
- Idéal pour alimenter un client distant d'un RDC
- Labellisé par EDF Pulse



Water
Horizon



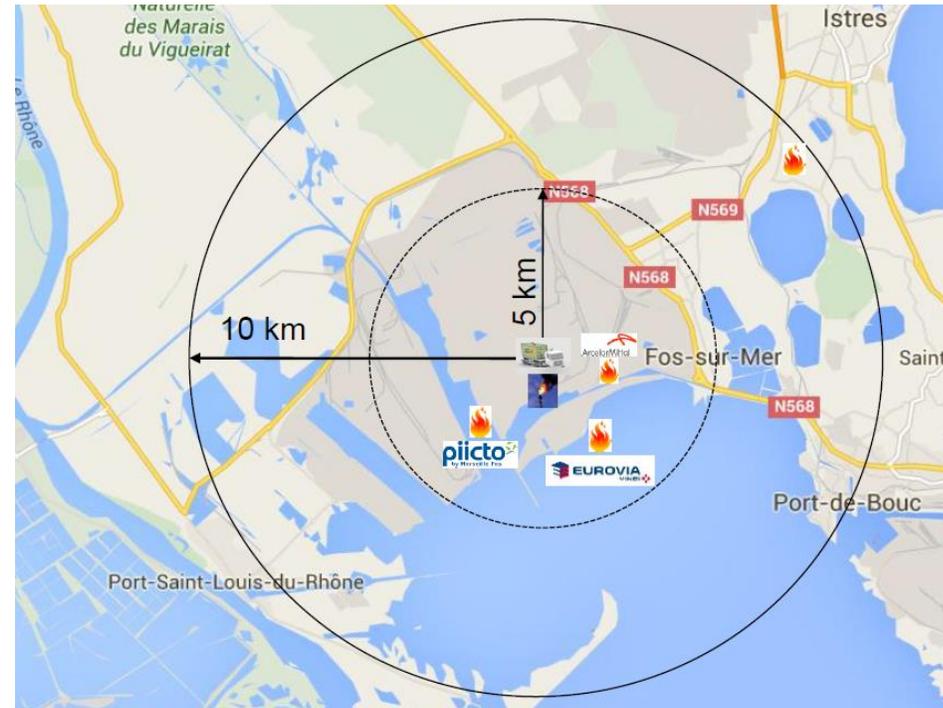
CHALEUR

STOCKAGE HAUTE TEMPERATURE



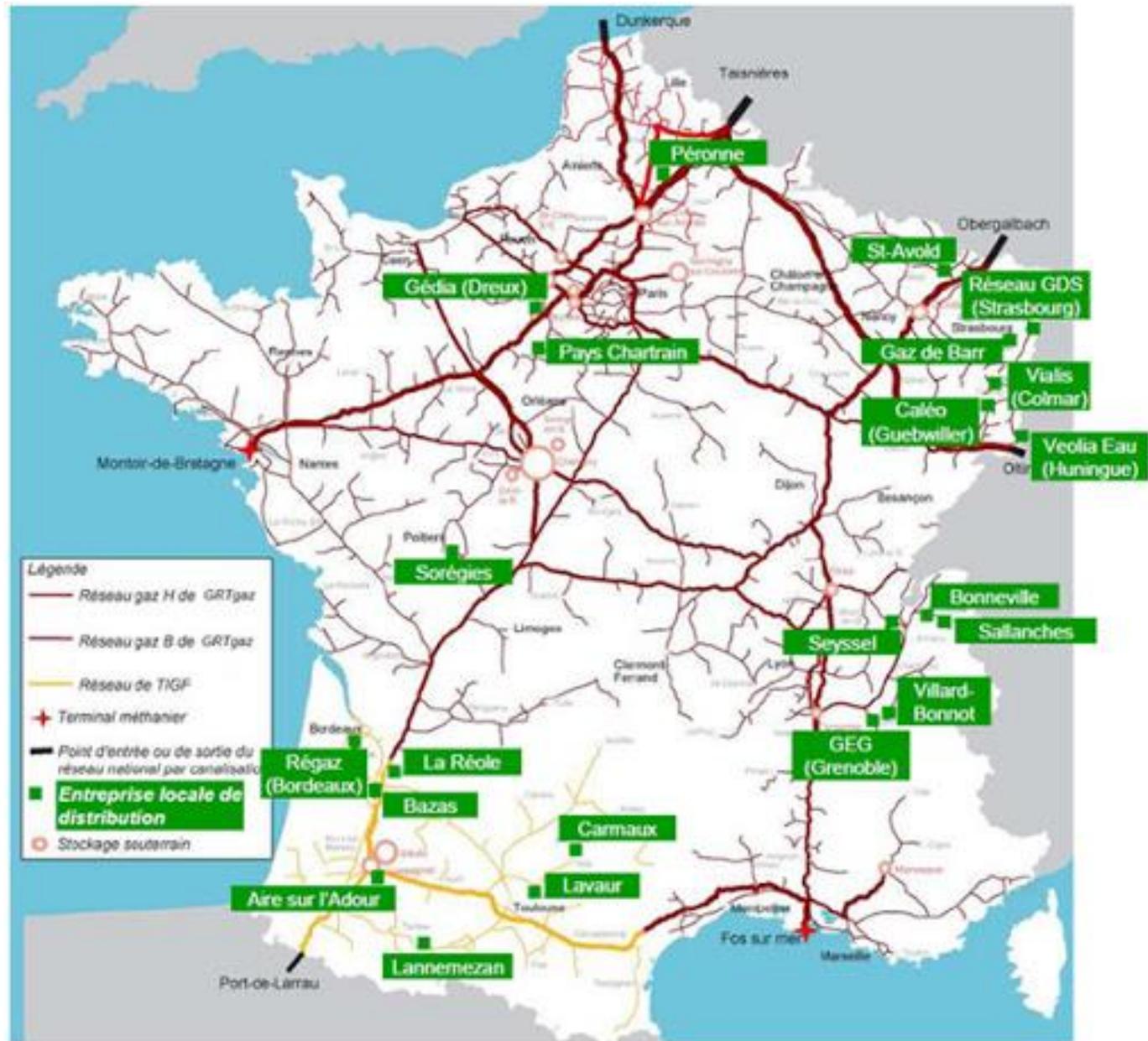
Principe :

- Stockage de chaleur haute température à l'aide de céramique
- Adapté aux réseaux de chaleur industriel/ autoconsommation industriel
- 2 MWh, à 600°C par contenair
- Projet Heat-to-Heat à Fos-sur-Mer
- Labellisé par ArcelorMittal



RESEAUX DE GAZ

- C'est la pression qui permet au gaz d'avancer dans ces longs tuyaux, à une vitesse pouvant atteindre 40 km/h.
- Pour être sûr de « mettre les gaz », des stations de compression sont installées tous les 100 à 200 km afin d'augmenter la pression et donc la vitesse de transport.
- En France, GRTgaz gère plus de 32 000 km de gazoducs avec 26 stations de compression.
- Un équilibrage journalier facilité par les dimensions et pression dans les réseaux
- Un équilibrage moins aisé durant la période hivernale du fait de l'augmentation de consommation.



STOCKAGE AERIEN

Principe :

- Stockage du gaz sous forme liquéfié (réduction du volume par 600)
- 160°C de stockage
- De 50 à 10 000 m³ de capacité
- Terminal méthanier de Dunkerque : 3 x 190 000 m³
- dimension stratégique: source d'approvisionnement flexible en énergie primaire, à proximité d'une zone de grande consommation (FR et BE), dans un contexte de tension sur les marchés de l'énergie.



STOCKAGE SOUTERRAIN

Principe :

storengy

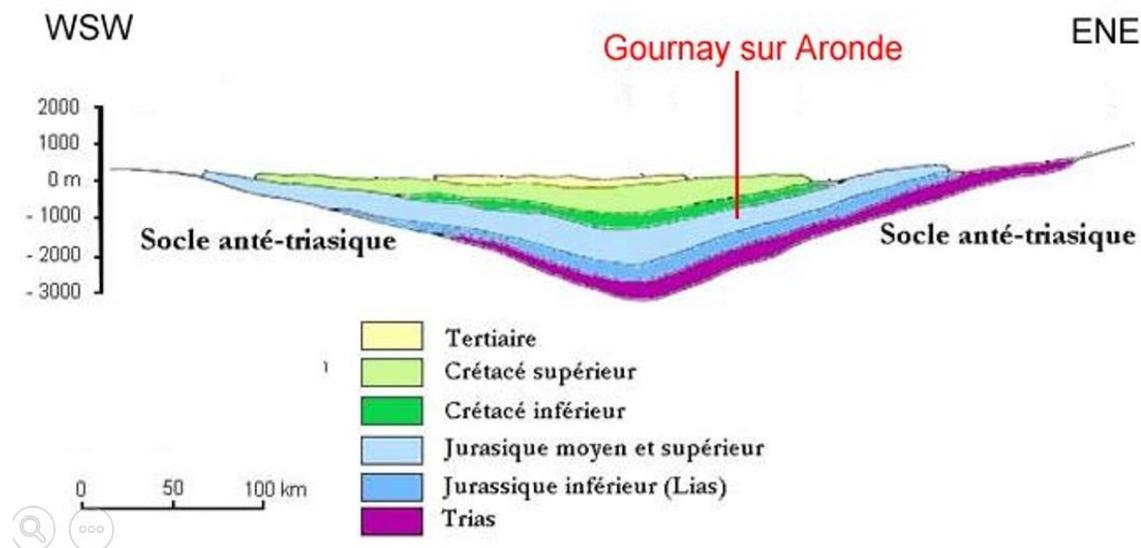
Insertion du gaz dans des couches géologiques :

- les gisements déplétés (anciens gisements de gaz ou pétrole)
- les nappes aquifères (le gaz prend la place de l'eau)
- les cavités salines (dissolution de sel gemme imperméable)

Entre 40 et 240 bar

**Gournay-sur-Aronde (60), stockage en nappe aquifère
situé à 15 km au Nord-Ouest de Compiègne.**

- 750 m de profondeur
- 3,5 milliards de m³



ELECTRICITE

LE RESEAU ELECTRIQUE

Le cumulus : premier appareil de stockage d'énergie!

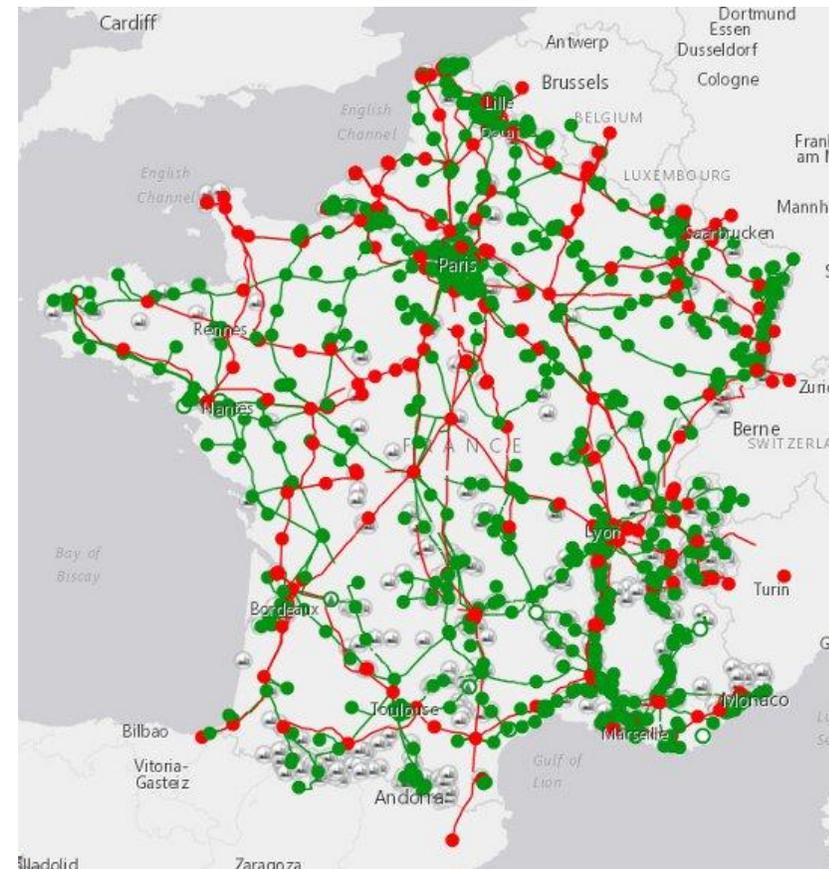
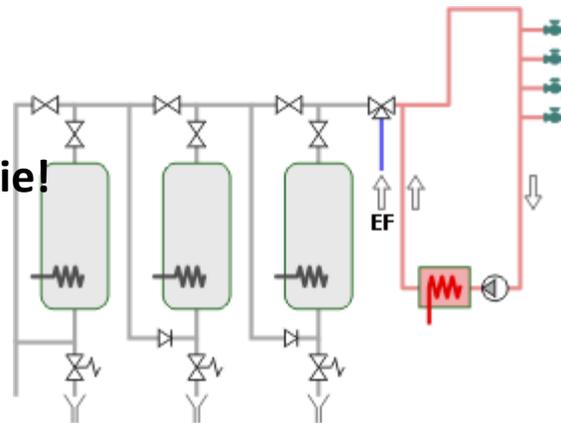
500 TWh d'électricité injectée dans les réseaux
Très faibles capacités de stockage

Nucléaire : fourniture de puissance

Fossile et hydraulique : ajustement de puissance et pointe

Autres renouvelables : verdissement du mix

→ Pas de besoins majeurs sur le stockage avant 2035 selon RTE,
montée en capacité de stockage progressive



Répartition de la production par filière



335,4 TWh

67,1 %

Nucléaire



65,1 TWh

13 %

Hydraulique



39,7 TWh

7,9 %

Éolien



37,6 TWh

7,5 %

Thermique fossile



12,6 TWh

2,5 %

Solaire



9,6 TWh

1,9 %

Bioénergies

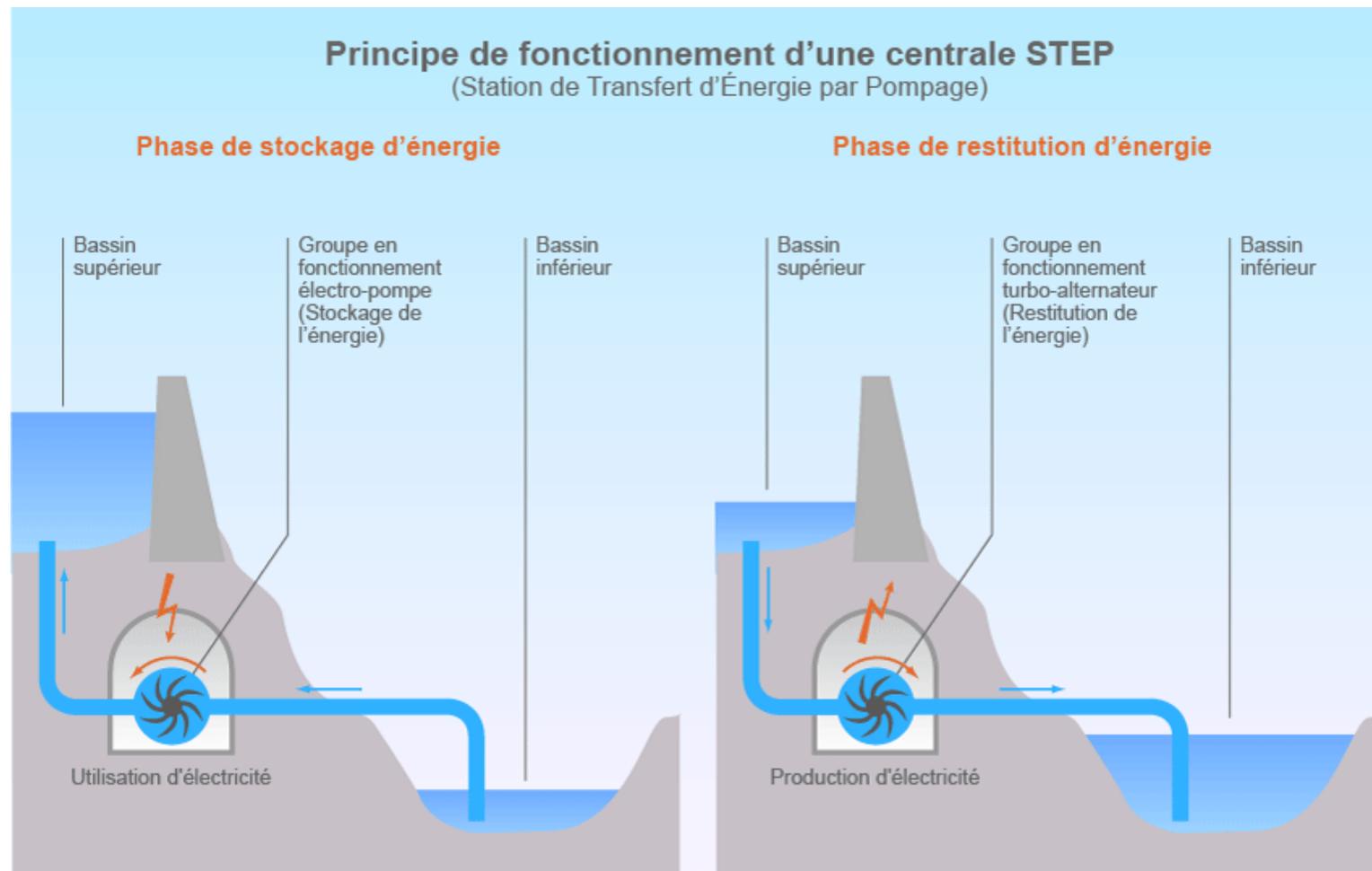
STATION POMPAGE TURBINAGE

Principe :

Utilisation d'une électropompe

→ Surplus d'électricité : réhausse de l'énergie

→ rendement (rapport entre électricité produite et l'électricité consommée) situé entre 70% et 85%. Cela signifie que pour produire 1 MWh, il a fallu préalablement consommer près de 1,25 MWh en moyenne pour pomper l'eau jusqu'au bassin supérieur.



STOCKAGE BATTERIE

Principe :

- Stocker/déstocker le l'énergie à l'aide de batterie chimique type Li-ion
- Possibilité d'utiliser des batteries issue d'une première vie en automobile
- Modèle the mobility house
- 1 contenair (40 pieds) : 1,3MW et 1 MWh de capacité



THE MOBILITY HOUSE



STOCKAGE BATTERIE

Projet:

- 5MW en cours d'installation chez Renault Douai
- Projet Total de 25 MWh à Mardyck (CUD)
- Batterie- Li-ion
- 15 Millions d'€
- Réponse à un AO lancé par RTE (253 MW de puissance de stockage recherchée)



STOCKAGE ELECTRIQUE PAR HYDROGENE

Principe :

- Production d'hydrogène par électrolyse
- 30 TWh d'hydrogène potentiel en 2035 selon RTE
- Reconversion éventuelle en électricité par pile à combustible
- Valorisation chaleur ?

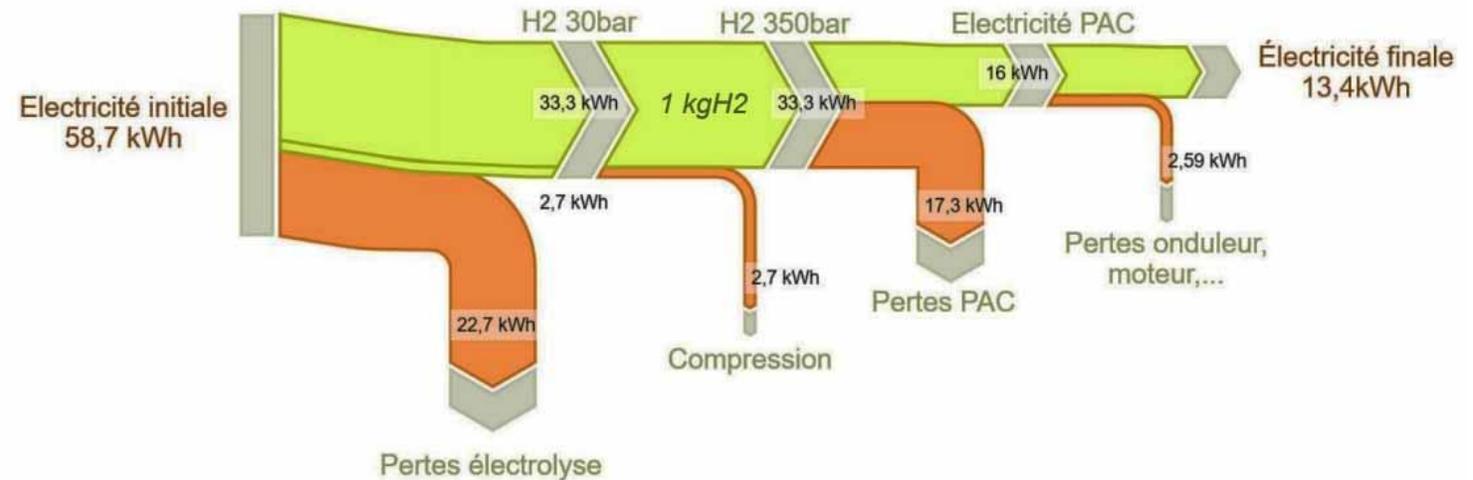
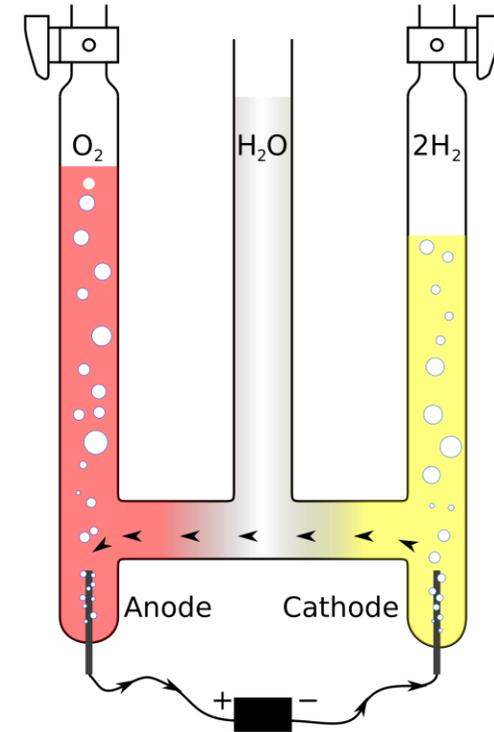


Figure 2 : Diagramme de Sankey, exprimant l'énergie nécessaire pour produire un kg d'hydrogène, ainsi que l'énergie électrique résultante.

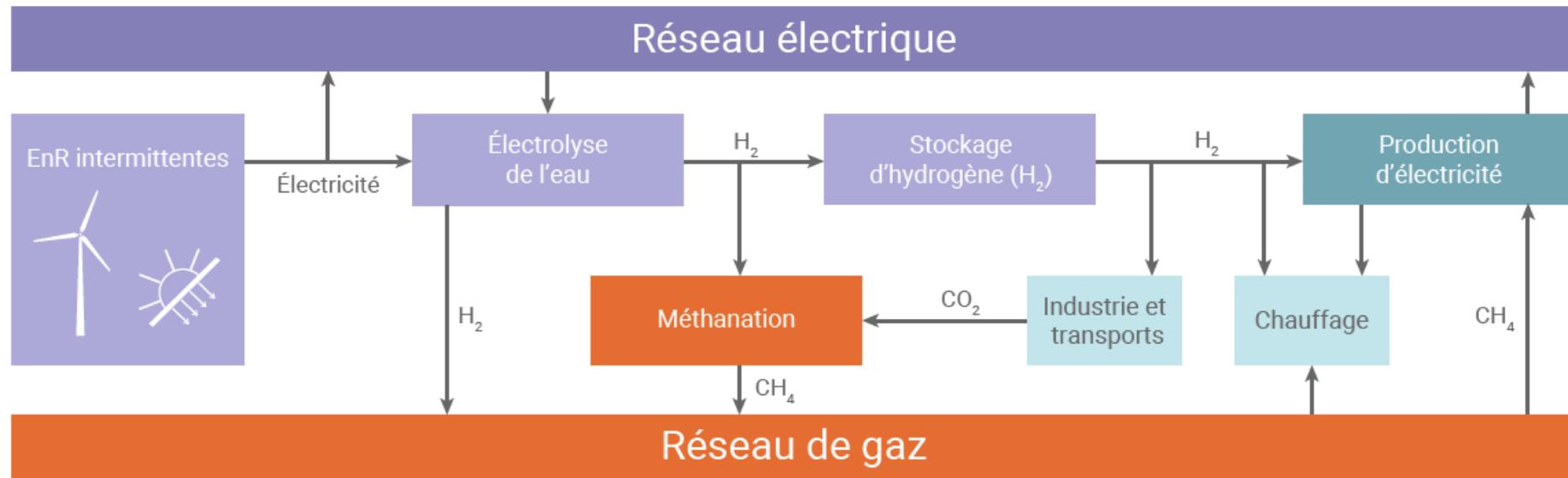
STOCKAGE GEOLOGIQUE HYDROGENE

Principe :

- Stockage hydrogène dans des aquifère salins
- Projet HygéO en cavité saline à Carresse-Cassaber (Nouvelle-Aquitaine)
 - 10 000 m³ à 700 m sous terre.
 - 1,5 GWh de capacité
- Projet HyGreen Provence à Manosque (Engie, Air Liquide)
 - Production d'électricité verte à partir de PV, jusqu'à 900 MW par tranche jusqu'en 2027
 - 50% alimentera un électrolyseur pour produire de l'H₂
 - Stockage dans les cavités salines de Géométhane (exploité par Storengy) à Manosque



Schéma de principe du Power-to-Gas



Source : European Power to Gas Platform

© 2016 – connaissance-des-energies.org

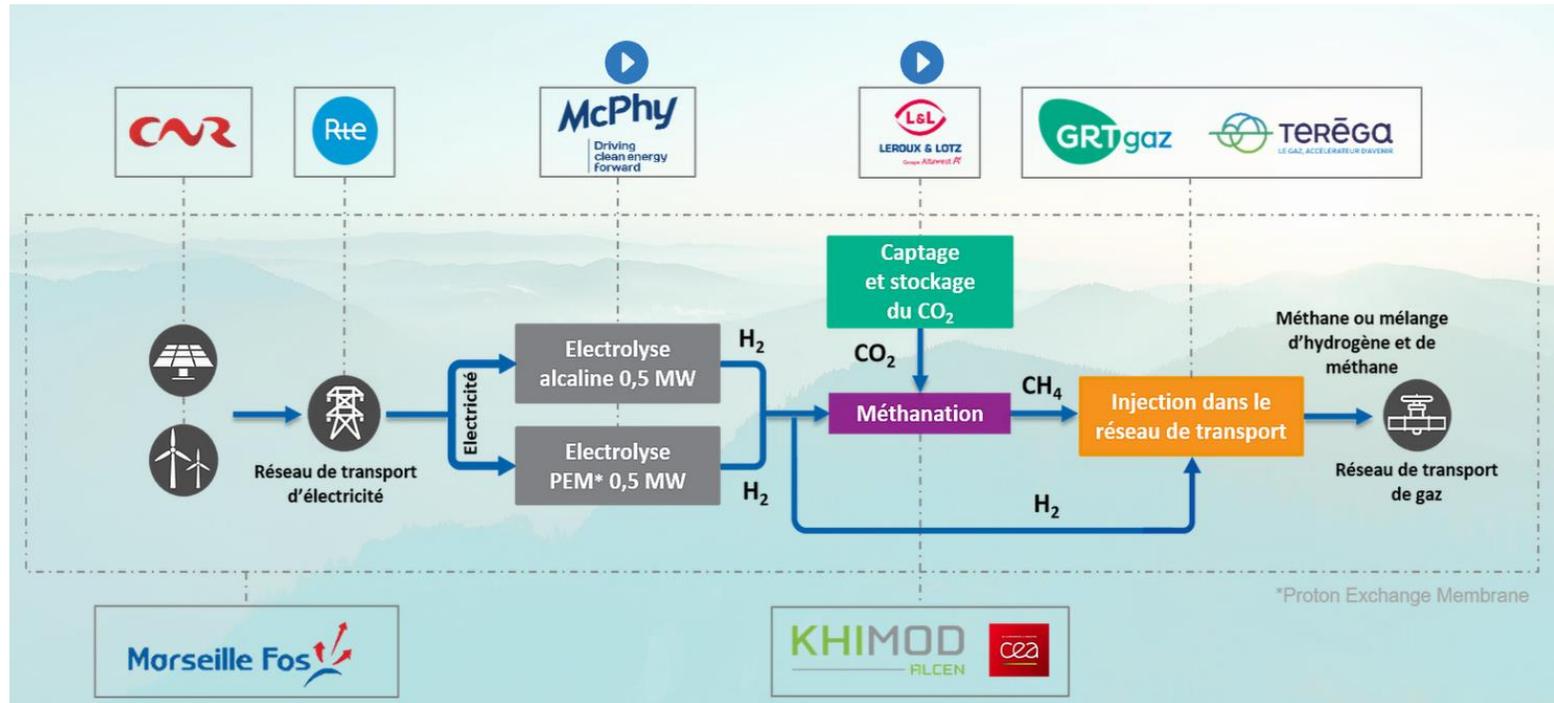
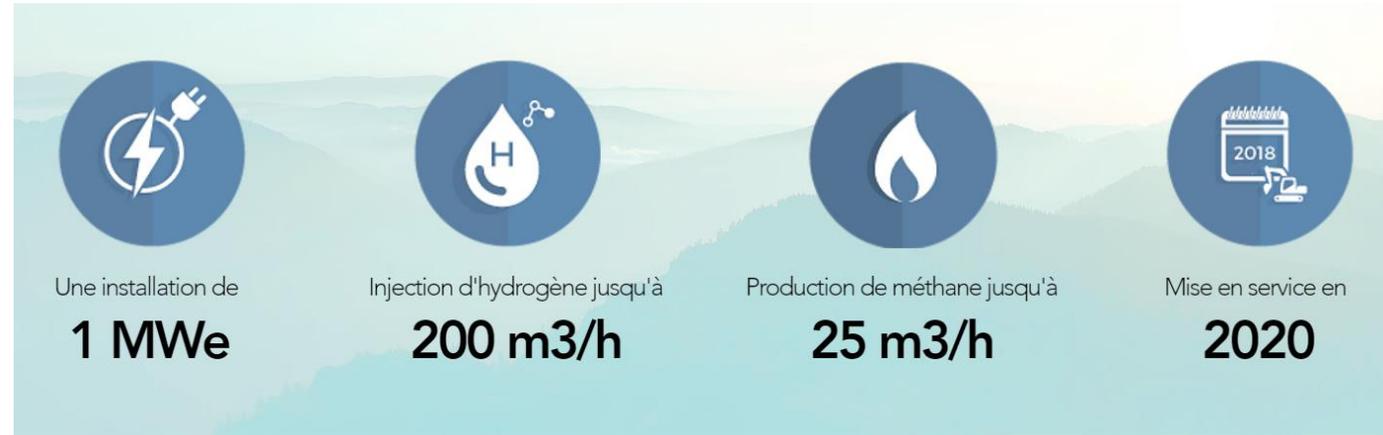
Le power to gas fait entrer dans la notion des réseaux énergétiques intelligents

POWER TO GAS

Projet Jupiter 1000

Fos sur Mer

- Convertir l'électricité en gaz via l'hydrogène et la méthanation

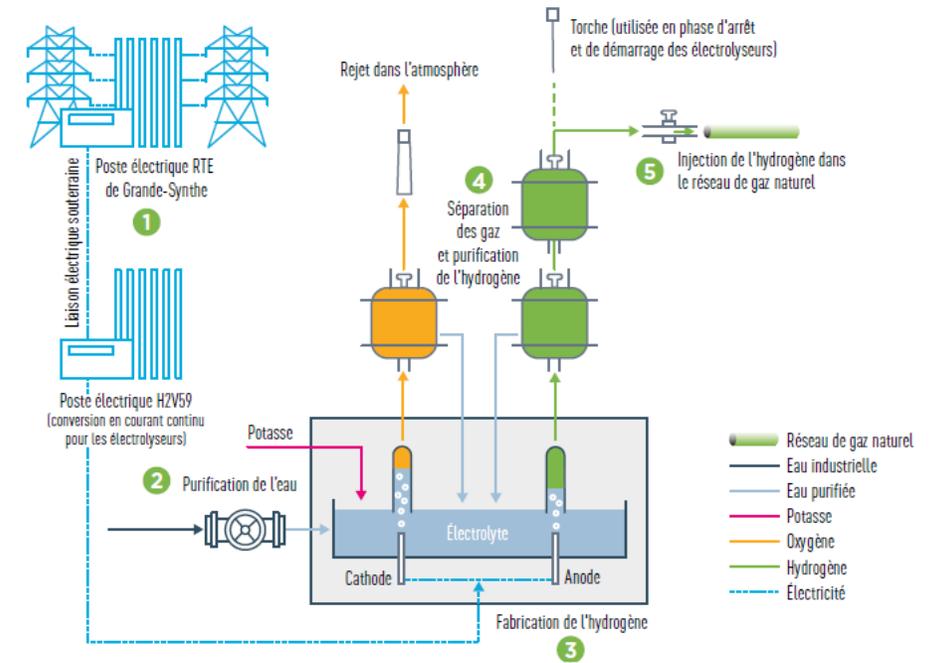


POWER TO GAS

H2V 59



SCHEMA SIMPLIFIE DE LA PRODUCTION D'HYDROGENE PAR ELECTROLYSE DE L'EAU



28 000 tonnes
d'hydrogène produit par an
(soit 3% de la production française d'hydrogène)

Un investissement compris entre
230 et 251 millions d'euros

La réaction chimique de l'électrolyse de l'eau



...deux molécules d'eau se décomposent en deux molécules d'hydrogène et une molécule d'oxygène

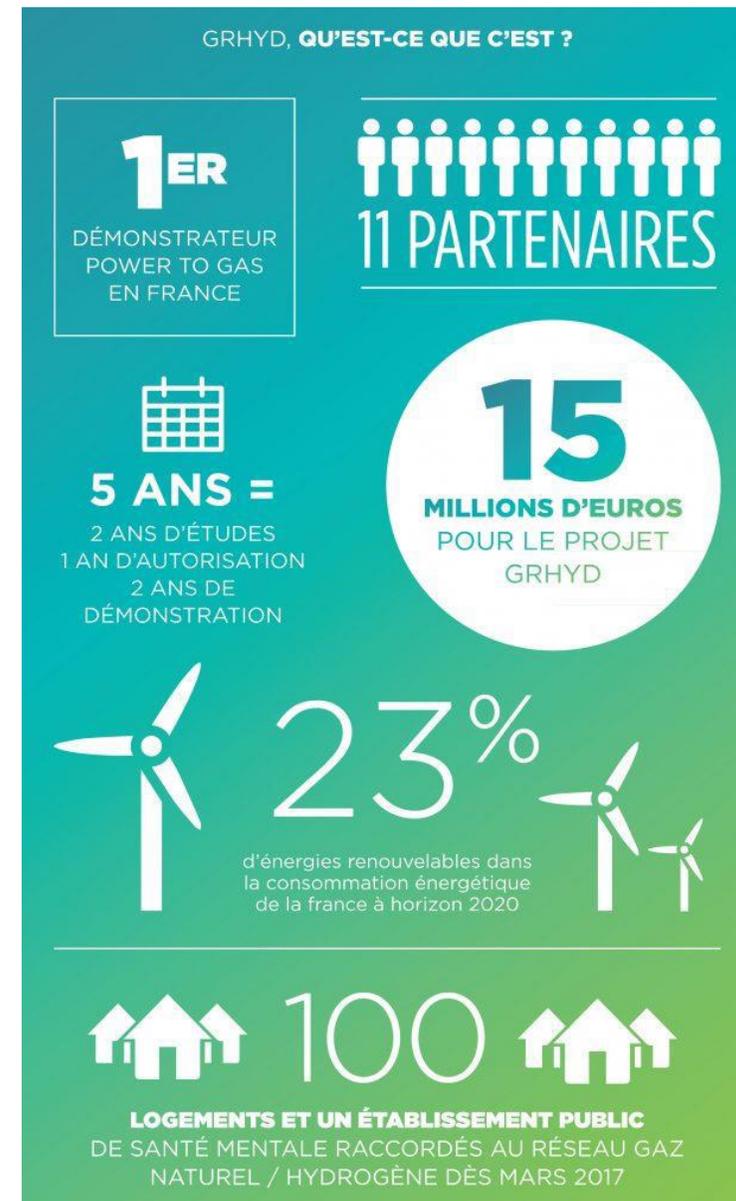
70 emplois directs
100 emplois indirects

Mise en service entre **2022**
et **2023**

RESEAUX MIXTE

Ajout d'hydrogène dans les réseaux de gaz naturel :

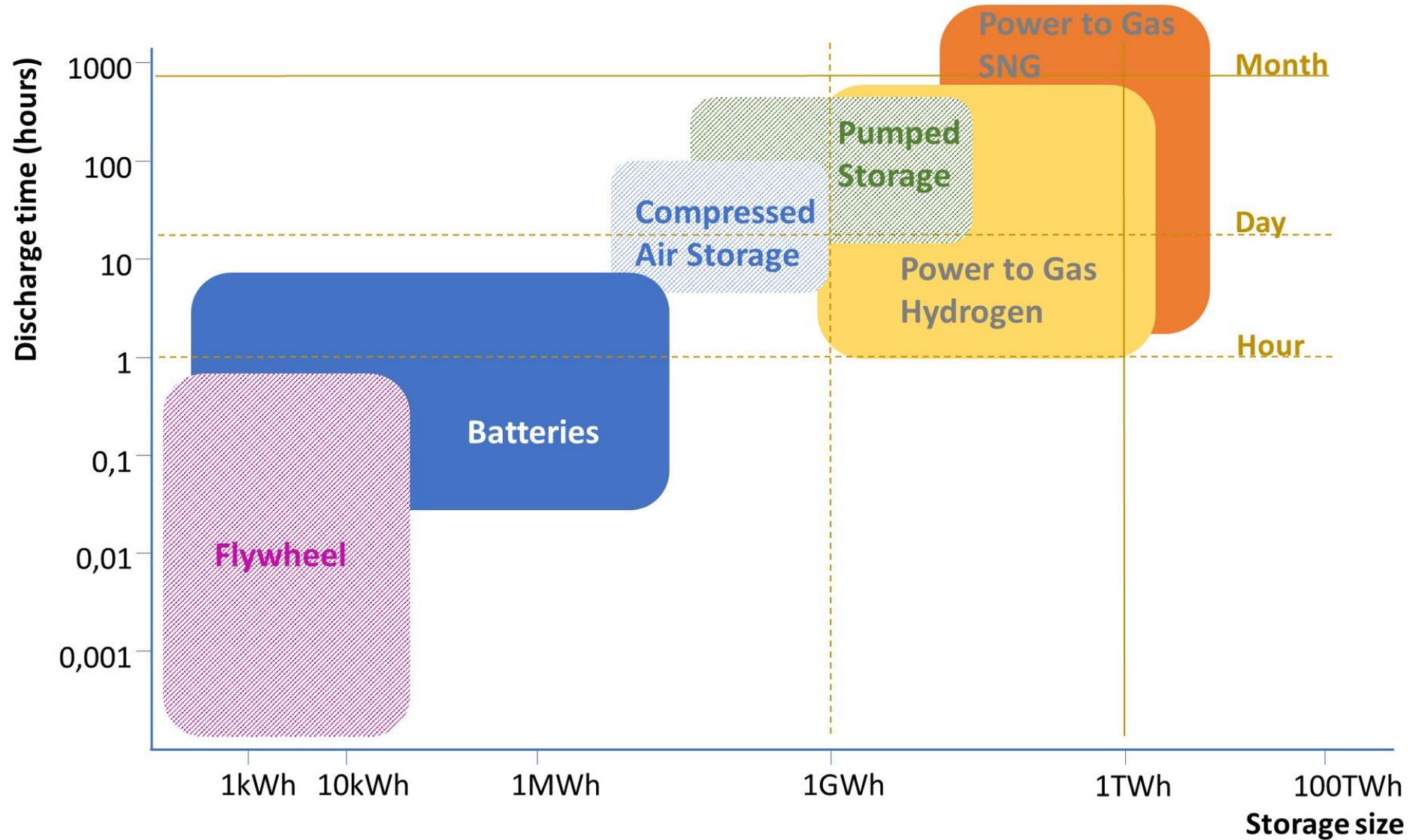
- Possible jusqu'à 10 % du volume selon GRTgaz
- Un projet pilote en France, à Dunkerque : GRHYD
- Ajout de 20% d'H2 sur le réseau de gaz (hythane®) d'un quartier pour alimenter une chaudière hybride gaz-hydrogène
- 3 technologies hydrogène testées : l'électrolyse PEM , le stockage et le poste d'injection



CONCLUSION

STOCKAGE RESEAUX

Flywheel :
volant d'inertie





Pôlenergie

Entreprises et territoires
des **Hauts-de-France**

03 28 61 57 15

2508 route de l'Ecluse Trystram
59140 Dunkerque

polenergie.org

contact@polenergie.org

