



HAL
open science

Place du stockage souterrain d'énergie dans la transition énergétique

Philippe Gombert, Mehdi Ghoreychi, Franz Lahaie, Romuald Salmon, Alain Thoraval

► **To cite this version:**

Philippe Gombert, Mehdi Ghoreychi, Franz Lahaie, Romuald Salmon, Alain Thoraval. Place du stockage souterrain d'énergie dans la transition énergétique. Rapport Scientifique INERIS, 2018, 2017-2018, pp.24-25. ineris-02044861

HAL Id: ineris-02044861

<https://ineris.hal.science/ineris-02044861>

Submitted on 21 Feb 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Place du stockage souterrain d'énergie dans la transition énergétique

Contributeurs

Philippe
GOMBERT,

Mehdi
GHOREYCHI,

Franz LAHAIE,

Romuald
SALMON,

Alain
THORAVAL

La loi de 2015 sur la transition énergétique vise à porter la part des énergies renouvelables à 23 % de la consommation d'énergie en 2020, ce qui représente environ 350 TWh. Du fait du caractère intermittent de certaines d'entre elles, il sera nécessaire de stocker l'énergie non consommée lors de pics de production pour la redistribuer ultérieurement. Compte tenu des volumes de stockage nécessaires, le milieu souterrain peut être attrayant pour stocker de grandes quantités d'énergie avec un moindre impact en surface [1].

Les stockages souterrains en France et dans le monde

Les premiers stockages de fluides (notamment gaz naturel et hydrocarbures) dans le sous-sol datent de 1940 aux États-Unis et de 1956 en France [2]. L'essentiel des stockages de gaz naturel et d'hydrocarbures en France se trouve dans 23 sites représentant une centaine de réservoirs souterrains : 12 en aquifères, 87 au sein de cavités et un gisement dit déplété, à savoir exploité dans le passé et actuellement dépressurisé (Figures 1 et 2).

Le stockage en aquifère consiste à injecter du gaz naturel dans un aquifère profond, non utilisable pour l'eau potable et isolé par une roche imperméable. En France, leur volume utile total est voisin de 11 milliards de mètres cubes.

Le stockage en cavité est de deux types : 78 cavités dites salines formées par dissolution contrôlée du

sel et 9 cavités dites minées creusées mécaniquement. En France, on stocke actuellement environ 14,5 millions de mètres cubes d'hydrocarbures liquides et 2 milliards de mètres cubes de gaz naturel dans ce type de cavités.

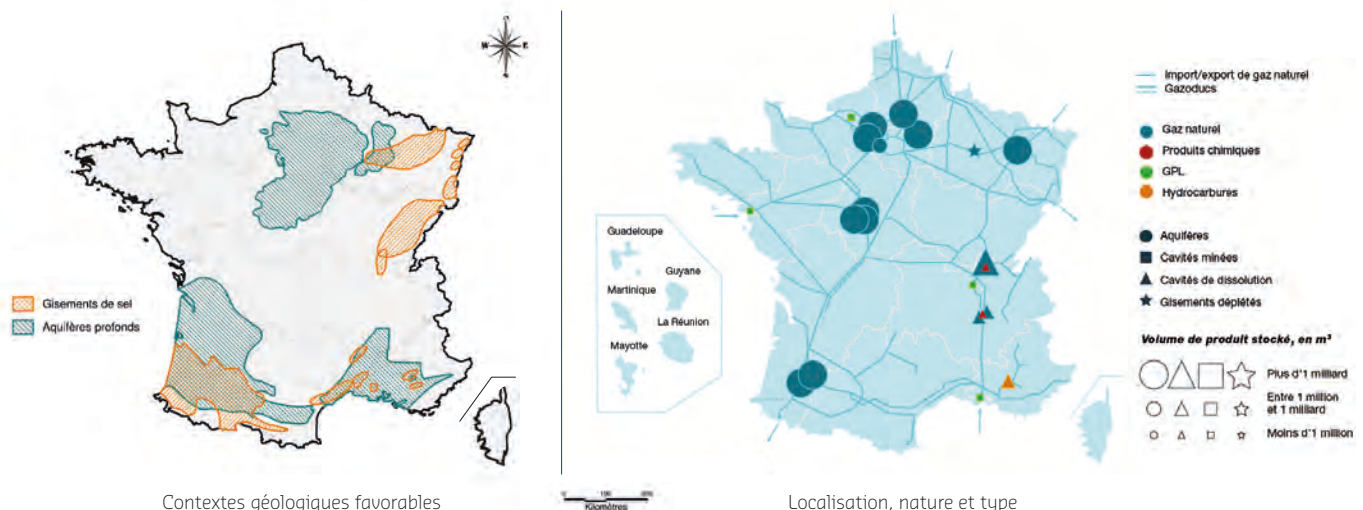
Le stockage en gisement déplété, majoritaire dans le monde, consiste à reconvertir un gisement naturel en fin d'exploitation. Du fait d'un contexte géologique défavorable, la France n'en dispose que d'un seul, d'une capacité de 2 milliards de mètres cubes, inactif pour raisons économiques.

L'avenir des stockages souterrains

Dans un contexte de réduction du recours aux énergies fossiles, les hydrocarbures actuellement stockés seront amenés à être remplacés par d'autres technologies de stockage d'énergie [3]. Il pourra s'agir de stockages sous forme d'énergie chimique (hydrogène, biométhane), potentielle (air comprimé, eau dans le cadre des STEP – stations de transfert d'énergie par pompage) ou thermique (eau chaude/froide).

L'hydrogène a une très forte capacité énergétique, de l'ordre de 360 kWh/m³ dans les conditions d'un stockage très profond à 200 bars de pression. Ainsi théoriquement, une centaine de cavités salines de grand volume (un million de mètres cubes) permettrait, sur la base de 1 à 2 cycles d'injection-soutirage par mois, de stocker la totalité des énergies renouvelables prévues à l'horizon 2020,

Figure 1 / Les stockages souterrains en France.



soit 350 TWh. L'hydrogène pourrait donc avoir un intérêt à l'échelle nationale (stockage stratégique), en substitution aux hydrocarbures, à condition de surmonter les défis liés aux risques technologiques d'un déploiement massif de ce gaz. Le retour d'expérience des stockages souterrains de gaz naturel (et des quelques stockages souterrains d'hydrogène) montre que cette technologie peut être maîtrisée. Le stockage d'énergie électrique sous forme potentielle, s'il présente moins de risques, s'avère en revanche nettement moins performant : de l'ordre de 1 à 3 kWh/m³ à 100 bars de pression pour l'air comprimé ou sous 500 m de hauteur de chute pour une STEP. Une centaine de stockages de 100 000 m³ chacun permettrait, à raison d'un cycle d'injection-soutirage par jour, de stocker environ 4 à 5 TWh par an, soit moins de 2 % des énergies renouvelables prévues à l'horizon 2020. Il ne s'agit donc pas d'une solution de stockage massif de l'énergie à l'échelle nationale mais cela peut toutefois avoir un intérêt à l'échelle locale, par exemple pour réguler la production d'un champ d'éoliennes ou d'une ferme photovoltaïque.

Le stockage souterrain d'énergie thermique, concept différent de la géothermie, permet de stocker temporairement de la chaleur ou du froid dans le sous-sol. Il s'agit de chaleur « fatale », sous-produit non utilisé des cimenteries, usines d'incinération, aciéries, datacenters, pompes à chaleur, etc. On peut stocker cette énergie dans la roche (pieux géothermiques) ou l'eau souterraine (aquifère ou cavité). Comme un mètre cube d'eau emmagasine 1,2 kWh/°C d'énergie thermique, la capacité d'une centaine de stockages de 100 000 m³ peut être estimée à environ 0,4 TWh/an, à raison d'un cycle annuel d'injection-soutirage (été-hiver) pour une eau stockée à 40 °C. Cela ne correspond qu'à 0,1 % des énergies renouvelables à l'horizon 2020, ce qui limite le stockage souterrain d'énergie thermique à une échelle principalement locale (écoquartier).

Risques et opportunités

Les risques liés aux installations de surface des stockages (compresseurs, sécheurs, canalisations...) sont déjà pris en compte par l'industrie. Dans le cadre des stockages souterrains, il faut se focaliser sur les risques liés aux ouvrages d'accès (défaut d'étanchéité) et au réservoir souterrain (perte d'étanchéité, stabilité, mouvements du sol, impact sur les eaux, émissions de gaz).

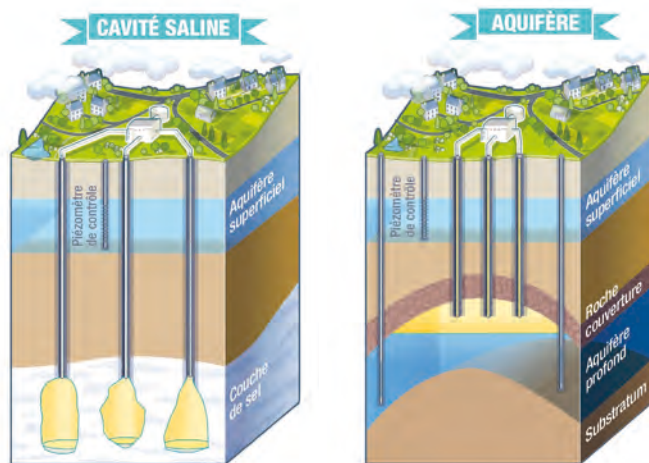
La filière de stockage souterrain de l'énergie peut ainsi être amenée à jouer un rôle majeur dans la transition énergétique mais l'avenir de cette nouvelle technologie dépendra de son aptitude à maîtriser les risques le plus en amont possible [4]. C'est l'objet des recherches en cours dans le domaine.

ABSTRACT /

The French law of 2015 on the energy transition for green growth aims to increase the share of renewable energy to 23% of energy consumption in 2020. Due to the intermittent nature of most of them, the unused energy must be stored for later redistribution. Underground storage allows good isolation from the surface and storage of large volumes under high pressure. We know how to store hydrocarbons underground but it is planned to store other products in the form of chemical energy (hydrogen, biomethane), potential energy (compressed air, water in the context of pumping hydroelectricity energy storage) or thermal (hot / cold water). This will require the creation of cavities and/or the use of deep aquifers or depleted oil fields, depending on the geological characteristics.

Hydrogen has a high energy capacity and its massive underground storage could be of national strategic interest, unlike other types of energy storage that would be more of local interest. However, challenges related to the technological risks of this specific gas will have to be overcome. Although experience feedback gained from the numerous underground hydrocarbon (and some hydrogen) storage facilities is very useful when assessing industrial risks, thorough research and risk assessment is needed to make such a technology safe.

Figure 2 / Représentation schématique des stockages en cavité saline et en aquifère profond.



Références

- [1] Ineris références, 2016. Le stockage souterrain dans le contexte de la transition énergétique. Maîtrise des risques et impacts. <https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/ineris-dossierref2015-185x240-10-16bd-1478511473.pdf>
- [2] Gombert P; Ghoreychi M. 2018. Historique et panorama des stockages souterrains actuels en France et dans le monde. *Géologues*, n° 196 : 4-9.
- [3] Gombert P; Ghoreychi M; Lahaie F; Salmon R; Thoraval A. 2018. Les stockages souterrains d'énergie dans le contexte de la transition énergétique. *Géologues*, n° 196 : 30-37.
- [4] Gombert P; Ghoreychi M; Lahaie F; Salmon R; Thoraval A. 2017. Risques et opportunités liés aux stockages souterrains d'énergie en France. *Tunnels et espace souterrain*, 2017 (262) : 47-62.