

# MosaHYc ou la conversion d'un réseau de transport du méthane au transport de l'hydrogène pur

Par Laurent MUZART et François MARTIN  
Direction Hydrogène de GRTgaz

La décarbonation de l'industrie et de la mobilité est au cœur des enjeux de territoires comme celui du Warndt Naborien. Celle-ci nécessite un changement d'échelle à la hauteur d'ambitions visant à accélérer et à rendre plus compétitives les alternatives aux énergies fossiles.

La « Grande Region Hydrogen » est une « vallée hydrogène » se situant entre la France et l'Allemagne et où se concentrent plusieurs projets portant sur l'ensemble de la chaîne de valeur de l'hydrogène. Le projet MosaHYc constitue le chaînon « Transport d'hydrogène » ; ce démonstrateur à l'échelle industrielle de la conversion d'une canalisation de transport de gaz naturel au transport de l'hydrogène nécessite de travailler sur les quatre points suivants :

- l'évolution de l'intégrité des aciers utilisés ;
- la conformité des équipements (vannes, détendeurs...) ;
- l'adaptation des équipements dédiés à la qualité et au comptage ;
- la définition et la mise en œuvre des mesures de sécurité industrielle.

GRTgaz veut se positionner comme un acteur de pointe dans ce domaine grâce au savoir-faire de son Research & Innovation Center for Energy et à son expertise dans la gestion d'infrastructures de transport du gaz.

## Description du projet MosaHYc

### Contexte et objectifs

La stratégie nationale française en matière d'hydrogène prévoit le déploiement de 6,5 GW d'électrolyse à l'horizon 2030, en privilégiant pour y parvenir les axes suivants : décarboner l'industrie en faisant émerger une filière française compétitive de l'électrolyse ; développer une mobilité professionnelle, lourde ou intensive, recourant à l'hydrogène renouvelable ou bas-carbone ; et soutenir la recherche, l'innovation et le développement de compétences afin de favoriser les usages de demain.

Pour atteindre ces objectifs nationaux et s'intégrer pleinement dans le récent plan européen « REPowerEU »<sup>(1)</sup>, un écosystème transfrontalier regroupant des producteurs, des consommateurs et des opérateurs d'infrastructures d'hydrogène s'est constitué au sein d'un Groupement européen d'intérêt économique (GEIE) dénommé « Grande Region Hydrogen »<sup>(2)</sup> (GRH) et associant : H2V, GazelEnergie, STEAG (producteurs), HDF Energy (stockeur/producteur d'électricité), SHS (métallurgiste), Creos Deutschland, Encevo et GRTgaz (transporteurs).

Le projet franco-allemand MosaHYc (Moselle Sarre HYdrogen Conversion) est la brique Transport d'hydrogène de la GRH. Ce trait d'union nécessaire entre les différents projets engagés vise également à la démonstration de la faisabilité de la conversion d'un réseau de transport de gaz naturel à l'hydrogène pur en région Grand-Est et en Sarre. Ce projet est porté par GRTgaz en France et Creos en Allemagne.

Ce projet a plusieurs objectifs :

- Faire la démonstration – et par là même être une première commerciale – de la faisabilité de la conversion d'un réseau de transport de gaz naturel, d'une longueur de 45 km (en France), au transport de l'hydrogène pur, un réseau en outre interconnecté à des réseaux neufs ;
- Créer un référentiel pour la conversion et l'exploitation d'un tel réseau pour servir aux futurs projets en France et en Europe ;
- Contribuer au développement d'un écosystème territorial de l'hydrogène en offrant une capacité de transport massif de ce gaz par canalisation au cœur de l'Europe, plus précisément entre la Sarre en Allemagne, l'Est mosellan en France et la zone des « trois frontières » près de Schengen au Luxembourg ;
- Participer à la décarbonation de l'industrie et de la mobilité dans la région Grand Est.

Soutenu par la région Grand Est et le Land de la Sarre, MosaHYc doit contribuer à l'intégration énergétique européenne souhaitée dans « le nouveau cadre

<sup>(1)</sup> REPowerEU, [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:fc930f14-d7ae-11ec-a95f-01aa75ed71a1.0003.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:fc930f14-d7ae-11ec-a95f-01aa75ed71a1.0003.02/DOC_1&format=PDF)

<sup>(2)</sup> [www.grande-region-hydrogen.eu](http://www.grande-region-hydrogen.eu)



Figure 1 : Le projet MosaHYc (1, 2 et 3), un projet intégré dans l'écosystème « Grande Region Hydrogen » – Source : GRTgaz.

européen pour décarboner les marchés du gaz, promouvoir l'hydrogène et réduire les émissions de méthane »<sup>(3)</sup>. L'étude de faisabilité de MosaHYc a par ailleurs reçu un soutien financier de l'Ademe.

MosaHYc se positionne également au cœur de la stratégie Hydrogène portée par GRTgaz, qui vise à permettre le développement du grand transport d'hydrogène en Europe et à faciliter l'émergence de zones de production et de consommation massives sur le territoire français, et ce en assurant leur interconnexion. Depuis plusieurs années, GRTgaz investit dans des programmes de R&D, des projets d'expérimentation (Jupiter 1000<sup>(4)</sup>, FenHYx<sup>(5)</sup>) et, enfin, dans la démonstration à l'échelle industrielle, notamment au travers de MosaHYc.

### Ambitions et enjeux de la démonstration menée dans le cadre de MosaHYc

L'ambition de MosaHYc en termes de dimension (conversion d'un réseau d'une longueur de 45 km sur le territoire français, portée à 70 km au total en incluant la partie allemande) et de volume (plus de 6 500 kg H<sub>2</sub>/h), mais aussi l'importance qu'il revêt au regard des nombreux projets de production et de consommation

portés par l'écosystème font de MosaHYc une première industrielle et une vitrine technologique potentielle au niveau mondial. MosaHYc vise également à produire un modèle compétitif de la conversion de canalisations de transport, notamment grâce au développement d'un référentiel d'analyse, de méthodologies et d'équipements qui permettront de capitaliser sur cette expérimentation, permettant la réplique de ce modèle sur le territoire français, voire à l'étranger. Ces caractéristiques impliquent de lever certains verrous et incertitudes techniques grâce à des travaux d'étude et de R&D. Nous les détaillerons dans la seconde partie de cet article.

Au-delà des considérations techniques, MosaHYc constitue une première commerciale qui repose sur la construction par les différents acteurs industriels engagés d'un modèle économique innovant qui devra anticiper et alimenter les futures règles européennes de structuration du nouveau système énergétique intégré que préfigure MosaHYc.

### Impacts environnementaux et socio-économiques du projet

MosaHYc contribuera à développer l'économie de l'hydrogène à la maille de la « Grande Region »<sup>(6)</sup> et ainsi à diminuer l'empreinte carbone de ce bassin d'emploi et de vie, caractérisé par des industries lourdes à décarboner (par exemple, la métallurgie, la chimie, etc.) et une mobilité transfrontalière très soutenue. Les réductions des émissions permises par

<sup>(3)</sup> Paquet « Gaz », [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/ip\\_21\\_6682](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/ip_21_6682)

<sup>(4)</sup> Jupiter 1000 – Power-to-Gas – Accueil, <https://www.jupiter1000.eu/>

<sup>(5)</sup> RICE, « Avec FenHYx, RICE éclaire le futur de l'hydrogène », *Les histoires de RICE* (researchbyrice.com), <https://researchbyrice.com/avec-fenhyx-ric-eclaire-le-futur-de-lhydrogene/>

<sup>(6)</sup> [www.granderegion.net](http://www.granderegion.net)

l'écosystème soutenu par MosaHYc sont ainsi estimées à environ 980 000 t/an de CO<sub>2</sub> pour les deux pays, soit les émissions de CO<sub>2</sub> en moyenne annuelle de 80 000 personnes.

Par ailleurs, la massification de la production d'hydrogène par électrolyse de l'eau (435 MWe au total en 2030) sur les sites historiques de deux centrales à charbon (Saint-Avold et Volklingen) va permettre d'amorcer une transition énergétique vitale pour l'économie locale et être à la base d'une nouvelle coopération énergétique entre la France et l'Allemagne. Ces deux sites présentent de nombreux avantages : ils bénéficient d'un accès facile aux commodités « en entrée » d'un électrolyseur, à savoir l'eau et l'électricité. Il faut également noter que le positionnement central de ces plateformes industrielles permet une meilleure valorisation sur leur site de coproduits comme l'oxygène.

Enfin, MosaHYc aura un impact sur l'équilibre économique global de l'écosystème, dans la mesure où la conversion d'un réseau existant permet de diviser par trois les coûts d'investissement par rapport à la mise en place d'un nouveau réseau.

## Défis technologiques

Le projet MosaHYc se veut être le premier réseau de transport transfrontalier ouvert permettant de connecter des consommateurs et des producteurs d'hydrogène par l'intermédiaire d'équipements convertis ou spécifiquement dédiés au transport d'hydrogène pur.

Cette infrastructure sera opérée par GRTgaz et Creos dans l'esprit et la continuité des rôles et responsabilités dont ces transporteurs ont la charge à ce jour : ils en assureront l'exploitation et la maintenance, et ce en garantissant l'équilibre du réseau et le bon acheminement du gaz transporté.

La réalisation de MosaHYc présente plusieurs défis portant sur différentes thématiques techniques et opérationnelles en lien avec sa conception, sa construction, sa maintenance, son exploitation et la métrologie des équipements qui le composent.

GRTgaz mobilise ses équipes techniques, ses experts, ses chercheurs et partenaires industriels pour conduire les campagnes de R&D et d'expérimentation nécessaires à la conversion de la canalisation de transport considérée. Quatre verrous technologiques majeurs ont été identifiés et seront à relever dans le cadre des travaux préparatoires du projet MosaHYc :

- Évolution de l'intégrité des aciers utilisés dans un environnement 100 % H<sub>2</sub> ;
- Conformité des équipements de réseau au regard des spécificités du transport de l'hydrogène pur ;
- Adaptation des équipements dédiés à la mesure de la qualité et au comptage transactionnel ;
- Définition et mise en œuvre des mesures nécessaires au titre de la sécurité industrielle.

Afin de répondre à ces questions, GRTgaz par l'intermédiaire de RICE, son centre de R&D, conduira des campagnes de recherche spécifiquement adaptées aux défis que pose MosaHYc. Depuis sa création, en 2018, RICE s'est imposé comme un centre de R&D de référence en Europe sur les sujets liés à l'hydrogène, en pilotant notamment un ambitieux programme dédié à la préparation des réseaux à l'arrivée de l'hydrogène. Les experts de RICE sont ainsi impliqués dans plusieurs groupes de travail nationaux (ATEE Power-to-Gas), européens (à travers le pilotage des travaux hydrogène du GERG, notamment) et internationaux (il est le seul acteur européen invité à participer au projet de référence américain HyBlend sur les mélanges gaz naturel/hydrogène).

Le programme Hydrogène de GRTgaz a permis de déployer la plateforme de R&D FenHYx, inaugurée en novembre 2021. En regroupant des moyens d'essai innovants et des chercheurs aux compétences reconnues, la plateforme FenHYx permet non seulement de conduire des essais de pointe avec les opérateurs d'infrastructures et les acteurs de la filière hydrogène dans le but d'accélérer la transformation des infrastructures gazières et en faire un élément clé du développement de l'hydrogène en Europe, mais aussi de mettre en place des collaborations avec des partenaires académiques et des *start-ups* industrielles françaises et européennes pour amplifier cette transition vers l'hydrogène. Pour Pierre Blouet, directeur de RICE, la plateforme « FenHYx marque un développement stratégique des moyens d'essai de RICE pour répondre aux questions fondamentales et pragmatiques que pose l'arrivée de l'hydrogène dans le mix énergétique et les infrastructures associées. »

Ainsi, dans le cadre des campagnes de R&D préalables à la mise en service de MosaHYc, la plateforme FenHYx permettra de répondre à trois des quatre enjeux identifiés.

## Évolution de l'intégrité des aciers utilisés dans un environnement 100 % H<sub>2</sub>

L'exigence de sécurité, historiquement appliquée au transport de méthane, doit être transposée à l'ensemble des activités impactées par l'intégration croissante de l'hydrogène dans les réseaux de transport. Cela implique notamment d'acquiescer une parfaite compréhension des interactions entre l'hydrogène et les matériaux constitutifs de ces réseaux. Cette connaissance nécessite de consolider des données expérimentales permettant de garantir des conditions d'exploitation conformes aux exigences de GRTgaz en matière de sécurité et d'excellence opérationnelle. Il s'agit notamment de :

- La validation de la compatibilité des aciers constitutifs du réseau de transport existant avec l'hydrogène ;
- La validation de l'intégrité des conduites en acier qu'elles soient récentes ou anciennes ;

- L'adaptation des guides d'acceptabilité des défauts s'appliquant à l'exploitation d'une canalisation de gaz naturel pour servir à l'exploitation d'infrastructures déjà existantes ou neuves dédiées à l'hydrogène pur.

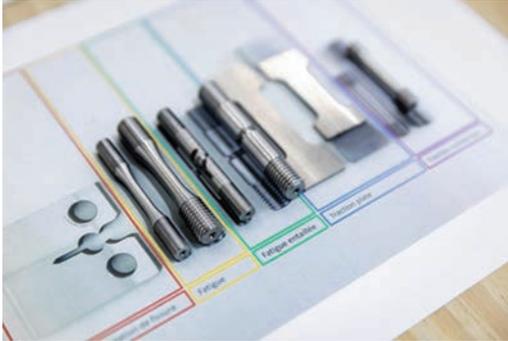


Figure 2 : Échantillons d'acier issus de canalisations en exploitation – Photo©GRTgaz.

Les tests réalisés en laboratoire sur les différents grades d'acier constitutifs des réseaux existants permettent d'évaluer la capacité de ces réseaux à être « rétrofités » ou « reconvertis » pour pouvoir accueillir des flux d'hydrogène à différentes teneurs et pressions, avec des régimes de débit qui sont, eux aussi, fluctuants.



Figure 3 : Machine servant à des essais de traction sous atmosphère hydrogène – Photo©GRTgaz.

Pour les réseaux existants, des solutions techniques alternatives (*pipe-in-pipe*, revêtements intérieurs...) pourront être envisagées afin de ralentir la perméation de l'hydrogène. Dans le cas des réseaux neufs, de nouveaux matériaux compatibles avec un fonctionnement en hydrogène pur seront testés dans le cadre des expérimentations réalisées au titre du projet MosaHYc (voir la Figure 4 ci-dessous).

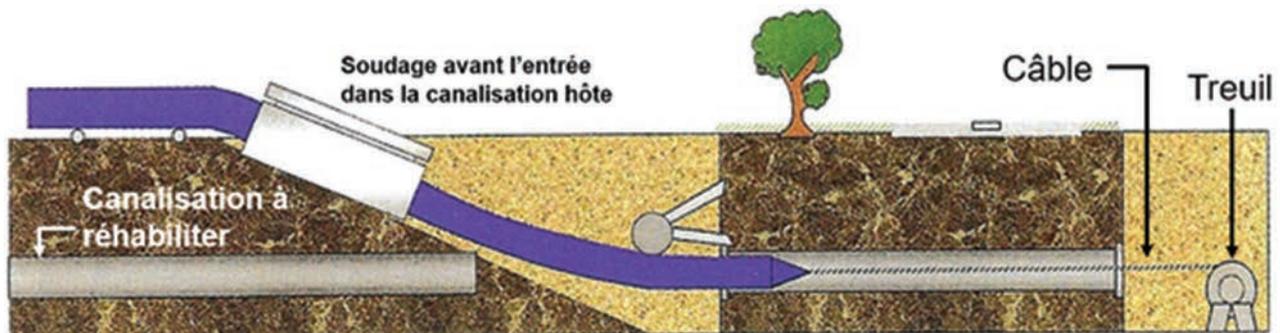


Figure 4 : Illustration d'une technique de type « *Pipe-in-pipe* » – Source : GRTgaz.

## Conformité des équipements de réseau au regard des spécificités du transport de l'hydrogène pur

Les réseaux actuellement exploités pour acheminer de l'hydrogène sont des réseaux spécifiquement conçus pour ce fluide : les équipements associés (robinets, vannes, clapets, soupapes...) ont donc une compatibilité à l'hydrogène certifiée. Ces réseaux se retrouvent en premier lieu dans les installations industrielles utilisant l'hydrogène comme intrant dans les différents *process* de production et/ou comme combustible (mais dans une moindre mesure).

La conversion de canalisations pour permettre l'injection de teneurs élevées d'hydrogène (allant jusqu'à 100 %) soulève une double question : celle de la compatibilité des équipements des réseaux actuels avec les spécificités de l'hydrogène et celle des taux d'hydrogène acceptables dans les réseaux, sans modification préalable de ceux-ci.

Au regard de cette double problématique, GRTgaz doit dès lors qualifier la compatibilité des matériels de réseau actuels (robinets, clapets, vannes...) avec des flux comportant une part très élevée d'hydrogène, pouvant aller jusqu'à 100 %. Le module de vieillissement et d'essai des matériels de réseau composant FenHYx permet de vérifier le bon fonctionnement dans la durée de ces équipements soumis à une exposition prolongée à un fluide contenant de l'hydrogène (voir la Figure 5 de la page suivante).

Les tests de qualification qui seront conduits visent notamment à garantir l'étanchéité et le bon fonctionnement dans la durée des équipements du réseau et, si nécessaire, d'envisager un remplacement de ceux-ci par des dispositifs spécifiquement conçus pour le transport d'hydrogène.

Pour les matériels neufs achetés nativement pour un usage hydrogène, il s'agira de qualifier les étanchéités d'assemblage et de développer des dispositifs de détection des fuites tant internes qu'externes adaptés pour servir non seulement lors de la mise en service du réseau, mais aussi sur toute la durée d'exploitation de celui-ci.

Au-delà des tests sur les équipements qui seront déployés dans le cadre de MosaHYc, les bancs de qualification doivent répondre à un besoin exprimé par les fabricants européens de canalisations, de valves, de compresseurs, de régulateurs et de systèmes de mesure, celui d'obtenir la confirmation de la



Figure 5 : Le laboratoire FenHYx situé sur le site d'Alfortville (94) de GRTgaz – Photo©GRTgaz.

compatibilité de leurs produits avec les usages « hydrogène ». Les objets de R&D FenHyx, Jupiter 1000 et MosaHYc se positionnent ainsi comme des outils au service de l'industrie européenne.

### **Adaptation des équipements dédiés à la qualité et au comptage transactionnel**

Tout comme les équipements servant au bon fonctionnement opérationnel du réseau, les analyseurs mesurant le pouvoir calorifique du gaz et les compteurs servant à facturer l'énergie livrée aux consommateurs sont des outils qui nécessitent une qualification de leur précision de fonctionnement sous hydrogène pur. L'hydrogène ayant des propriétés différentes de celles du gaz naturel (pouvoir calorifique, densité), il convient de maîtriser la précision des équipements de mesure existants afin d'assurer une qualité du gaz conforme aux attentes des consommateurs finaux et de garantir une facturation correcte de l'énergie consommée.

Les chromatographes en phase gazeuse (CG) utilisent généralement l'hélium comme gaz porteur et ne sont pas toujours à même de détecter l'hydrogène. De nouveaux analyseurs ou compteurs utilisant des technologies différentes de celles classiquement utilisées pour le gaz naturel peuvent être des alternatives viables pour une utilisation sur des réseaux hydrogène.

Les équipements de comptage actuellement disponibles sur le marché fonctionnent essentiellement selon quatre technologies : technologies à ultra-sons, à turbine, à effet Coriolis et technologie à pistons rotatifs. Toutes ces technologies ne sont pas au même niveau de maturité en ce qui concerne l'hydrogène. Il sera donc nécessaire de poursuivre les travaux de recherche pour qualifier les analyseurs mesurant le pouvoir calorifique du gaz ainsi que pour valider la précision en conditions réelles d'exploitation des compteurs du réseau.

S'agissant de la qualité de l'hydrogène, des travaux doivent être conduits sur toute la chaîne d'acheminement mais aussi de production pour s'assurer de la compatibilité du gaz distribué avec les usages finaux. Une étude générale s'intéressera à la qualité du gaz fourni par différents moyens de production (électrolyse, vaporeformage, pyrolyse...). Sur ce point, les équipes de GRTgaz pourront s'appuyer sur les résultats obtenus lors de précédentes campagnes européennes, comme le projet Hy4heat, au Royaume-Uni.

Une étude complémentaire portera spécifiquement sur les phénomènes de désorption de composés traces dans les canalisations converties à l'hydrogène, ainsi que sur les solutions de mitigation de ces phénomènes par l'analyse des techniques d'épuration à destination, par le biais d'un dispositif de nettoyage des canalisations ou par la mise en œuvre d'un revêtement interne.

### **Définition et mise en œuvre des mesures nécessaires au titre de la sécurité industrielle**

En ce qui concerne le transport de l'hydrogène pur, on dispose d'un certain niveau de connaissances en matière de sécurité, grâce à l'expérience acquise par les opérateurs privés. En outre, la question de la sécurité liée à l'hydrogène a été étudiée localement en raison de son utilisation dans l'industrie pétrochimique (raffineries, etc.) et chimique (usines d'ammoniac, etc.). Plusieurs campagnes d'essais conduites, à petite et grande échelle, par des laboratoires internationaux ont permis de mieux comprendre le comportement de l'hydrogène en situation accidentelle. Il reste néanmoins à appliquer ces modèles à des écosystèmes ouverts, comme l'est la « Grande Région Hydrogen ». Ces écosystèmes marquent un véritable changement d'échelle

et vont permettre d'établir les futures règles pour atteindre un aussi haut niveau d'exigence que celui du transport de gaz naturel (voir la Figure 6 ci-dessous).

Comme sur l'ensemble des verrous identifiés dans le cadre du projet MosaHYc, les experts mobilisés sur les sujets de sécurité ont pour ambition de démontrer aux autorités nationales que GRTgaz exploitera les nouveaux réseaux de l'hydrogène avec le même très haut niveau de sécurité, de flexibilité et de compétitivité que les réseaux gaz actuels.

## Compétences et formation

L'arrivée d'un réseau de transport d'hydrogène en France et en Europe est un enjeu à la fois technique et humain. Un certain nombre de défis techniques ont déjà été identifiés, pour lesquels les équipes de GRTgaz se sont mobilisées avec l'appui de partenaires.

Au-delà des différentes études lancées, GRTgaz met en place un travail d'identification des évolutions nécessaires en termes de pratique, de compétence, de formation et d'accompagnement des ressources humaines qui devront demain garantir le bon fonctionnement du réseau (exploitation, maintenance, ingénierie, expertise...), dans un environnement 100 % hydrogène.

En effet, l'hydrogène est un gaz avec des spécificités différentes du méthane, qui est historiquement exploité par les équipes de GRTgaz. Les études techniques en cours permettent déjà de capitaliser sur des savoirs développés en matière de modes opératoires d'intervention, de référentiels techniques, de protocoles de sécurité et de protection des salariés.



Figure 6 : Présentation du logiciel de simulation des zones d'effet – Photo©GRTgaz.