



Co-funded by  
the European Union

# HYSTORIES

HYdrogen STORAge In European Subsurface

A large graphic of the chemical formula H<sub>2</sub> in white, set against a dark blue background. The background features a glowing blue sphere on the left and a series of bright blue lines and dots radiating from the right, suggesting a futuristic or scientific theme.

H<sub>2</sub>

# L'HYDROGÈNE, UNE ÉNERGIE D'AVENIR ?

**MIRELA ATANASIU**

DIRECTRICE DES OPÉRATIONS ET DE LA COMMUNICATION DE CLEAN HYDROGEN PARTNERSHIP

Pour un système entièrement fondé sur les énergies renouvelables, la production et le stockage d'hydrogène à grande échelle seront nécessaires. Le projet **Hystories** a permis de mieux comprendre comment l'UE peut utiliser les champs de gaz déplétés et autres sites géologiques pour y stocker de l'hydrogène. Clean Hydrogen Partnership prévoit de soutenir un pilote à grande échelle pour prouver la faisabilité économique et technique d'un système de stockage d'hydrogène souterrain complet.

**PASCAL BAYLOQC**

CEO DE GEOSTOCK

D'ici 2030, l'Europe prévoit de produire environ 10 millions de tonnes d'hydrogène vert. Pour y parvenir, des capacités de stockage massif devront être développées pour assurer l'approvisionnement, l'indépendance énergétique, et faire face à l'intermittence des énergies renouvelables. Le stockage souterrain est la seule option pour stocker de telles quantités, soit dans des cavités salines – une technique relativement bien maîtrisée pour l'hydrogène –, soit en milieux poreux, solution qui présente des challenges à surmonter. On stocke actuellement 10 % de la production mondiale de gaz naturel. Transposé à l'hydrogène, il faudrait environ 1 million de tonnes de capacité de stockage, ce qui est considérable.

**ARNAUD RÉVEILLÈRE**

CHEF DE PROJET

**Hystories** a rassemblé une équipe de chercheurs et d'ingénieurs pluridisciplinaires et a développé des techniques et des connaissances sur deux ans et demi permettant le déploiement de stockage massif dans des champs ou des aquifères déplétés. **Hystories** a également analysé le besoin européen de stockage, son coût et son impact social et environnemental afin de mettre en lumière le déploiement de ces infrastructures.

# LA RAISON D'ÊTRE DU PROJET HYSTORIES

L'hydrogène vert est un vecteur énergétique propre et renouvelable. L'utilisation de ce gaz comme source d'énergie pourrait transformer durablement notre industrie et notre mobilité. Par ailleurs, il peut être envisagé comme solution de stockage de l'électricité produite par les ENR\* intermittentes. En effet, l'électricité verte générée par exemple par les éoliennes ou les panneaux photovoltaïques pourrait être convertie en hydrogène par électrolyse. Cet hydrogène serait ensuite stocké sous terre, et enfin reconverti en électricité qui serait réinjectée dans le réseau via des systèmes de piles à combustible. Ce schéma « Power to Gas to Power » permettrait de pallier l'intermittence inhérente aux ENR.

Pour accélérer le déploiement de cette chaîne de valeur, il est nécessaire de trouver des solutions de stockages massifs. Le stockage dans les roches poreuses ouvrirait des possibilités très intéressantes pour l'Union européenne.

\* Acronyme pour "Énergies renouvelables".

## QU'EST-CE QUE « HYSTORIES » ?

**Hystories** est un acronyme qui signifie « HYdrogen STORAge In European Subsurface » (Stockage souterrain d'hydrogène en Europe). Il s'agit d'un projet de recherche scientifique sur les possibilités de stockage de l'hydrogène en milieu poreux, c'est-à-dire dans les champs gaziers ou pétroliers déplétés, ainsi que dans les aquifères existants. **Hystories** est un collectif qui réunit des acteurs publics (universités européennes, instituts de recherche) et privés (bureaux d'études, industriels et exploitants de sites de stockages d'énergie), afin de développer des solutions techniques et de produire des analyses socio-économiques sur les possibilités de ce type de stockages géologiques.

Ce projet, financé par l'Union européenne et piloté par Geostock, a couru sur la période comprise entre le 1<sup>er</sup> janvier 2021 et le 30 juin 2023.

Une conférence de restitution de l'ensemble des travaux s'est tenue les 25 et 26 mai 2023, dans le grand amphithéâtre de l'école des Mines de Paris.



# UN PROJET EUROPÉEN

**HYSTORIES** est un projet de recherche soutenu par l'Union Européenne. Ce projet a reçu un financement de Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (maintenant Clean Hydrogen Partnership) dans le cadre de l'accord de subvention n° 101007176. Cette *Joint Undertaking* reçoit le soutien du programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union Européenne, d'Hydrogen Europe et d'Hydrogen Europe Research.

<https://cordis.europa.eu/project/id/101007176/fr>

**Financement : 2 499 911,75 €**

## DES EXPERTS EUROPÉENS AU SERVICE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

**HYSTORIES,  
UNE COLLABORATION  
DES SECTEURS  
PUBLIC ET PRIVÉ.**



## LE CONSORTIUM

Le projet **Hystories** émane d'une coopération d'entités européennes publiques (universités, centres de recherche) et privées (bureaux d'étude, acteurs industriels), regroupées dans un consortium, piloté par Geostock, société française d'ingénierie du souterrain.

Ce partenariat européen se compose de 7 partenaires principaux, de 17 entités tierces, ainsi que d'un conseil consultatif composé de 13 industriels, opérateurs ou fournisseurs du marché gazier. Ces acteurs sont issus de 17 pays : Allemagne, Angleterre, Autriche, Belgique, Croatie, Danemark, Espagne, Estonie, France, Grèce, Italie, Norvège, Pologne, Portugal, Roumanie, Tchèque, Turquie.



## 7 PARTENAIRES PRINCIPAUX DU PROJET

**Hystories** est constitué de sept partenaires clés, acteurs publics et privés, actifs dans le stockage souterrain en Europe : CO2GeoNet, Fundación para el desarrollo de las nuevas tecnologías del hidrógeno en Aragón, Geostock, Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (LBST), MicroPro GmbH, Mineral and Energy Economy Research Institute, Montanuniversitaet Leoben.

Ces entités sont pour certaines des experts en stockage souterrain de gaz et de CO<sub>2</sub>. D'autres ont une grande expérience dans l'évaluation stratégique, la faisabilité et l'analyse du marché. Certains partenaires sont également des instituts universitaires renommés pour leur recherche de pointe dans le domaine minier, les minéraux et les technologies de l'hydrogène. Enfin, une fondation spécialisée dans la valorisation de l'hydrogène comme vecteur énergétique fait aussi partie des piliers du projet. Six de ces partenaires sont répartis dans cinq pays européens : Allemagne, Autriche, Espagne, France, Pologne. Le septième partenaire, CO2GeoNet, est un réseau dont les membres couvrent près de 20 pays européens.



## 13 MEMBRES DU CONSEIL CONSULTATIF

Le conseil consultatif est composé de 13 industriels, tous opérateurs ou fournisseurs du marché gazier : Enagas, Fluxys, Gas System, Humbly Grove Energy, IGS, OGE, Ontras, RAG Austria AG, Storengy Deutschland, Teréga, Uniper, Vallourec, VNG. Le rôle de ce conseil est d'exprimer les besoins des industriels. Son rôle est également de fournir des échantillons (composants métalliques, échantillons fluides, etc.). Ces 13 industriels représentent une force de plusieurs dizaines de milliers de professionnels spécialistes de l'industrie Oil&Gas, cumulant une capacité de stockage de l'ordre de 200 TWh et un réseau de pipelines de plusieurs dizaines de milliers de kilomètres.



## 17 ENTITÉS TIERCES

Dix-sept instituts de recherches ou services géologiques, membres de CO2GeoNet, participent au projet **Hystories**. Ils ont permis au projet de recueillir des données géologiques de 23 pays européens : BRGM, British Geological Survey, CERTH - Centre for research & technology Hellas, Czech Geological Survey, Estonian University TalTech, GeoEcoMar, Geological Survey of Belgium, Geological Survey of Denmark and Greenland, Geologische Bundesanstalt, GIG - Research Institut, Helmholtz-Zentrum Potsdam, Instituto de Ciências da Terra, Instituto Geológico y Minero de España, OGS - The National Institute of Oceanography and Applied Geophysics, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Research Institute NORCE, University of Zagreb.



## UN TRAVAIL DE GROUPE

ORGANISÉ EN 8 WORK PACKAGES

### RECHERCHE DANS LES TECHNOLOGIES DU SOUTERRAIN

Les équipes du projet Hystories ont travaillé à des développements techniques pour permettre le déploiement du Stockage Souterrain d'Hydrogène (UHS) dans des réservoirs poreux (aquifères et champs épuisés).

WP1

#### ÉVALUATION GÉOLOGIQUE

**Une base de données européenne d'opportunités.**

Le WP1 a développé et publié une base de données d'opportunités de stockage géologique en Europe, en ajoutant des données spécifiquement pertinentes pour le stockage géologique de l'hydrogène.

WP3

#### MICROBIOLOGIE

**Études en labo et modélisation 3D.**

Le WP3 a collecté une douzaine d'échantillons de saumure et de roche pour une étude expérimentale de l'activité microbienne. Les résultats ont permis de développer un organigramme opérationnel pour évaluer le risque. Des modèles géochimiques de bio-réactivité ont ensuite été créés et appliqués à des modèles 3D à grande échelle pour évaluer les impacts attendus du stockage.

WP2

#### INGÉNIERIE DE RÉSERVOIR ET GÉOCHIMIE

**Évaluation des pièges poreux européens.**

Le WP2 a évalué la capacité hydrodynamique et chimique liée à l'injection d'hydrogène dans plus de 800 réservoirs dans les 27 pays de l'Union européenne et 4 pays voisins. Cette étude permet de déterminer les ressources totales de stockage en TWh (*onshore + offshore*).

WP4

#### MATÉRIAUX ET CORROSION

**Phase de tests.**

Le WP4 s'est concentré sur les tests d'une douzaine de types d'acier de tubage dans une atmosphère d'hydrogène, dans des conditions de charge constante ou cyclique. L'étude a analysé la corrosion localisée, les dommages, l'absorption et la perméation de l'hydrogène, pour finalement évaluer leur applicabilité dans les conditions de puits de stockage.

### FAISABILITÉ TECHNO-ÉCONOMIQUE

La création d'infrastructures de stockage et de transport nécessite une planification minutieuse, une acceptabilité sociale, et un financement. Ce processus peut être long. Hystories a élaboré des analyses approfondies pour aider les décideurs gouvernementaux et industriels à prendre des décisions éclairées.

WP5

#### MODÉLISATION DU SYSTÈME ÉNERGÉTIQUE EUROPÉEN

**Le stockage d'hydrogène pour réduire le coût énergétique en Europe.**

WP5 a développé une modélisation système énergétique européen dans différents scénarios, et analysé les caractéristiques optimales des stockages d'hydrogène (UHS). Dans ces modèles, les besoins en capacité de stockage d'hydrogène sont compris entre 280 et 325 TWh pour l'UE-27+RU en 2050 (environ 5 à 18 % de la demande totale en H<sub>2</sub>). Ce sont des ordres de grandeur inférieurs aux capacités estimées de 6 900 TWh pour le stockage en milieu poreux (résultat du WP2 de Hystories) ou de 13 800 TWh pour les cavités salines.

WP7

#### CLASSEMENT DES SITES GÉOLOGIQUES

**Modèle de coût et application pour évaluer les possibilités de stockage souterrain d'hydrogène.**

Le WP7 a développé un modèle de coût paramétrique spécifique à l'hydrogène et l'a appliqué à des centaines de pièges poreux et des dizaines de sites de dépôt de sel candidats pour le stockage souterrain d'hydrogène (UHS), ce qui a conduit à une estimation du coût nivelé de stockage d'hydrogène de 1,1 à 2,6 €/kg dans les milieux poreux et de 2,0 à 2,3 €/kg dans les cavernes de sel, selon le cycle considéré.

Une note d'adéquation, reflétant une maturité relativement plus élevée, et un risque technique plus faible a également été définie et appliquée, trouvant des notes plus élevées pour les cavernes de sel, puis les stockages de gaz naturel existants et les champs de gaz déplétés.

WP6

#### ÉTUDES D'IMPACT

**Réglementation, études environnementales et acceptabilité.**

Le WP6 a évalué la préparation à la réglementation pour les UHS sur la base d'enquêtes menées auprès des parties prenantes, montrant que seuls 6 des 17 pays européens examinés l'avaient développée ou étaient en train de le faire.

Le WP6 a réalisé une analyse de cycle de vie environnementale des UHS qui fournit une évaluation de référence pour 7 catégories d'impact, y compris le changement climatique, et montre que les principaux points chauds environnementaux découlent de l'utilisation d'électricité pendant l'exploitation.

Le WP6 a analysé la perception publique en interrogeant les parties prenantes ayant été impliquées dans plusieurs centaines de projets au total, constatant que deux projets expérimentés avaient été affectés par la pression publique, et par une enquête auprès du grand public qui a suggéré un possible syndrome du "Not in My Backyard".

WP8

#### ÉTUDES DE CAS EUROPÉENS

**Étude de cas : mise en œuvre et opportunités.**

Le WP8 a étudié les sites de stockage souterrain d'hydrogène (UHS) en France, en Allemagne, en Italie, en Pologne et en Espagne, permettant un examen plus détaillé de la mise en œuvre de projets UHS, notamment en évaluant les opportunités économiques et en identifiant les facteurs les plus pertinents liés au cas d'affaires.





[WWW.HYSTORIES.EU](http://WWW.HYSTORIES.EU)

## CONTACTS

**OLIVIER DANNENMULLER**

RESPONSABLE COMMUNICATION

OLIVIER.DANNENMULLER@GEOSTOCK.FR

+33 (0)6 07 80 28 58

**ARNAUD RÉVEILLÈRE**

CHEF DE PROJET

ARNAUD.REVEILLERE@GEOSTOCK.FR



Co-funded by  
the European Union

THIS PROJECT HAS RECEIVED FUNDING FROM THE FUEL CELLS AND HYDROGEN 2 JOINT UNDERTAKING (NOW CLEAN HYDROGEN PARTNERSHIP) UNDER GRANT AGREEMENT N° 101007176. THIS JOINT UNDERTAKING RECEIVES SUPPORT FROM THE EUROPEAN UNION'S HORIZON 2020 RESEARCH AND INNOVATION PROGRAM, HYDROGEN EUROPE AND HYDROGEN EUROPE RESEARCH.