



# RECHERCHE & INNOVATION

ACTIVITÉS TRANSPORT ET STOCKAGE  
**BILAN 2022-2023 & PERSPECTIVES**



## POURQUOI CE BILAN ?

Sixième rapport de Teréga sur ses activités de Recherche & Innovation (R&I), ce document en synthétise les programmes stratégiques : des projets qui répondent pleinement au plan d'entreprise IMPACTS 2025 et sur lesquels se mobilisent les équipes. Ces pages détaillent les travaux engagés par Teréga sur les activités régulées de transport et de stockage de gaz, dont l'ensemble est soutenu par la Commission de Régulation de l'Énergie (CRE).

Véritable accélérateur de la transition énergétique, Teréga déploie depuis plus de 75 ans un savoir-faire d'exception dans le développement d'infrastructures de transport et de stockage de gaz. Son réseau, implanté dans le grand Sud-Ouest au carrefour des grands flux gaziers européens, comprend plus de 5 000 km de canalisations (15,6% du réseau de gazoducs de transport de gaz français) et deux stockages souterrains (25,4% des capacités de stockage nationales). L'entreprise a réalisé en 2023 un chiffre d'affaires de 494 M€ (hors équilibrage et congestion) et compte près de 650 collaborateurs.

## ACCÉLÉRATEUR DES ÉNERGIES D'AVENIR

Dans le contexte actuel où la transition énergétique et la transformation digitale s'accélèrent, l'innovation reste un enjeu fondamental pour Teréga afin de maintenir sa position d'opérateur exemplaire d'infrastructures gazières et d'acteur majeur de la transition vers une énergie décarbonée.

Depuis 2018, la Recherche & Innovation soutient le plan d'entreprise **IMPACTS 2025**, destiné à réaliser les ambitions de l'entreprise dans le futur paysage énergétique. Ce plan se structure autour de **cinq axes stratégiques principaux** :

- Déployer nos offres commerciales et satisfaire nos clients
- Optimiser l'efficacité et la responsabilité
- Améliorer la reconnaissance de l'entreprise
- Accélérer notre croissance et transformer nos infrastructures
- Réinventer l'ADN de l'entreprise

Deux initiatives majeures en découlent : **PARI 2025** (Prévention des Accidents et des Risques Industriels), visant « Zéro accident, Zéro accrochage, Zéro surprise », et **BE POSITIF** (Bilan Environnemental Positif), par lesquelles Teréga contribue depuis 2017 à la stratégie de neutralité carbone de la France à l'horizon 2050.

Tous les collaborateurs de l'entreprise sont incités à participer à la réussite de ces programmes et à la dynamique globale d'innovation, afin que chacun soit reconnu comme un acteur du plan d'entreprise. Par ailleurs, Teréga souhaite également inviter l'ensemble de son écosystème à contribuer au développement de ses axes stratégiques.

Le plan d'entreprise IMPACTS 2025 a suscité l'intérêt et la mobilisation de toute l'entreprise. Forte de cette vision dynamique, Teréga se penche depuis le début de l'année 2024 sur son nouveau plan d'entreprise, **GAÏA 2035**, afin de propulser l'entreprise encore plus loin et plus fort.

## SOMMAIRE

LE PLAN INNOVATION IMPACTS 2025	P. 05
INTÉGRITÉ DES INFRASTRUCTURES	P. 10
PERFORMANCE ET SÉCURITÉ OPÉRATIONNELLES	P. 14
MONITORING DES STOCKAGES SOUTERRAINS	P. 18
SÉCURITÉ DES PERSONNES, SÛRETÉ ET CYBERSÉCURITÉ	P. 22
RÉDUCTION DE NOS ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE ET DE NOTRE EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE	P. 26
NOUVEAUX GAZ : BIOMÉTHANE ET MÉTHANE DE SYNTHÈSE	P. 30
HYDROGÈNE	P. 34
DÉMONSTRATEURS MULTI-ÉNERGIES	P. 38
GLOSSAIRE	P. 42



# Édito



**Cécile Boesinger**

Responsable R&I à la Direction Développement et Stratégie de Teréga

« **Quels sont les défis à relever pour atteindre les objectifs liés à la transition énergétique ?** Le système énergétique doit évoluer vers un mix bas carbone, renouvelable, diversifié et provenant de sources plus délocalisées, au lieu d'être un système vertical dominé par les énergies fossiles. Le gaz et les infrastructures de Teréga se situent au cœur de ces mutations et l'innovation est un outil indispensable pour réussir cette transformation.

**Comment Teréga s'engage-t-il, par son plan d'entreprise IMPACTS 2025, à être un acteur incontournable de cette transition ?** La Recherche & Innovation contribue doublement à cet objectif :

- par l'adaptation des infrastructures de transport et de stockage de gaz naturel aux méthanes renouvelables (biométhane, méthane de synthèse) et Hydrogène ;
- par le développement de projets en lien avec les Smart Grids multi-énergies, pour favoriser la synergie entre les différents vecteurs énergétiques (électricité, méthane, chaleur, hydrogène...), comme le Power-to-Gas\* ou les postes de rebours. En effet, la flexibilité et l'adaptabilité des infrastructures de transport et de stockage de gaz en font un maillon central du système énergétique du futur.

**« La transition énergétique est un des enjeux majeurs de notre époque et l'innovation joue un rôle crucial dans cette transition. Notre ambition est de mettre en œuvre des stratégies de recherche qui non seulement répondent aux besoins actuels mais anticipent également les évolutions futures du secteur énergétique. En continuant à investir dans la recherche et à collaborer avec des partenaires stratégiques, nous posons des bases pour des progrès futurs et des solutions durables qui transformeront notre industrie. »**



**Giacomo Matarazzo**

Directeur Développement et Stratégie

**Quelles sont les prochaines étapes ?**

Faire émerger et développer de nouvelles solutions qui permettent d'accroître les performances opérationnelles de Teréga et d'accélérer la décarbonation du système énergétique. »



# ► L'INNOVATION AU SERVICE DES ENJEUX OPÉRATIONNELS D'AUJOURD'HUI ET DE DEMAIN

Depuis la veille et la prospective jusqu'à la mise en œuvre des innovations, la R&I de Teréga mobilise une **soixantaine de collaborateurs** et collaboratrices, répartis sur l'ensemble des directions. Animée et pilotée au sein de la Direction Développement et Stratégie, cette organisation interne ancre l'innovation au cœur de la dynamique d'entreprise de Teréga et constitue l'une de ses forces. Elle s'incarne dans le Plan Innovation IMPACTS 2025 : une feuille de route R&I à horizon 2025, co-construite avec les collaborateurs de Teréga, qui définit **onze programmes** dédiés aux activités régulées du transport et du stockage. Chacun de ces programmes regroupe un ensemble de projets en connexion directe avec les besoins opérationnels de l'entreprise, portant sur une thématique stratégique de développement ou d'optimisation des activités.

**« La R&I chez Teréga est chargée d'impulser la transformation des infrastructures énergétiques vers un avenir sûr, performant et neutre en carbone. Grâce à des résultats probants, nous pérennisons le soutien de la CRE [Commission de Régulation de l'Énergie] sur nos travaux de R&I. Ces succès nous permettent de tourner résolument Teréga vers un modèle d'opérateur gazier exemplaire sur ses activités historiques, et d'opérateur d'énergie décarbonée de demain. »**



**Sandrine BOUCHER**

Chargée de Recherche & Innovation

## LES 11 PROGRAMMES IMPACTS DU PLAN INNOVATION 2025



INTÉGRITÉ DES INFRASTRUCTURES



ANTICIPATION DES DÉFAILLANCES



SURVEILLANCE DU RÉSEAU ET DES TND\*



SANTÉ ET SÉCURITÉ AU TRAVAIL



SÛRETÉ ET CYBERSÉCURITÉ



MONITORING STOCKAGE



RÉDUCTION DE NOS ÉMISSIONS DE GES



INTÉGRATION TERRITORIALE ET EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE



BIOMÉTHANE ET MÉTHANE DE SYNTHÈSE



HYDROGÈNE



MULTI-ÉNERGIES

## UN PROJET R&I, C'EST QUOI ?

L'équipe de recherche et d'innovation (R&I) de Teréga se consacre à la recherche appliquée et à des projets pouvant être déployés sur notre outil industriel, avec un processus de développement d'environ trois ans.

À ce titre, le champ de travail de la R&I se décline en :

- Travaux de Recherche et études visant à améliorer et faire évoluer les connaissances et les pratiques de Teréga et de ses pairs gaziers au-delà de l'état de l'art actuel ;
- Projets d'Innovation visant à (co)développer et/ou expérimenter de nouvelles technologies ou méthodologies pour les qualifier avant un premier déploiement en environnement opérationnel.



**+ de 60 collaborateurs**  
MOBILISÉS, C'EST ENVIRON 10% DE L'EFFECTIF DE L'ENTREPRISE.



**+ de 50 projets**  
RÉPARTIS SUR LES ACTIVITÉS TRANSPORT ET STOCKAGE.



**3 brevets**  
DÉPOSÉS DANS LES DOMAINES DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE, DE LA QUALITÉ GAZ ET DU DIGITAL.



**+ de 40 partenaires**  
AUX COMPÉTENCES COMPLÉMENTAIRES.

## Indicateurs budgétaires :



**INVESTISSEMENTS CAPEX R&I**  
• 3,1 M€ EN 2022  
• 2,8 M€ EN 2023



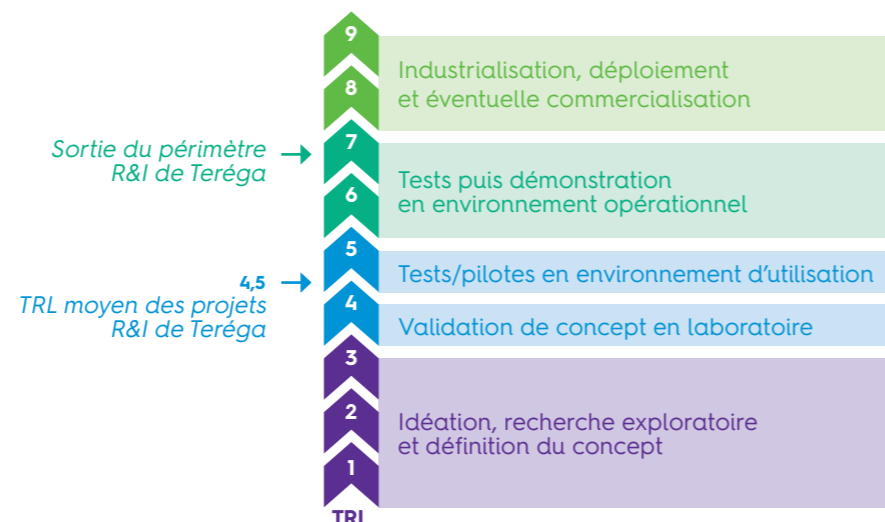
**ENVELOPPES OPEX R&I (2020-2023)\***  
• 8,2 M€ SUR L'ATRT7  
• 2,5 M€ SUR L'ATS2

\* OPEX : suite à la mise à jour fin 2021 des trajectoires d'OPEX R&I lors du guichet de mi-période tarifaire, soit un budget R&I annuel (moyenne 20-23) de 5 M€/an

## L'ÉCHELLE TRL

Chez Teréga, l'avancement des projets R&I est suivi grâce à un indicateur objectif et reconnu par tous : le niveau de maturité technologique ou Technology Readiness Level (TRL) en anglais. La plupart de nos projets ont un TRL compris entre 3 et 7.

Cet indicateur est suivi deux fois par an. Une fois la faisabilité validée, le projet passe en phase d'industrialisation et de déploiement (TRL 8), et sort donc du périmètre R&I pour être porté par les équipes métiers concernées.



## TENEXI : mettre l'intelligence collective au service de l'innovation

Depuis 2020, Teréga poursuit l'essor de sa démarche d'innovation participative : TENEXI (Tous ENsemble Explorons l'Innovation). Cette démarche a une double vocation :

**1- Lancer des appels à projets en externe** pour favoriser le partage de compétences et l'élaboration de solutions industrielles d'avenir. Après 2 premières éditions orientées respectivement sur la sécurité des équipes terrain et la sécurité industrielle, l'édition 2022 a permis de se faire le relais du Challenge d'Open Innovation conjointement lancé avec GRTgaz, GRDF et Storengy sur la recherche de solutions de décarbonation du biométhane injecté dans les réseaux, remporté par Mines Paris et Voltigital.

**2- Proposer des challenges en interne** pour favoriser l'émergence et la mise en œuvre de solutions pertinentes venant des collaborateurs Teréga. Les challenges peuvent porter sur des actions innovantes à déployer en interne comme la valorisation

des déplacements, le partage des savoir-faire ou encore la décarbonation de nos opérations de travaux au stockage. Mais depuis 2023, la démarche s'est enrichie en interne avec le lancement d'un programme d'intrapreneuriat by TENEXI visant à faire émerger de nouvelles opportunités business pour l'entreprise, en lien avec la transition énergétique. Une démarche qui permet à chaque collaborateur qui le souhaite de devenir acteur de l'évolution de l'entreprise.



**Aurélia Taupin**  
Chargée de Recherche et Innovation

**« TENEXI, c'est la démarche qui permet de mettre à profit l'intelligence collective et d'engager l'ensemble de nos collaborateurs et parties prenantes dans la recherche conjointe de solutions innovantes, tout en faisant croître l'initiative, l'engagement et la création de valeur pour l'entreprise. »**

## Chiffres clés



**17 Publications et posters scientifiques**

principalement sur nos travaux de Recherche sur l'impact des nouveaux gaz dans les stockages aquifères (biométhane, H<sub>2</sub>)



**+ de 20 communiqués de presse**

pour valoriser nos différents travaux de Recherche, projets d'Innovation et partenariats R&I

**7 présentations**  
DANS DES CONGRÈS OU FORUMS SCIENTIFIQUES

comme REGATEC, le World Gas Congress, le Joint Symposium of the International Societies for Environmental Biogeochemistry & Subsurface Microbiology (ISSM), Marcogaz...



# FAITS MARQUANTS

Octobre 2022

## WORLD GAS CONGRESS 2022 (Daegu - Corée du Sud)

Guilhem Caumette, Ingénieur en Environnement-Recherche Énergie, a présenté les dernières avancées et les résultats des différents travaux de recherche menés par Teréga pour connaître les impacts du biométhane injecté dans nos infrastructures de transport et nos stockages.



Nov. 2022 &amp; Janv.-Mars 2023

## TOURNÉE INNOVATION chez Teréga

Des moments d'échanges qui mobilisent l'ensemble des équipes, collaborateurs et partenaires avec 3 objectifs : partager les ambitions et enjeux d'innovation de Teréga, valoriser les initiatives et projets portés par l'entreprise, renforcer l'engagement des salariés dans cette démarche d'innovation.

Nov. 2022 &amp; Nov. 2023

## 24H DE L'INNOVATION (Pôle Avenia)

Participation de Teréga à 2 nouvelles éditions de cet événement collaboratif qui met à profit l'intelligence collective avec des étudiants sur 24 h.

7<sup>e</sup> édition : Antoine Simonnet a présenté un projet lié au multi-énergies avec son équipe composée de 7 étudiants, permettant à Teréga de remporter la médaille d'argent.

8<sup>e</sup> édition : Alexy Heduin, Jean Oriol et Ronan Tilly ont présenté un projet qui s'inscrit dans le développement des infrastructures mutualisées de captage, transport et stockage de CO<sub>2</sub> envisagé à l'horizon 2030 dans le Piémont pyrénéen.

Mars 2023

## INAUGURATION SOLIDIA INSA Toulouse

L'inauguration de Solidia Biogaz a rassemblé plus de 80 personnes. Cette plateforme R&D qui s'occupe du traitement et de la valorisation du biogaz est née grâce à une collaboration entre Teréga, l'INSA de Toulouse et la société CLER VERTS. Elle est également soutenue par la région Occitanie et a bénéficié d'une subvention publique.



Mars 2023

## PARTENARIAT GREEN2TSO ENAGÁS + GRTGAZ + REN

Teréga est signataire d'un accord avec d'autres grands opérateurs gaziers visant à accélérer la transformation du réseau de gaz naturel en réseau hydrogène à travers une démarche d'Open Innovation qui vient s'aligner sur les engagements européens (Green Deal, Fit for 55, REPower EU).

Avril 2023

## SPONSORING GREENOV Hélioparc

Afin de contribuer au développement d'innovations dans les territoires, Teréga est devenu sponsor du nouvel incubateur Greenov lancé par Technopole Hélioparc. Ce dernier permettra d'accueillir des start-up qui souhaitent développer des solutions greentech en faveur de l'accélération de la transition énergétique et écologique. Les 3 start-up retenues sont les suivantes : Graines de compost, Pyrénées Chanvre et TechBioEnergy.



Juillet 2023

## TABLE RONDE SMART GRIDS (Bordeaux)

Intervention de Cécile Boesinger à l'événement R3 TESNA (Réseau régional de recherche « Transition Énergétique sur la Nouvelle-Aquitaine ») dans le cadre de la table ronde « Les Smart Grids multi-énergies, une solution pour accélérer la transition énergétique dans les territoires ? », aux côtés notamment de l'UPPA.

Octobre 2023

## PARTENARIAT DÉCARBONATION UPPA

Renouvellement du partenariat Teréga-UPPA en faveur de la décarbonation après 20 ans d'histoire commune dans la recherche sur le

stockage géologique des gaz décarbonés et l'optimisation des systèmes multi-énergies. Ce nouveau partenariat va mettre l'accent sur l'éducation et la formation sur ces sujets auprès des étudiants.

Octobre 2023

## GROUPE INTERNATIONAL H2GAR

Teréga rejoint le groupement international H2GAR (H2 Gas Asset Readiness) aux côtés de GRTgaz, Fluxys... qui rassemble des experts gaziers des TSO européens et a pour objectif de définir l'état de l'art en matière de transport et stockage de l'hydrogène, afin d'identifier les éventuelles lacunes technologiques et réglementaires, tant pour les infrastructures existantes que pour les nouvelles infrastructures.

# PARTENAIRES



**UPPA**  
« L'UPPA a trouvé en Teréga un partenaire industriel investi en R&I, qui accompagne l'institut dans le cofinancement de projets de recherche sur l'amélioration des connaissances des stockages de gaz, mais aussi en vision stratégique. »

**Pierre Cézac**  
Professeur des Universités à l'UPPA, directeur de l'Institut Carnot ISIFoR



**Institut National des Sciences Appliquées**  
« Teréga apporte à l'INSA une vision des enjeux et des contraintes industriels afin d'orienter au mieux nos thématiques de recherches sur les gaz renouvelables. »

**Sébastien Pommier**  
Ingénieur de recherche au CRITT - génie des procédés et technologies environnementales - et au LISBP, laboratoire de l'INSA de Toulouse



**EPFL**  
« Le méthane et ses infrastructures couplés à l'optimisation multi-énergies de sites industriels sont des éléments clés de la transition énergétique. C'est pourquoi il est important pour un laboratoire de recherche, dans le domaine de l'aide à la décision pour la transition énergétique, de collaborer avec Teréga afin de proposer solutions et méthodes pour réaliser cette transition. »

**François Maréchal**  
Professeur à l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)



**GERG**  
« Le GERG travaille avec la communauté européenne de l'énergie pour développer des solutions innovantes sur les infrastructures gazières. Teréga contribue aux enjeux R&D des autres membres (GRT, DISO, principaux fournisseurs de gaz naturel, universités et instituts de recherche, organisations internationales de normalisation) en participant à des projets et à des groupes de travail sur l'hydrogène, le biométhane et la réduction des émissions de méthane. »

**Alexandra Kostereva**  
Operations Manager du GERG (The European Gas Research Group)



**Pôle de compétitivité français des industries du sous-sol**  
« Pour un pôle de compétitivité comme AVENIA, dédié aux industries du sous-sol, c'est une immense chance de pouvoir compter sur la grande implication de Teréga dans nos événements et programmes. »

**Thibaut Heimermann**  
Directeur Général du Pôle Avenia



**Hélioparc**  
« Teréga s'implique aux côtés d'Hélioparc dans le développement économique et le rayonnement du territoire. Grâce à son soutien, Greenov, incubateur dédié à la transition écologique et énergétique, a pu voir le jour et accueille des projets qui œuvrent pour un avenir meilleur. »

**Olivier Farreng**  
Directeur général de la technopole Hélioparc



**Opérateur de transport de gaz**  
« Teréga est, comme GRTgaz, un acteur engagé dans la transition énergétique et la décarbonation des usages du gaz. Ces enjeux nécessitent d'entreprendre de multiples travaux de R&D, et RICE coopère avec Teréga, partenaire de longue date, sur des travaux liés par exemple à l'intégrité des canalisations ou le développement des nouveaux gaz »

**Pierre Blouet**  
Directeur de RICE (Research & Innovation Center for Energy) chez GRTgaz



**Storengy**  
« Teréga est un partenaire essentiel de Storengy, avec qui nous partageons le même enthousiasme pour la R&D. Nous résolvons ensemble des problématiques techniques complexes, et relevons les enjeux de la transition énergétique sur nos sites de stockage en aquifère. C'est grâce à cette coopération efficace que nous continuerons à assurer la sécurité de l'approvisionnement. »

**Frédéric Millet**  
Responsable Stratégie de Storengy France

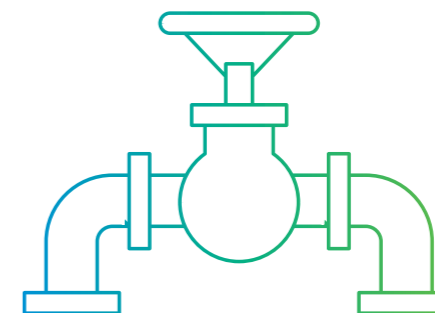


**Enagás**  
« Chez Enagás Emprende, nous explorons avec Teréga des solutions pour devenir porteurs d'un vecteur d'énergie efficace, sûr et propre tel que l'hydrogène grâce à nos infrastructures à grande échelle. L'initiative Green2TSO est à ce titre un bel exemple d'innovation ouverte et collaborative entre plusieurs TSO. »

**Emilio Martínez Gavira**  
Open Innovation & Entrepreneurship chez Enagás

## INTÉGRITÉ DES INFRASTRUCTURES

Le meilleur de la technologie, au moindre coût, pour protéger et inspecter les canalisations



Garant d'une mission de service public, Teréga a la responsabilité de maintenir **la sécurité, la fiabilité et la disponibilité de ses installations, tout en optimisant les coûts et la performance.**

Sujet incontournable, l'intégrité des infrastructures, et notamment des 5 000 km de canalisations, est un enjeu majeur pour l'entreprise, qui l'a placé au cœur de son initiative **PARI 2025**.

Apportant sa pierre à l'édifice dans ce domaine, le programme R&I vise à développer et à déployer des technologies innovantes pour inspecter les ouvrages inaccessibles ou pour répondre à des obligations réglementaires. Il contribue aussi à l'amélioration permanente des connaissances sur les phénomènes de dégradation des canalisations (corrosion, fissures...) et garantit à Teréga d'être toujours à la pointe des techniques de protection des ouvrages (revêtements, protection cathodique\*...).

**« La R&I propose sans cesse de nouvelles technologies pour garantir l'intégrité, la protection et la disponibilité des infrastructures d'aujourd'hui et de demain. Notre mission consiste à mettre en œuvre les plus adaptées à nos contraintes tout en optimisant la performance et les coûts. »**



**Rémi Lancien**

Responsable du Service d'Inspection,  
Responsable du programme R&I  
« Intégrité des infrastructures »



# Des projets R&I dédiés à la protection et l'inspection des canalisations

## 1 – Étudier les phénomènes de corrosion\* pour optimiser la protection cathodique\*

### L'OBJECTIF

4-5  
TRL

Avec ce projet, la R&I cherche à améliorer la compréhension des facteurs de corrosion\* des aciers de nos canalisations, afin d'optimiser l'efficacité de la protection active (Protection Cathodique\* ou PC) et de la protection passive (revêtement).

#### La démarche

- Pour les protections actives : des études ont été menées avec l'Institut de la Corrosion pour déterminer les critères d'efficacité de la PC dans des environnements perturbés ou des conditions particulières (nature du sol, résistivité, humidité du milieu, environnement, taille des coupons...).
- Des études ont été entreprises avec RICE (GRTgaz) pour améliorer l'évaluation du risque de corrosion en présence de courants vagabonds\* continus et pour caractériser les conséquences d'une coupure de PC sur la protection des canalisations.
- Pour les protections passives : nous étudions la performance de nouveaux revêtements.

#### Les bénéfices

- Renforcement de la protection de nos canalisations et amélioration de la durée de vie des infrastructures gazières.
- Amélioration des critères de performance des revêtements des canalisations vis-à-vis du risque de corrosion pour les futurs projets.

#### Les avancées

- Études finalisées et conclusions consolidées sur l'influence de l'environnement sur les dépôts calco-magnésiens, ce qui a apporté à Teréga une meilleure compréhension des critères d'efficacité de la PC dans des environnements divers.
- Tests de vieillissement des revêtements des canalisations, avec mise en évidence de facteurs clés tels que la température ou le pH sur le vieillissement de certains matériaux.
- Finalisation des études bibliographiques et poursuite des tests sur le critère 100 mV d'abaissement minimal du potentiel cathodique, y compris dans les milieux très résistifs.

- Poursuite des travaux pour comprendre l'influence des courants vagabonds\* sur le risque de corrosion.
- Sourcing et Proof of Concept\* (POC) d'une solution de drainage innovante avec gestion automatique des courants électriques.

#### Les développements à venir

- Poursuite des sujets de Recherche sur les critères d'efficacité PC en fonction de l'environnement et de l'état du revêtement.
- Fin du projet de solution de drainage innovante avec premier déploiement sur site final.

### DISPOSITIF DE DRAINAGE INTELLIGENT

Les courants électriques parasites des voies ferrées polluent notre système de protection active des canalisations. Pour résoudre ce problème, nous collaborons avec la société ADCA pour développer une solution de drainage électronique innovante. Cette technologie permet de réguler automatiquement les courants électriques entre une conduite souterraine et les rails d'une voie ferrée. Elle définit automatiquement un point de consigne et ajuste la résistance de régulation en fonction des besoins et des contraintes électriques changeantes. Grâce à cette innovation, nous optimisons la gestion des courants pour

préserver l'intégrité des structures souterraines, tout en réduisant les risques de surpolarisation et les interférences avec d'autres réseaux.



## 2 - Innover pour inspecter les ouvrages inaccessibles ou pour se conformer aux exigences réglementaires

### L'OBJECTIF

6  
TRL

Ce projet vise à identifier les meilleures solutions pour inspecter les canalisations non pistonnables de petit diamètre, les gaines\*, les traversées spéciales sur ouvrages ou à l'air libre (TSOA), soit près de 2 500 km : autant de points du réseau où les technologies conventionnelles de piston instrumenté ne sont pas possibles. Parallèlement, la R&I cherche à développer des technologies permettant de répondre aux nouvelles demandes de l'arrêté multifluide (AMF) de juillet 2020, qui impose de rechercher tous types de fissures dans les ouvrages.

#### La démarche

- Une nouvelle technologie non destructive d'inspection des canalisations, basée sur la tomographie magnétique\*, est à l'étude, en collaboration avec plusieurs autres opérateurs d'infrastructures longitudinales.
- Un modèle d'analyse et d'échantillonnage des gaines\* a été élaboré. Sur les 5 000 gaines\* non pistonnables de Teréga, ce modèle a initialement permis d'identifier 224 gaines\* prioritaires à inspecter sur une période de 10 ans.
- Une collaboration avec les prestataires d'inspection par piston est en cours pour accélérer les travaux de recherche et développement sur les nouvelles technologies permettant de rechercher tous types de fissures, car aucune technologie de ce type n'est actuellement disponible en Europe.

#### Les bénéfices

- Maîtrise de l'intégrité des ouvrages à des coûts optimisés.
- Prolongation de la durée de vie des canalisations et meilleure sélection de celles nécessitant une inspection renforcée.
- Conformité aux exigences réglementaires.

#### Les avancées

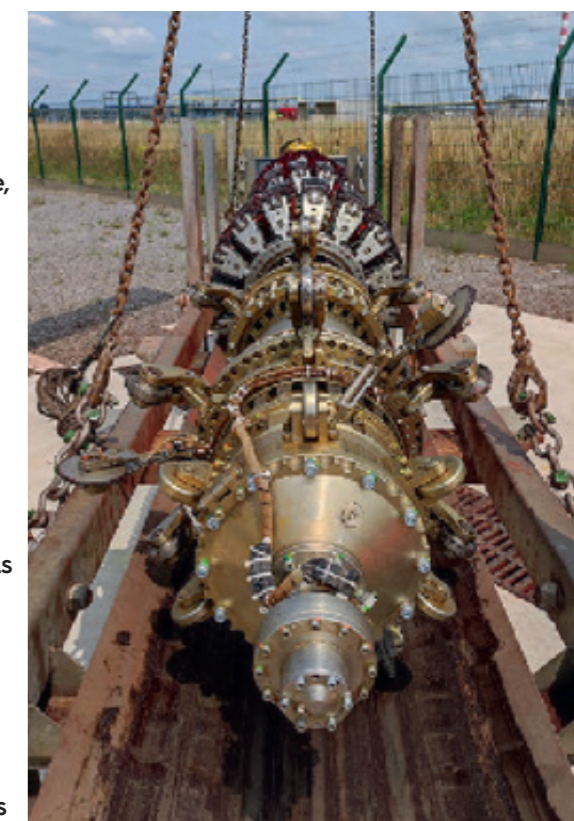
- Approfondissement de la technologie de détection de défauts par tomographie magnétique\*, avec test sur une de nos canalisations.
- Inspections de gaines\* par échantillonnage : finalisation du projet avec mise à jour et enrichissement de l'arbre de menace, mise à jour des sondages et inspections de gaines\* à forts potentiels dans le Plan de Surveillance et de Maintenance (PSM).
- Fin de l'étude de sensibilité des canalisations à la fissuration et élaboration du programme de gestion du risque.

#### Les développements à venir

- Analyse des résultats de l'inspection réalisée avec la technologie de tomographie magnétique\* pour conclure sur les intérêts technico-économiques de cette solution.
- Poursuite de la veille technologique et benchmark européens sur le risque fissure et sur les solutions de surveillance des risques corrosion sur nos canalisations non inspectables.

### ANTICIPER ET DÉTECTER LE RISQUE FISSURE : NOTRE DÉMARCHÉ

Afin de répondre aux nouvelles exigences de l'Arrêté Multi Fluides et pour pallier l'absence de technologies matures et disponibles de détection en gaz des fissures sur le marché européen, Teréga a conçu un modèle d'analyse de la sensibilité de ses canalisations au risque fissuration. En lien avec les études bibliographiques mais également les retours d'expérience d'autres TSO, ce modèle concatène de nombreuses données (âge, revêtement, pH, température, niveau de protection cathodique\*, nuance d'acier...) dans le but d'identifier quels ouvrages pourraient se révéler sensibles à ce risque. Suite à ce développement, un programme de gestion de la fissuration a été proposé et mis en œuvre sur le réseau de transport depuis 2023 : passage d'un EMAT (ElectroMagnetic Acoustic Transducer) sur une canalisation 650 mm, excavations avec magnétographie étendue et Recherches Systématiques de Fuites (dit RSF).

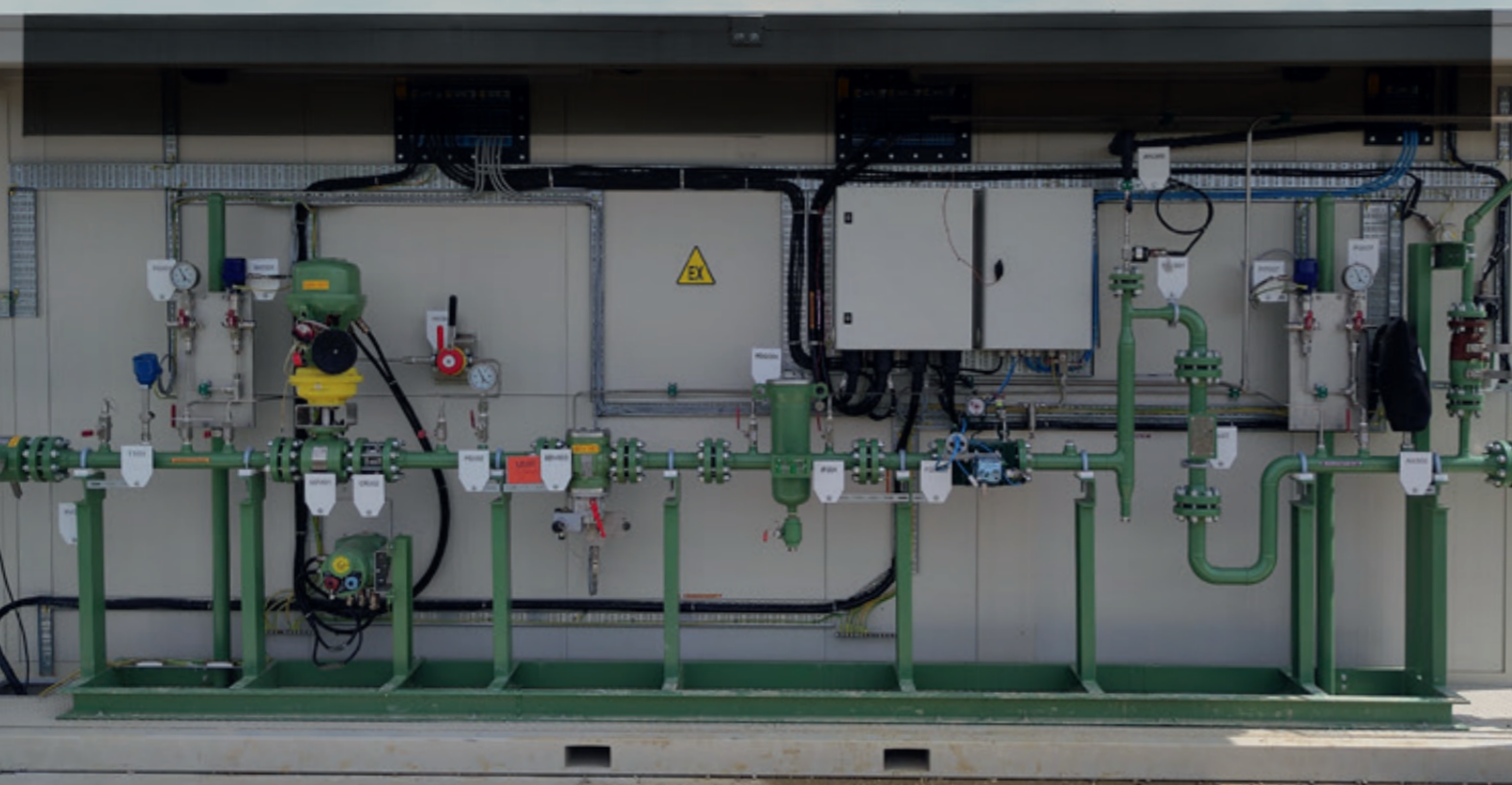


La recherche des fissures: 1<sup>er</sup> piston EMAT dans le réseau Teréga.



## PERFORMANCE ET SÉCURITÉ OPÉRATIONNELLES

# Surveiller et maintenir nos infrastructures en optimisant coûts et excellence opérationnelle



L'excellence opérationnelle, la sécurité, la disponibilité et la fiabilité de ses installations sont au premier rang des responsabilités de Teréga. Acteur majeur du domaine gazier, l'entreprise a clairement énoncé cette priorité dans son programme **PARI 2025**, qui vise à atteindre les objectifs ambitieux de « Zéro accident, Zéro accrochage, Zéro surprise ».

La R&I y contribue par le biais de deux programmes essentiels : **la surveillance du réseau et prévention des dommages aux ouvrages, et l'anticipation des éventuelles défaillances ou pannes sur les installations.** Ces projets cherchent à tirer le meilleur parti des opportunités offertes par les évolutions technologiques et digitales, et notamment les architectures numériques de big data, les objets connectés et les Jumeaux Numériques, pour assurer des services optimisés de visualisation temps réel, d'automatisation et de prise de décisions opérationnelles.

*« Notre surveillance est aérienne et terrestre : elle est essentielle car Teréga constate près de 70 atteintes à nos canalisations par an. Du côté de la surveillance aérienne du réseau : satellite, drone à voilure fixe et drone dirigeable sont en phase d'exploration et font face à des défis tant technologiques que réglementaires. Le projet de surveillance par satellite a connu des avancées majeures en 2023 et semble prometteur dans un futur proche. Sur la détection terrestre en temps réel, nos efforts se sont concentrés sur les systèmes acoustiques utilisant la fibre optique comme capteur. »*



**Natacha Merlet**

Responsable E12A (Électricité, Instrumentation, Automatismes et Analyse), et Responsable du programme R&I « Surveillance du réseau et des TND\* »



**Ludovic Jobin**

Ingénieur compression et machines tournantes et Responsable du programme R&I « Anticipation des défaillances »

*« C'est par la mise en place d'une maintenance prédictive\* optimale sur nos installations critiques que Teréga pourra non seulement être alerté lors d'un dysfonctionnement, mais aussi, grâce à l'intelligence artificielle, fournir un diagnostic des probables causes de leur défaillance. »*



# Des projets R&I pour exploiter les capacités du digital au service du réseau

## 1 - Améliorer la surveillance aérienne du réseau

### L'OBJECTIF

Avec une forte volonté de maîtriser les dépenses d'exploitation (OPEX), les objectifs premiers de ce projet sont l'amélioration et l'automatisation de la surveillance aérienne du réseau, actuellement réalisée par avion ou hélicoptère. Sur un plan plus global, la R&I travaille à éviter les risques liés aux travaux de tiers non déclarés\*, ainsi qu'à l'urbanisation, à l'envahissement par la végétation de nos bandes de servitudes\* ou aux mouvements de terrain, pouvant porter atteinte à l'intégrité des canalisations.

### La démarche

- Une technique de surveillance aérienne est expérimentée via des survols par drone longue distance avec la société Thales.
- Des Proof of Concept\* (POC) sont lancés pour la mise en place d'une solution de surveillance optimisée par exploitation d'images satellites (détection des évolutions par comparaison successive d'images prises au même endroit).
- L'automatisation du traitement des données et des images est étudiée pour remonter des alertes fiables et en temps réel.

### Les bénéfices

- Optimisation de la sécurité et de la fiabilité de la surveillance, traçabilité des anomalies (système auditable).
- Augmentation de la fréquence de surveillance.
- Diminution de l'empreinte environnementale en réduisant les survols par avion et hélicoptère.

### Les avancées

- POC\* de traitement des images satellites réalisé sur un linéaire d'environ 250 km, sur une période

de 6 mois, qui a donné des résultats prometteurs.

- Poursuite des travaux d'imagerie satellite et interprétation via l'IA, et mise en œuvre d'un pilote opérationnel sur l'intégralité du réseau Teréga.
- 16 heures de vols tests réalisés par drone, couvrant plus de 1000 km, nous permettant d'identifier et de surmonter les obstacles techniques majeurs en vue de son utilisation industrielle privée.

### Les développements à venir

- Satellite : tests sur tout le réseau Teréga pour améliorer le modèle IA grâce aux retours des opérationnels de terrain sur les anomalies détectées.
- Drone : amélioration en cours de la robustesse de la détection automatique d'anomalie, finalisation des tests techniques sur l'optronique\*, finalisation des vols d'essai avec le drone actuel.
- En partenariat avec GRTgaz, nous envisageons un premier test d'un drone-ballon dirigeable.

## TERÉGA ET LA SURVEILLANCE SATELLITE

Teréga poursuit le partenariat signé en 2020 avec Pixstart afin d'étudier la mise en œuvre d'une solution de surveillance du réseau par traitement d'images satellite via l'intelligence artificielle.

Par l'intelligence artificielle distribuée sur le cloud, cette start-up collecte les images de suivis satellitaires pour détecter tous risques de travaux indésirables à proximité de nos canalisations pouvant générer un accident industriel (accrochage ou altération de nos canalisations). Cela nous permet de décider et d'agir sur le terrain au plus vite.



## 2 - Développer une surveillance du réseau en temps réel

### L'OBJECTIF

Avec ce projet, la R&I vise à déployer de nouvelles solutions de détection terrestre des situations à risques sur les ouvrages enterrés. Elles permettront de compléter le dispositif de surveillance aérienne.

### La démarche

Teréga a concentré ses efforts sur deux axes :

- Tests de technologies s'appuyant sur la détection acoustique (DAS). Ce système capte l'énergie acoustique le long des fibres optiques déjà présentes au-dessus de certaines de nos canalisations. En temps réel, il collecte des données acoustiques pour les stocker dans le cloud. La partie innovante est la création d'algorithmes de classification basés sur du Machine Learning\* pour identifier les sons, signes d'une situation à risque pour nos conduites.
- Benchmark de balises intelligentes temporaires, munies de capteurs acoustiques et vibratoires autonomes, installées temporairement le temps de nos chantiers pour surveiller les activités à risques pour nos ouvrages.

### Les bénéfices

- Meilleure détection à distance des agressions potentielles sur les canalisations pour une sécurité garantie.
- Amélioration de la rapidité d'intervention sur tout chantier non déclaré, pour une meilleure continuité de service.

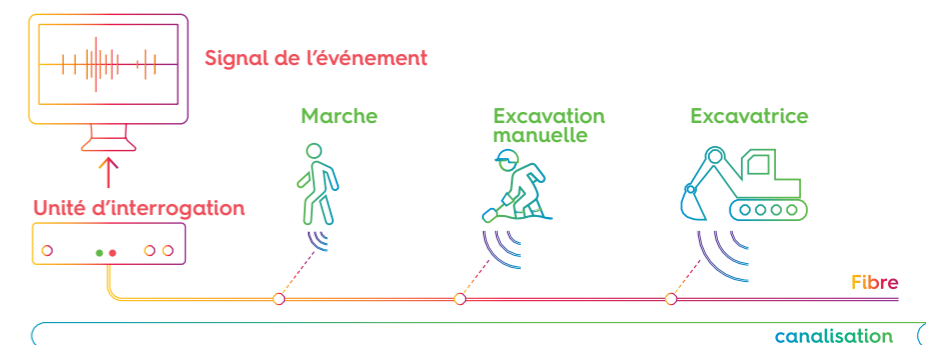
### Les avancées

La technologie DAS présente des perspectives prometteuses même si les algorithmes doivent encore s'améliorer pour distinguer les alertes réelles des bruits inintéressants ou non dangereux pour nos ouvrages.

### Les développements à venir

- Mise à disposition par Teréga d'une partie de son réseau pour que les fournisseurs améliorent leurs algorithmes DAS sur la détection de travaux tiers.
- Poursuite de la collaboration avec IOT Valley pour le sourcing d'objets connectés assurant un monitoring en temps réel du réseau, en toute cybersécurité.
- Réflexions pour compléter l'approche basée exclusivement sur le machine learning\*, et donc limitée par la taille et la nature de la base d'apprentissage, par des approches mathématiques complémentaires.

## LA DÉTECTION D'INTRUSION SUR NOS CANALISATIONS PAR VOIE ACOUSTIQUE



## 3 - Anticiper les défaillances sur nos installations critiques

### L'OBJECTIF

Afin de faire de la maintenance prédictive\*, curative sur alerte et de bénéficier d'une aide à la résolution de pannes, Teréga a pris la décision stratégique de sortir de façon sécurisée ses données industrielles vers un jumeau numérique digital, situé dans son cloud privé. Sur cette base, la R&I accompagne les métiers en faisant de la veille et des tests sur des capteurs de données temps réel sur nos équipements industriels critiques, tout en utilisant et améliorant les algorithmes de détection des anomalies.

### La démarche

- Développement d'une solution 2-en-1 permettant de détecter les fuites de gaz et d'anticiper les pannes au niveau des détentes des postes de livraison.

- Exploration de solutions de maintenance prédictive\*, notamment sur les compresseurs, grâce à une assistance numérique basée sur de la physique et des statistiques.
- Expérimentation avec l'IoT Valley de capteurs munis d'intelligence artificielle pour mieux appréhender les vibrations complexes et aléatoires des infrastructures de surface du stockage.

### Les bénéfices

- Réduction des risques opérationnels de façon préventive.
- Renforcement de la sécurité des installations critiques.
- Réactivité accrue via accès à la donnée en temps réel, à distance et en mobilité.
- Aide à la résolution de pannes.

### Les avancées

- Deux réalisations méritent d'être soulignées :
  - Analyses vibratoires des canalisations aériennes : le logiciel a prédit avec une corrélation de 90% les valeurs observées sur le terrain, validant ainsi le POC\*. Une interface de pilotage dédiée sera déployée en salle de contrôle de stockage.
  - Capteurs de pression et de position : désormais disponibles dans un package mobile, ils visent à améliorer l'efficacité et la performance des interventions de maintenance.

### Les développements à venir

- Teréga continue sa veille technologique sur deux cas d'utilisation prioritaires : la détection de fuites de gaz et l'anticipation des pannes machine (organes de détente, compresseurs et pompes), en veillant à intégrer les données dans notre jumeau numérique.



## MONITORING DES STOCKAGES SOUTERRAINS

## Assurer une gestion rigoureuse et maîtrisée de ces structures géologiques



Une dimension essentielle de l'activité de Teréga réside dans **la bonne exploitation de ses deux stockages souterrains en aquifères, Lussagnet et Izaute** : des piliers majeurs de la sécurité d'approvisionnement en énergie en France, qui représentent à eux seuls **25% des capacités de stockage nationales**. Au cœur du dispositif, Teréga déploie les meilleures méthodes et technologies de surveillance afin de garantir une gestion rigoureuse et maîtrisée de ces infrastructures subsurface, dans une démarche d'amélioration continue. À travers ce programme, Teréga met ses compétences en géosciences au service de la sécurité, de la fiabilité et de la disponibilité de ses stockages à moindre coût.

*« Nous aurions tort de considérer les stockages comme des objets matures dont le comportement serait parfaitement prévisible. Les nouveaux modes de sollicitation de ces outils stratégiques (intensification des flux, évolution de la nature des gaz) nous conduisent à faire évoluer nos techniques de suivi dans l'objectif constant de maintenir le meilleur niveau de sécurité pour nos opérateurs, nos infrastructures et l'environnement. »*



**Pierre Chiquet**

Responsable du Service Géosciences et Responsable du programme R&I « Monitoring des stockages souterrains »



# ▷ Des projets R&I consacrés à la performance et à l'intégrité des stockages souterrains

## Déployer des technologies de pointe pour surveiller l'étanchéité des stockages

### L'OBJECTIF

Ce projet doit permettre de développer des solutions efficaces et fiables pour surveiller différents paramètres de nos installations de stockage : apprécier au mieux les effets saisonniers engendrés par l'injection/soutirage de gaz, contrôler depuis la surface l'interface eau-gaz, ou encore s'assurer de l'intégrité de la couverture géologique et des puits. La R&I cherche également à mettre au point un dispositif de surveillance industrielle et environnementale des gaz dans l'atmosphère, dans le sous-sol et à l'aplomb des stockages.

### La démarche

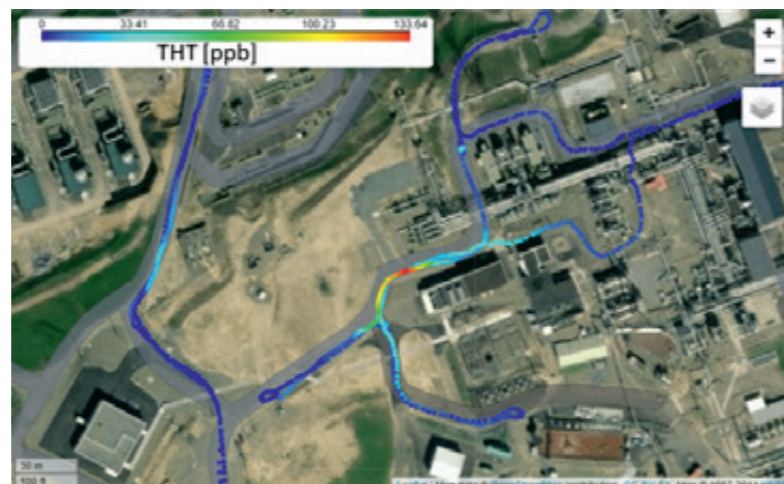
Différentes techniques de monitoring sont explorées avant d'être déployées en environnement opérationnel :

- Développement avec IFPEN d'une solution de mesures en temps réel des émissions de gaz via des capteurs et analyseurs spécifiques pour détecter des anomalies de composition au niveau du sol ou dans l'air ambiant.
- Mise en place d'outils géochimiques\* avec l'UPPA, au sein du laboratoire commun SEnGa, pour mieux caractériser les gaz des annulaires\*, suivre les mécanismes de biodégradation des BTEX\* et améliorer l'interprétation des résultats d'analyse.

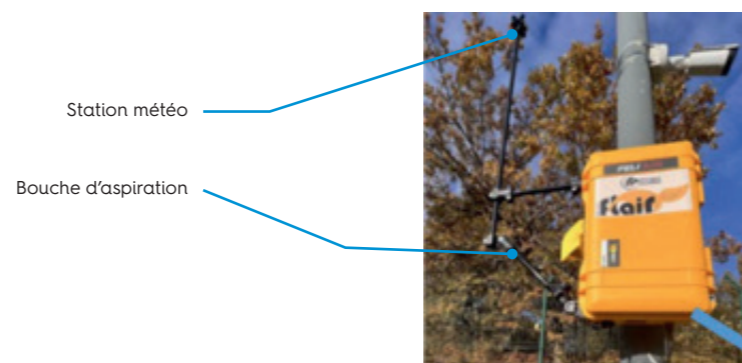
- Développement de méthodologies et technologies de monitoring géochimique et géophysique de localisation de fuites de CO<sub>2</sub> dans les aquifères, extrapolable au monitoring de gaz naturel, par une approche multi-puits et multi-traceurs, porté par le laboratoire Géoressources et Environnement (ENSEGID de Bordeaux et Université Bordeaux Montaigne) et d'autres partenaires.
- Développement et installation d'analyseurs en périphérie du stockage pour mesurer la concentration atmosphérique des molécules odorantes (notamment THT\*) en vue de répondre aux obligations réglementaires et de réduire les nuisances olfactives pour les riverains.

### MONITORING THT\* : LES FLAIR BOX ONT DU NEZ

Teréga, en collaboration avec IFPEN, a initié le développement et l'installation d'analyseurs THT\* en périphérie de stockage. Leur mission ? Mesurer la concentration atmosphérique en THT\* et autres molécules odorantes soufrées, avec une sensibilité équivalente à celle du nez humain. En déployant plusieurs stations fixes en périphérie immédiate du site industriel de Lussagnet, il sera possible de reconstituer, par simulation en temps réel, le panache de molécules dans les environs. Sept de ces stations fixes, baptisées « Flair Box », ont ainsi été installées entre 2022 et 2023, couplées à une station mobile embarquée sur un véhicule ou directement portée par un opérateur. Le dispositif permettra de répondre aux obligations réglementaires et d'ajuster certains process industriels afin de réduire les nuisances olfactives auprès des riverains lors de l'exploitation normale du stockage.



Visualisation géographique des émissions de THT\* via la Flair Box.



### Les bénéfiques

- Renforcement de l'intégrité des stockages souterrains de Teréga.
- Garantie d'une meilleure acceptabilité des activités de stockage de Teréga.

### Les avancées

- Premiers travaux menés dans le cadre de la thèse INTENSE sur la mise en place d'outils géochimiques\* opérationnels pour le suivi du stockage de gaz naturel en aquifère, incluant une potentielle application à l'hydrogène en mélange (cf. encart ci-dessous)
- Poursuite des tests de simulation de fuite de CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> dans le laboratoire souterrain de Saint-Émilion, pour tester différentes techniques de détection (géophysique, capteurs chimiques). Interprétation et modélisations en cours.

- Livraison et installation de 7 stations fixes « Flair Box » et d'une station mobile pour le monitoring THT\*. Premiers tests et optimisation hardware.



Valise de prélèvement terrain (Projet INTENSE).

### Les développements à venir

- Finalisation des travaux sur le traçage des fuites de gaz : conclusions sur les modélisations et la pertinence de la méthode.
- Poursuite des travaux de la thèse INTENSE avec de nouvelles campagnes de prélèvements et manipulations.
- Émissions de THT\* : poursuite des tests sur les stations et test des premiers modèles de dispersion mis à disposition.

## INTENSE : UNE THÈSE POUR APPROFONDIR LE MONITORING DES STOCKAGES

Teréga a développé avec l'UPPA des méthodes analytiques de caractérisation isotopique des gaz, afin de diagnostiquer l'origine des émissions : thermogéniques si elles sont issues du stockage ou biogéniques si elles proviennent d'une dégradation naturelle de matière organique. Ces études se poursuivent par la thèse INTENSE (INtegrity sTorage moNitoring iSotopEs) menée dans le cadre du laboratoire commun de Teréga et de l'UPPA. Elles permettront de mieux caractériser les gaz des annulaires\* des puits afin d'en étudier l'étanchéité, et d'améliorer le suivi isotopique des BTEX\*. Ce dernier élément approfondira l'interprétation des mécanismes d'interactions entre gaz, roche, ciment et dégradation biologique, dans le contexte géologique des infrastructures de Teréga.



Prélèvement sur site de gaz annulaires\* des puits.



## SÉCURITÉ DES PERSONNES, SÛRETÉ ET CYBERSÉCURITÉ

# Assurer la sécurité énergétique de la France et celle de tous les acteurs du Territoire



Les travaux de R&I s'inscrivent dans le programme PARI 2025, qui définit trois grands axes essentiels de maîtrise des risques : **la sécurité industrielle, la sécurité au poste de travail, la sûreté et la cybersécurité.**

Les résultats relatifs aux taux de fréquence des accidents déclarés (TFAD) poursuivent leur tendance à la baisse en 2023, avec un TFAD à 3,4 contre 4,4 en 2022.

Ainsi, le Groupe mobilise sa R&I autour de ces sujets via **deux projets, qui constituent des éléments essentiels de PARI 2025** :

- Déployer des moyens innovants pour assurer des conditions de travail optimales, promouvoir la culture sécurité et prévenir les risques d'accidents.
- Améliorer la sûreté et la cybersécurité, afin de se prémunir contre des actes malveillants qui pourraient impacter les équipes, les informations ou les biens.

*« La prévention est essentielle pour garantir la sécurité au travail. En combinant des mesures préventives solides avec des solutions innovantes, nous pouvons créer un environnement plus sûr pour tous sur nos chantiers »*



**Anne Chauvancy**

Ingénieure Sécurité et Santé au Travail, et Responsable du programme R&I « Santé et Sécurité au travail »

*« Teréga cherche à renforcer les principes de protection et de défense tout en développant la résilience de son activité grâce à ce programme ambitieux de R&I : cela se traduit par des tests de nouveaux capteurs de détection pour mieux anticiper les menaces physiques et par l'exploration de réponses technologiques face aux risques informatiques Cyber sur notre SII. »*



**Damien Ridelaire**

Responsable du département sûreté



# Des projets R&I pour mettre la technologie au service de la sécurité des personnes

## 1 - Déployer des solutions innovantes pour réduire les accidents sur chantier et améliorer la prévention des risques

### L'OBJECTIF

À travers ce projet, la R&I vise à mettre en place des solutions innovantes pour réduire les risques concernant la coactivité homme/engin sur les chantiers, protéger les travailleurs isolés ou réduire les risques de certaines opérations sur le terrain. Des sujets prioritaires pour l'entreprise, qui concernent aussi bien les collaborateurs Teréga que les intervenants extérieurs.

#### La démarche

- Des expérimentations sont menées directement sur le terrain avec la société Reckall, lauréate d'un challenge TENEXI, sur un système anti-collision entre engins mobiles et piétons sur les chantiers.
- Teréga cofinance avec TotalEnergies et la startup TRAXxs le développement et l'atexisation\* de semelles connectées, solution innovante sous forme d'EPI pour détecter une perte de verticalité d'un travailleur isolé, pour facilement déclencher un appel à l'aide ou pour être alerté en cas d'évacuation.
- Teréga développe avec INGEN, également lauréat d'un challenge TENEXI, une solution innovante permettant de déterminer le potentiel d'auto-inflammabilité de poudres noires récupérées dans certaines canalisations afin de prendre toutes les mesures de conditionnement nécessaires pour la sécurité des biens et des personnes.

#### Les bénéfices

- Réduction des accidents et des incidents durant les phases chantier et exploitation.
- Protection des collaborateurs quel que soit leur poste de travail pour un objectif « Zéro Accident ».



La coactivité homme/engin sur nos chantiers.

#### Les avancées

- Grâce à la mobilisation des acteurs terrain, trois belles avancées sont à souligner :
- Tests concluants sur la solution Reckall de coactivité homme/engin. Test mené sur un chantier en 2023.
  - Finalisation du projet d'atexisation\* des semelles connectées pour nos travailleurs isolés. Passage en phase d'industrialisation à l'étude.
  - La solution INGEN, qui propose un auto-test pour anticiper l'auto-inflammabilité des poudres, a été testée et validée sur le terrain.

#### Les développements à venir

- Poursuite de la collaboration avec Reckall dans le cadre du CITEPH\*, pour la mise au point d'un dispositif innovant d'alertes par conductions osseuses, pour 4 situations : interaction homme-machine, interaction machine-réseau enterré/aérien, interaction machine-pont roulant, travailleur isolé (DATI).
- Nouvelle collaboration avec plusieurs partenaires sur le thème « Neurosciences et Sécurité » comme levier de prévention des risques.

## 2 - Améliorer la sûreté et la cybersécurité de nos infrastructures

### L'OBJECTIF

L'ambition de la R&I est d'être en veille autour de solutions émergentes permettant d'anticiper, maîtriser et réduire les menaces, d'améliorer la culture sûreté et cybersécurité, et enfin de limiter l'impact d'un acte malveillant sur les équipes, les informations et/ou les biens.

#### 2-1 / Maîtriser les risques induits par intrusion ou malveillance

##### La démarche

Protéger nos infrastructures contre les intrusions de drones. Malgré une réglementation stricte concernant l'utilisation des drones, on observe une augmentation croissante des intrusions à proximité d'infrastructures sensibles. Par le biais de la R&I, Teréga souhaite anticiper les risques potentiels d'accidents industriels ou d'actes malveillants sur nos installations.

##### Les bénéfices

Sûreté de sites industriels, dont les sites SEVESO II

##### Les avancées

- Lancement d'un projet de détection et de neutralisation de drones, centré sur le site de stockage SEVESO II de Lussagnet (40).
- Échanges avec les autorités pour avoir une vision exhaustive de la réglementation dans le domaine privé, et de son évolution à court et moyen terme.
- Étude des approches adoptées par les pairs de Teréga.
- Rédaction des spécifications, avec inclusion des POC\* pour valider nos hypothèses et notre connaissance des risques.

##### Les développements à venir

Le projet va être transmis aux opérationnels pour lancer un appel d'offres (hors R&I) sur base des spécifications.



Captur de détection drones

#### 2-2 / Veille cybersécurité

##### La démarche

- Adresser les enjeux liés à la sécurité des systèmes d'information auxquels l'entreprise et ses parties prenantes vont être confrontées ces prochaines années, du fait de l'utilisation évolutive de nos infrastructures gazières.
- Anticiper les évolutions auxquelles une entreprise industrielle du secteur de l'énergie fait face quotidiennement, et aussi les changements technologiques (usine 4.0, smart grid...) et métier (biogaz, hydrogène...).
- Rester en veille pour répondre aux exigences de cybersécurité et de souveraineté qu'attendent nos autorités de tutelle, et que sont en droit d'exiger nos partenaires de la filière énergie et nos clients.

##### Les avancées

- Implication de Teréga dans la veille sur les sujets de cybersécurité, au sein de groupes de travail français et européens.
- Partage des propositions et retour d'expérience de Teréga, et préparation à la mise en application des différentes réglementations.

##### Les bénéfices

- Sécurisation de notre Système d'Information Industriel (SII) face à des cyber-risques majeurs et prouvés des réseaux industriels des opérateurs de services essentiels (OSE).

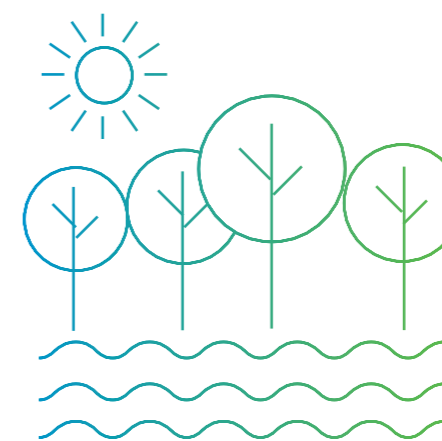
##### Les développements à venir

- Étudier comment améliorer la sécurité de la télémaintenance des systèmes de contrôle industriel (OT).
- Adapter le concept Zero Trust à notre SII.
- Étudier avec les acteurs de la filière gaz comment renforcer la confiance numérique entre nous pour favoriser les échanges de données de process industriels.



## RÉDUCTION DE NOS ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE ET DE NOTRE EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE

# Mesurer, éviter, réduire et compenser les impacts



Opérateur responsable, Teréga veille particulièrement à limiter son empreinte environnementale. L'entreprise applique la méthode ERC, qui consiste à éviter, réduire et compenser les impacts que peuvent avoir ses activités. Elle mobilise également l'ensemble de ses directions et sa R&I autour de **BE POSITIF** : une démarche ambitieuse qui permet à Teréga de participer à **la stratégie de neutralité carbone de la France à horizon 2050**. La R&I contribue à cet objectif en développant et déployant, dans deux programmes de recherche, des méthodes innovantes de réduction des émissions de gaz à effet de serre, d'amélioration de l'efficacité énergétique et de réduction des impacts sur la biodiversité. Teréga mène également depuis plusieurs années des études visant à **démontrer l'innocuité du stockage de gaz naturel vis-à-vis du niveau et de la qualité chimique de la nappe aquifère**. Autant d'actions qui permettent de favoriser l'acceptabilité sociétale des activités de l'entreprise.

*« L'innovation est un vecteur clé du programme BE POSITIF afin de contribuer à diminuer notre empreinte environnementale et d'améliorer l'acceptabilité sociétale de nos activités dans un contexte de transition énergétique. »*



**Agnès Baillot**

Responsable du programme R&I  
« Intégration territoriale et empreinte environnementale »

*« Les bonnes pratiques sur le terrain combinées aux réelles avancées en R&I contribuent d'ores et déjà à réduire drastiquement notre empreinte environnementale. »*



**Éric Bouley**

Responsable du Service Procédés,  
Responsable du programme R&I  
« Contrôle de nos émissions de gaz à effet de serre et Efficacité énergétique »



# ► Des projets R&I pour réduire l'impact environnemental des activités de Teréga

## 1 - Déployer des solutions de réduction des émissions de méthane

### L'OBJECTIF

Du fait de ses activités, les émissions de méthane sont la principale source de gaz à effet de serre (GES) chez Teréga. Elles sont donc au cœur des actions menées par les équipes R&I. Ce projet vise à tester différentes technologies pour limiter et récupérer les émissions directes de méthane liées à l'exploitation du réseau, tout en maintenant un même niveau de service. Les travaux se concentrent dans un premier temps sur les émissions les plus importantes : venting des compresseurs et décompressions de tronçons de canalisations pour travaux ou maintenance ; puis dans un deuxième temps, les travaux continuent sur les émissions plus modérées, notamment via la détection et la réduction des pertes diffuses.

#### La démarche

Engagés depuis plus de 3 ans dans la démarche de l'OGMP, auprès duquel nous avons obtenu depuis plusieurs années la certification GOLD STANDARD, nous menons également des campagnes de quantification de nos émissions CH<sub>4</sub>.

#### Les bénéfices

- Réduction notable de nos émissions de GES, alignée avec notre objectif de 30 % de baisse d'ici à 2030.
- Amélioration de la responsabilité de Teréga qui diminue son empreinte environnementale en respectant, voire dépassant, ses engagements réglementaires, avec plusieurs dizaines de milliers de teqCO<sub>2</sub> économisées chaque année au seul périmètre des projets de R&I en cours.

#### Les avancées

- Venting :
- Réalisation d'une étude conceptuelle puis construction d'un premier prototype d'unité mobile de recompression visant la récupération des gaz lors d'opération sur des tronçons de canalisations du réseau régional. Nommée "Mini MOBILE COMP", cette unité serait une version "compacte" de la solution MOBILE COMP déployée depuis 2019 pour la récupération des gaz lors de travaux de grande ampleur.



Mesures par drone des émissions de gaz « site level ».

- Analyse exhaustive en fonction de critères techniques, économiques, environnementaux, sur la mise en œuvre et opérabilité des deux solutions dans le contexte Teréga.

#### Les développements à venir

- Fin des pilotes et déploiement hors R&I des solutions SRGG et COBADGS sur le terrain.
- Étude de faisabilité pour voir l'adaptation d'une solution type "mobile Comp" lors des opérations de mise à disposition (arrêts) des infrastructures aériennes au stockage.
- Lancement d'une étude sur les équipements susceptibles de faire du venting, tels les chromato à boucles rapides ou les actionneurs de vannes.

## MESURES DES ÉMISSIONS DE MÉTHANE

Depuis plusieurs années, Teréga et les opérateurs du secteur gazier cherchent à réduire leurs émissions de méthane. Les membres de l'Oil & Gas Methane Partnership (OGMP 2.0), et la commission européenne, se sont engagés à améliorer le niveau de précision de leur reporting et à réduire leurs émissions.

Résolument engagé dans ce programme, Teréga a déjà obtenu le GOLD standard de l'OGMP, récompensant les efforts d'amélioration de la quantification. L'utilisation de technologies dites « Top-Down » permet de détecter et quantifier les émissions de méthane à distance en utilisant des mesures de concentration et des modèles atmosphériques, correspondant au plus haut niveau de reporting. Ces informations sont ensuite utilisées pour estimer et rapporter les émissions de méthane.

Fin décembre 2023, Teréga a réalisé le survol de 4 sites (1 station de compression, 2 postes de sectionnement et 1 poste de livraison) à l'aide d'un drone équipé de capteurs pour obtenir une carte complète des émissions de chaque site. Au-delà de la quantification, il appartient désormais à Teréga de s'assurer de la bonne réconciliation des données avec les mesures effectuées au droit des installations. Ces mesures prévues dans le règlement européen sur les émissions de méthane dans le secteur de l'énergie, qui sera publié mi-2024, permettent de bien identifier et quantifier l'intégralité des sources d'émissions de méthane. Teréga pourra ensuite renforcer son plan de réduction par des actions concrètes, de réparation ou de remplacement, voire des actions de réingénierie auxquelles pourra contribuer la R&I.

## 2 - Poursuivre les efforts pour être référent sur la gestion environnementale

### L'OBJECTIF

Teréga veille à rester proactif en innovation afin de pérenniser et de renforcer la gestion environnementale de ses activités. Avec ce projet, la R&I teste puis déploie des solutions pour améliorer les pratiques de l'entreprise en matière de préservation de la biodiversité et de l'environnement, sur les chantiers ou lors de l'exploitation des installations.

#### La démarche

- Des solutions plus respectueuses de l'environnement sont étudiées pour remédier à l'utilisation des produits phytosanitaires pour l'entretien des sites.
- Une méthodologie nommée MERCle (Méthode d'Évaluation Rapide de Compensation des Impacts écologiques) a été développée avec l'Université de Montpellier et la DREAL Occitanie. Elle est utilisée pour évaluer les pertes et les gains écologiques résultant de projets d'aménagements et des mesures compensatoires associées.
- Des solutions innovantes sont étudiées pour mettre à profit nos bandes de servitudes\* en faveur de la biodiversité.

### GEFISS : PLACE AU DIALOGUE

Teréga souhaite développer et valider de bonnes pratiques favorisant l'acceptabilité sociétale des projets d'ingénierie du sous-sol. Ce projet, nommé GeFISS, est partagé par quatre autres partenaires industriels dont Vermillon et TotalEnergies. Il doit aboutir au déploiement de nouveaux modes d'engagement des parties prenantes, à une échelle aussi vaste que possible. Au deuxième semestre 2022, une première expérimentation de dialogue public a ainsi été menée en Nouvelle-Aquitaine et en Occitanie, portant sur l'émergence de la filière de captage, stockage et valorisation de CO<sub>2</sub> (CSCV).



#### Les bénéfices

- Optimisation des coûts liés à l'entretien des installations.
- Anticipation de la réglementation et meilleure acceptabilité sociétale de la part des parties prenantes et des riverains.

#### Les avancées

- Poursuite de la recherche de solutions 0-Phyto avec des produits alternatifs de biocontrôle et des tests de végétalisation.
- Mise en place d'un atelier de co-créativité sur les déplacements doux, suite aux idées retenues lors du challenge TENEXI sur la gestion des servitudes\*.
- Finalisation des travaux du projet de recherche GeFISS (voir encart).

#### Les développements à venir

Le partenariat avec le programme de recherche ITTECOP se poursuit jusqu'en 2024 au minimum. Ce programme permet d'intégrer les questions liées à la biodiversité (écosystèmes, paysages, etc.) lors de la conception et de la réalisation de projets d'infrastructure.

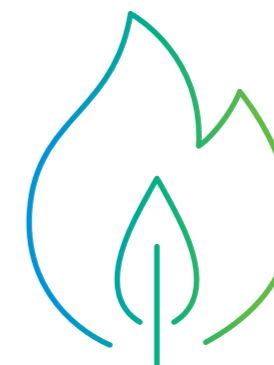
### NOUVEAUX PROJETS D'ANALYSE DU CYCLE DE VIE (ACV)

Teréga s'implique activement dans deux analyses de cycle de vie concernant les domaines de la pyrogazéification\* et du Power-to-Gas, et en particulier la filière Power-to-Methane. Cette participation offrira une perspective complète des effets environnementaux engendrés par ces deux procédés, jouant un rôle essentiel dans l'orientation de la politique industrielle. Ces informations guideront ainsi les décisions de Teréga en matière de conception et de sélection de procédés, afin de minimiser l'empreinte environnementale des futurs projets.



## NOUVEAUX GAZ : BIOMÉTHANE ET MÉTHANE DE SYNTHÈSE

# Favoriser leur intégration, c'est travailler au mix énergétique de demain



**Affirmer le gaz comme une énergie d'avenir**, en droite ligne avec les objectifs de la loi de transition énergétique pour la croissance verte, est une des priorités de Teréga. L'entreprise poursuit ses initiatives visant à favoriser l'intégration du biométhane et du méthane de synthèse dans les infrastructures de transport et de stockage, afin de se préparer à l'arrivée croissante de ces nouveaux gaz dans les réseaux existants.

Teréga s'inscrit ainsi pleinement dans la dynamique actuelle entourant **le développement de procédés comme la méthanisation\*, la pyrogazéification\*, la méthanation\* ou encore la gazéification hydrothermale\***.

La R&I étudie la composition distinctive de ces nouveaux gaz pour s'assurer de leur **compatibilité avec toutes les installations de transport et de stockage** de méthane, et veiller en particulier à ce qu'ils ne remettent pas en cause **l'intégrité des structures géologiques des stockages souterrains**. Les équipes R&I participent également à des projets collaboratifs afin d'étudier différents procédés de production de gaz renouvelables et de s'assurer de la bonne qualité du gaz obtenu. Les recherches s'axent principalement autour des molécules autres que le méthane, en particulier l'oxygène, produites par les biométhaniseurs. Il est essentiel de mieux les connaître, afin **d'évaluer leur impact sur le rendement énergétique du biogaz produit et sur l'intégrité des infrastructures qui transportent et stockent ce biogaz**.

*« Nous souhaitons accélérer l'émergence des nouveaux gaz, et faciliter leur intégration dans nos réseaux. »*



**Guilhem Caumette**

Ingénieur Environnement, Responsable du programme R&I  
« Biométhane et Méthane de synthèse » en 2023



# Des projets R&I pour favoriser l'intégration des gaz renouvelables

## 1 - Étudier les impacts du biométhane sur les installations

### L'OBJECTIF 4-5 TRL

Avec ce projet, la R&I de Teréga cherche à favoriser l'injection de biométhane dans les infrastructures gazières, tout en surveillant son impact à long terme sur les installations de transport et les stockages souterrains.

#### La démarche

- Afin de développer des méthodologies d'analyse et de vérification des seuils acceptables pour les composés traces\* présents dans le biométhane :
  - Des campagnes de mesures sont réalisées sur des sites d'injection (projet CARABIO avec GRTgaz, Storengy et GRDF).
  - Un banc de prélèvement haute pression et des analyses spécifiques sont mis au point avec l'UPPA pour caractériser les éléments traces\* présents dans le biogaz et le biométhane.
- Afin de caractériser et mesurer l'impact de l'O<sub>2</sub> du biométhane dans nos installations Transport et Stockage, Teréga mène plusieurs expérimentations :
  - Des témoins de corrosion sont installés au niveau des postes d'injection de biométhane de Teréga pour tester l'impact de l'O<sub>2</sub> sur les canalisations.

- Des tests de corrosion sont menés en laboratoire pour déterminer l'intégrité des équipements de surface et de stockage au contact de l'oxygène présent dans le biométhane : c'est le projet CorrO<sub>2</sub> mené avec l'UPPA et Storengy.
- Les conditions d'un stockage aquifère sous pression sont reproduites en laboratoire afin d'évaluer les effets de l'O<sub>2</sub> à différents taux sur le réservoir géologique et les micro-organismes du sous-sol : il s'agit du projet RINGS (Recherche sur l'Injection des Nouveaux Gaz dans les Stockages) avec l'UPPA et Storengy.

#### Les bénéfices

- Contribution au développement des filières des gaz renouvelables via l'amélioration de l'intégration de biométhane dans le réseau.
- Assurance d'une qualité gaz conforme à la réglementation.
- Préparation aux adaptations de notre outil industriel de demain pour garantir sécurité et fiabilité.

#### Les avancées

- Via le projet CARABIO (CARacterisation of BIOMethanes), de nombreuses campagnes d'analyse

- sur des nouveaux points d'injection de biométhane ont été menées, avec près de 500 composés recherchés.
- Sur l'analyse des composés traces\* du biométhane, une thèse a été réalisée permettant de développer des adsorbants efficaces pour piéger les composés traces\* du biométhane.
- Un postdoctorat a été lancé en septembre 2022 pour finaliser le fonctionnement du banc de prélèvement, et déterminer une stratégie des composés traces (projet BIOCAT).
- Sur les prélèvements microbiologiques des biométhanés, aucun micro-organisme pathogène n'a été identifié dans les gaz analysés.

#### Les développements à venir

- Réalisation de prélèvements microbiologiques complémentaires sur postes d'injection de biométhane.
- RINGS : Nouvelle expérimentation à venir avec 1000 ppm d'O<sub>2</sub>, et publication des expériences passées à 100 ppm et 1000 ppm.
- CorrO<sub>2</sub> : finalisation et publication des résultats.

## UN GROUPE DE TRAVAIL INTEROPÉRATEURS POUR LA DÉSOXYGÉNATION BIOMÉTHANE

Dans le cadre d'un groupe de travail interopérateurs avec Storengy, GRTgaz et GRDF, Teréga a entrepris des recherches pour résoudre les problèmes liés aux flux de biogaz contenant des teneurs en oxygène excessives. L'objectif est de trouver des solutions techniquement et économiquement viables pour désoxygéner ces flux. En 2022, les quatre opérateurs ont collaboré pour lancer un challenge d'Open Innovation visant à identifier des fournisseurs de technologies capables de maîtriser la teneur en oxygène dans la chaîne gazière. Le projet lauréat porté par Mines ParisTech et Voltigital, ainsi que trois autres projets sélectionnés comme « coups de cœur » sont actuellement en phase de conception et d'analyse.

Parallèlement, des travaux de recherche sont en cours pour mieux comprendre l'impact de l'oxygène dans les flux de biométhane. L'objectif est d'établir un positionnement technique partagé entre opérateurs, en définissant des seuils acceptables en fonction des contraintes techniques.



Banc de test de corrosion\* du projet CorrO<sub>2</sub> dans le laboratoire de LaTEP à l'UPPA. Cette photo illustre l'intérieur d'une étuve contenant 2 autoclaves. Les étuves, construites en Hastelloy C276, sont munies de capteurs de pression et de température permettant de simuler les conditions des réservoirs.

## 2 - Étudier la qualité et les impacts du méthane de synthèse sur les installations

### L'OBJECTIF 5 TRL

À travers ce projet collaboratif, ancré dans son territoire, Teréga promeut le développement des filières locales de production de gaz renouvelables. La R&I vise ici à renforcer la connaissance des différents procédés de méthanation\* (biologique, catalytique ou autre), dans le but d'évaluer les aspects technologique, économique et réglementaire de ces dispositifs, susceptibles de contribuer aux Smart Grids multi-énergies.

#### La démarche

- Des études expérimentales (performance du procédé, impacts environnementaux, composition du gaz...) sont menées avec GRTgaz, Storengy et GRDF sur le site de pyrogazéification\* semi-industrielle de la plateforme GAYA de Saint-Fons.
- Différents projets innovants de méthanation\* sont lancés sur la plateforme SOLIDIA avec la participation de Teréga (voir encart).

#### Les bénéfiques

- Promotion de l'injection de méthane de synthèse et développement d'une expertise en qualité gaz.
- Optimisation de la production de biométhane grâce à des solutions de valorisation énergétique du CO<sub>2</sub>.

#### Les avancées

- Finalisation des études communes sur la plateforme GAYA et communication des résultats.
- Réalisation de campagnes d'analyse du méthane de synthèse sur environ 500 composés recherchés.
- Finalisation des essais sur petit électrolyseur du projet SOLARVI (hydrogénation électrolytique\*) : la production d'hydrogène et de méthane fonctionne. Recherche de financements publics et de nouveaux partenaires industriels pour initier une Phase 2 du projet à plus grande échelle.
- Optimisation du développement d'une technologie de méthanation\* catalytique en laboratoire, puis en pilote suite à la mise en service

- de l'unité sur SOLIDIA (projet METHAMAG).
- Mise en service et finalisation des tests prévus sur SOLIDIA d'une technologie de méthanation\* biologique (projet Demetha).

#### Les développements à venir

- Finalisation de campagnes d'analyse de méthanes de synthèse et rédaction d'une publication.
- Qualification technico-économique et réflexions quant à la réalisation de démonstrateurs à l'échelle supérieure des projets SOLARVI, DEMETHA et METHAMAG.



## LA PLATEFORME SOLIDIA MONTE EN PUISSANCE

Située sur la commune de Bélesta-en-Lauragais (31), SOLIDIA Biogaz offre la possibilité de développer des technologies de traitement et d'enrichissement du biogaz en biométhane destiné à être injecté dans les réseaux de transport et de distribution. La plateforme SOLIDIA Biogaz propose un service unique : la fourniture de Biogaz brut issu de l'usine de CLER VERTS et d'hydrogène produit par électrolyse\* à des pressions allant jusqu'à 10 bars. Elle peut accueillir simultanément jusqu'à 6 pilotes de taille semi-industrielle. Véritable plateforme de R&D, elle est également un support pédagogique pour l'enseignement supérieur et permet d'offrir des moyens techniques d'expérimentation.

SOLIDIA a accueilli deux pilotes de méthanation\* en 2023.



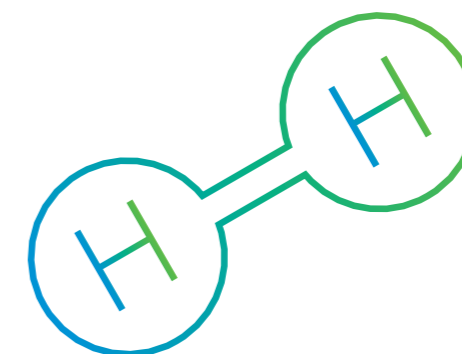
METHAMAG (en haut) et DEMETHA (en bas).

METHAMAG	DEMETHA
<p>Procédé innovant de méthanation* basé sur l'utilisation de l'induction magnétique : une méthanation* catalytique s'effectue en faisant réagir le CO<sub>2</sub> contenu dans le biogaz avec de l'hydrogène pour produire du méthane.</p>	<p>Procédé de méthanation* biologique : le pilote consiste à injecter du biogaz et de l'hydrogène dans une cuve, où des bactéries transforment l'hydrogène et le CO<sub>2</sub> du biogaz en méthane.</p>



## HYDROGÈNE

# Participer au développement d'un nouveau vecteur énergétique



Teréga mène de nombreux projets R&I pour faciliter **l'intégration de l'hydrogène décarboné dans le réseau gazier**, en mélange avec du gaz naturel ou à plus long terme dans des canalisations dédiées nouvelles ou converties. L'entreprise souhaite ainsi **accompagner les stratégies nationales et européennes relatives à cette nouvelle molécule**.

La R&I étudie principalement la compatibilité à l'hydrogène des infrastructures de transport et de stockage existantes, mais aussi des équipements et des procédés associés. Ces recherches visent à définir les conditions d'acceptabilité, les potentiels verrous technologiques à résoudre et les éventuelles adaptations à envisager pour accompagner le développement du vecteur hydrogène.

En permettant une **circulation fiable et sécurisée de l'hydrogène entre producteurs et consommateurs**, que ce soit en France ou à travers l'Europe, la proactivité de Teréga dans ce domaine est primordiale pour faciliter la décarbonation de l'énergie.

*« La R&I nous a permis de mieux appréhender les problématiques liées à l'injection d'hydrogène dans nos infrastructures. Grâce à elle, nous avons pu définir les parades à intégrer dans notre protocole de conversion pour tous les types d'installations. »*



**Émeline Quarin**

Responsable projets - Coordinatrice des études Hydrogène en 2023



# ► Des projets R&I pour favoriser l'intégration de l'hydrogène dans les infrastructures gazières

## 1 - Étudier les impacts de l'injection d'hydrogène en mélange sur les installations de transport

### L'OBJECTIF

Afin de définir les zones propices à l'injection d'H<sub>2</sub>, le meilleur taux de mélange avec le gaz naturel et l'adaptation des spécifications gaz, ce projet R&I vise à caractériser les impacts potentiels de cette injection dans les infrastructures de transport de Teréga.

#### La démarche

- Des études et tests sont menés sur le mélange H<sub>2</sub>/gaz naturel pour mieux comprendre son impact sur l'intégrité et la métallurgie des canalisations existantes.
- Des tests sont réalisés pour anticiper la compatibilité et l'étanchéité à l'H<sub>2</sub> des équipements, des matériels gaziers et des infrastructures annexes.
- De nombreux échanges avec les opérateurs gaziers français et européens sont organisés (veille réglementaire et technologique, définition de critères d'acceptabilité communs, partage des retours d'expérience).

#### Les bénéfices

- Maîtrise de la qualité des gaz injectés et étude des impacts associés.
- Anticipation de potentielles contraintes opérationnelles.
- Préparation à de futures sollicitations de clients pour injecter/transporter de l'H<sub>2</sub> dans les canalisations de Teréga.

#### Les avancées

- Développement d'un modèle d'aide à la décision pour évaluer la compatibilité de nos canalisations.
- Suivi des essais sur le banc H<sub>2</sub> de GRTgaz FenHYX, sur la compatibilité des clapets de sécurité,

- des régulateurs et des soupapes jusqu'à 20% H<sub>2</sub>.
- Lancement des essais de compatibilité 2% H<sub>2</sub> sur différents équipements existants (compteur, chromato, etc.) et étude du plan de remplacement éventuel.
- Lancement des essais mécaniques sur soudures.
- Étude bibliographique sur la diffusivité de l'H<sub>2</sub> dans le gaz naturel.
- Participation au projet d'un stopple en milieu H<sub>2</sub> avec un autre acteur gazier étranger.
- Mise à plat des modifications des prescriptions techniques nécessaires pour accueillir 2% H<sub>2</sub>.

#### Les développements à venir

- Publication des premières conclusions concernant l'impact de l'H<sub>2</sub> en mélange, les taux acceptables et les portions du réseau concernées avec ou sans adaptation.
- Poursuite des tests de fuite H<sub>2</sub> sur le matériel gazier et étude de solutions de remédiation.
- Développement de solutions de mitigation et/ou de nouveaux matériaux/matériels.



Banc test à l'hélium pour mieux connaître le comportement de nos installations vis-à-vis de l'Hydrogène.

### LE PROJET ETANCHEYTE SUR LA COMPATIBILITÉ H<sub>2</sub> DE NOS INFRASTRUCTURES

Afin de s'assurer de la comptabilité H<sub>2</sub> en mélange de nos infrastructures existantes, Teréga a choisi de mettre en place un banc d'essai utilisant des gaz neutres tels que l'argon et l'hélium, plutôt que de l'hydrogène (H<sub>2</sub>). Ces gaz ont des tailles moléculaires similaires à celles du méthane et de l'hydrogène, ce qui permet de reproduire le comportement du mélange H<sub>2</sub>/GN sans risque d'explosion. Des équipements gaziers ont été testés en injectant différents mélanges d'hélium et d'argon à différentes pressions. Teréga a investi dans un équipement permettant de quantifier les fuites. Le protocole a été validé par un laboratoire spécialisé en étanchéité, et une tierce partie a vérifié sa conformité tout au long des phases de test.

## 2 - Préparer et sécuriser l'injection d'hydrogène en mélange dans les stockages

### L'OBJECTIF

La R&I mène différents projets d'étude pour caractériser les impacts potentiels de l'H<sub>2</sub> sur les activités de stockage de Teréga. À leur terme, ces recherches permettront de déterminer les zones propices à l'injection d'H<sub>2</sub>, ainsi que la pression et les taux de mélange les plus adaptés. Les études portent tant sur la compatibilité de l'H<sub>2</sub> avec les infrastructures de surface (puits, procédés...) qu'avec les réservoirs géologiques (interactions géochimiques et biologiques avec les composantes du sous-sol ou la nappe aquifère).

#### La démarche

- Les conditions d'un stockage aquifère sous pression sont reproduites en laboratoire afin d'évaluer les effets de l'adjonction d'H<sub>2</sub> à différents taux sur le réservoir géologique et les micro-organismes du sous-sol (projet RINGS H<sub>2</sub> avec l'UPPA et Storengy).
- Le comportement mécanique des aciers des puits est évalué sous une atmosphère d'H<sub>2</sub> (sèche et humide), à température ambiante et avec

- des impuretés (projet TrOPHY en collaboration avec Storengy, IFPEN et l'Institut de la Corrosion\*).
- Teréga a aussi étudié le phénomène potentiel de méthanogénèse dans nos stockages.
- Une thèse est également en cours sur la thermodynamique et les effets des gaz coussins. En parallèle, Teréga travaille sur des simulations du gisement d'Izaute autour de l'H<sub>2</sub> en soutirage.

#### Les bénéfices

- Préparation à l'injection d'H<sub>2</sub> dans les stockages en garantissant leur intégrité, leur performance et leur sécurité.
- Anticipation des nouvelles contraintes opérationnelles.

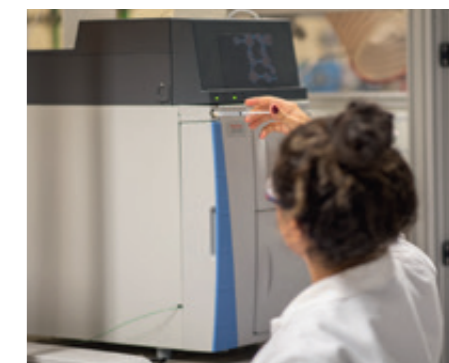
#### Les avancées

- RINGS H<sub>2</sub> : lancement de deux expériences d'injection d'H<sub>2</sub> en mélange avec le gaz naturel, conjointement avec Storengy.
- Lancement de la collaboration TrOPHY et organisation d'une bourse d'échange des résultats de tous les essais avec GRTgaz, Storengy, le CEA

- et le laboratoire Prime.
- Projet Méthanogénèse : finalisation d'expériences en H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>, avec et sans calcite, dans six puits.

#### Les développements à venir

- Publications des premiers résultats RINGS H<sub>2</sub> et poursuite des expériences sur la diversité biologique avec prélèvements prévus sur le site d'Izaute.
- Finalisation du rapport des expérimentations de méthanogénèse menées. En 2022 et 2023, mise en place d'un réacteur pour simuler au mieux les conditions physico-chimiques dans les aquifères de stockage.



Projet RINGS avec injections dans le réacteur du laboratoire SEnGa à l'UPPA.

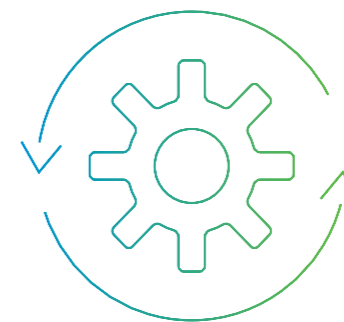


Réacteur et ses organes de contrôle (température, pression, chromato...).



## DÉMONSTRATEURS MULTI-ÉNERGIES

Accélérer la transition énergétique, c'est préparer le futur... aujourd'hui



Parce que Teréga s'engage pour accélérer la transition énergétique, c'est logiquement que la R&I s'intéresse à **l'intégration des réseaux et aux Smart Grids multi-énergies**.

Pour améliorer l'efficacité énergétique des territoires, les différents réseaux d'énergies (électricité, gaz naturel, chaleur, froid et/ou eau) ne peuvent plus être considérés indépendamment.

Convaincu que les réseaux gaziers ont un rôle central à jouer dans l'équilibrage de la demande en énergie, Teréga est engagé depuis 2014 aux côtés de GRTgaz sur **le premier démonstrateur français de Power-to-Gas\*, Jupiter 1000**.

Depuis 2019, l'entreprise a lancé la première phase d'IMPULSE 2025, son projet de grande ampleur sur la décarbonation des industriels via la mise en œuvre d'un système multi-énergies intelligent.

*« Avec le projet IMPULSE 2025, Teréga souhaite apporter de la valeur ajoutée à nos clients industriels consommateurs de gaz pour les aider dans leur démarche de décarbonation et à identifier la meilleure solution. Via une méthode et un outil de modélisation/simulation multi-énergies, Teréga permet de valoriser les énergies perdues d'un industriel, dans une démarche d'économie circulaire visant économies et décarbonation »*



**Antoine Simonnet**

Responsable de projets multi-énergies, Responsable du projet IMPULSE 2025



# Des projets R&I pour préparer l'avenir du gaz

## 1 - Participer au premier démonstrateur français de Power-to-Gas\* : Jupiter 1000



### L'OBJECTIF

Le projet Jupiter 1000 de Power-to-Gas\*, piloté par GRTgaz et cofinancé par Teréga et d'autres partenaires, vise à convertir le surplus d'électricité renouvelable en hydrogène vert via électrolyse\* de l'eau puis en méthane de synthèse par combinaison avec du CO<sub>2</sub> capté sur des fumées industrielles, afin de l'injecter dans les réseaux de transport. Partenaire du projet, Teréga affirme ainsi sa volonté de démontrer la capacité des infrastructures gazières comme moyen d'équilibrage et de soutien aux réseaux électriques : il met en avant la complémentarité entre les réseaux de gaz et d'électricité en associant différentes briques technologiques (captage de CO<sub>2</sub>, plusieurs technologies d'électrolyse\*, méthanation\*).

### La démarche

- Des compétences sont acquises dans l'ensemble des domaines techniques et opérationnels liés au Power-to-Gas\*.
- Des tests vont permettre de valider les technologies d'injection d'hydrogène dans le réseau, la production et l'injection de méthane de synthèse, la capture et valorisation de CO<sub>2</sub>.
- La viabilité du modèle économique du Power-to-Gas\*, le contexte réglementaire et le pilotage intelligent du système complet sont étudiés.



### Les bénéfices

- Maximisation de l'intégration des énergies renouvelables et valorisation des surplus d'électricité.
- Garantie de la sécurité, de la qualité et de la continuité de l'approvisionnement en énergies nouvelles.
- Anticipation des besoins futurs des clients.

### Les avancées

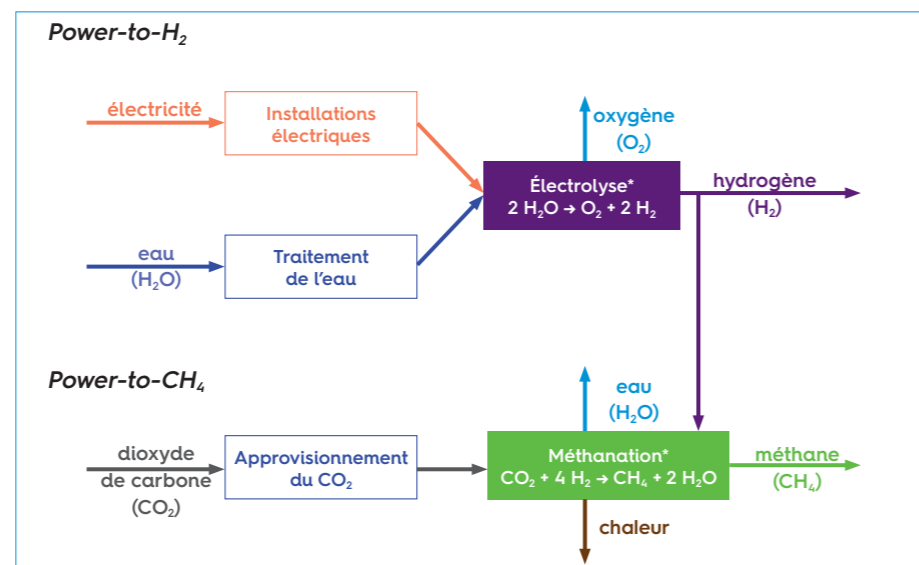
Une première production de méthane de synthèse à partir d'hydrogène issu de l'électrolyse\* et de dioxyde de carbone en bouteilles, le « Power-to-Methane » a permis d'atteindre l'échelle du mégawatt produit.

### Les développements à venir

- Poursuite du projet sur la mise en service de la brique CO<sub>2</sub> : captage CO<sub>2</sub> et transport pour alimenter le méthaneur.
- Finalisation des essais sur les chaînes Power-to-Hydrogen et Power-to-Methane.
- Modification des électrolyseurs pour viser l'amélioration du rendement énergétique « chaîne complète » au-dessus de 66%.
- Test de pilotage « intelligent » avec démarrage/arrêt automatique des installations selon les besoins de productions/consommations et en fonction des aléas des prix de marché de l'électricité et du gaz.

## LE PRINCIPAL OBJECTIF DE JUPITER 1000 ?

Montrer la faisabilité de développer le Power-to-Gas\* à une échelle industrielle, dans sa version Power-to-Hydrogen, mais aussi Power-to-Methane.



Projet soutenu par :



Les partenaires du projet :



## 2 - Déployer un système multi-énergies intelligent : IMPULSE 2025 (Innover et Mobiliser Pour Unifier Les Systèmes Énergétiques)

### L'OBJECTIF



Initié en 2019, le projet IMPULSE 2025 ambitionne de déployer un système multi-énergies intelligent sur une plateforme industrielle multi-acteurs dans le but de décarboner l'ensemble des activités du site. C'est possible en valorisant les énergies perdues (chaleur, conversion d'énergie), en capturant et valorisant le CO<sub>2</sub>, en intégrant les systèmes énergétiques (stockage de chaleur et d'électricité), ou en étendant le système énergétique à d'autres usages (chauffage urbain par exemple). La synergie avec la production de nouveaux produits énergétiques stratégiques est également envisagée. Il s'agit donc de faire évoluer un site industriel grâce à des investissements d'avenir permettant de récupérer, stocker, transformer ou produire de l'énergie en exploitant les synergies entre les acteurs de la plateforme industrielle. Dans ce système, Teréga se positionne sur la partie réseaux de gaz. Cette approche vise à apporter de la valeur ajoutée aux consommateurs en les aidant à identifier la meilleure solution de décarbonation, en évaluant la compétitivité et la complémentarité des solutions bioCH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> par rapport à d'autres énergies (électricité, bois, etc.).

### Les objectifs spécifiques du projet

- Optimiser la consommation énergétique en temps réel via les réseaux en valorisant toutes les énergies et en utilisant la meilleure énergie pour chaque usage, tout en maximisant l'intégration des énergies renouvelables locales.
- Minimiser les impacts environnementaux, notamment les émissions de gaz à effet de serre.

### La démarche

Ce projet comprend des activités d'études et de réalisation sur le site de la plateforme industrielle de Lacq. Il se décline dans une première phase (2019-2024) :

- En partenariat avec l'EPFL (École Polytechnique Fédérale de Lausanne), mise au point d'un outil d'optimisation et de modélisation pour identifier les meilleures configurations d'un système multi-énergies et multi-acteurs dans différents contextes technico-économiques. Cet outil teste différentes évolutions technologiques d'un site en utilisant une bibliothèque de briques technologiques pour optimiser le bilan énergétique, réduire les pertes et améliorer les consommations.
- Création d'une bibliothèque de cinquante briques technologiques modélisées : stockage de chaleur, panneaux photovoltaïques, batteries électriques, chaudières biomasse, captage CO<sub>2</sub>, cogénération, piles à combustible, compression, pompes à chaleur, électrolyseurs, méthanation\*, synthèse d'e-fuel, gazéification de la biomasse, méthanisation\*, etc.
- Tests en situation réelle chez un industriel majeur de la plateforme de Lacq.
- Application de l'outil à la décarbonation massive de la zone de Lacq, reconnue ZIBaC\* en 2023. Les résultats guideront la conception du démonstrateur de la phase 2.

### Les bénéfices

- Montée en compétence sur la conception, l'exploitation et le pilotage d'un système multi-énergies.
- Identification des meilleures briques technologiques permettant l'intégration des réseaux.
- Définition du rôle à jouer dans l'écosystème multi-énergies et identification des futurs rôles des réseaux d'énergie.
- Développement de nouvelles filières énergétiques.

- Décarbonation des plateformes industrielles et renforcement de leur attractivité.

### Les avancées

- Finalisation concluante de l'étude réalisée avec un industriel majeur de la plateforme de Lacq (cf. encart).
- Lancement du projet ZIBaC\* à Lacq.

### Les développements à venir

Lors de la deuxième phase (2025-2027) du projet, Teréga se concentrera sur l'étude de la faisabilité opérationnelle et économique du concept, en démontrant les gains estimés. Divers partenaires participeront à cette phase, ce qui permettra de développer et tester des technologies émergentes. Parmi ces technologies, on peut citer le cracking de CH<sub>4</sub> par pyrolyse. En parallèle, des infrastructures numériques seront déployées pour assurer un pilotage optimal et intelligent du système multi-énergies. Ces infrastructures permettront une gestion en temps réel des flux énergétiques, améliorant ainsi l'efficacité et la réactivité du système.

## PREMIÈRE ÉTUDE : DES AVANCÉES SIGNIFICATIVES CHEZ NOTRE CLIENT INDUSTRIEL PILOTE

Reposant sur l'outil de modélisation développé, une étude de décarbonation proposée à un client pilote a permis :

- La création de solutions pertinentes pour améliorer son efficacité énergétique, soit 100% de diminution des pertes ainsi que des économies d'électricité de 35% via une meilleure intégration thermique et l'installation de nouveaux matériels.
- Proposition de solutions pour décarboner le site jusqu'à -40% tout en restant rentable.
- Création d'une voie pour aller jusqu'à -90% d'émission de CO<sub>2</sub> en définissant les conditions qui permettraient sa rentabilité.

Projet soutenu par :



Projet labellisé par les pôles de compétitivité :



Projet intégré au contrat :





# GLOSSAIRE



## Annulaires

Dans un puits en production, c'est l'espace compris entre la paroi interne du tubage (revêtement) et la paroi externe du tubing (conduit de production).

## Atexisation

Certification d'un équipement, système ou composant afin de le rendre conforme aux normes européennes pour une utilisation en zones à ATmosphères EXplosives (ATEX).

## BTEX

ou Benzène - Toluène - Éthylbenzène - Xylènes : sont des composés organiques volatils mono-aromatiques, toxiques et écotoxiques.

## CITEPH

programme d'open innovation qui facilite l'accès à des financements privés pour des projets innovants. Ce programme est mis en œuvre et coordonné au sein de l'association EVOLEN.

## Corrosion

Processus électrochimique venant détériorer les canalisations en acier.

## Courants vagabonds

Influences électriques liées aux voies ferrées électrifiées à proximité d'une canalisation. Dans ces conditions, la canalisation peut être soumise à une accélération significative des phénomènes de corrosion.

## Électrolyse

Procédé de conversion d'une énergie électrique en énergie chimique. L'électrolyse de l'eau permet la production d'hydrogène.

## Éléments (ou composés) traces

Composés présents dans le gaz à de très faibles concentrations mais présentant de potentiels risques pour les activités de Teréga.

## Gaine

Fourreau en acier ou en béton qui permet de protéger les canalisations enterrées de différentes contraintes mécaniques engendrées par l'environnement externe en certains points singuliers du réseau (les voies ferrées, les autoroutes ou les fleuves).

## Garniture

Composant d'un compresseur qui assure l'étanchéité dynamique entre les parties tournantes (arbre rotatif) et l'enceinte sous pression de l'équipement.

## Gazéification hydrothermale

Procédé thermochimique à haute pression (210 à 350 bars) et haute température (360 à 700 °C) qui permet de convertir des déchets organiques liquides en gaz de synthèse. Ce procédé peut servir à traiter les digestats de méthanisation\*.

## Hydrogénation électrolytique

Procédé qui permet de transformer directement, de façon presque instantanée, dans un électrolyseur haute pression et haute température, de l'hydrogène produit in situ et du CO<sub>2</sub> en différents produits chimiques (dont du méthane).

## Machine learning

Technologie relevant de l'intelligence artificielle qui permet à un ordinateur d'apprendre de façon automatique, de faire des prédictions statistiques à partir d'un ensemble de données qu'on lui fournit.

## Maintenance prédictive

Maintenance prévisionnelle basée sur l'anticipation de pannes et défaillances qui permet de donner l'état de dégradation d'un équipement avant sa détérioration complète.

## Méthanisation

Procédé permettant de produire du méthane renouvelable à partir de déchets organiques.

## Méthanation

Procédé industriel (biologique ou catalytique) qui consiste à faire réagir du dioxyde de carbone ou du monoxyde de carbone avec de l'hydrogène, afin de produire de l'eau et du méthane. Ce dernier est appelé méthane de synthèse.

## Optronique

Combinaison de l'optique et de l'électronique.

## Outils géochimiques

Méthodes de détermination, d'analyse et de quantification des éléments chimiques présents dans les roches, les minéraux, les eaux et les gaz terrestres. C'est une méthode basée sur une combinaison d'expertises en géologie et en chimie.

## Power-to-Gas

Procédé industriel qui consiste à transformer les surplus d'électricité issue d'énergies renouvelables en hydrogène par électrolyse\*. Cet hydrogène peut être soit injecté directement dans le réseau de gaz naturel en mélange, soit utilisé en tant que tel, soit transformé par méthanation\* en méthane de synthèse en le combinant avec du dioxyde de carbone capturé par ailleurs.

## Proof of Concept (POC)

Méthode qui permet d'évaluer rapidement le potentiel et la faisabilité dans un contexte réel d'une idée, d'un outil ou d'un produit.

## Protection cathodique

Technique de « protection active » contre la corrosion. Elle est obtenue par l'application d'une tension à la surface métallique de la canalisation pour diminuer son potentiel de corrosion, jusqu'à un niveau suffisamment faible et acceptable où la vitesse de corrosion du métal est réduite de manière significative.

## Pyrogazéification

Procédé thermochimique qui consiste à chauffer des déchets (biomasse sèche) à très haute température (de 800 à 1500 °C) en absence ou en défaut d'oxygène afin de produire des gaz de synthèse.

## Servitudes

Bandes de terrain de 6 à 10 mètres de largeur centrées sur l'axe des canalisations de transport. Elles sont entretenues fréquemment et toutes constructions ou plantations de plus de 2,7 mètres y sont interdites.

## THT

TétraHydroThiophène, molécule utilisée pour l'odorisation du gaz naturel.

## Tomographie magnétique

Technologie d'inspection qui permet de détecter des anomalies sur des canalisations enterrées à partir d'un signal magnétique depuis la surface.

## Travaux de tiers Non Déclarés (TND)

Travaux effectués par des tiers à proximité des canalisations n'ayant pas fait l'objet de Déclarations réglementaires de projet de Travaux (DT) ou de Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux (DICT).

## Zone Industrielle Bas Carbone (ZIBaC\*)

Démarche visant à mobiliser un ensemble d'investissements, d'expérimentations, de synergies et d'innovations sur une zone industrielle donnée, en vue d'accélérer sa décarbonation.

TERÉGA remercie la CRE pour son soutien en matière de R&I, lui permettant ainsi de préparer l'avenir des activités de transport et de stockage de gaz.

**Conception et réalisation :** SEQUOIA **Textes :** TERÉGA. **Photographies :** UPPA, IFPEN, Pixstart, Luc Hautecœur, Hélioparc, INSA Toulouse, dедrone, DR. **Ont contribué à ce rapport :** Cécile Boesinger, Sandrine Boucher, Aurélia Taupin, Rémi Lancien, Natacha Merlet, Ludovic Jobin, Pierre Chiquet, Anne Chauvancy, Éric Bouley, Guilhem Caumette, Émeline Quarin, Antoine Simonnet. **Supervision :** Giacomo Matararro, la Direction Communication de TERÉGA avec Céline Dallest.

Juillet 2024





Siège social : 40, avenue de l'Europe • CS 20522 • 64010 Pau Cedex • France  
159, avenue Charles de Gaulle • 92200 Neuilly-sur-Seine • France  
Tél. +33 (0)5 59 13 34 00 • [@Teregacontact](https://twitter.com/Teregacontact) • [www.terega.fr](http://www.terega.fr)