

ACTIVITÉS TRANSPORT ET STOCKAGE
BILAN 2024-2025

RECHERCHE ET INNOVATION ACCÉLÉRER LES TRANSITIONS

RECHERCHE ET INNOVATION ACCÉLÉRER LES TRANSITIONS

**ACTIVITÉS TRANSPORT ET STOCKAGE
BILAN 2024-2025**



SOMMAIRE

- 6** La Recherche et Innovation Teréga, c'est...
- 7** Pour nous, un projet Recherche et Innovation, c'est...
- 8** La Recherche et Innovation au service de la stratégie de Teréga
- 10** Les chiffres du Groupe
- 11** Le chiffres Recherche et Innovation
- 12** Connecter les énergies, innover ensemble
- 13** Nos partenaires stratégiques
- 14** Nos faits marquants 2024-2025

AXE 1

16 INTÉGRITÉ, PERFORMANCE ET SÉCURITÉ OPÉRATIONNELLE

- 18 Intégrité des ouvrages
- 20 Surveillance et anticipation des défaillances
- 22 Monitoring stockage
- 24 Sûreté et cybersécurité

AXE 2

26 RÉDUCTION DE NOTRE EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE

- 28 Contrôle de nos émissions de GES et efficacité énergétique
- 30 Contrôle de nos émissions de GES, selon la réglementation européenne sur les émissions de CH₄
- 32 Intégration territoriale et empreinte environnementale
- 34 Méthanes renouvelables
- 36 Réseaux multiénergies

AXE 3

38 NOUVEAUX GAZ (H₂ EN MÉLANGE)

- 40 Effets de l'hydrogène en mélange sur nos infrastructures de transport
- 42 Incidence d'un taux d'hydrogène accidentel (>2 %)
- 44 Réactions géochimiques de l'hydrogène jusqu'à 2 % sur nos infrastructures de stockage

**LA RECHERCHE ET INNOVATION
DE TERÉGA, C'EST...**

ACCÉLÉRER LES TRANSITIONS

Face aux bouleversements majeurs que connaît le secteur de l'énergie, le Groupe, dans le cadre de son plan stratégique GAÏA 2035, investit dans la Recherche et l'Innovation. Cela afin d'accélérer les transitions vers un hub d'énergies 100 % renouvelables et bas carbone à l'horizon 2050.



**GIACOMO
MATARAZZO,**
Directeur Développement
et Stratégie de Teréga



L'innovation est une aventure ouverte et collaborative. En partageant notre stratégie d'innovation à nos partenaires, nous affirmons notre conviction que c'est par la coopération et le partage que nous construirons un avenir énergétique durable pour nos territoires.

POUR NOUS, UN PROJET RECHERCHE ET INNOVATION, C'EST...

✓ 1. UN PROJET QUI SERT NOS BESOINS OPÉRATIONNELS D'AUJOURD'HUI OU DE DEMAIN

L'innovation chez Teréga est directement connectée aux besoins opérationnels : elle doit développer des solutions trouvant une application concrète et qui visent à améliorer l'existant ou à servir les enjeux futurs.

✓ 2. UN PROJET QUI FAIT PREUVE D'UNE RÉELLE UTILITÉ ET D'UN CARACTÈRE INNOVANT

Les nouveaux projets sont évalués par un comité Innovation composé des membres du COMEX, selon quatre critères. Il valide que chaque projet :

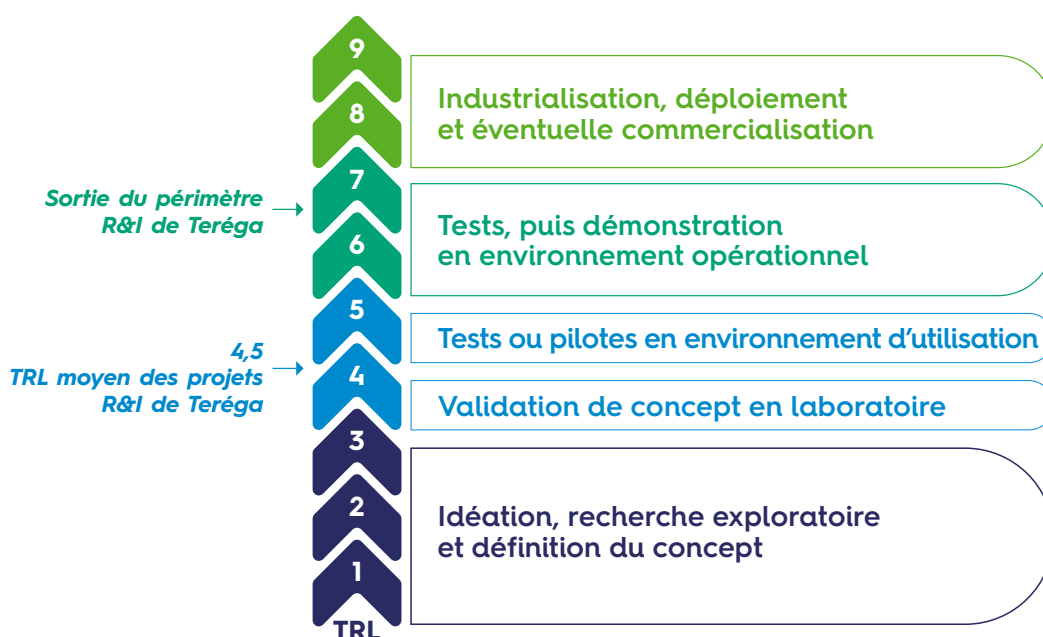
- répond à une ambition prédéfinie;
- définit la valeur visée et/ou l'efficacité souhaitée;
- révèle un réel caractère innovant;
- propose un plan d'expérimentation clair et y associe des KPIs.

✓ 3. UN PROJET TRANSVERSAL

Les projets développés mobilisent des collaborateurs de différentes expertises métiers et Directions.

✓ 4. UN PROJET QUI SE MESURE

Le niveau de maturité technologique de chaque projet est mesuré, c'est le Technology Readiness Level (TRL). La plupart de nos projets ont un TRL compris entre 3 et 7.

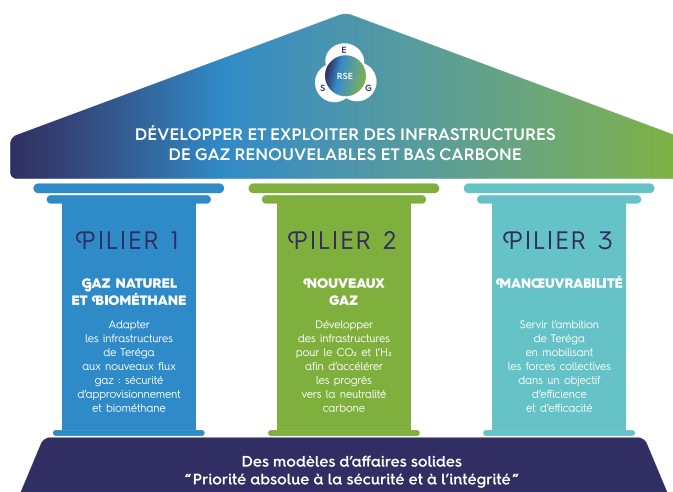


LA RECHERCHE ET INNOVATION AU SERVICE DE LA STRATÉGIE DE TERÉGA

La Recherche et Innovation s'inscrit pleinement dans les ambitions du plan stratégique GAÏA 2035. À travers sa politique d'innovation, Teréga souhaite :

- **Pérenniser le positionnement de l'entreprise** en tant qu'opérateur exemplaire et efficient d'infrastructures gazières.
- **Renforcer sa capacité** en innovant sur le transport et le stockage de nouvelles molécules.
- **Sécuriser, renforcer et développer les compétences** de l'ensemble de nos collaborateurs, en reconnaissant chacun comme acteur de l'innovation et du plan stratégique.

GAÏA 2035 s'articule autour de 3 piliers principaux :



1. la consolidation et le verdissement de nos activités de transport et de stockage de méthane, en encourageant notamment le développement du biométhane ;
2. l'accueil de nouvelles molécules, comme l'hydrogène, et la décarbonation de l'économie par des techniques innovantes de captation, de transport et de stockage de CO₂ ;
3. la transformation des modes de fonctionnement et le développement de nouvelles compétences et méthodes pour permettre à Teréga de réaliser toutes ses ambitions.



L'innovation contribue avant tout à inscrire dans la durée notre mission principale, qui est d'assurer une continuité de service et l'approvisionnement en gaz grâce à l'amélioration de nos performances opérationnelles et RSE, ainsi qu'à l'intégration des gaz verts dans nos infrastructures. Elle vise aussi à anticiper le futur rôle des opérateurs gaziers dans la transition énergétique, nous poussant à jouer un rôle central dans la décarbonation des énergies.

CÉCILE BOESINGER,
Responsable Recherche et Innovation
à la Direction Développement
et Stratégie de Teréga

NOS 3 AXES D'INNOVATION

Le Plan Innovation structure nos ambitions en matière de Recherche et Innovation et définit une feuille de route précise pour 2024-2027, basée sur trois axes.

- 1. Intégrité, performance et sécurité opérationnelles.**
- 2. Réduction de l'empreinte environnementale : décarboner nos activités.**
- 3. Nouveaux gaz (H₂ en mélange).**

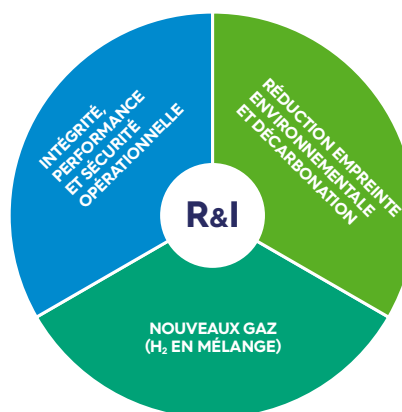
AXE 1

- Intégrité des ouvrages
- Surveillance et
- Anticipation des défaillances
- Monitoring stockage
- Sécurité et cybersécurité



AXE 2

- GES et efficacité énergétique
- Intégration territoriale et empreinte environnementale
- Méthanes renouvelables
- Multiénergies



AXE 3

- Effets de l'H₂ en mélange sur nos infrastructures de transport
- Incidence d'un taux d'H₂ accidentel (> 2 %)
- Réactions géochimiques de l'H₂ jusqu'à 2 % sur nos infrastructures de stockage



LES CHIFFRES DU GROUPE

Véritable accélérateur de la transition énergétique, Teréga déploie depuis quatre-vingts 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 plus importants flux gaziers européens, comprend plus de 5000 kilomètres de canalisations (13,5 % du réseau de transport de gaz en France) et deux stockages souterrains (27 % des capacités de stockage nationales). L'entreprise a réalisé, en 2025, un chiffre d'affaires de 481 millions d'euros (hors équilibrage et congestion) et compte 647 collaborateurs.

5106 km

de canalisations de transport.

27 %

des capacités de stockage nationales.

647

collaborateurs

Ses effectifs sont répartis entre les 10 sites du Grand Sud-Ouest.

En 2025, l'entreprise réalise un chiffre d'affaires de



481 M€

(hors équilibrage et congestion)



300 M€

sur l'activité transport



181 M€

sur l'activité stockage

173

femmes

474

hommes

LES CHIFFRES RECHERCHE ET INNOVATION



3,5 M€

consacrés en 2025 aux projets de Recherche et Innovation.

Au cœur de sa stratégie, l'activité Recherche et Innovation de Teréga s'affirme comme un moteur de transformation concret, s'appuyant sur un écosystème collaboratif solide et une concentration inédite de nos ressources vers les enjeux d'aujourd'hui et de demain.



45

projets en moyenne sont portés chaque année par la Recherche et Innovation de Teréga.



53 %

des dépenses de Recherche et Innovation de Teréga SA sont en lien avec la transition énergétique.



40

partenaires et fournisseurs clés répartis sur les territoires français, suisse et belge.



40

collaborateurs (toutes Directions confondues) sont mobilisés directement dans un projet Recherche et Innovation.

CONNECTER LES ÉNERGIES, INNOVER ENSEMBLE

Stratégie partenariale, ouvrir et partager les savoirs

Notre stratégie partenariale est proactive et ouverte. Start-up, industriels, acteurs de l'énergie, experts scientifiques, nos quelque 40 partenaires sont d'horizons variés. Tous mettent leurs expertises au service de l'innovation. Tous partagent notre vision de l'avenir de l'énergie : c'est le cas des initiatives d'open innovation, en collaborant, par exemple, avec le CITEPH de l'association Evolen, du Pôle Avenia ou du comité stratégique de filière nouveaux systèmes énergétiques (CSF NSE).

INNOVATION, LEVIERS D'ACTION ET OBJECTIFS



DOMAINES TECHNIQUES CLÉS

Notre objectif : renforcer les compétences des équipes internes avec des organismes de recherche, publics ou privés, comme l'Université de Pau et des Pays de l'Adour (UPPA), l'Institut national des sciences appliquées de Toulouse (INSA) ou l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL).



PARTAGE DES SAVOIRS ET DES AVANCÉES

Notre objectif : mutualiser les efforts sur le long terme, en travaillant avec d'autres acteurs de l'énergie (NaTran, Storengy, SNAM, Enagás...) sur des problématiques similaires.



CRÉATION DE VALEUR

Notre objectif : soutenir le développement de technologies ou de méthodes innovantes et créatrices de valeur pour Teréga grâce à des partenariats noués avec des bureaux d'études, des PME, ou des start-up.

SOUTENIR LES DYNAMIQUES ET LA MISE EN COMMUN



Innov'Day : créer des passerelles entre les acteurs régionaux

Notre ancrage territorial fait partie de notre ADN. Au travers de l'initiative Innov'Day, qui regroupait en novembre 2025 nos partenaires ainsi que tous les grands acteurs de l'énergie de nos territoires, nous avons souhaité matérialiser le dynamisme de l'écosystème de l'énergie et affirmer notre volonté de placer l'intégrité, la sécurité opérationnelle et la décarbonation des activités au cœur des échanges.

TSO Innovation Club, pour des synergies européennes

Créé à la fin 2024, ce groupe réunit l'ensemble des entités Recherche et Innovation des TSO européens (Transmission System Operator, équivalent anglophone des GRT - gestionnaires de réseau de transport). L'objectif est de partager des problématiques communes et des axes de recherche. En 2025, la R&I de Teréga a rejoint le dispositif d'incubation de start-up de la SNAM HyAccelerator, pour encourager le développement des technologies autour de l'hydrogène et du CO₂.

NOS PARTENAIRES STRATÉGIQUES

Pour relever les défis complexes des transitions en cours (énergétiques, économiques, digitales), Teréga s'entoure de partenaires spécifiques et de partenaires stratégiques, alliant agilité technologique et excellence de recherche opérationnelle.



NOS FAITS MARQUANTS 2024-2025

2024



Avril 2024

Les zones industrielles de Bassens et d'Ambès se distinguent en remportant l'appel à projets ZIBaC de France 2030 :

la R&I de Teréga participe à ce projet via une méthode innovante d'aide à l'identification des meilleures solutions de décarbonation.



Juin 2024

Participation au TSO innovation Club, lancé et piloté par NaTran, qui réunit trois fois par an les R&I des principaux opérateurs de transport de gaz européens.

Novembre 2024

Accompagnement de l'Institut national des sciences appliquées (INSA) de Toulouse dans **la mise en ligne du site internet de la plateforme Solidia**, à l'occasion de l'accueil d'un nouveau pilote de méthanation.

Novembre 2024

Participation aux 24h de l'innovation Avenia au Centre de la Terre, à Montpellier.



Mai 2024

Participation à l'International Gas Research Conference (IGRC) 2024.

Table ronde avec présentation par Guilhem Caumette du projet RINGS H₂ de Teréga.



2025

Avril 2025

Lancement officiel du projet de développement de la Zone Industrielle Bas Carbone de Lacq,

piloté par GIP Chemparc, dont Teréga est partenaire.



↑ L'équipe Recherche et Innovation Teréga.

Novembre 2025

Organisation de l'Innov'Day, la journée dédiée à l'innovation chez Teréga, à Pau.

Novembre 2025

Participation aux 24h de l'innovation Avenia au Centre de la Terre, à Pau.

Mars 2025

Signature d'un accord avec la SNAM et d'autres opérateurs de transport de gaz européens sur le programme HyAccelerator, pour favoriser les start-up engagées dans le développement de technologies hydrogène.

Janvier 2025

Clap de fin du projet Jupiter 1000 Power-to-Gas, piloté par NaTran, dont Teréga est partenaire.

www.terega.fr/labo/quest-ce-que-le-projet-jupiter-1000

Juillet 2025

Signature de la prolongation du LabCom avec l'Université de Pau et des Pays de l'Adour.

Vue générale de la plateforme accueillant les pilotes de recherche du laboratoire commun Stockage des énergies gaz en aquifère (SEnGA).



AXE 1

INTÉGRITÉ, PERFORMANCE ET SÉCURITÉ OPÉRATIONNELLE



En tant qu'opérateur responsable du transport et du stockage de gaz, Teréga s'engage à garantir la sécurité, la fiabilité et la disponibilité de ses infrastructures, tout en optimisant les coûts et la performance opérationnelle.

Pour relever ces défis, l'entreprise mise sur le développement et le déploiement de solutions technologiques et digitales innovantes, visant à renforcer l'intégrité, la sécurité et la cyberrésilience de ses installations industrielles. Ces initiatives permettent non seulement d'améliorer l'efficacité et de maîtriser les coûts, mais aussi de réduire l'empreinte environnementale de ses activités.



La Recherche et Innovation chez Teréga est chargée d'impulser la transformation des infrastructures énergétiques vers un avenir sûr, performant et bas carbone. Grâce à des résultats probants, nous pérennisons le soutien de la Commission de Régulation de l'Énergie (CRE) sur nos travaux de R&I.

SANDRINE BOUCHER,
Chargée de Recherche
et Innovation de Teréga

SOMMAIRE

Intégrité des ouvrages

- **MESANA+**, une IA pour cibler les anomalies des ouvrages

Surveillance et anticipation des défaillances

- **Maintenance prédictive des compresseurs**, anticipation des pannes, optimisation de la maintenance
- **IRIS**, surveillance des mouvements de terrain

Monitoring stockage

- **INTENSE**, analyse des gaz des sols

Sûreté et cybersécurité

- **VAUBAN**, cap sur la sûreté zéro émission

INTÉGRITÉ DES OUVRAGES

LE CONTEXTE

L'inspection des canalisations non pistonnables, autrement dit dans lesquelles il est impossible de faire passer un outil d'inspection ou piston, est caractérisée par **l'absence d'outils performants en Europe**. Cette situation engendre des coûts élevés en raison d'excavations inutiles, c'est-à-dire à des endroits où la canalisation n'a pas de défaut avéré. En effet, les techniques actuelles permettent de détecter uniquement des défauts de revêtements qui ne sont pas nécessairement liés à des anomalies de corrosion, d'enfoncement, de fissures... susceptibles de nécessiter des réparations. L'ambition est de garantir la sécurité, la fiabilité et la disponibilité des installations dans le cadre de notre obligation européenne de service public.

L'ENJEU

Déployer les meilleures méthodes d'inspection et de protection cathodique (anticorrosion active par courant électrique) pour assurer une meilleure maîtrise des risques industriels, et ce, à moindre coût.

LES MOYENS

Pour répondre à ces enjeux, Teréga déploie en 2024 et 2025 plusieurs méthodes et axes de travaux.

Pour les canalisations non pistonnables :

- le développement de nouveaux modèles et d'algorithmes d'intelligence artificielle visant à réduire le nombre d'excavations inutiles (projet MESANA+);
- une veille active sur les outils émergents d'inspection, avec test et analyse en cours de résultats d'un nouvel outil non intrusif par tomographie magnétique.

Pour maximiser la protection anticorrosion :

l'optimisation passive, à travers la veille sur de nouveaux revêtements. L'optimisation active, via une protection cathodique plus efficace :

- à moindre coût (abaisser le critère de protection de 130 mV à 100 mV);
- améliorée, pour lutter contre les courants vagabonds indésirables;
- optimisée, via le recours à l'IA, pour une meilleure exploitation des données de protection cathodique.

LES PERSPECTIVES

Les analyses en cours sur le projet MESANA+ laissent présager d'une diminution possible de 50 % des excavations inutiles; la suite concernera l'utilisation d'une IA basée sur des modèles mathématiques de probabilité avancés pour démultiplier et affiner l'évaluation du risque de corrosion avéré.

Nous travaillerons également sur l'efficacité du critère de protection cathodique de 100 mV dans divers sols. L'étude devra analyser comment des facteurs environnementaux, tels que la résistivité et le taux d'humidité, influencent la dynamique de corrosion de l'acier.

Enfin, nous comptons sur les évolutions significatives de la technologie d'inspection par tomographie magnétique, pour examiner l'intérieur de la matière grâce aux champs magnétiques et pour pratiquer une deuxième inspection.



MESANA+ UNE IA POUR CIBLER LES ANOMALIES DES OUVRAGES



À RETENIR

Grâce à la puissance du digital, MESANA+ dote Teréga d'un modèle d'apprentissage automatique croisant les données d'inspections pour prédire la probabilité des défauts métalliques. En ciblant les excavations prioritaires, cet outil permet d'optimiser les coûts et la sécurité.

Analyser et prédire

Basé sur un nouveau modèle de machine learning, MESANA+ est un outil algorithmique capable de caractériser et de prédire les défauts présents sur nos 2 500 kilomètres de canalisations non pistonnables. Il attribue une note globale de probabilité de dégradation entre 0 et 100, et classe les anomalies en fonction de leur véracité.

Actuellement, les limites des outils traditionnels génèrent un taux de faux positifs qui conduit à des excavations évitables dans plus de 30 % des cas. L'objectif est d'optimiser nos interventions sur le terrain, en ciblant plus précisément les seules anomalies avérées.

Optimiser les coûts

Prédire avec précision la probabilité des dégradations permet d'identifier les zones les plus critiques, afin de prioriser les interventions de maintenance. Teréga peut ainsi cibler les tronçons nécessitant une attention particulière et adapter ses excavations en conséquence. Cette approche garantit une gestion proactive des infrastructures, en optimisant l'efficacité des interventions sur le terrain et en évitant des fouilles coûteuses inutiles.



À SAVOIR

- Date de début : début 2024.
- Chef de projet : Damien Lefebvre, référent inspections indirectes et équipements sous pression.



À SUIVRE

Les futures excavations de contrôle seront déterminantes, afin de conclure à l'efficacité de MESANA+. L'enjeu portera sur sa capacité à ne cibler que les excavations utiles, pour gagner en efficacité en termes de performance et de coût.

SURVEILLANCE ET ANTICIPATION DES DÉFAILLANCES

LE CONTEXTE

Le contexte opérationnel et environnemental de Teréga est marqué par plusieurs enjeux majeurs :

- la volonté **d'améliorer la surveillance du réseau** et de détecter en quasi temps réel les **travaux de tiers non déclarés (TND)**, afin de maximiser la sécurité de nos installations et de réduire les coûts opérationnels (OPEX) ainsi que les émissions de gaz à effet de serre (GES);
- une étude, menée sur **les conséquences du dérèglement climatique sur les canalisations, a identifié le mouvement de terrain risque n° 1**, appelant la R&I à trouver des solutions adaptées;
- la nécessité **d'anticiper les pannes et les défaillances** potentielles sur nos équipements critiques : les compresseurs.

LES ENJEUX

- **Améliorer et effacer l'empreinte environnementale** liée à la surveillance des risques d'accrochage, en s'appuyant sur des outils digitaux et des technologies moins polluantes que l'avion et l'hélicoptère.
- **Suivre** à intervalles réguliers **les mouvements de terrain** liés aux dérèglements climatiques.
- **Anticiper les défaillances** de nos compresseurs critiques pour réduire l'empreinte environnementale des opérations de maintenance, tout en optimisant et en réduisant les coûts (transport, stock et matériels) pour l'entreprise.

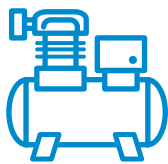
LES MOYENS

Pour répondre à ces enjeux, Teréga mobilise un ensemble de nouvelles technologies et d'outils digitaux, et réalise des développements et des tests en s'appuyant sur :

- les **technologies satellites InSAR** pour les mouvements de terrain (projet IRIS);
- les **technologies de détection terrestre** par fibre optique, pour les agressions de nos canalisations, via le Distributed Acoustic Sensing (DAS);
- la surveillance des chantiers par IA embarquée dans les caméras;
- le recours à des solutions de maintenance prédictive par analyse vibratoire haute fréquence, appliquées aux équipements de compression.

LES PERSPECTIVES

Nos prochaines priorités sont la mise en production de la solution DAS pour la détection TND, le lancement d'un site pilote pour la surveillance des chantiers par caméra IA et la poursuite du projet satellite IRIS.



MAINTENANCE PRÉDICTIVE DES COMPRESSEURS

ANTICIPATION DES PANNES, OPTIMISATION DE LA MAINTENANCE

Teréga développe une solution innovante pour détecter les signaux faibles et anticiper les pannes sur les compresseurs, permettant d'optimiser les plans de maintenance et d'économiser des coûts, tout en trouvant l'équilibre optimal entre coût et bénéfice.

Des preuves de concept (PoC - Proof of Concept) sont lancés pour la mise en place de trois solutions d'analyse en continu des signaux process et vibrations sur des électro-compresseurs centrifuges et alternatifs, avec Nuovo Pignone, Bently Nevada et Zensor. L'objectif de ces PoC pour les prestataires est de démontrer la capacité à collecter des données vibratoires et à les pousser vers le jumeau numérique Teréga, de les corrélérer avec les données process et ainsi de quantifier l'état de santé des machines, par des algorithmes basés sur la physique et/ou du machine learning. L'ensemble des échanges de données respectent les niveaux de cybersécurité très élevés de Teréga. Ces PoC nous apportent également les outils de visualisation des données, des analyses et des alertes pour adapter nos plans de maintenance dans un futur proche.



À RETENIR

- Date de début : fin 2024.
- Chef de projet : Ludovic Jobin, ingénieur compression et machines tournantes, aidé du Département des Systèmes d'Information.
- Durée : 2 à 3 ans de mise au point.
- Le marché manque de solutions cloud de maintenance prédictive multimarques.



À RETENIR

- Date de début : fin 2024.
- Cheffe de projet : Natacha Merlet, ingénieure d'études, aidée des entités géosciences et sécurité industrielle.
- Durée : 18 mois.
- Les mouvements de terrain, exacerbés par le réchauffement climatique, représentent une menace croissante pour l'intégrité de nos canalisations.



IRIS

SURVEILLANCE DES MOUVEMENTS DE TERRAIN

Parce que Teréga entend maîtriser les conséquences grandissantes des aléas climatiques sur ses canalisations, la société renforce la surveillance des mouvements de terrain.

Exacerbés par le réchauffement climatique, les mouvements de terrain représentent une menace croissante pour l'intégrité des canalisations. Teréga, qui gère un réseau de plus de 5000 kilomètres de canalisations, met donc la surveillance au cœur de ses enjeux. Ces méthodes de surveillance, compétitives et décarbonées, sont coconstruites avec un prestataire spécialisé en imagerie satellite, Pixstart. Celui-ci s'appuie sur les données InSAR des satellites Sentinel, technologie d'imagerie radar ultra-précise, pour détecter les zones blanches, assurer le suivi et générer des alertes. Afin d'anticiper les menaces, le projet repose sur l'intelligence artificielle et l'analyse big data, dans le respect d'une sobriété digitale.

MONITORING STOCKAGE

LE CONTEXTE

En tant qu'opérateur gazier, Teréga doit démontrer sa capacité à sécuriser son stockage souterrain de gaz. Cette sécurisation repose sur la prévention des risques industriels, à la fois techniques, opérationnels et environnementaux. Grâce à cette approche, Teréga conserve son rôle d'opérateur historique de stockage de gaz naturel, tout en se préparant activement à intégrer de nouveaux gaz, comme le biométhane, et potentiellement de l'hydrogène à très faible teneur contenu dans le méthane de synthèse.

L'ENJEU

Développer des méthodes innovantes de monitoring pour les réservoirs, afin de tracer l'origine du gaz, de détecter toutes fuites éventuelles et d'appliquer des mesures correctives ciblées.

LES MOYENS

Teréga démontre son rôle d'acteur clé du stockage de gaz et de la transition énergétique, en s'appuyant sur une combinaison d'équipements d'analyses, de monitoring et de solutions algorithmiques :

- **le projet Flair Box™** vise à développer des capteurs permanents, fixes et mobiles. Créés en collaboration avec IFP Energies nouvelles (IFPEN), ils sont dédiés à la détection du THT (odorisant du gaz) et du CH₄ à la surface des sites de stockage ;
- **la thèse INTENSE**, menée par Teréga et l'UPPA, développe des méthodes analytiques spécifiques pour étudier l'origine du gaz mesuré en surface.

LES PERSPECTIVES

Le contrat de collaboration avec IFPEN a été prolongé, afin de permettre au projet d'atteindre une maturité technologique de niveau TRL 7. Au-delà du matériel, ce projet intègre déjà une forte composante logicielle visant à améliorer les algorithmes de modélisation de la détection et de la dispersion des fuites.

Le projet post-doctoral INTENSE 2 succède à la thèse initiale. Fort d'une approche plus fondamentale, il prévoit le développement de préleveurs passifs et l'identification de marqueurs pour caractériser l'origine et l'altération des gaz lors de leurs éventuelles migrations dans la pile sédimentaire.



INTENSE ANALYSE DES GAZ DES SOLS

La thèse INTENSE ambitionne de développer de nouvelles méthodes analytiques basées sur la signature isotopique des gaz. Ces dernières permettent de comprendre comment les gaz se déplacent et interagissent avec le milieu souterrain dans un objectif de contrôle de l'étanchéité des stockages et de préservation de la qualité chimique de la nappe aquifère.

Ces défis majeurs ont été relevés par un doctorant de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour (UPPA), dans le cadre de notre laboratoire commun SEnGA. Pour y répondre, sa thèse a permis de développer des outils d'analyse de pointe capables d'étudier la signature

isotopique des principaux constituants du gaz. Associées à des techniques innovantes de prélèvement sur les puits, ces méthodes permettent aujourd'hui de tracer précisément un gaz suivant son origine.



À RETENIR

Afin que nos stockages de gaz continuent de répondre aux fortes variations saisonnières liées à la demande, la R&I investit dans l'amélioration des techniques de monitoring, en particulier sur la composition chimique du gaz stocké.



À SAVOIR

- Date de début : 2020.
- Chef de projet : Pierre Chiquet, responsable du service géosciences.
- Durée : 5 ans.



À SUIVRE

Publication du manuscrit de thèse début 2026 et soumission de deux articles scientifiques dans des revues à comité de relecture.

SÛRETÉ ET CYBERSÉCURITÉ

LE CONTEXTE

Comme de nombreuses entreprises, Teréga fait face à une augmentation globale de la cybercriminalité et à une recrudescence des actes malveillants. Le Groupe engage des actions directes pour lutter contre ces menaces grandissantes, qu'elles soient physiques ou numériques, et apporte des solutions technologiques. Ces actions comprennent la sécurisation des accès, la gestion des intrusions physiques, la télémaintenance sécurisée et la conformité réglementaire.

L'ENJEU

Faire de la sécurité un domaine de recherche continu au sein de Teréga, en explorant de nouveaux modèles de protection physique et numérique pour préserver durablement nos actifs et nos activités.

LES MOYENS

Pour les années 2024 et 2025, la R&I a eu recours à des actions de veille technologique et à des preuves de concept (PoC). Elles se sont traduites par des réalisations concrètes en vue de sécuriser les interfaces numériques.

- **Mise en conformité des architectures numériques :** réalisation d'une revue technique sur les postes biométhane pour garantir la norme IEC 62443, point de référence mondial pour sécuriser l'informatique industrielle.
- **Centralisation via le jumeau numérique (IO-Base) :** mise à disposition sécurisée des données process au sein de notre jumeau numérique IO-Base, pour faciliter l'accès à des services experts de nos tiers de maintenance.
- **Sécurisation des réseaux distribués multisites :** conduite d'études approfondies sur l'architecture numérique et l'authentification pour renforcer la sécurité d'accès et la résilience des ressources critiques, telles que les automates process, les stations d'ingénierie, les objets connectés (IoT) et les infrastructures télécoms.

LES PERSPECTIVES

- **Télémaintenance collaborative :** des interfaces (API) ont été créées pour convaincre d'autres équipementiers de travailler directement à partir des données de Teréga stockées dans le jumeau numérique.
- **Hyperviseur IA de sécurité :** le lancement d'un premier PoC est planifié, afin d'évaluer l'incidence de l'intelligence artificielle sur la sûreté globale de l'entreprise.
- **Cybersouveraineté :** une étude d'impact a été réalisée sur la faisabilité technique d'un passage vers des infrastructures cloud dites souveraines — bénéficiant du visa SecNumCloud de l'ANSSI.



VAUBAN

CAP SUR LA SÛRETÉ ZÉRO ÉMISSION

Le projet VAUBAN consiste à protéger les sites contre les actes de malveillance, tout en respectant les enjeux de décarbonation (scopes 1 et 3).

Pour ce faire, nous disposons aujourd'hui de huit remorques de surveillance, pouvant être alimentées au moyen de groupes électrogènes thermiques. L'objectif est d'étudier la faisabilité d'intégrer une pile à combustible à hydrogène pour améliorer leur autonomie et réduire les émissions de GES.

L'étude R&I que nous menons porte sur la comparaison de plusieurs solutions :

- hybridation du système actuel avec des bouteilles d'hydrogène externes ;

- remplacement des panneaux solaires par une pile à combustible surdimensionnée et alimentée par un stockage externe ;
- ajout d'un électrolyseur produisant de l'H₂ alimentant la pile à combustible pour être autonome.

Ce projet porte sur deux cas d'usage : la sûreté (remorque) et l'alimentation électrique du petit matériel de chantier, afin de se substituer aux groupes électrogènes diesel.

L'équipement devra garantir la sécurité des opérateurs et des installations, tout en restant remorquable avec un permis B (PTAC < 750 kg).



À RETENIR

Le projet apportera une énergie décarbonée et autonome sur les chantiers. Il devra intégrer tous les composants de la chaîne énergétique.



À SAVOIR

- Date de début : fin 2025.
- Chef de projet : Stéphanie Princep, ingénieure sûreté.
- Durée : 18 mois.



À SUIVRE

La phase de test d'un premier prototype, issu des études de conception, qui assurera la fourniture d'énergie décarbonée à une remorque pilote en condition quasi opérationnelle.

AXE 2

RÉDUCTION DE NOTRE EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE



Via la Recherche et Innovation, nous perfectionnons des méthodes et des pratiques destinées à réduire les émissions de gaz à effet de serre (quantification et réduction des fuites, baisse des émissions, réemploi de l'énergie fatale) et à préserver la biodiversité. En parallèle, nous développons une approche multiénergies pour nos clients actuels ou futurs et accélérons l'intégration des gaz renouvelables et bas carbone dans nos infrastructures.



Engagés pour le climat, nous innovons pour réduire notre empreinte environnementale.

Nos priorités : préserver la biodiversité, baisser nos émissions de GES et intégrer activement le biométhane au cœur de nos infrastructures.

CÉCILE BOESINGER,
Responsable Recherche
et Innovation à la Direction
Développement et Stratégie
de Teréga

SOMMAIRE

Contrôle de nos émissions de GES et efficacité énergétique

- Deux démarches complémentaires pour réduire ou supprimer nos GES : programmes BEST et MOBILE

Contrôle de nos émissions de GES, selon la réglementation européenne sur les émissions CH₄

- Un ballon dirigeable pour surveiller les fuites

Intégration territoriale et empreinte environnementale

- La R&I au service de la feuille de route biodiversité

Méthanes renouvelables

- BioCor-O₂, étudier l'impact biochimique de l'oxygène contenu dans le biométhane sur les aciers de stockage

Réseaux multiénergies

- Zones industrielles bas carbone, études de décarbonation

CONTRÔLE DE NOS ÉMISSIONS DE GES ET EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

LE CONTEXTE

Pour répondre aux exigences de la loi de transition énergétique pour la croissance verte, Teréga s'engage à travers son programme BE POSITIF, dont l'objectif est de participer à la neutralité carbone de la France en 2050.

En 2025, l'empreinte carbone totale de l'entreprise (scopes 1, 2 et 3) s'élevait à 107 022 TeqCO₂. Soutenue par l'action de la R&I via des projets tels que SRGG, RECOMP et CobaDGS, Teréga a réduit de moitié ses émissions des scopes 1 et 2, depuis 2017. L'objectif de la R&I est d'aider Teréga à franchir un nouveau palier : **réduire les émissions de GES de 34 % d'ici à 2030.**

L'ENJEU

Finaliser le développement des innovations, pour atteindre les objectifs 2030-2035 et ainsi préparer l'échéance net zéro 2050.

LES MOYENS

La R&I déploie de nouvelles technologies et des outils digitaux, selon trois axes méthodologiques :

- Réduction du venting : utilisation d'unités mobiles de traitement pour récupérer le gaz directement sur les zones de travaux.
- Lutte contre les fuites diffuses : modification des équipements industriels pour éliminer toutes fuites diffuses, notamment dans les mécanismes d'étanchéité.
- Efficacité énergétique : récupération physique de l'énergie de détente générée naturellement sur les postes de livraison pour la transformer en ressource utile (électricité).

LES PERSPECTIVES

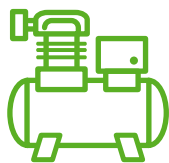
Réalisations en cours ou achevées :

- **Réduction des mises à l'évent (Mobile Comp / Mini Mobile Comp) :** mise en service d'unités mobiles qui récupèrent, recompressent et réinjectent le gaz dans le réseau lors des travaux. Ce dispositif complet permettra d'éviter une émission de près de **10 000 TeqCO₂ par an.**
- **Réduction des fuites diffuses (programme REST - projet CobaDGS) :** remplacement du CH₄ par des garnitures à l'azote sur les compresseurs. Le déploiement total de ce programme ferait économiser environ **20 000 TeqCO₂ par an.**
- **Valorisation de l'énergie fatale :** au mois de novembre 2025, installation d'un pilote semi-industriel sur un poste de livraison partagé entre Teréga et GRDF pour transformer l'énergie de décompression en électricité locale.

Réalisation à venir :

- **Projet DuoFlux :** commencé à la fin 2025 en partenariat avec Soclema, GRDF et NaTran R&I, ce projet s'attaque aux fuites diffuses des chromatographes (boules rapides), afin de réaliser une économie supplémentaire d'environ **2 500 TeqCO₂ par an.**

DEUX DÉMARCHES COMPLÉMENTAIRES POUR RÉDUIRE OU SUPPRIMER NOS GES



PROGRAMME BEST (BAS EMISSION STATIONS)

Réduire les émissions de nos stations de compression via la récupération des fuites de garnitures des compresseurs.

Ce programme est composé de trois dispositifs dont l'objectif est de réduire, voire de supprimer les émissions de méthane au niveau des stations de compression :

- SRGG, qui récupère et recomprime le gaz garniture des compresseurs, sans aucune émission, pour le réinjecter dans notre réseau.
- CobaDGS, qui permet de remplacer le gaz des garnitures des compresseurs par de l'azote (gaz inerte inoffensif).
- RECOMP, dont le but est la recompression de la majorité des gaz mis à l'évent (hors urgence) des stations de compression, puis leur réinjection dans notre réseau.



À RETENIR

- Date de début : 2020.
- Chef de projet :
Éric Bouley, responsable
du service procédés.
- Durée : 4 ans.
- 20000 TeqCO₂ évitées
par an grâce aux trois
dispositifs.



À RETENIR

- Date de début :
2020, en cours.
- Chefs de projet :
Claire Texier, Loïc Guitton,
ingénieurs procédés,
Ludovic Jobin, ingénieur
compression et machines
tournantes et Éric Bouley,
responsable du service
procédés, membres du
programme BE POSITIF.
- 10000 TeqCO₂
évitées par an.



PROGRAMME MOBILE

Suppression des émissions lors de travaux.

Teréga a conçu des dispositifs mobiles permettant d'éviter tout venting inhérent aux travaux sur ses canalisations.

Le processus est le suivant : piloté par un automate embarqué, un moteur à gaz entraîne un compresseur qui vide la canalisation entre deux sectionnements, puis le comprime afin de le réinjecter en aval.

- Mobile Comp : puissance de 475 kW. Il est véhiculé sur une remorque triple essieux, pour des canalisations gros diamètre, dont l'encours de gaz est conséquent.
- Mini Mobile Comp : puissance de 175 kW. Sur camion, il est déplacé à la demande, pour accéder au réseau régional.

CONTRÔLE DE NOS ÉMISSIONS DE GES, SELON LA RÉGLEMENTATION EUROPÉENNE SUR LES ÉMISSIONS CH₄

LE CONTEXTE

Un **nouveau règlement européen** impose désormais des obligations strictes en matière de détection, quantification, réparation et traçabilité des fuites de méthane chez les acteurs de l'Oil & Gaz. La mise en œuvre de ces exigences repose sur une méthodologie complexe (LDAR - Leak Detection and Repair), qui soulève d'importants défis scientifiques et technologiques pour l'industrie gazière.

L'ENJEU

L'objectif principal de la R&I est d'aider Teréga à **lever les freins méthodologiques et technologiques** pour se conformer à cette nouvelle réglementation. Les défis à relever sont multiples :

- permettre la réconciliation des données de mesures des pertes diffuses grâce à une méthodologie top-down croisant les mesures globales à l'échelle du site (site level) et les mesures précises à la source (source level) ;
- réussir à calculer les incertitudes liées aux mesures ;
- établir des méthodologies de calcul reconnues, en concertation avec les autres acteurs du secteur (pairs).

LES MOYENS

Teréga s'appuie sur la montée en compétences de ses équipes, soutenue par l'expertise méthodologique de NaTran R&I. L'entreprise a également recours à l'**open innovation**, notamment via le programme CITEPH d'Evolen, pour développer de nouvelles solutions de rupture.

Les moyens matériels mobilisés s'orientent vers des **technologies de captation innovantes** :

- l'usage de drones capables d'opérer dans des conditions météorologiques difficiles ;
- l'installation de **réseaux de capteurs permanents** sur les installations ;
- le recours à des **ballons dirigeables** en remplacement des outils aériens traditionnels trop polluants de recherche systématique de fuites (RSF) le long de nos canalisations.

LES PERSPECTIVES

- **Projet FALKOR** (CITEPH) : intégration d'un drone (Tidav) résistant au vent, doté d'un logiciel intelligent (Onera) et d'un capteur intelligent (IFPEN). Essais avec fuites contrôlées menés sur les sites Tidav et TotalEnergies (TADI, Lacq).
- **Projet CITEPH eLichens** (NaTran R&I, TotalEnergies) : tests de capteurs permanents pour détecter, quantifier et localiser les fuites de CH₄ sur le site TADI, puis à Sauveterre-de-Guyenne.
- **Projet RSF Verte** : initiative visant à remplacer l'hélicoptère par le dirigeable HyLight pour la RSF, afin de décarboner cette activité.



UN BALLON DIRIGEABLE POUR SURVEILLER LES FUITES

Décarboner la surveillance aérienne réglementaire de nos canalisations

En partenariat avec la start-up HyLight, Teréga conduit une expérimentation grandeur nature pour tester l'usage d'un ballon dirigeable automatisé. L'objectif est d'assurer la surveillance réglementaire de nos réseaux de canalisations de gaz, dans le cadre de la recherche systématique de fuites (RSF), sans pollution en vol.

Tous les deux mois, en parallèle des survols classiques par hélicoptère, le dirigeable effectuera des survols sur un tronçon venteux de 107 kilomètres, situé entre Perpignan et Carcassonne (Cazilhac-Narbonne-Claire).

Le but est d'évaluer ses performances techniques et sa capacité à détecter les fuites de méthane en conditions réelles.

Le dirigeable fait 12 mètres de longueur pour 2 mètres de diamètre, est gonflé à l'hélium et propulsé par des moteurs électriques alimentés par une pile à combustible à hydrogène. En vol, il atteint une altitude entre 20 et 30 mètres, une vitesse de 10 à 20 kilomètres par heure et a une autonomie maximale de sept heures. Avec une charge utile de 10 kilos, il est doté d'une caméra et d'un puissant capteur de détection de méthane.



À RETENIR

- 100 % décarboné : une solution alternative à l'hélicoptère n'émettant aucun gaz à effet de serre lors de ses phases de vol.
- Zéro nuisance : une technologie qui supprime la pollution sonore et olfactive.
- Une démarche rigoureuse : un projet mobilisant de nouvelles technologies, inscrites dans un cadre réglementaire strict, et nécessitant des autorisations spécifiques ainsi que des analyses de risques (SORA).



À SAVOIR

- Date de début : octobre 2025, en cours.
- Chef de projet : Éric Vergez-Thèze, chargé de planification et assistance opérationnelle.



À SUIVRE

Un survol tous les deux mois est prévu sur l'année 2026, pour comparer l'efficacité de détection et les capacités techniques du ballon face à l'hélicoptère.

INTÉGRATION TERRITORIALE ET EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE

LE CONTEXTE

Depuis plus de dix ans, Teréga poursuit l'objectif de réduire progressivement son empreinte environnementale à travers son programme BE POSITIF, s'inscrivant dans l'ambition profonde de devenir, à l'horizon 2050, un hub d'énergies 100 % renouvelables et bas carbone. Pour diminuer son empreinte, Teréga conçoit, développe et déploie des actions concrètes, auxquelles la R&I s'associe, dès que cela est pertinent.

L'ENJEU

Dans le cadre de sa stratégie environnementale, **le défi majeur de Teréga est de contribuer à préserver la biodiversité d'ici à 2035**, autant en phase de construction d'infrastructures que d'exploitation de ces dernières. Convaincue que la préservation des écosystèmes est une condition absolue de la réussite de son projet industriel, l'entreprise souhaite inscrire pleinement le vivant comme pilier structurant de sa réflexion stratégique à travers son plan GAÏA 2035. Pour y parvenir, elle souhaite mobiliser conjointement ses équipes opérationnelles et la R&I, afin de définir la feuille de route qui guidera nos actions pour la période 2026-2035.

LES RÉALISATIONS

- **Adhésion ITTECOP** (Infrastructures de transports territoires, écosystèmes et paysages) : la R&I a renouvelé son engagement dans ce programme multipartenaire de recherche.
- **Feuille de route 2026-2035** : la structuration et la corédaction de cette stratégie dédiée à la biodiversité, en cours durant l'année 2025, se sont achevées par une présentation et une validation au Comité Exécutif, en décembre 2025.

LES MOYENS

Pour jouer pleinement son rôle d'éclaireur et soutenir la stratégie environnementale de Teréga, la R&I mobilise et développe ses propres leviers d'action :

- **la veille scientifique et technologique** : il s'agit non seulement d'identifier les solutions de rupture émergentes, mais aussi de cartographier et de cibler les acteurs de la recherche capables d'accompagner Teréga sur ces nouveaux enjeux de biodiversité ;
- **l'innovation collaborative avec l'écosystème environnemental** : la R&I s'attache à se rapprocher activement de start-up et d'ONG spécialisées dans la recherche sur la biodiversité. L'objectif est de s'intégrer et de participer à des programmes de recherche incitatifs qui résonnent directement avec nos préoccupations opérationnelles, à savoir la préservation du vivant et des écosystèmes au sein des territoires traversés par nos infrastructures.

LA R&I AU SERVICE DE LA FEUILLE DE ROUTE BIODIVERSITÉ

Conscient de l'empreinte environnementale générée par ses opérations, Teréga donne un nouvel élan à sa démarche en structurant une feuille de route biodiversité, donnant lieu à des nouveaux projets d'innovation.

La R&I accompagne ainsi une équipe pluridisciplinaire interne et externe, pour apporter son expertise méthodologique et technique, à travers plusieurs leviers :

1. Faire de l'innovation un accélérateur

La R&I s'attachera à développer et à tester des solutions opérationnelles, qu'elles soient technologiques (high-tech) ou d'usage (low-tech). Ces innovations auront pour but de quantifier et de réduire les pressions exercées par nos activités, mais aussi d'aider à améliorer la qualité écologique des sites et des projets.

2. Intégrer la gouvernance et le pilotage

Preuve de sa transversalité et pour accompagner la mobilisation de l'ensemble des métiers, la R&I fera partie intégrante du pilotage de cette initiative en siégeant au sein du Comité de Pilotage (COPIL) opérationnel, aux côtés des directions RSE, Stratégie et Environnement. Cette gouvernance dédiée veillera à la cohérence et à la diffusion

des bonnes pratiques depuis les équipes terrain jusqu'au Comité Exécutif.

3. Mieux mesurer pour mieux protéger

La donnée est un levier clé pour préserver la biodiversité et réduire les pollutions. La R&I s'attachera à identifier et à tester des outils de mesure et de suivi de ses progrès : un défi qu'elle souhaite relever en coconstruisant des solutions avec des tiers innovants et des experts sectoriels.

4. Engager les parties prenantes et nouer des partenariats stratégiques

Teréga souhaite également fédérer un écosystème d'acteurs. Dans la lignée de ses collaborations techniques avec l'Office français de la biodiversité (OFB) et le Cerema, la R&I jouera un rôle pour identifier des partenariats publics et privés, afin de porter et de déployer des actions directes de recherche au cœur des territoires.



À RETENIR

Face aux exigences réglementaires (CSRD, ZAN), l'innovation scientifique est l'un de nos leviers pour modéliser, réduire et valoriser l'impact environnemental de nos actifs.



À SAVOIR

Teréga dépend directement des services écosystémiques (stabilité des sols, régulation des eaux). La R&I intervient pour quantifier ces mécanismes et développer des solutions low-tech favorisant la biodiversité, tout en protégeant nos infrastructures.



À SUIVRE

Lancement d'un projet de recherche appliquée et déploiement de partenariats scientifiques clés pour expérimenter de nouvelles solutions bioinspirées sur nos sites.

MÉTHANES RENOUVELABLES

LE CONTEXTE

Teréga agit pour intégrer de façon croissante du biométhane et du méthane de synthèse (issus de la méthanisation, du Power-to-Gas, de la pyrogazéification...) dans l'ensemble de ses infrastructures gazières existantes, englobant à la fois le réseau de transport et les sites de stockage souterrain.

LES MOYENS

L'intégration des nouveaux flux de gaz décentralisés repose sur trois défis techniques et opérationnels.

■ Sécurité et intégrité des infrastructures

Les études menées avec l'Université de Pau et des Pays de l'Adour (UPPA) démontrent la résilience de nos installations de stockage vis-à-vis des répercussions de l'O₂ au sein de nos stockages géologiques et sur les puits. En termes de transport, aucune vulnérabilité sur nos aciers n'a été détectée sur plus de 500 variétés de biométhane et de méthane de synthèse testées.

■ Désoxygénation du gaz renouvelable

Nous soutenons la filière en répondant au défi posé par les spécifications commerciales imposées sur l'O₂ dans le biométhane, en termes de qualité de gaz injecté.

■ Flexibilité du réseau

Pour maximiser l'intégration du biométhane dans le réseau de transport, nous développons des solutions de décongestion lors des pics de production locale ou des sous-consommations. L'inauguration, en juin 2025, du premier rebours biométhane à Auch permet ainsi de remonter les excédents du réseau de distribution vers le réseau de transport de Teréga. En parallèle, un projet de fiabilisation des équipements d'injection de THT (odorisant du gaz naturel) a été mené pour garantir un service optimal aux biométhaniseurs.

L'ENJEU

Les travaux menés par la R&I s'inscrivent dans l'objectif national français visant à atteindre **20 % de gaz renouvelable consommé d'ici à 2030**, et contribuent ainsi à la construction d'un mix énergétique bas carbone.

L'enjeu est double : favoriser et garantir la parfaite compatibilité de ces nouveaux gaz avec les installations existantes, et anticiper les contraintes de sécurité et de qualité.

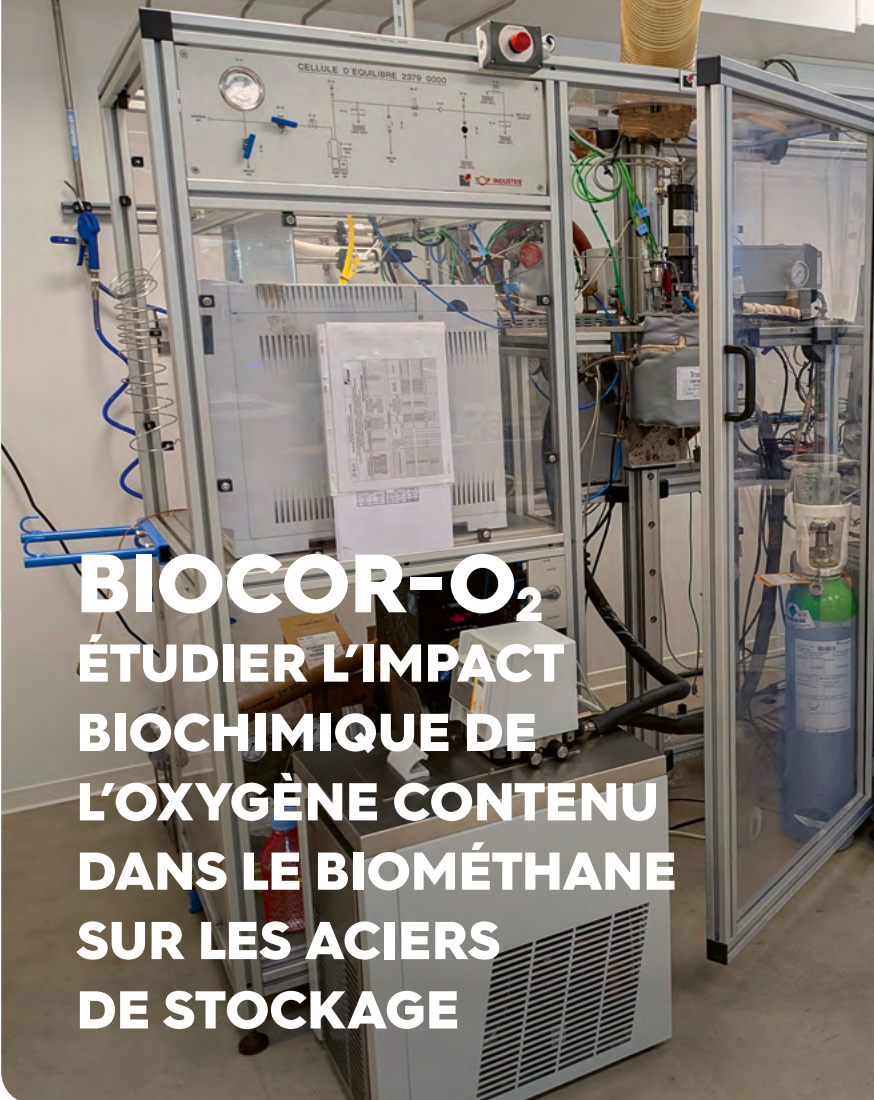
LES PERSPECTIVES

Soutenir la filière biogaz

L'objectif est de choisir la technologie de désoxygénation la plus prometteuse afin de la développer avec le groupe de travail interopérateurs, dont fait partie l'ensemble des principaux transporteurs, distributeurs et stockeurs de gaz naturel français.

Piloter le réseau

En vue d'anticiper le foisonnement de ces installations sur notre territoire, nous allons lancer le projet IAMetha pour concevoir un outil prédictif permettant d'estimer avec précision les flux de biométhane injectés dans nos réseaux.



BIOCOR-O₂ Étudier l'impact biochimique de l'oxygène contenu dans le biométhane sur les aciers de stockage

En simulant une injection de biométhane dans nos stockages, le projet BioCor-O₂ a pour objectif d'évaluer la vitesse de corrosion des aciers des puits et des tubings au contact de l'oxygène présent dans le biométhane. Ce projet permet également d'évaluer l'impact des micro-organismes dans nos stockages.

Des expériences ont été menées dans le cadre de notre laboratoire commun avec l'UPPA. Des tests de maturation en autoclave sur des coupons d'acier ont reproduit les conditions de fond (pression, température, eau de gisement), en y intégrant les micro-organismes du réservoir et en les soumettant à différentes concentrations d'O₂ (0, 100,

1000 et 10000 ppm). Les vitesses de corrosion ont été déterminées à un, trois et six mois. Elles ont permis d'extrapoler la vitesse de perte d'épaisseur des tubings et la fréquence nécessaire des workovers. Comprendre la survie bactérienne après prélèvement est le défi clé pour fiabiliser les tests.

Les résultats montrent que les vitesses de corrosion augmentent avec la concentration en O₂ et que les micro-organismes majorent également ces vitesses. Cependant, ces dernières restent compatibles avec les durées de vie actuelles des compléments si les concentrations en O₂ n'excèdent pas les spécifications actuelles du gaz en entrée des stockages.



À RETENIR

■ Aide à la décision :

l'objectif est de permettre à Teréga de prendre la parole sur les spécifications d'un gaz acceptable.

■ Conséquence opérationnelle :

les résultats permettront d'anticiper la durabilité des installations et d'évaluer l'impact sur les programmes de maintenance (fréquence de renouvellement et interventions de type workovers).



À SAVOIR

- Date de début et durée : mi 2024 pour 18 mois.
- Chef de projet : Pierre Chiquet, responsable service géosciences.
- Partenariat : en collaboration avec le laboratoire SEnGA, partagé avec l'Université de Pau et des Pays de l'Adour.



À SUIVRE

Un article scientifique international, récapitulant l'intégralité des travaux Cor-O₂ et bioCor-O₂ et leur interprétation, est publié en 2026.

RÉSEAUX MULTIÉNERGIES

LE CONTEXTE

Teréga souhaite agir comme un accélérateur de la transition énergétique en sécurisant la place du gaz dans le futur mix énergétique.

Notre réseau doit s'adapter à la **multiplication des points d'injection** de gaz renouvelables et à l'arrivée des systèmes de rebours.

Pour optimiser la gestion du réseau et assurer une facturation précise, Teréga mise sur des algorithmes complexes de simulation, capables de modéliser les flux et de connaître la composition du gaz en tout point.

Par ailleurs, Teréga a créé un outil pour étudier les consommations et les ressources d'énergie sur une plateforme industrielle multiacteurs, afin d'exploiter leurs synergies et de maximiser la décarbonation de chacun.

L'ENJEU

Développer les synergies et la complémentarité entre les différents vecteurs énergétiques (**gaz, électricité et chaleur**) et modéliser le déplacement du gaz dans nos canalisations, pour calculer avec précision l'énergie contenue. Développer des outils performants de conception et de pilotage des systèmes énergétiques de demain au sein d'un parc d'activités industrielles.

LES MOYENS

Teréga s'appuie sur le développement d'outils digitaux avancés et sur la collaboration scientifique, afin de réaliser :

- l'intégration d'outils de simulation dans le **jumeau numérique** du réseau de gaz de Teréga, permettant de connaître la qualité du gaz à tous les niveaux du réseau de Teréga;
- le déploiement et l'utilisation du **logiciel d'optimisation énergétique Osmose, développé en collaboration avec l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)**. Avec ce logiciel, Teréga a conduit une étude de décarbonation d'un industriel de la zone de Lacq.

LES PERSPECTIVES

Sur la base de la brique logicielle du suivi de la qualité gaz, les équipes informatiques industrialisent désormais le prototype. Les bénéfices du projet sont de renforcer la sécurité de l'exploitation, la conformité contractuelle vis-à-vis de nos clients et d'optimiser l'injection du biométhane. Enfin, la R&I continue de mettre à jour les modèles technico-économiques d'Osmose pour des études de décarbonation.

Elle contribuera notamment aux deux projets ZiBaCS de Lacq et Bordeaux, opérés par l'ADEME, pour définir la trajectoire de décarbonation de ses deux grands bassins industriels.

ZONES INDUSTRIELLES BAS CARBONE

ÉTUDES DE DÉCARBONATION

Teréga s'est vu confier une partie des études multiénergies pour deux projets Zones Industrielles Bas Carbone (ZiBaC) visant la décarbonation du bassin de Lacq et du port de Bordeaux.

Ces deux projets ambitieux, soutenus par l'ADEME dans le cadre du plan national France 2030, ambitionnent de concevoir des infrastructures multiénergies (électricité, stockage énergie, CCS, H₂, biométhane...), en créant des synergies énergétiques entre acteurs industriels d'une même zone. Les études durent deux ans.

Sur le bassin de Lacq, le projet ZiBaC est dénommé « LACQ iz BACarbone ». Piloté par le GIP Chemparc, il a pour objectif de verdir les utilités, d'optimiser les flux d'énergie et d'encourager l'économie circulaire entre les différentes plateformes (Lacq, Mourenx, Mont, Pardies-Noguères).

Les premiers enseignements des études menées par Teréga sur la zone de Lacq sont particulièrement instructifs :

- une approche multiénergies semble indispensable : une seule énergie, telle l'électricité, ne suffira pas pour atteindre la décarbonation massive attendue en 2050, dans les conditions actuelles d'évolution du bassin;
- le déploiement de réseaux dédiés, notamment pour évacuer le CO₂, et le verdissement du réseau gazier semblent pertinents pour décarboner les activités industrielles et sont à investiguer plus en détail.

En complément, Teréga mène des analyses économiques sur la base des résultats techniques, pour étudier la rentabilité et les risques économiques des investissements futurs pour la décarbonation.



À RETENIR

Le dispositif ZiBaC (zones industrielles bas carbone), cofinancé par l'ADEME, accompagne 11 territoires industriels lauréats vers une décarbonation partielle à l'horizon 2030 et massive d'ici à 2050.



À SAVOIR

- Date de début : avril 2024 pour le bassin de Bordeaux et avril 2025 pour Lacq, tous deux lauréats de l'appel à projets ZiBaC de l'ADEME.
- Chef de projet R&I : Antoine Simonnet et Myriam Etancelin, ingénieurs multiénergies.
- Partenaire technique des études confiées à Teréga : EPFL.
- Phase 1 d'études : 2 ans.



À SUIVRE

Les prochaines étapes porteront sur :

- les derniers développements des briques du logiciel Osmose pour répondre aux exigences des projets et de l'ADEME;
- la mise à jour des informations et des données industrielles, provenant des autres études des ZiBaC;
- la finalisation des études avec l'analyse des différents cas d'étude, décrivant des scénarios de décarbonation à plusieurs échéances.

À l'issue de cette phase 1, chaque ZiBaC sélectionnera l'architecture retenue et engagera la phase 2 de mise en œuvre.

NOUVEAUX GAZ (H₂ EN MÉLANGE)



Consacré aux actions de R&I financées par la CRE, cet axe détaille nos travaux d'intégration de l'hydrogène en mélange dans nos infrastructures actuelles.

Côté transport, Teréga évalue la compatibilité de ses infrastructures pour lever les freins technologiques liés à l'injection d'H₂ et tester les solutions de remédiation adéquates. Ces actions nous permettent également d'anticiper les enjeux techniques à venir, associés à la reconversion de nos assets.

Côté stockage, l'enjeu est de surmonter les défis techniques qu'implique le stockage d'un mélange CH₄/H₂, tout en respectant strictement la limite imposée par nos spécifications commerciales (taux d'H₂ < 2 %).



Face au défi de l'injection d'H₂ (< 2 %), notre R&I analyse l'impact du mélange sur nos infrastructures linéaires et concentrées. En 2024-2025, nous en étudions les effets et les futures solutions opérationnelles afin d'assurer l'intégrité de nos assets et de décarboner notre activité.

JEAN ORIOL,
Chargé de Recherche
et Innovation de Teréga

SOMMAIRE

Effets de l'hydrogène en mélange sur nos infrastructures de transport

- **ÉTANCHÉHYTÉ**, essais d'intégrité, d'étanchéité et de performance

Incidence d'un taux d'hydrogène accidentel (> 2 %)

- **BLENDING**, faisabilité de l'usage d'H₂ en mélange dans nos canalisations
- **SÉPARATION**, réduire l'impact d'un taux d'H₂ incompatible

Réactions géochimiques de l'hydrogène jusqu'à 2 % sur nos infrastructures de stockage

- **DESHYM**, préparer nos infrastructures à la déshydratation du nouveau mélange gaz/hydrogène

EFFETS DE L'HYDROGÈNE EN MÉLANGE SUR NOS INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

LE CONTEXTE

Dans le cadre du plan stratégique GAIA 2035, Teréga se transforme avec l'ambition de devenir un hub d'énergies 100 % renouvelables et bas carbone à l'horizon 2050. Cette transition implique d'adapter les infrastructures existantes à l'arrivée et à l'injection de l'hydrogène dans nos canalisations. Il est alors impératif de s'assurer de la parfaite compatibilité des matériaux du réseau avec ce nouveau gaz. L'objectif est de garantir la sécurité d'approvisionnement et de respecter la stratégie sécurité PARI 2035 de l'entreprise : « Zéro Accident, Zéro Accrochage, Zéro Intrusion », avec « Zéro Surprise » comme socle commun.

L'ENJEU

Il est à la fois technique et sécuritaire. Dans la mesure où l'hydrogène peut avoir un impact sur la ténacité des aciers, **le principal défi réside dans la caractérisation fine du comportement mécanique des canalisations et des soudures circulaires.**

Ces défis se déclinent en plusieurs points d'attention :

- évaluer la perméation au niveau des revêtements internes et vérifier l'étanchéité globale des ouvrages aériens;
- mesurer et anticiper l'impact de l'hydrogène lors des opérations spécifiques de soudage en charge;
- étudier les conséquences liées à un taux d'hydrogène accidentel ou supérieur à 2 % dans le réseau, afin de sécuriser les clients industriels sensibles situés en aval.

LES MOYENS

La R&I mène des travaux de recherche et déploie des moyens expérimentaux tels que :

- la réalisation d'études de caractérisation approfondies en vue d'adapter les futurs protocoles de maintenance et de soudage aux spécificités de l'hydrogène;
- le déploiement de tests en conditions réelles et l'exploitation d'infrastructures d'essais, comme sur le site de Solidia, pour tester de nouvelles technologies de traitement du gaz.

LES PERSPECTIVES

Trois projets phares structurent les perspectives d'intégration de l'hydrogène sur le réseau :

- **projet ÉtanchéHYté**, visant à mesurer spécifiquement les émissions fugitives sur les installations aériennes en présence d'un mélange contenant 2 % d'hydrogène;
- **projet BLENDING**, portant sur la validation de différents cas d'usage de mélanges gaz naturel-hydrogène (CH_4/H_2) menée conjointement avec les acteurs industriels;
- **projet SÉPARATION**, permettant l'identification et le test – sur le site de Solidia – de diverses technologies de séparation d'un mélange CH_4/H_2 destinées à protéger les clients sensibles à l' H_2 .

ÉTANCHÉHYTÉ

ESSAIS D'INTÉGRITÉ, D'ÉTANCHÉITÉ ET DE PERFORMANCE



ÉtanchéHYté a pour objectif de caractériser et de quantifier des émissions fugitives d'un mélange de méthane et de 2 % d'hydrogène.

Cette campagne d'essais grandeur nature permettra **d'anticiper les incidences techniques et sécuritaires de l'introduction de 2 % d'hydrogène dans les réseaux**, tout en évaluant l'étanchéité à l'atmosphère et celle, en ligne, des postes de livraison.

Dans le cadre de l'évolution des réseaux gaziers, Teréga a lancé le projet ÉtanchéHYté en partenariat avec plusieurs acteurs reconnus dans le domaine des matériaux et de la certification. Faisant suite à des essais initiaux menés avec un mélange hélium/argon, qui avaient révélé des défauts d'étanchéités matérielles dès 6 bars, cette nouvelle étude a pour objectif d'évaluer les conséquences de l'injection d'un gaz composé de méthane et de 2 % d'hydrogène.

Afin d'avoir un retour expérimental comparatif, les essais portent sur deux équipements distincts : un poste mobile Teréga quasi neuf et un poste démantelé comptant vingt-cinq ans de service.

La méthodologie s'articule autour de trois phases de test. Une préétude est réalisée sous méthane pur afin de localiser

les fuites par reniflage et de procéder aux premières réparations. Après quoi, la campagne principale utilise le mélange contenant 2 % d'hydrogène. Ensuite, il est procédé à une détection exhaustive, puis à une quantification précise des débits de fuites à l'atmosphère grâce à la méthode de confinement par ensachage couplée à un analyseur micro-GC portable. Ces mesures ciblent divers éléments (brides, vannes, détendeurs) à plusieurs paliers de pression pouvant s'échelonner de 15 à 75 bars pour le poste mobile, et de 6 à 50 bars pour le poste démantelé. Enfin, ces derniers sont maintenus sous pression pendant trente-six heures pour contrôler les tronçons morts et analyser l'éventuelle migration de l'hydrogène en cas d'arrêt prolongé.

L'objectif final de Teréga est de **maîtriser les risques liés à l'accumulation d'hydrogène dans des espaces confinés (hangars, bâtiments) ainsi que la formation potentielle de « bouchons » d'hydrogène en réseau**, garantissant de fait la fiabilité des installations aval.



À RETENIR

L'hydrogène est un gaz extrêmement léger. Il a tendance à s'infiltrer plus facilement que le gaz naturel et à s'accumuler en hauteur dans des espaces fermés. Notre but est non seulement d'observer la façon dont ce gaz se déplace et se comporte à l'intérieur même des tuyauteries, mais aussi de mesurer avec une très grande précision la moindre fuite vers l'air libre. Pour nos tests, nous utilisons du méthane mélangé à 2 % d'hydrogène.



À SAVOIR

- Date de début : septembre 2025.
- Cheffe de projet : Émeline Quarin, responsable de projets.
- Durée : 18 mois.



À SUIVRE

Ces recherches permettront d'établir un diagnostic de notre matériel gazier le plus exposé à l'injection d'hydrogène dans nos infrastructures.

INCIDENCE D'UN TAUX D'HYDROGÈNE ACCIDENTEL (> 2 %)

LE CONTEXTE

Dans le cadre de GAÏA 2035, Teréga adapte ses réseaux de transport aux nouveaux gaz.

La présence d'hydrogène en mélange impose d'anticiper les variations de sa concentration en fonction de la saisonnalité, des points d'injection et de la typologie du réseau à un instant donné.

Outre la compatibilité technique de notre réseau de canalisations – pour lequel une attention particulière est portée aux ouvrages construits avant 1954 et dont le remplacement est programmé –, **un taux d'H₂ à 2 % est susceptible d'affecter les procédés industriels aval sensibles**, à plus forte raison, puisque la teneur en hydrogène est actuellement inférieure à 20 ppm.

Teréga doit donc pouvoir mettre en œuvre des moyens de séparation de l'hydrogène pour garantir le bon fonctionnement des installations de ses clients sensibles.

De plus, nous devons nous assurer que la présence de 2 % d'H₂ a des répercussions minimales sur le reste de nos clients et de nos infrastructures.

L'ENJEU

Il s'agit de pouvoir gérer à la maille de notre territoire des mélanges CH₄/H₂ afin d'être en capacité de protéger les clients sensibles, en identifiant et en sélectionnant des technologies de séparation efficaces pour supprimer l'excès d'H₂.

D'autre part, il s'agit de démontrer la viabilité d'un mélange CH₄/H₂ en conditions réelles, en vérifiant la compatibilité des infrastructures et des équipements auprès du client représentatif.

LES MOYENS

Les moyens matériels et techniques mis en œuvre pour ces projets comprennent :

- la conception, la fabrication et la mise en service d'un mélangeur statique spécifique, couplées à la réalisation d'un banc d'essai dédié à l'évaluation des unités de séparation CH₄/H₂;
- le déploiement et le paramétrage d'analyseurs de gaz, positionnés en amont et en aval du démonstrateur industriel pour assurer le suivi du projet BLENDING et ses conséquences;
- le pilotage global de la chaîne logistique et du transport pour l'approvisionnement sécurisé en H₂, condition indispensable pour alimenter l'ensemble des dispositifs et permettre la réalisation des mélanges gazeux en entrée.

LES PERSPECTIVES

Le projet SÉPARATION testera des unités de séparation pour différentes configurations de mélanges et de teneur en odorisant soufré sur le site de Solidia. En parallèle, **le projet BLENDING** s'appuiera sur un démonstrateur afin de qualifier les répercussions de différents mélanges CH₄/H₂ sur un procédé industriel en conditions réelles.



BLENDING

FAISABILITÉ DE L'USAGE D'H₂ EN MÉLANGE DANS NOS CANALISATIONS

Le projet pilote de test de BLENDING concourt à notre ambition d'étudier par l'innovation les effets de l'hydrogène en mélange dans les canalisations.

Son objectif principal est de démontrer la faisabilité d'injecter un mélange de gaz naturel et d'hydrogène (jusqu'à 2 %) depuis le réseau de transport vers un équipement industriel raccordé. Cette phase a pour but d'identifier le meilleur cas d'usage client présent sur notre territoire (céramique, cimenterie, sécheurs) et d'évaluer la compatibilité de nos infrastructures à ce mélange.

Ce démonstrateur permet non seulement à Teréga de soutenir la décarbonation industrielle auprès de clients dont le procédé est compatible avec un mélange CH₄/H₂, mais aussi de consolider son expertise technique (matériaux, sécurité) et donc d'identifier les verrous spécifiques à lever (permitting, assurantiel...).



À RETENIR

- Date de début : octobre 2025.
- Chef de projet : Jean Oriol, chargé de Recherche et Innovation.
- Durée : 5 mois.
- Fait marquant : identification du meilleur scénario d'usage et validation de la préfaisabilité.
- Suite : étude détaillée et validation d'un modèle économique viable avec le déploiement d'un démonstrateur.



À RETENIR

- Date de début : octobre 2025.
- Chef de projet : Jean Oriol, chargé de Recherche et Innovation.
- Durée : 5 mois.
- Fait marquant : définition des scénarios (pyrogazéification, clients sensibles) et benchmark de 3 technologies.
- Suite : projet approfondi pour l'expérimentation de la meilleure technologie sur le site de Solidia.



SÉPARATION

RÉDUIRE L'IMPACT D'UN TAUX H₂ INCOMPATIBLE

Le projet SÉPARATION CH₄/H₂ s'inscrit dans la même ambition que le projet Blending, dont il est complémentaire : son objectif est d'identifier des technologies innovantes de séparation pour gérer un taux d'H₂ incompatible dans le gaz naturel.

Cette démarche est essentielle dans plusieurs situations :

- transporter du gaz contenant de l'H₂ dans des canalisations anciennes limitées techniquement;
- protéger des clients industriels sensibles en aval en leur fournissant un gaz purifié.

La phase actuelle du projet a pour objectif de définir les scénarios d'usage, de comparer trois procédés (membranes, électrochimie, PSA/TSA) sur des critères technico-économiques et de valider la préfaisabilité d'un test grandeur nature sur la plateforme de R&D Solidia.

RÉACTIONS GÉOCHIMIQUES DE L'HYDROGÈNE JUSQU'À 2 % SUR NOS INFRASTRUCTURES DE STOCKAGE

LE CONTEXTE

L'injection d'H₂ renouvelable dans les stockages souterrains en nappe aquifère profonde est essentielle à la transition énergétique en raison de leur capacité de stockage conséquente.

Cependant, ce gaz est susceptible d'interagir fortement avec la roche, l'eau et les micro-organismes présents. Entre 2023 et 2025, des essais, menés en partenariat avec l'UPPA et le CNRS, ont montré que ces bactéries consomment l'hydrogène, entraînant des pertes de rendement et générant des sous-produits problématiques pour l'exploitation, tels que le sulfure d'hydrogène (toxicité) ou l'acétate (consommation de l'H₂ stocké).

LES PERSPECTIVES

Les travaux ont abouti à un modèle cinétique prédictif très robuste, capable d'extrapoler le comportement géochimique de différents sites en ajustant très peu de paramètres. Ce modèle va nous permettre de suivre, le cas échéant, l'impact de la présence d'H₂ dans le gaz stocké.

LES MOYENS

L'étude de l'impact de l'H₂ sur les infrastructures de stockage s'appuie sur une collaboration CNRS/UPPA/ADERA et un postdoctorat.

Les moyens clés mis en œuvre intègrent:

- des réacteurs haute pression simulant les conditions réelles de nappes aquifères profondes;
- des analyses biogéochimiques avancées;
- une modélisation cinétique permettant de prédire la réactivité roche/fluide.

Ces résultats seront exploités dans le cadre de la thèse DESHYM.

L'ENJEU

Il s'agit de créer un outil permettant la prédiction fiable et quantitative du comportement à long terme de l'hydrogène stocké.

Le but est de modéliser avec précision ces interactions biogéochimiques complexes pour maîtriser la succession des métabolismes (sulfato-réduction, puis méthanogenèse) et anticiper les modifications de la roche telle que la précipitation minérale. Cet outil prédictif doit permettre d'assurer l'intégrité des infrastructures, le maintien de la perméabilité de la roche et la sécurité liée à la toxicité des gaz soutirés.



DESHYM

PRÉPARER NOS INFRASTRUCTURES À LA DÉSHYDRATATION DU NOUVEAU MÉLANGE GAZ/HYDROGÈNE

Le projet DESHYM a pour but d'adapter nos installations actuelles pour réussir à déshydrater un mélange composé de trois éléments : gaz naturel, hydrogène et eau. Aujourd'hui, nos infrastructures sont conçues pour traiter l'humidité du gaz naturel classique. Cependant, lorsque nous extrairons ce nouveau mélange de nos stockages souterrains avec des taux d'hydrogène supérieurs à 2 %, cette étape de déshydratation sera cruciale. Elle est indispensable pour pouvoir ensuite séparer efficacement l'hydrogène du gaz naturel.

Le défi technique

La communauté scientifique manque actuellement de données précises sur la quantité d'eau présente dans ces nouveaux mélanges, ainsi que sur leur réaction au contact

du triéthylène glycol (TEG), utilisé spécifiquement pour absorber l'humidité du gaz.

La solution DESHYM

Pour lever ce frein technologique, nous lançons un partenariat de recherche avec l'Université de Pau et des Pays de l'Adour (UPPA). L'objectif est de réaliser des expériences inédites à différents niveaux et températures de pression.

Les données récoltées permettront d'améliorer nos modèles thermodynamiques pour prédire avec précision le comportement de ces gaz en mélange, et de les intégrer dans nos outils de simulation.

Cette innovation est essentielle pour fiabiliser le dimensionnement des installations de surface, maîtriser les risques industriels et assurer une continuité de service.



À RETENIR

Une thèse de recherche est lancée en partenariat avec l'UPPA pour acquérir des données physiques totalement nouvelles sur le comportement de l'eau dans le mélange gaz/hydrogène et son interaction avec nos solvants de séchage.



À SAVOIR

- Date de début : 3^e trimestre 2025.
- Chef de projet : Sylvain Caubet, ingénieur procédés.
- Durée : 3 ans.



À SUIVRE

- Fin 2026 : réalisation des premiers modèles théoriques et obtention des résultats expérimentaux.
- 2028 : intégration de ces nouveaux paramètres directement dans nos outils industriels de simulation.





Direction Communication de Teréga, octobre 2026
Directeur de la publication : Julien Juge
Rédactrices en chef : Sandrine Boucher, Céline Dallest
Conception et réalisation : All Contents - Crédits photos : Teréga.



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 • www.terega.fr