



Rapport d'activités 2019

Recherche, Développement
& Innovation de GRTgaz





Sandrine Meunier – Directrice de RICE

“ L’année 2019, un tournant vers la RD&I de demain ”

Construire et imaginer des réseaux plus sûrs, plus verts, plus agiles et vecteurs de transformation des activités gazières, au service de tous les utilisateurs de ces réseaux. Tel est le défi de RICE qui dispose de tous les atouts pour réussir : un écosystème de RD&I complet et pluridisciplinaire, des femmes, des hommes, des moyens d’essais, des outils de modélisation et des démonstrateurs. RICE, c’est aussi un nouveau site à Villeneuve-la-Garenne, en 2019, avec des nouveaux locaux ouverts, dynamiques, facilitant le partage et la créativité.

Au fil de votre lecture, vous apprendrez que dans le domaine de l’hydrogène, RICE a fortement œuvré en 2019 à l’établissement de feuilles de route RD&I pour adapter les infrastructures gazières ; au lancement de la plateforme d’essais en hydrogène, FenHYx, qui sera basée à Alfortville ; à la mise en service du démonstrateur de Power to Gas « Jupiter 1000 », à Fos-sur-Mer. Nous avons également poursuivi nos réalisations dans le domaine de l’intégrité des réseaux, de la qualité des gaz et du biométhane, le développement d’outils de simulation en sécurité industrielle, la réduction des impacts environnementaux... Le monde de l’énergie connaît une révolution historique et exige de se réinventer : dans cette période où tout est possible, investir dans la Recherche et l’Innovation, est un des facteurs clés de succès.

02
Introduction

04
Les faits marquants 2019

08
Innover au service
de la sécurité industrielle

16
Développer les outils
de la transition énergétique

32
Rechercher toujours
davantage de performance
opérationnelle

“

RICE réalise des prestations pour GRTgaz et met aussi son expertise et ses savoir-faire au service d'autres opérateurs gaziers.

”

32 527 km
de canalisations

26 stations
de compression

701 TWh
de gaz naturel transporté en 2019

3 022
salariés

GRT gaz

GRTgaz est l'un des leaders européens du transport de gaz naturel et un expert mondial des réseaux et systèmes de transport gaziers.

En France, GRTgaz possède et exploite 32 527 km de canalisations enterrées et 26 stations de compression pour acheminer le gaz entre fournisseurs et consommateurs.

GRTgaz assure des missions de service public pour garantir la continuité d'alimentation des consommateurs et commercialise des services de transport aux utilisateurs du réseau.

Acteur de la transition énergétique, GRTgaz investit dans des solutions innovantes pour adapter son réseau et concilier compétitivité, sécurité d'approvisionnement et préservation de l'environnement.

100
docteurs, chercheurs
et techniciens

4
sites de RD&I
(Villeneuve-La-Garenne, Alfortville,
Bois-Colombes pour l'innovation,
et Fos-sur-Mer pour Jupiter 1000)

66
inventions

360
brevets

RICE

RICE, acronyme de Research & Innovation Center for Energy, est le centre de recherche créé le 31 décembre 2017 par GRTgaz.

Ses missions : d'une part, concevoir, piloter, réaliser des projets de Recherche, Développement & Innovation (RD&I) pour GRTgaz et/ou des clients externes, principalement des opérateurs d'infrastructures gazières ; et d'autre part piloter la RD&I de GRTgaz.

À ce titre, RICE assure la cohérence des efforts de RD&I avec les objectifs de l'entreprise, est force de propositions sur les orientations RD&I de GRTgaz, est à l'écoute des directions métiers et éclaire leurs prises de décision, coordonne les activités de RD&I de GRTgaz et en assure le suivi, le reporting et la communication.

Les faits marquants

Avril

Signature du premier contrat avec CATALYSE pour maximiser l'injection d'hydrogène dans les canalisations du réseau de transport de gaz existant, par le développement d'un revêtement protecteur des effets de l'hydrogène.

Juin

Participation avec d'autres opérateurs gaziers à la présentation des principales conclusions d'un rapport commun remis au Ministre de la Transition Écologique et Solidaire sur les conditions techniques et économiques d'intégration de l'hydrogène dans leurs infrastructures.

Inauguration des premières unités de méthanisation raccordées au réseau de transport de gaz en Grand Est et en Nouvelle-Aquitaine.



Mars

4^e édition de l'Open Innovation Factory qui fait appel à des PME, TPE et Start-up, pour susciter des réponses opérationnelles à des problématiques métier. L'un des six nouveaux appels à projets consistait à concevoir un dispositif de remplissage de gaz naturel pour véhicule (GNV) accessible au grand public, facile à installer et à coût maîtrisé.



Mai

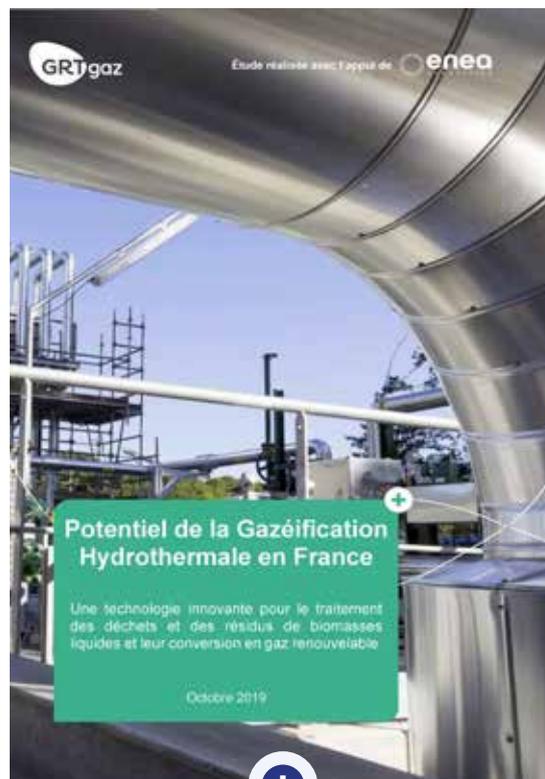
Lancement du projet PLAINÉNERGIE, qui vise à transformer les déchets résiduels en gaz renouvelable en combinant deux technologies clés : la pyrogazéification couplée, pour la première fois, à un procédé de méthanation biologique, une technologie innovante.



Jean-Louis Guyader, président de la CCPA, et Jacques Méhu, directeur scientifique du programme Plainénergie.

Juillet

Déménagement des équipes de RICE de La Plaine Saint-Denis (93) vers leurs nouveaux locaux situés à Villeneuve-la-Garenne (92).



Potentiel de la Gazéification Hydrothermale en France

Une technologie innovante pour le traitement des déchets et des résidus de biomasses liquides et leur conversion en gaz renouvelable

Octobre 2019

Octobre

Publication de la première étude sur le potentiel de la gazéification hydrothermale en France.

La gazéification hydrothermale convertit des biomasses humides en un gaz renouvelable à une pression d'environ 300 bar et une température entre 400 et 700 °C.

Septembre

Signature d'un partenariat avec le Sycotm pour la transformation des boues d'épuration et des déchets ménagers en gaz renouvelables et sur le couplage des filières de gaz renouvelables (méthanisation et pyrogazéification).

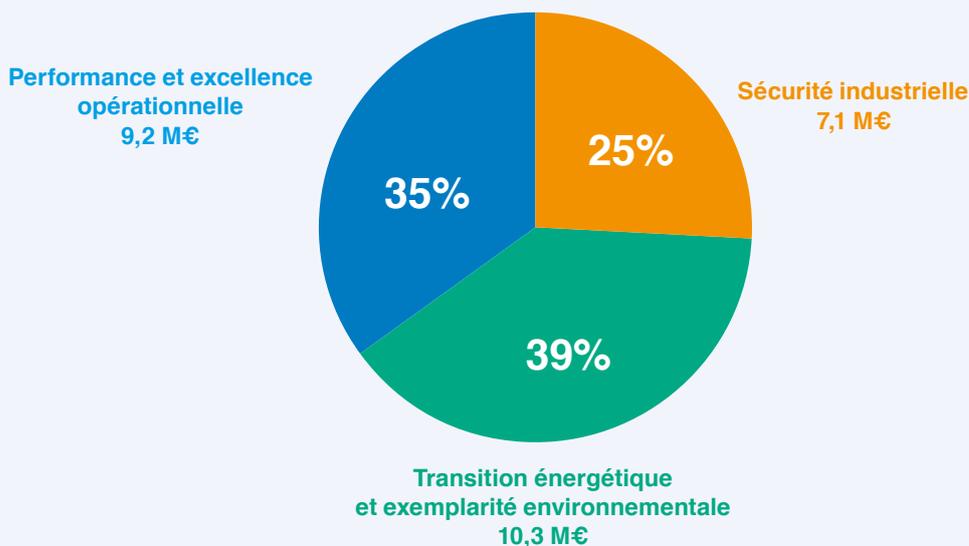
Lancement officiel du 1^{er} démonstrateur européen de réseaux intelligents pour le gaz : West Grid Synergy en Bretagne.

Lancement du projet innovant METHAGRID en région Grand Est pour développer la filière gaz renouvelable en couplant la méthanisation et la méthanation biologique.



A quoi a servi le budget RD&I 2019 ?

Budget total RD&I de GRTgaz : 26,6 M€

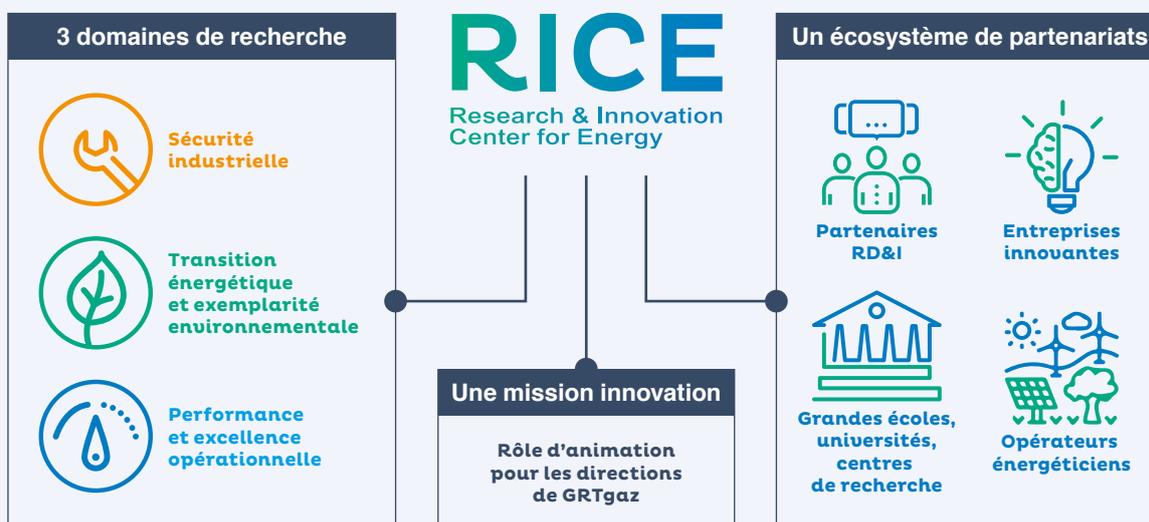


RICE au cœur de l'écosystème de recherche

RICE est un centre innovant de R&D et d'expertise opérationnelle, intégré à GRTgaz et tourné vers des clients en France et à l'international, consacré à l'optimisation et à la transformation des infrastructures gazières.

RICE associe ses compétences et expertises de pointe à des équipements et moyens d'essai uniques en Europe, en lien avec notre écosystème de partenaires de R&D, pour :

- éclairer l'avenir et les enjeux R&D de ses clients
- concevoir, piloter et réaliser des projets de R&D
- fournir un appui opérationnel et des solutions innovantes.



Trois domaines RD&I pour sécuriser, optimiser et préparer l'intégration des énergies renouvelables et bas carbone

Sécurité industrielle



- Maîtriser l'impact sur la sécurité des personnes et des biens
- Assurer l'intégrité des infrastructures
- Assurer l'intégrité des ouvrages de distribution

Transition énergétique et exemplarité environnementale



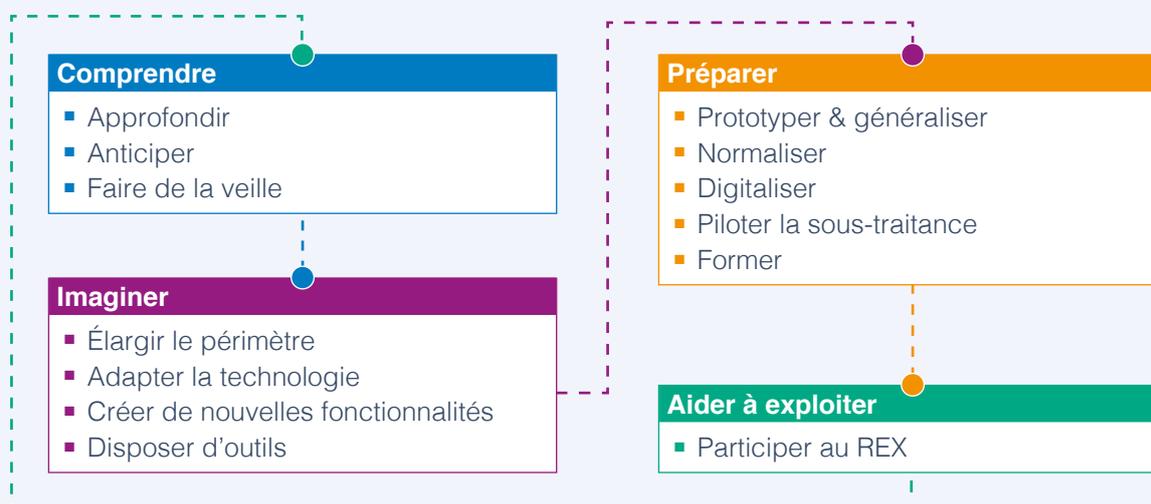
- Préparer les réseaux à l'arrivée des méthanés renouvelables
- Préparer les réseaux à l'arrivée de l'hydrogène
- Favoriser le développement de nouveaux usages performants du gaz
- Piloter les réseaux de demain
- Développer une vision prospective du secteur énergétique

Performance et excellence opérationnelle



- Développer de nouvelles méthodes et organisations de travail
- Optimiser le dimensionnement et la conduite des infrastructures
- Optimiser la gestion des actifs, la maintenance et l'exploitation des infrastructures
- Réduire les impacts des activités gazières
- Développer de nouveaux matériaux, systèmes de surveillance et méthode de construction

Un phasage RD&I jusqu'à l'industrialisation sur le terrain



Innover au service de la sécurité industrielle

Assurer la sécurité industrielle du réseau suppose de maîtriser l'impact du gaz sur la sécurité des personnes et des biens, à la fois en acheminant un gaz conforme en toute sécurité et en anticipant les conséquences d'un éventuel accident gaz. C'est aussi assurer l'intégrité des infrastructures en protégeant par exemple les ouvrages de la corrosion. Autant de travaux de RD&I confiés à RICE.



Surveiller
32 000 km
de canalisations,
le plus long réseau d'Europe

« Les travaux RD&I en sécurité industrielle garantissent l'exploitation des réseaux d'aujourd'hui et prépare les réseaux de demain. »



Michel HARDY

Délégué programmes du domaine
Sécurité industrielle de GRTgaz
michel.hardy@grtgaz.com

Dans un réseau désormais mature, assurer la sécurité industrielle dans des conditions optimum en prenant en compte les méthodes et outils récents, est au cœur des préoccupations de GRTgaz et constitue le socle des activités RD&I liées à la sécurité industrielle de RICE.

Sécurité des riverains, des prestataires et des collaborateurs : du choix des tracés à l'exploitation quotidienne du réseau de transport, GRTgaz met en œuvre ses compétences et son savoir-faire pour garantir un très haut niveau de sécurité des personnes et des équipements dans la conception, la construction et l'exploitation des ouvrages.

Dans cet objectif, la recherche en sécurité industrielle menée au sein de RICE joue un rôle primordial : elle appuie les métiers pour garantir une maîtrise soutenue depuis la conception des ouvrages jusqu'à l'arrêt de leur exploitation, et pour mettre les dernières technologies et connaissances au service de cette mission.



Amélie LOUVAT

Coordinatrice du programme
*Maîtriser l'impact du gaz sur la sécurité
des personnes et des biens*
amelie.louvat@grtgaz.com

Maîtriser l'impact du gaz sur la sécurité des personnes et des biens

« Permettre à GRTgaz de maîtriser les impacts du gaz acheminé sur la sécurité des personnes et des biens dès son entrée sur le réseau gaz jusqu'à son utilisation finale s'avère primordial. »

Le réseau de gaz naturel à haute pression de GRTgaz est le plus long d'Europe, avec plus de 32 000 km de canalisations, enterrées à un mètre de profondeur environ, et qui traverse la majeure partie du territoire français. Installés sur le réseau de transport principal tous les 150 km environ, 26 stations de compression redonnent de l'énergie au gaz afin de lui permettre d'atteindre près de 4 400 postes de livraison à la pression souhaitée. Ces infrastructures nécessitent une surveillance et une maintenance de haut niveau et sont soumises à une réglementation exigeante. Des équipes de techniciens spécialisés assurent leur fonctionnement 24/24h.

Ainsi, la maîtrise de l'impact du gaz sur la sécurité des personnes et des biens repose sur deux valeurs primordiales :

- la maîtrise de la qualité des gaz transportés et l'anticipation des évolutions à venir (réglementation, risques émergents...),
- et la maîtrise du risque industriel, tout en conservant un bon niveau de performance économique.



Maitriser l'impact du gaz sur la sécurité des personnes et des biens

Acheminer le gaz conforme en toute sécurité

L'enjeu

Maîtriser la qualité des gaz transportés.

Réalisations 2019

Contrôle de la qualité des gaz transportés via la réalisation des trois campagnes de mesures sur le réseau pour garantir la qualité du gaz acheminé.

Développement et qualification de nouveaux matériels de mesure (analyseurs...) afin de trouver un optimum technique et économique.

Participation à des travaux prénormatifs et normatifs européens sur la qualité du gaz pour garantir la qualité des gaz transportés, proposer des méthodes analytiques de référence adaptées aux opérateurs de réseau et adapter les normes aux évolutions technologiques.

Perspectives 2030

Poursuite de la qualification de matériels (analyseurs, détecteurs) afin d'en identifier de nouveaux, tout en maintenant un niveau de performance équivalent et en trouvant l'optimum technique et économique.

Poursuite des mesures de qualité du gaz pour en observer les variations.

Participation aux travaux de normalisation (qualité du gaz, odorisation, etc.) afin de proposer des évolutions des normes en vigueur suite aux améliorations technologiques des analyseurs et méthodes.

Leviers clés pour atteindre les objectifs

- Améliorer la connaissance sur les gaz acheminés,
- Définir des spécifications pour acheminer le gaz,
- Assurer un suivi technique et réglementaire.



Analyse de qualité du gaz en laboratoire

Logiciel Gaspack

Le logiciel Gaspack, développé par RICE, permet la réalisation d'un grand nombre de calculs de propriétés physiques des gaz à partir de leur composition gazeuse : propriétés physico-chimiques et thermodynamiques du gaz naturel (paramètres de combustion, conductivité...), paramètres de mécanique de fluides (viscosité, facteur de compressibilité...), transfert thermique (notamment par rapport au gel des sols).



Maitriser l'impact du gaz sur la sécurité des personnes et des biens

Comprendre, prédire et évaluer les conséquences d'un accident gaz

L'enjeu

Maîtriser le risque industriel en maintenant un bon niveau de performance économique et faciliter l'acceptabilité des sites.

Leviers clés pour atteindre les objectifs

- Améliorer la connaissance des phénomènes dangereux
- Développer / fiabiliser les technologies d'inspection par l'externe,
- Disposer d'outils d'évaluation des risques,
- Assurer un suivi technique et réglementaire.

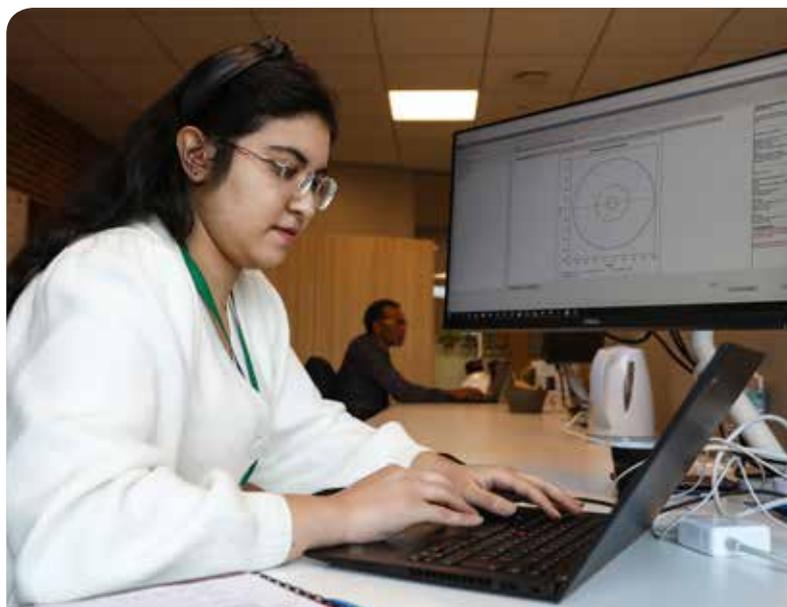
Réalisations 2019

Optimisation des modélisations des phénomènes dangereux liés au gaz, afin d'anticiper et d'améliorer les dispositifs de protection. A ce titre, l'optimisation de logiciels de portée internationale pour la modélisation des phénomènes gaz, comme PERSEE+ (voir Focus), constitue un réel enjeu pour la filière.

Extension des modélisations à de nouveaux gaz (hydrogène, mélange méthane hydrogène).

Perspectives 2030

Compréhension de l'ensemble des phénomènes dangereux et des effets multifacteurs liés au gaz afin d'optimiser et d'améliorer les logiciels de modélisation comme PERSEE+.



Logiciel de modélisation de phénomène dangereux

Logiciel PERSEE+

PERSEE+ est un logiciel qui permet de réaliser les calculs de conséquences présentés dans les études de dangers. En 2019, plusieurs pistes d'amélioration ont été identifiées : calcul des surpressions à l'inflammation pour des rejets en interaction avec le sol ; optimisation des simulations de calcul de débit de CO₂ au niveau de la brèche ; modélisation du rayonnement de deux flammes proches ; intégration des effets d'un mélange hydrogène-méthane. Des mesures de terrain réalisées en 2019 montrent que les résultats des simulations obtenues avec PERSEE+ sont proches de la réalité.



Maxime LECCHI
Coordinateur du programme
Assurer l'intégrité des infrastructures
maxime.lecchi@grtgaz.com

Assurer l'intégrité des infrastructures

« Notre R&D contribue à garantir la sécurité, l'acheminement et à accompagner la transition énergétique tout en maîtrisant les coûts. »

Pour maintenir les qualités d'un réseau de près de 32 000 km, GRTgaz mène des travaux de RD&I. Notre objectif : se doter des outils les plus performants pour gérer l'intégrité des structures, sachant que le contexte actuel est le suivant :

- l'intégrité de nos ouvrages est concernée par le risque de corrosion. Il s'agit d'un phénomène complexe et évolutif qui peut prendre des formes variées. L'enjeu est d'adapter au mieux la réponse aux cas rencontrés ;
- certains ouvrages ou certains types d'anomalies constituent encore des challenges en termes d'inspection et de contrôle non destructif ;
- l'évaluation de la criticité des anomalies peut encore être améliorée, notamment grâce aux outils numériques et à une meilleure prise en compte des propriétés des matériaux ;
- des techniques de réparations avancées peuvent permettre une réhabilitation efficace de certains ouvrages ;
- enfin, il nous faut préparer notre réseau à l'arrivée des nouveaux gaz.

Ce constat définit les principaux axes de travail en matière d'intégrité. Les résultats qui en découlent permettent à nos clients de maintenir dans le temps un haut niveau de sécurité sur leur réseau, de diminuer les coûts en optimisant le nombre d'interventions nécessaires, de rendre possible la réhabilitation de certains ouvrages, et plus globalement de faciliter la prise de décision en maîtrisant au mieux l'incertitude.



Assurer l'intégrité des infrastructures

Protéger au mieux nos ouvrages contre la corrosion et connaître l'état du réseau

L'enjeu

La corrosion, phénomène complexe et évolutif, représente un risque pour les réseaux en acier.

Certaines typologies d'anomalies et certaines configurations de réseaux constituent encore des challenges pour les outils d'inspection.

Réalisations 2019

Développement de capteurs pH (voir Focus).

Applicabilité opérationnelle des normes basées sur les témoins métalliques.

Outils d'analyse des profils 3D issus de scanners laser ou d'une reconstruction par photogrammétrie, technique permettant de déterminer les dimensions et volumes à partir de mesures effectuées sur des photographies avec une perspective.

Amélioration continue des outils d'inspection par l'interne : retour d'expérience aux prestataires.

Tests de solutions CND (contrôle non destructif) pour dimensionner les « empreintes », défauts internes qui peuvent apparaître lors du laminage des tubes aciers successifs formant les canalisations (en cas de détérioration du laminoir, des morceaux des rouleaux dans lesquels passent les tôles peuvent être imprimés à la surface).

Développement d'essais de caractérisation des matériaux.

Technologies portatives pour l'évaluation du niveau de contraintes mécaniques.

Développement d'un outil d'inspection en ligne.

Leviers clés pour atteindre les objectifs

- Maîtriser le vieillissement du revêtement,
- Fiabiliser les diagnostics,
- Développer et apporter des solutions de protection,
- Fiabiliser et rendre plus exhaustifs les moyens d'inspection et de contrôle non destructif,
- Mesurer des contraintes *in situ*.

Perspectives 2030

Apporter sur l'ensemble du réseau la réponse la plus adaptée au phénomène de corrosion rencontré.

Détecter et dimensionner plus précisément les défauts critiques.

Développer des solutions pour les tronçons difficiles à inspecter.

Développer des technologies de caractérisation *in situ*.



Essais au laboratoire corrosion

FOCUS

Capteurs pH : anticiper la corrosion, optimiser la protection

Connaître le pH de l'interface entre le sol et le métal des canalisations permettrait d'optimiser le niveau de protection cathodique à appliquer. Faute d'outils sur le marché, des prototypes de porte-échantillon intégrant un capteur de pH et un témoin métallique ont été développés et testés par RICE en 2018 puis en 2019 dans différents sols. Le capteur a été calibré. Au final, l'utilisation de ce capteur a été validée et un brevet déposé. Un premier déploiement à petite échelle de ce matériel, notamment en présence d'influences électriques, est prévu.



Assurer l'intégrité des infrastructures

Se concentrer sur les défauts critiques et les traiter

L'enjeu

La criticité réelle des défauts excavés est parfois surestimée du fait de diverses sources d'incertitudes.

Certaines typologies de défauts nécessitent encore des interventions lourdes (coupes).

Réalisations 2019

Modélisation des contraintes résiduelles liées au procédé de soudage dans le cadre de l'analyse de défauts présents dans la zone affectée thermiquement.

Développement d'une solution de réparation instrumentée.

Amélioration de la justesse et de la fidélité des moyens d'inspections.

Amélioration des critères d'analyse des endommagements mécaniques.

Évaluation de la tenue mécanique d'une technique de réparation composite appliquée à des défauts complexes.

Perspectives 2030

Réduire le nombre d'interventions sur des défauts à faible criticité.

Réduire le nombre de coupes.

Étendre le domaine d'application des techniques de réparation.

Développer de nouvelles technologies de réparation.

Leviers clés pour atteindre les objectifs

- Maîtriser les incertitudes sur les données d'entrée (propriétés des matériaux et dimensions des défauts notamment),
- Améliorer la prédictivité des modèles analytiques,
- Développer des outils de simulations numériques,
- Développer de nouvelles techniques de réparation, les rendre applicables à un plus grand nombre de configurations,
- Caractériser *in situ* les matériaux.



Caractérisation d'un défaut créé sur une canalisation de transport

FOCUS

Projet micro éprouvettes

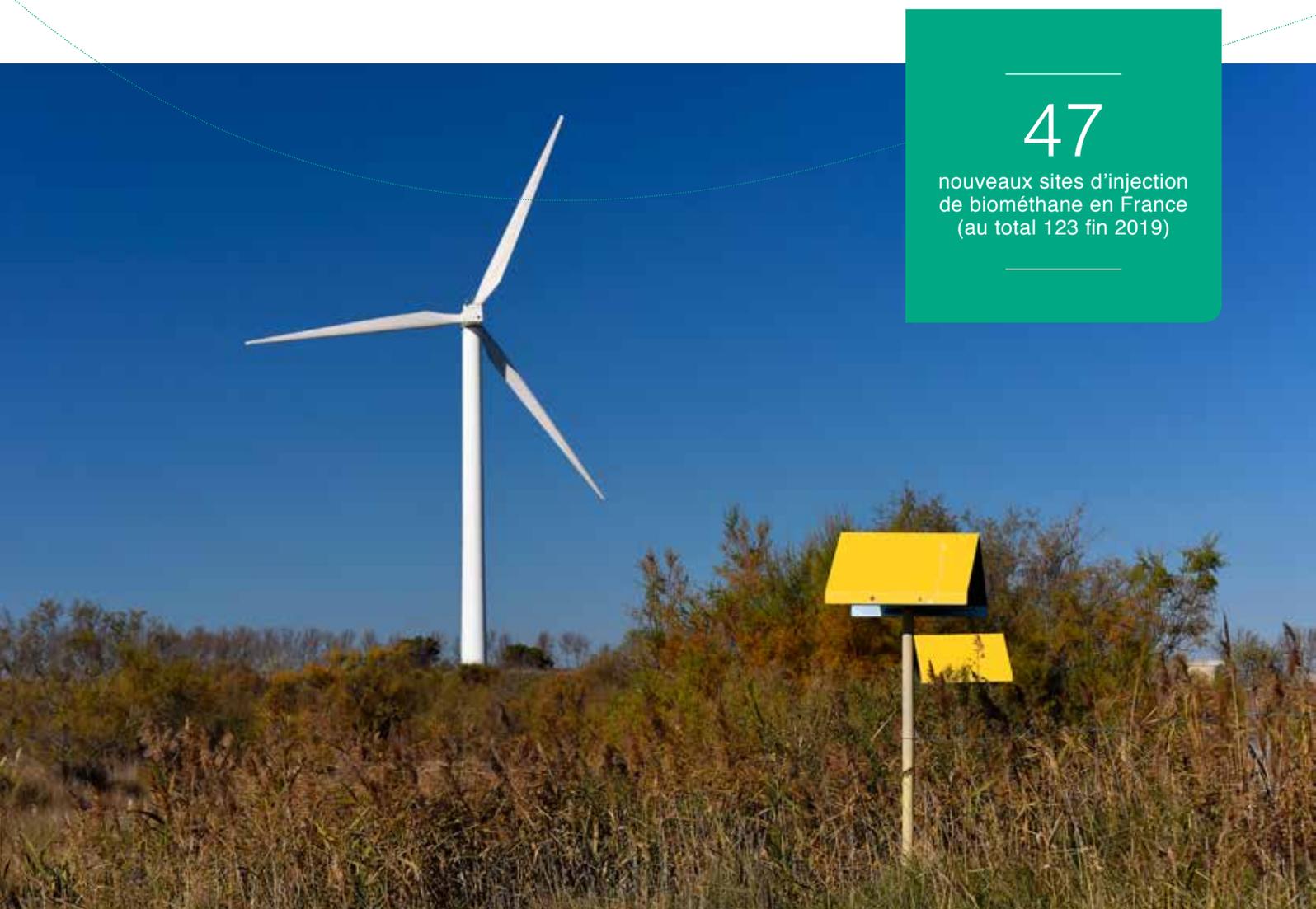
Pour certaines canalisations très anciennes, GRTgaz ne dispose pas de toutes les caractéristiques du matériau nécessaires à certains modèles actuels. Elles doivent donc être mesurées afin d'éviter d'utiliser des données minorantes. Le problème : la taille des éprouvettes de caractérisation nécessite le prélèvement complexe d'un échantillon de tube sur le réseau. D'où la tentative de réduire la taille des éprouvettes et donc des prélèvements qui se limiteraient à un copeau de métal.

Développer les outils de la transition énergétique

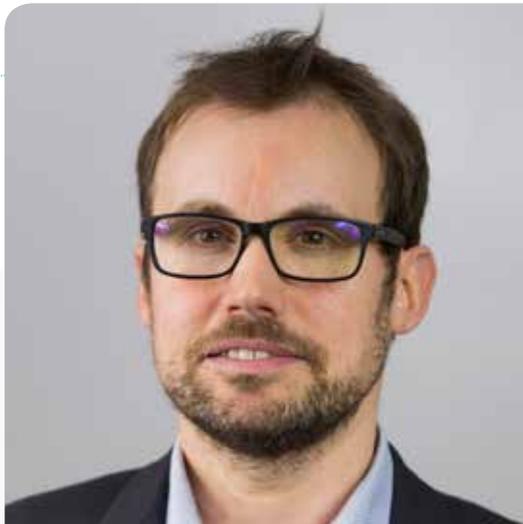
La transition énergétique nécessite d'optimiser le raccordement aux réseaux des divers modes de production de gaz renouvelables, et une approche transverse multi-énergies, où la complémentarité entre énergies, notamment gaz et électricité, et l'articulation entre centralisé et décentralisé, entre proximité et solidarité inter-régionales jouent un rôle clé.

47

nouveaux sites d'injection
de biométhane en France
(au total 123 fin 2019)



« GRTgaz dispose d'un important portefeuille RD&I dédié à l'intégration des gaz renouvelables et bas carbone dans les réseaux, s'appuyant sur les laboratoires de RICE situés à Villeneuve-la-Garenne et à Alfortville ainsi que sur un réseau de partenaires. »



Christophe Tastard
Délégué programmes du domaine
Transition énergétique
christophe.tastard@grtgaz.com

Depuis l'adoption de la loi de transition énergétique pour la croissance verte en 2015 une nouvelle route est tracée pour le secteur énergétique français. Les objectifs fixés dessinent un autre monde, plus sobre, plus vert et représentent un axe de recherche majeur pour les opérateurs de réseau. La troisième révolution du gaz est en marche.

Demain, de nouvelles sources d'énergie vont prendre place dans le mix énergétique : méthanisation, nouvelles générations de gaz renouvelables produits par les technologies de gazéification et de Power to Gas (biométhane, hydrogène et méthane de synthèse...). Leurs atouts écologiques : réduction des déchets, économie circulaire, valorisation de ressources locales, réduction de l'usage d'engrais chimiques.

Mais une telle révolution doit être anticipée : le système gazier doit en effet se préparer dès aujourd'hui à l'émergence de ces gaz renouvelables produits en France, et à leur utilisation locale dans l'industrie et les transports.



Dairo Ballestas

Coordinateur du programme
*Préparer les réseaux à l'arrivée
des méthanés renouvelables*
dairo.ballestas@grtgaz.com

Préparer les réseaux à l'arrivée des méthanés renouvelables

« Les méthanés renouvelables, comme le biométhane, sont un élément clé pour réussir la transition énergétique et écologique, en lien avec les objectifs de GRTgaz, de la France et de l'Europe. »

Afin d'être en mesure d'accueillir le biométhane, comme les nouvelles générations de gaz renouvelables, les projets se multiplient : à fin février 2020, près de 90 projets d'injection de biométhane étaient à l'étude et 32 conventions avaient été signées depuis janvier 2019.

Avec 30 à 40 projets par an, la production devrait atteindre près de 3 300 GWh annuel de biométhane injecté dans les réseaux (transport et distribution) en 2022. Une étude de faisabilité technico-économique d'une injection basse pression de biométhane a été réalisée en 2019 et trois scénarii d'injection de biométhane basse pression sur le réseau de transport ont été étudiés. En parallèle, les chercheurs de RICE travaillent sur la qualité des biométhanés.

Cet axe de travail repose sur deux valeurs fortes : l'optimisation des procédés de production de gaz renouvelable et bas carbone tout en maîtrisant les impacts ; et la maximisation des volumes de gaz renouvelable et bas carbone disponibles via les réseaux.



Préparer les réseaux à l'arrivée des méthanes renouvelables

Optimiser les infrastructures de GRTgaz pour réduire le coût du transport (injection) et maîtriser les impacts des nouveaux méthanes

L'enjeu

GRTgaz mène des projets de recherche pour s'assurer de l'innocuité des nouveaux gaz avant leur injection dans les réseaux, et ce tout en optimisant les coûts de transport.

Leviers clés pour atteindre les objectifs

- Connaissances de la qualité des nouveaux gaz et l'étude d'impact associée,
- Développement de méthodes d'analyse présentant le meilleur rapport qualité-prix,
- Qualification de matériel, et notamment de systèmes d'injection (skid d'injection) de biogaz sur le réseau GRTgaz.

Réalisations 2019

Consolidation de la base de connaissances de la qualité des gaz verts via cinq campagnes biométhane et deux campagnes gaz de synthèse.

Qualification de deux nouvelles technologies d'odorisation bas débits et de cinq analyseurs.

Pilotage du volet « méthodes analytiques » du projet européen Metrology for biométhane, qui vise à développer de nouvelles techniques, pour mesurer la teneur en différents composés pouvant avoir un impact à partir d'une certaine concentration, avant injection du biométhane. Dans le cadre de ce projet, RICE a également participé au développement de méthodes de routine pour le suivi des amines, terpènes et ammoniac dans le biométhane. Le développement et la validation de ces méthodes ont été réalisés en 2019 et devraient conduire à la rédaction de nouvelles normes d'analyse en 2020.

Perspectives 2030

Continuité qualification matériel (odorisation, qualité des gaz).

Optimisation du design de systèmes d'injection (skid d'injection) de biogaz sur le réseau.



Mesure qualité gaz chez un producteur de biométhane

Carabio : la base de données de l'empreinte digitale des gaz verts

Poursuite du projet Carabio, en collaboration avec GRDF, Teréga et Storengy, sur la qualité des biométhanes injectés sur les réseaux français. Les campagnes réalisées en 2019 sur plusieurs sites ont permis de compléter l'observatoire de la qualité du biométhane initié en 2015 par RICE : aucune présence de nouveaux composés traces, à des teneurs significatives, n'a été observée.



Préparer les réseaux à l'arrivée des méthanés renouvelables

Accompagner le développement des procédés de production de nouveaux méthanés pour industrialiser et flexibiliser l'amont

L'enjeu

GRTgaz accompagne un écosystème de partenaires pour s'assurer de la conformité entre les spécifications réseaux et la qualité des gaz qui sont déjà et pourront être produits à l'avenir via différents processus de conversion énergétique (méthanisation, pyrogazéification, gazéification hydrothermale, méthanation).

Réalisations 2019

Développement du pilote Titan V avec la construction et la réception d'une unité de méthanation biologique qui sera connectée au pyrogazéifieur existant sur la plateforme R&D Innov'Energy de Leroux & Lotz, à Nantes.

Démarrage du projet Plainénergie qui combine deux technologies-clés pour la valorisation des déchets : la pyrogazéification couplée à un procédé de méthanation biologique.

Réalisation de travaux fiabilisation et premiers essais sur le démonstrateur Synthane, composé d'une installation de pyrolyse haute température, d'un dispositif d'épuration, et d'une unité de méthanation.

Évaluation des performances de la plate-forme Minerve, première installation de méthanation catalytique en France, avec obtention de très bons résultats.

Poursuite du projet de recherche Mars visant à transformer le CO₂ en méthane en stockant au passage de l'énergie solaire.

Essais Méthagrid (voir Focus).

Leviers clés pour atteindre les objectifs

- Connaissances de la qualité des nouveaux gaz et étude d'impact associée,
- Développement de méthode d'analyse présentant le meilleur rapport qualité-prix,
- Qualification de matériel.

Perspectives 2030

Poursuivre l'appui au développement des projets pyrogazéification et méthanation.

Démontrer le potentiel de la gazéification hydrothermale des gisements de déchets et de résidus de biomasses liquides, en soulignant leur potentiel de production de gaz renouvelables en France.



Préparation d'une analyse de gaz

FOCUS

Méthagrid : des essais pilote concluants

Doper la qualité d'un biogaz par injection d'hydrogène et réaction avec le CO₂ (méthanation biologique) : tel est l'objectif du projet Méthagrid, un programme de renforcement de la production et de valorisation des gaz renouvelables dans le Grand Est. Ce projet de deux ans a débuté au cours du 1^{er} semestre 2019. Il est mené avec de nombreux partenaires : ARD, TMA-process, URD ABI d'AgroParisTech, la Chaire de Biotechnologie de CentraleSupélec, Cristal Union.

Les essais pilotes ont permis de définir des conditions opératoires aboutissant à une consommation de 99 % de l'hydrogène injecté et avec une pureté en méthane du biogaz produit dépassant les 97 %.



Tanguy Manchec

Coordinateur du programme
Préparer les réseaux à l'arrivée de l'hydrogène
tanguy.manchec@grtgaz.com

Préparer les réseaux à l'arrivée de l'hydrogène

« Notre ambition : transporter demain un hydrogène décarboné en alliant sécurité, compétitivité et très haut niveau de performance. »

L'hydrogène renouvelable apparaît dès aujourd'hui comme un des vecteurs énergétiques clés de la transition énergétique. Au-delà du déploiement des moyens de production de cet hydrogène et du développement des usages, il est nécessaire de préparer toute la logistique de transport de ce gaz. Les réseaux de GRTgaz peuvent être mis au service de cette économie de l'hydrogène afin d'assurer son acheminement depuis les sites de production jusqu'aux consommateurs, dans des canalisations dédiées ou en mélange avec le méthane.

D'où un programme ambitieux ayant pour objectif d'étudier les impacts de l'hydrogène sur les réseaux de GRTgaz. Un rapport commun de l'ensemble des opérateurs d'infrastructure remis à la ministre de la Transition écologique et solidaire en juin 2019 souligne ainsi l'importance de la RD&I dans la préparation à l'intégration de l'hydrogène dans le mix énergétique français et européen.

Dans cette optique, RICE coopère avec les opérateurs d'infrastructures français et leurs pairs européens en développant la plate-forme FenHYx, regroupant des bancs d'essais de pointe spécifiquement dédiés à l'hydrogène et ayant vocation à faire référence en Europe.



Préparer les réseaux à l'arrivée de l'hydrogène

Assurer la sécurité et l'intégrité des actifs en présence d'hydrogène

L'enjeu

La sécurité est un enjeu majeur pour GRTgaz. Ce projet RD&I vise à comprendre les spécificités du transport de la molécule de dihydrogène (H_2), notamment son interaction avec les réseaux et à adapter les modalités d'exploitation en conséquence pour maintenir le niveau d'exigence.

Réalisations 2019

Intégrité des réseaux : revue des connaissances pour des concentrations en H_2 de 0 à 25 % ; lancement de campagnes d'essais sur les nuances d'acier représentatives du réseau (élasticité, ténacité, vieillissement, fatigue...).

Sécurité : études de dangers pour des concentrations en H_2 allant de 0 à 100 %.

Signature le 29 avril 2019 d'un partenariat avec la société Catalyse pour développer des revêtements internes de protection des canalisations.

Perspectives 2030

Mise en service en 2021 de nouveaux bancs d'essais FenHYx dédiés à l'intégrité et l'étanchéité sous hydrogène : machine de traction, autoclave, modules de vieillissement...

Élargissement du programme de tests matériaux sur toute la plage de concentration en H_2 (de 0 à 100 %) et sur l'ensemble du réseau de GRTgaz.

Développement de nouveaux matériaux adaptés au transport d' H_2 .

Leviers clés pour atteindre les objectifs

- Connaissances de l'impact H_2 sur l'intégrité et la corrosion des canalisations et sur le matériel de réseau,
- Développement de solutions de mitigation et de nouveaux matériaux/matériels,
- Renforcement des connaissances sur la sécurité liée à l' H_2 .



Machine de traction du futur banc d'essais FenHYx d'Alfortville

Intégrité H_2 : l'impact sur les aciers de l'injection d' H_2 observé à la loupe

RICE, en collaboration avec le CEA, mesure l'impact de l'hydrogène sur le comportement mécanique de matériaux constitutifs du réseau de transport de gaz. Les données doivent permettre d'alimenter ou de développer des modèles prédictifs. Le programme de travail se décompose en deux tâches : une évaluation du vieillissement via l'observation de l'évolution d'éprouvettes pré-fissurées à différents temps de vieillissement (6 mois, 1 an, 2 ans et 3 ans) ; et une caractérisation du comportement mécanique en statique (influence de la teneur en H_2 sur la fragilisation d'aciers faiblement alliés) et en fatigue (essais de ténacité, de propagation de fissures sous pression...).



Préparer les réseaux à l'arrivée de l'hydrogène

Maintenir la qualité de la mission de transport (fonctionnelle et réglementaire)

L'enjeu

L'intégration de dihydrogène (H_2) dans les réseaux va nécessiter d'adapter certains équipements de pilotage et de comptage. Ce projet RD&I vise à déterminer les adaptations à réaliser pour maintenir le niveau de qualité du transport du gaz.

Réalisations 2019

Mise en service des premiers bancs d'essais FenHYx dédiés à l' H_2 . Cette plateforme sera déterminante pour rendre possible l'injection d'hydrogène dans les réseaux.

Pré-qualification d'analyseurs et chromatographes compatibles H_2 , afin de valider la qualité des gaz.

Simulations des écoulements d' H_2 dans un mix H_2/CH_4 .

Qualification de détecteurs H_2/CH_4 pour répondre à un enjeu de sécurité.

Co-pilotage avec PG&E (transporteur de gaz nord-californien) de la feuille de route RD&I liée à l' H_2 du projet PRCI (Pipeline Research Council International), qui associe des organismes internationaux dans une recherche collaborative.

Leviers clés pour atteindre les objectifs

- Connaissances de l'impact du H_2 sur les réponses fonctionnelles du matériel de mesure (comptage, qualité du gaz),
- Connaissance de l'impact du H_2 sur la maintenance, l'exploitation et l'inspection,
- Adaptation des conditions de pilotage du réseau en présence d' H_2 , notamment la brique compression.

Perspectives 2030

Nouveaux bancs d'essais FenHYx dédiés à l'étude de la réponse fonctionnelle des équipements en milieu hydrogène.

Qualification de chromatographes in-situ.

Adaptation des compresseurs à l' H_2 .

Adaptation des procédures d'inspection et d'exploitation du réseau.

Développement de solutions de séparation H_2/CH_4 pour les usages sensibles.



Banc d'essais matériels du site d'Alfortville

FOCUS

Jupiter 1000 : prêt pour une phase de tests

Le projet collaboratif Jupiter 1000, initié en 2014, a pour ambition de préparer la filière Power to Gas française via une installation de production d'hydrogène de 1 mégawatt par électrolyse (électrolyse alcaline et électrolyse par membrane à échange de protons). Le pilote d'échelle industrielle proposera également un dispositif de méthanation, transformant une partie de l' H_2 produit en méthane. L'année 2019 a vu la finalisation de l'installation, à Fos-sur-Mer, des dispositifs relatifs à la brique hydrogène ; la mise en service de l'électrolyseur alcalin pour la production d' H_2 (premiers m^3 produits fin 2019, puis injection dans le réseau depuis février 2020) ; et la définition des protocoles d'essais.



Alice Vatin

Coordinatrice du programme
*Favoriser le développement de nouveaux
usages performants du gaz*
alice.vatin@grtgaz.com

Favoriser le développement de nouveaux usages performants du gaz

« Le développement d'usages gaz plus sobres et écologiques est un levier majeur pour la réussite des ambitions de la transition énergétique. »

Les avantages économiques et environnementaux du gaz en font une solution d'avenir en substitut d'énergies fossiles plus carbonées, qui se renforcera avec le développement des gaz renouvelables. En parallèle, des leviers technologiques peuvent être mis en place pour renforcer la performance environnementale des usages gaz historiques (pompe à chaleur gaz haute température, brûleurs bas NOx, solution de captage CO₂...).

Aussi, afin de favoriser le développement de nouveaux usages performants du gaz, RICE a entamé en 2019 la mise en place de partenariats RD&I avec des acteurs de la filière technique (CETIAT, CEA, ALLICE, bureaux d'étude et fabricants de matériel) et la construction d'une feuille de route RD&I.

L'objectif est d'identifier et accompagner les nouvelles technologies permettant une réduction de l'empreinte carbone des usages gaz, notamment lorsque ceux-ci ne peuvent être par exemple électrifiés, et déployer de nouveaux usages du gaz naturel 100 % décarbonés comme la production d'hydrogène par pyrolyse du méthane.



Favoriser le développement de nouveaux usages performants du gaz Développer les technologies des usages gaz plus écologiques et accompagner les industriels vers la décarbonation de ces usages

L'enjeu

Accompagner le développement et l'appropriation par nos clients industriels des technologies performantes et plus écologiques.

Faire émerger des technologies de rupture pour les usages de demain (production d'hydrogène décarboné, solution d'efficacité énergétique ou de décarbonation).

Réalisations 2019

Construction des feuilles de route technologiques des solutions performantes des usages gaz dans l'industrie.

Étude des procédés de production d'hydrogène à partir du gaz naturel sans émission de CO₂.

Fiche technique sur le procédé d'oxycombustion et gain pour l'industrie.

Étude de technologies à haut rendement en substitution des chaudières gaz pour des serristes agricoles (voir Focus).

Perspectives 2030

Appui et déploiement de solution de production d'hydrogène décarboné à partir du gaz naturel.

Appui au déploiement de technologies de captage de CO₂ auprès des clients industriels de GRTgaz.

Déploiement de solutions technologiques de rupture pour la décarbonation des usages gaz et d'efficacité énergétique.

Accompagnement à l'intégration des gaz renouvelables dans les usages industriels.

Leviers clés pour atteindre les objectifs

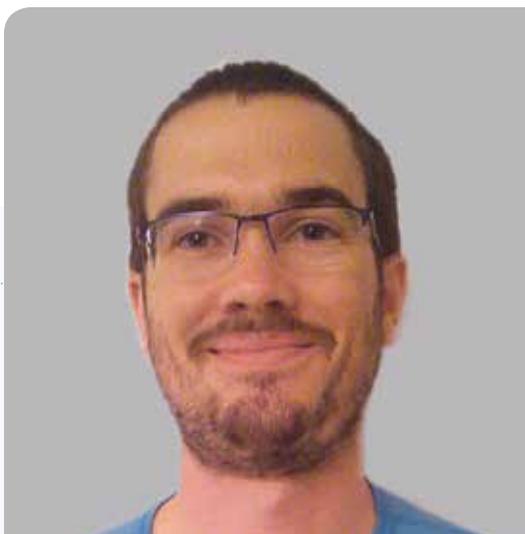
- Identifier et diffuser les technologies les plus performantes aux parties prenantes (bureaux d'études, centre techniques, fabricants, syndicats),
- Comprendre les changements technologiques et réglementaires des usages gaz par secteur,
- Identifier, prioriser et soutenir les technologies de rupture performantes.



Solution de chauffage gaz pour serres

Projet PAC Gaz HT serristes

Ce projet, mené en partenariat avec des industriels et le CEA, a identifié trois solutions alternatives au gaz, compétitives et offrant un gain environnemental, pour la production d'électricité, de chaleur et de CO₂ dans les serres agricoles : la pompe à chaleur à absorption qui produit de la chaleur à partir de gaz avec des rendements supérieurs à 130 % ; le solaire thermique pour produire de la chaleur d'avril à octobre ; et l'unité de vaporeformage pour une production décentralisée d'hydrogène pour des usages locaux et de CO₂ à bas coût.



Pierre-Yves Rousset
Délégué du programme
Piloter les réseaux de demain
pierre-yves.rousset@grtgaz.com

Piloter les réseaux de demain

« Le smart grid est une nécessité pour optimiser l'injection de gaz renouvelable bas carbone et ainsi répondre aux enjeux de la transition énergétique. »

Le réseau de demain sera constitué de postes d'injection décentralisés de gaz de qualités différentes et fluctuantes. Pour optimiser ces injections de gaz renouvelables et bas carbone, le pilotage doit devenir plus intelligent. C'est donc toute la chaîne qui doit s'adapter : matériel, instrumentation, communication, outils d'exploitation et de pilotage. De nombreux éléments sont ainsi à considérer (consommation, gestion opérationnelle, qualité gaz, injection décentralisée, évolutions technologiques) pour que le déploiement des solutions soit cohérent, fiable et sécurisé, et permette ainsi de passer d'un pilotage local maîtrisé à un pilotage central optimisé.

Avec l'augmentation des capacités de calcul et de communication, les acteurs énergétiques deviennent capables de décider et agir au bon moment. GRTgaz s'inscrit dans cette dynamique avec l'adaptation du réseau de gaz (poste « rebours », voir page suivante), l'usage de l'Internet des Objets (IoT) dans une stratégie d'instrumentation cohérente avec les besoins d'exploitation et l'adaptation des outils de pilotage des réseaux. Les solutions techniques à différents niveaux de maturité sont donc identifiées, évaluées et testées soit directement via un laboratoire interne dédié, soit au travers de partenariats avec des organismes de recherche.



Piloter les réseaux de demain

Rendre les réseaux plus interconnectés

L'enjeu

L'intégration des énergies renouvelables et bas carbone induit une mutation du réseau gazier (distribution/transport) et la perspective d'un couplage multi-énergies (gaz/électricité/chaaleur).

Réalisations 2019

Modélisation et faisabilité des projets rebours : en 2019, les travaux sur le rebours se sont poursuivis via la réalisation d'une série de simulations et le développement d'un banc expérimental sur le site RICE d'Alfortville afin d'évaluer les performances du rebours développé.

Éclairage technico économique des solutions technologiques identifiées (voir Focus).

Perspectives 2030

Poursuite de la qualification du matériel.

Optimisation du design des postes rebours.

Analyse et test de nouvelles solutions (gaz-gaz ou gaz-électricité).

Leviers clés pour atteindre les objectifs

- Disposer des solutions, et notamment de postes rebours : cet ouvrage de l'opérateur de transport permet le transfert de gaz depuis le réseau distribution vers le réseau transport au travers d'une station de compression de gaz, afin d'évacuer vers le réseau de transport le surplus de gaz équivalent au biométhane injecté sur le réseau de distribution non consommé localement, notamment en été, quand la consommation est faible.



Station de rebours gaz

Postes rebours gaz : un banc expérimental à Alfortville

En 2019, des essais de régulation en débit ont été menés. Ils ont permis de lever les doutes liés aux postes rebours sur différents points : la pression maximale vue par le réseau MP (moyenne pression) correspond au point de consigne de démarrage du compresseur ; la pression maximale admissible par le réseau MP n'est jamais dépassée ; la pression minimale vue par le réseau MP correspond au point de consigne d'arrêt du compresseur ; le compresseur n'est pas impacté par des variations rapides de consommation.



Piloter les réseaux de demain

Rendre les réseaux plus communicants et plus intelligents

L'enjeu

L'intégration des énergies renouvelables et bas carbone induit une mutation du pilotage du système énergétique d'une verticalité vers un mode délocalisé nécessitant un pilotage dynamique plus important. La RD&I a pour vocation de mettre au point un pilotage intelligent.

Leviers clés pour atteindre les objectifs

- Disposer d'une vision globale de l'évolution des réseaux,
- Développer les outils-modèles d'aide à la décision (pilotage et développement des réseaux).

Réalisations 2019

Modélisation des réseaux.

Analyse du fonctionnement du réseau.

Proposition de réglages optimisés.

Essai d'instrumentations : échanges d'informations et de données provenant de dispositifs présents dans le monde réel vers le réseau Internet (ou internet des objets, IoT), pression, état.

Projet West Grid Synergy (voir ci-dessous).

Perspectives 2030

Enrichir l'intégration de l'ensemble des composés (H_2 , O_2 , PCS, CO_2 ...).

Adapter les modes de pilotage agile des réseaux.

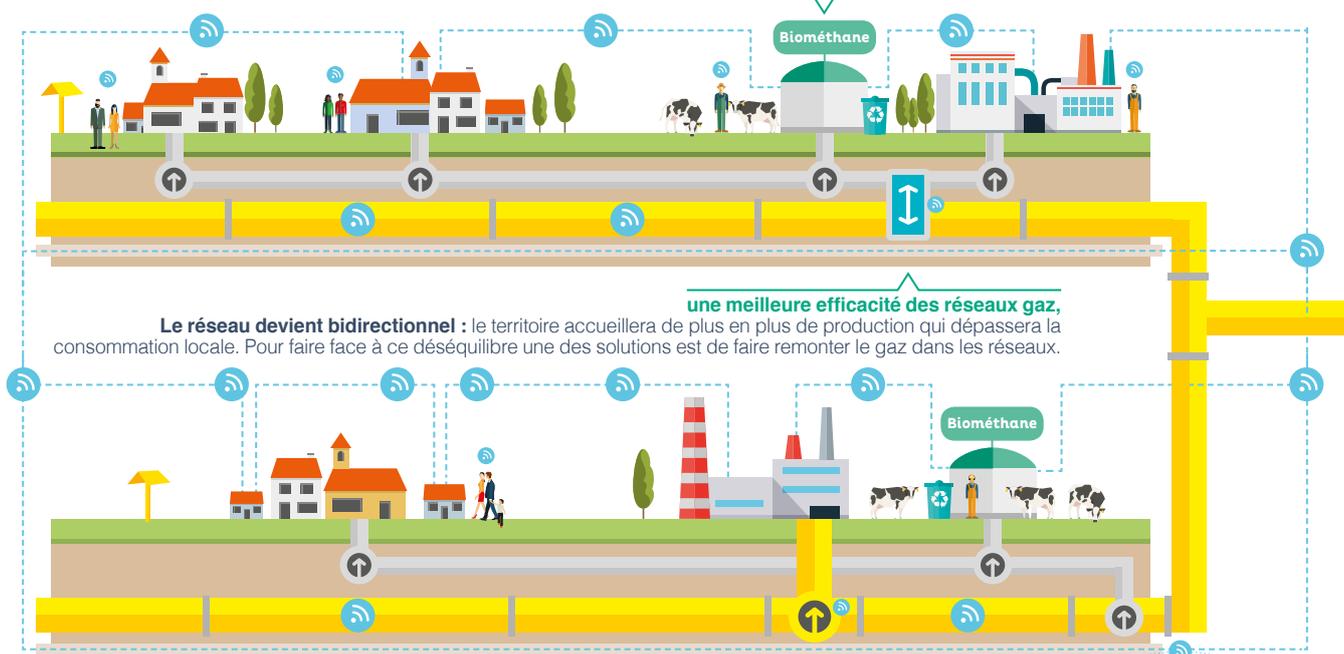
Accompagner la construction d'une méthodologie globale.

Développer une plateforme d'échange de données locales pour optimiser le pilotage (prévisions de production, consommation, maintenance).

Le projet West Grid Synergy est un démonstrateur de premier plan qui permet à un territoire de devenir plus "smart",

via l'insertion des énergies renouvelables sur son territoire,

Biométhane : la fermentation de la matière organique produit un fertilisant, le digestat, et du biogaz dont on ne conserve que le méthane pour obtenir du biométhane. Celui-ci peut être injecté dans le réseau gaz.



Le réseau devient bidirectionnel : le territoire accueillera de plus en plus de production qui dépassera la consommation locale. Pour faire face à ce déséquilibre une des solutions est de faire remonter le gaz dans les réseaux.

une meilleure efficacité des réseaux gaz,

et l'intégration du numérique.

Les acteurs sont plus connectés : le partage de données et les nouvelles technologies du numérique permettent aux acteurs de mieux piloter leur activité (maintenance connectée, pilotage à distance, open data, capteurs intelligents, etc).



**Christophe Olry**

Coordinateur du programme
*Développer une vision prospective
du secteur énergétique*
christophe.olry@grtgaz.com

Développer une vision prospective du secteur énergétique

« Se projeter dans les avenir, pour mieux orienter le présent. »

Afin de répondre à ses obligations de service public garantissant la continuité d'acheminement et d'alimentation en gaz des clients, et dans un contexte de transition énergétique encore empreint de fortes incertitudes, GRTgaz doit être en mesure d'anticiper l'évolution de la demande de gaz en intégrant dans ses projections le changement climatique, les transferts d'usage et l'efficacité énergétique, et d'anticiper les rôles et la topologie du réseau de transport de demain sur la base de scénarii prospectifs multi-réseaux et multi-énergies.

Depuis fin 2019, RICE intervient pleinement dans ces activités de RD&I, notamment en développant une chaîne de modélisation prospective toutes énergies à l'échelle européenne, ainsi qu'en accompagnant des travaux sur l'évolution des besoins en chauffage entre aujourd'hui et 2050, sur la base de simulations thermiques dynamiques dans les bâtiments.

Avec en objectifs le respect de trois valeurs : optimiser le coût global du système énergétique et des usages finaux en 2050 ; définir une trajectoire d'investissement réaliste ; analyser la contribution des gaz en termes de flexibilité et d'assurance dans le mix énergétique futur.



Développer une vision prospective du secteur énergétique

Construire les scénarii de demande & coûts de production futurs

L'enjeu

Le mix énergétique futur est conditionné par la demande et les coûts/rendements des technologies de production. Il est essentiel, pour alimenter les modèles prospectifs, de construire des scénarii complets et consolidés, à des horizons s'étendant de 2030 à 2050.

Réalisations 2019

Développement d'une plate-forme prédictive de la demande, permettant de développer des scénarii pour les secteurs industriels de transition des énergies (efficacité, substitution, activité économique).

Projection de la demande énergétique en chauffage du secteur résidentiel à l'horizon 2050 (voir Focus).

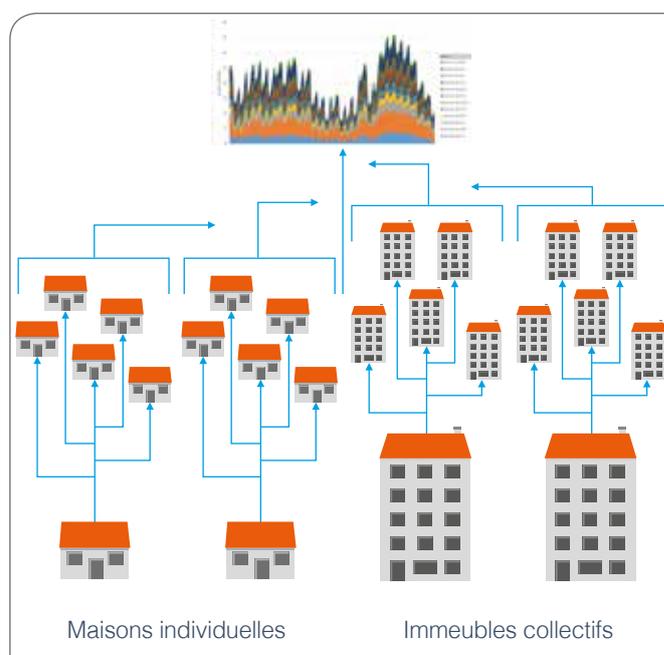
Perspectives 2030

Projection de la demande de chauffage des secteurs tertiaire et industriel.

Construction de scénarii de demandes multi-secteurs pour alimenter les études prospectives.

Leviers clés pour atteindre les objectifs

- Prendre en compte l'impact du changement climatique dans les trajectoires de demande,
- Construire les profils de demande futurs (transfert d'usage, efficacité énergétique...),
- Projeter les coûts/rendements des technologies de production d'énergie.



Simulation énergétique avec logiciel PLEIADES

La projection de la demande de chauffage

Estimer l'évolution des besoins en chauffage entre aujourd'hui et 2050 dans les secteurs résidentiel et tertiaire, en fonction des taux de rénovation et de déploiement des technologies (PAC hybride...) est nécessaire pour anticiper le réseau de demain. A partir d'un ensemble de logements « types », représentatifs du parc français, des simulations thermiques dynamiques ont été réalisées à l'aide du logiciel de simulation énergétique du bâtiment PLEIADES. Sur la base de ces premières simulations, des scénarii de rénovation ont été construits, par typologie de bâtiment et par région.



Développer une vision prospective du secteur énergétique

Études prospectives du système énergétique

L'enjeu

Prendre pleinement en compte les synergies gaz-électricité-chaaleur dans les mix énergétiques de demain.

Fournir des outils d'aide à la décision pour orienter la RD&I, les investissements dans les moyens de production et préparer le réseau de transport de demain.

Leviers clés pour atteindre les objectifs

- Améliorer la modélisation des stockages et des moyens de production des gaz renouvelables dans les modèles prospectifs,
- Réaliser des études prospectives multi-énergies à l'horizon 2050.

Réalisations 2019

Prise en main et simulations à l'horizon 2050 du modèle tout énergie JRC-EU-TIMES, outil scientifique analysant le rôle des technologies énergétiques et leurs interactions pour atteindre les objectifs de la politique européenne en matière d'énergie et de changement climatique.

Collaboration entre l'Ademe, le CEA, RTE et GRTgaz pour une modélisation prospective multi-énergies (voir Focus).

Perspectives 2030

Affinage des moyens de production des nouveaux gaz dans le modèle JRC-EU-TIMES.

Couplage entre le modèle d'investissement long-terme TIMES et le modèle ANTARES d'équilibre offre-demande en électricité-gaz.

Réalisation d'études prospectives multi-énergies à l'horizon 2050.



Logiciel de prospective énergétique

FOCUS

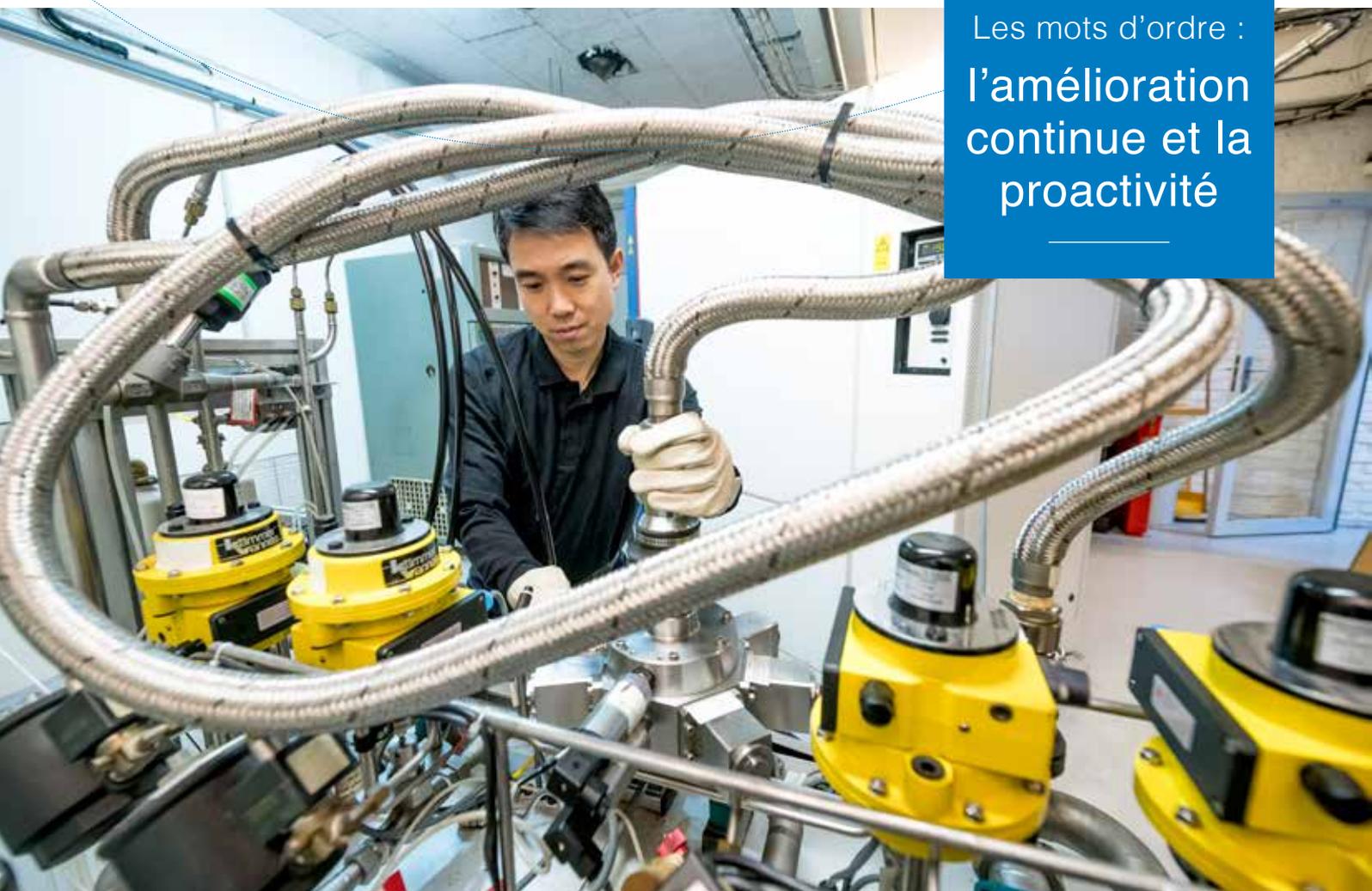
Modélisation prospective multi-énergies

En 2019 a été lancée une modélisation des interactions entre des unités d'électrolyse/méthanation et un système énergétique prospectif à l'horizon 2050, fortement décarboné et composé de réseaux d'électricité, de méthane et d'hydrogène. Reposant sur l'utilisation du logiciel ANTARES, cette modélisation permet d'estimer le coût global du système et d'étudier l'intérêt de solutions alternatives de stockage comme l'hydrogène, en calculant notamment les niveaux de sollicitation des électrolyseurs.

Rechercher toujours plus de performance opérationnelle

L'amélioration de la performance et la nécessité de gagner en flexibilité dans l'exploitation des réseaux sont devenues pour les opérateurs des enjeux essentiels dans un contexte de transition énergétique et d'évolution stable ou décroissante de la demande de gaz. Les gains d'efficacité ainsi réalisés sont en effet rendus à terme au marché par le biais des mécanismes tarifaires.

Les mots d'ordre :
l'amélioration
continue et la
proactivité



« L'innovation technologique et humaine permettent un changement de paradigme dans la façon d'appréhender notre outil industriel et nos métiers. »



Michel Hardy

Délégué programmes du domaine
Excellence opérationnelle
michel.hardy@grtgaz.com

Afin d'assurer sa mission de service public avec toujours plus d'efficacité, GRTgaz développe une démarche de performance opérationnelle. Objectifs : améliorer son organisation, ses méthodes de gestion du réseau et ses techniques d'exploitation. Ce qui nécessite le développement par RICE de nouvelles méthodes de travail et de technologies innovantes, permettant d'optimiser la gestion de ses actifs et la maintenance des infrastructures, le tout en réduisant les impacts des activités gazières sur l'environnement.

L'accélération des progrès techniques, en particulier dans le domaine des technologies, constitue un véritable levier de performance dans tous les secteurs d'activité, y compris celui de l'énergie. GRTgaz mène et coordonne des actions visant à développer de nouveaux matériaux, systèmes de surveillance et technologies de construction.



Romuald Perinet

Coordinateur du programme
*Développer de nouvelles méthodes
et organisations de travail*
romuald.perinet@grtgaz.com

Développer de nouvelles méthodes et organisations de travail

« Si l'expertise technique reste un socle essentiel pour la performance, notre entreprise doit aussi pouvoir s'appuyer sur des organisations et des méthodes à la fois robustes et flexibles. »

Avec l'essor de nouvelles technologies et l'émergence de nouveaux rapports au travail et à la hiérarchie, l'organisation et le management ne peuvent plus s'exercer comme avant. Les méthodes de travail, les compétences et les métiers vont également évoluer avec la transition énergétique et environnementale.

L'enjeu pour GRTgaz est de réussir cette transformation au service de ses clients, de ses collaborateurs, de leur santé et de leur sécurité, et de la performance durable de l'entreprise. Il s'agit non seulement de sortir des sentiers battus et d'avoir le droit à l'erreur pour chercher de nouvelles solutions à la fois audacieuses et respectueuses des femmes et des hommes de l'entreprise, mais aussi de créer un climat propice à la coopération, à l'autonomie, à la responsabilité, à la prise d'initiative, à la créativité, à la bienveillance, à la remise en question, à l'apprentissage et à l'engagement.



Développer de nouvelles méthodes et organisations de travail

Développer l'agilité, transformer le management, renforcer la contribution positive

L'enjeu

Réussir la transformation de l'entreprise au service de la performance durable de l'entreprise.

Maîtriser les nouveaux risques induits par l'évolution des infrastructures et services.

Continuer d'améliorer la santé, la sécurité, les compétences et le bien-être des collaboratrices et collaborateurs.

Réalisations 2019

Dispositif d'aide et de développement des capacités d'apprentissage de deux équipes et leur management, autour de la mise en œuvre des règles fondamentales inhérentes à leur métier, sur une activité à haut niveau de technicité : les opérations de perçage en charge (voir Focus).

Conception participative et déploiement d'une formation aux facteurs organisationnels et humains (FOH) pour l'ensemble des directions de GRTgaz, afin de mieux faire face aux imprévus et à la complexité du quotidien et de mieux gérer les risques d'erreurs humaines, à l'origine de la plupart des accidents et interruptions de fourniture. Destinés également aux managers et aux décideurs, cette formation contribue au développement du leadership sécurité et plus globalement de la culture de sécurité au sein de l'entreprise.

Une vidéo de 4 min pour comprendre l'offre de RICE dans le domaine de l'accompagnement à la prise en compte des FOH dans l'organisation du travail. À voir sur <https://cutt.ly/zg8nEcH> ou via ce flash code.



Leviers clés pour atteindre les objectifs

- Développer l'agilité et faciliter la transformation du management, des pratiques et de l'entreprise,
- Renforcer la contribution positive des hommes et des organisations à la sécurité des installations et des systèmes,
- Améliorer les conditions de santé/sécurité des activités et l'ergonomie des systèmes de travail.

Perspectives 2030

Poursuivre les travaux de RICE dans le domaine de l'ingénierie pédagogique en lien avec les questions de comportement, d'organisation et de sécurité.

Faire évoluer la culture du personnel ainsi que la posture et les pratiques des managers de demain, en phase avec les valeurs modernes de l'entreprise (engagement, initiative, droit à l'erreur, coopération...) porteuses de la réussite de sa transformation et de sa performance.



Reconstitution d'une situation d'exploitation pour analyse FOH

Mieux partager son retour d'expérience

L'activité de perçage en charge (OPC), qui consiste à obturer et percer les conduites à haute pression sans interrompre la fourniture de gaz aux clients, est délicate. D'où le dispositif d'aide et de développement des capacités d'apprentissage proposé en 2019 afin de revisiter les risques, faciliter le partage du retour d'expérience de la centaine de chantiers annuels, tirer collectivement des enseignements et des actions opérationnelles, se remettre en cause et apprendre ensemble, et enfin permettre à l'encadrement de s'accorder sur une même lecture des situations et une approche managériale.



Marie Plateau
Coordinatrice du programme
*Optimiser le dimensionnement
et la conduite des infrastructures*
marie.plateau@grtgaz.com

Optimiser le dimensionnement et la conduite des infrastructures

« RICE travaille à renforcer les connaissances de GRTgaz dans sa gestion et sa maîtrise du système Gaz, à anticiper les nouveaux besoins du marché et à maîtriser les contraintes d'investissements et d'exploitation du réseau gaz. »

GRTgaz mène des études visant à optimiser le dimensionnement et la conduite des infrastructures dans leur usage actuel. La complexité croissante des réseaux gaz et de leur gestion suppose d'anticiper au mieux les nouveaux besoins et d'y adapter les infrastructures réseaux. L'exercice s'avère d'autant plus complexe que les évolutions du marché du gaz nécessitent fluidité et flexibilité.

Ainsi, sont développés des modèles mathématiques et logiciels de calcul de plus en plus performants, dédiés au dimensionnement et à la gestion optimisée du réseau afin de respecter les contraintes opérationnelles et contractuelles.

Dans un contexte en forte évolution, deux défis majeurs sont à relever :

- adapter les modèles existants mais aussi développer de nouvelles approches pour prendre en compte les changements radicaux des propriétés physiques des nouveaux gaz et la complexité croissante des flux ;
- développer des outils capables de répondre quasiment en temps réel aux nouveaux besoins du marché.



Optimiser le dimensionnement et la conduite des infrastructures

Programmation et planification

L'enjeu

Améliorer la performance opérationnelle de gestion des réseaux (gains en fluidité et flexibilité).

Améliorer la performance économique de gestion des réseaux (maîtrise des dépenses d'exploitation).

Leviers clés pour atteindre les objectifs

- Réaliser de la veille scientifique et technologique sur la prise en compte des nouveaux gaz,
- Maintenir les modèles en conditions opérationnelles.

Réalisations 2019

Étude de faisabilité autour de nouvelles approches dédiées au pilotage intra-journalier du réseau (décomposition horaire d'une journée gazière).

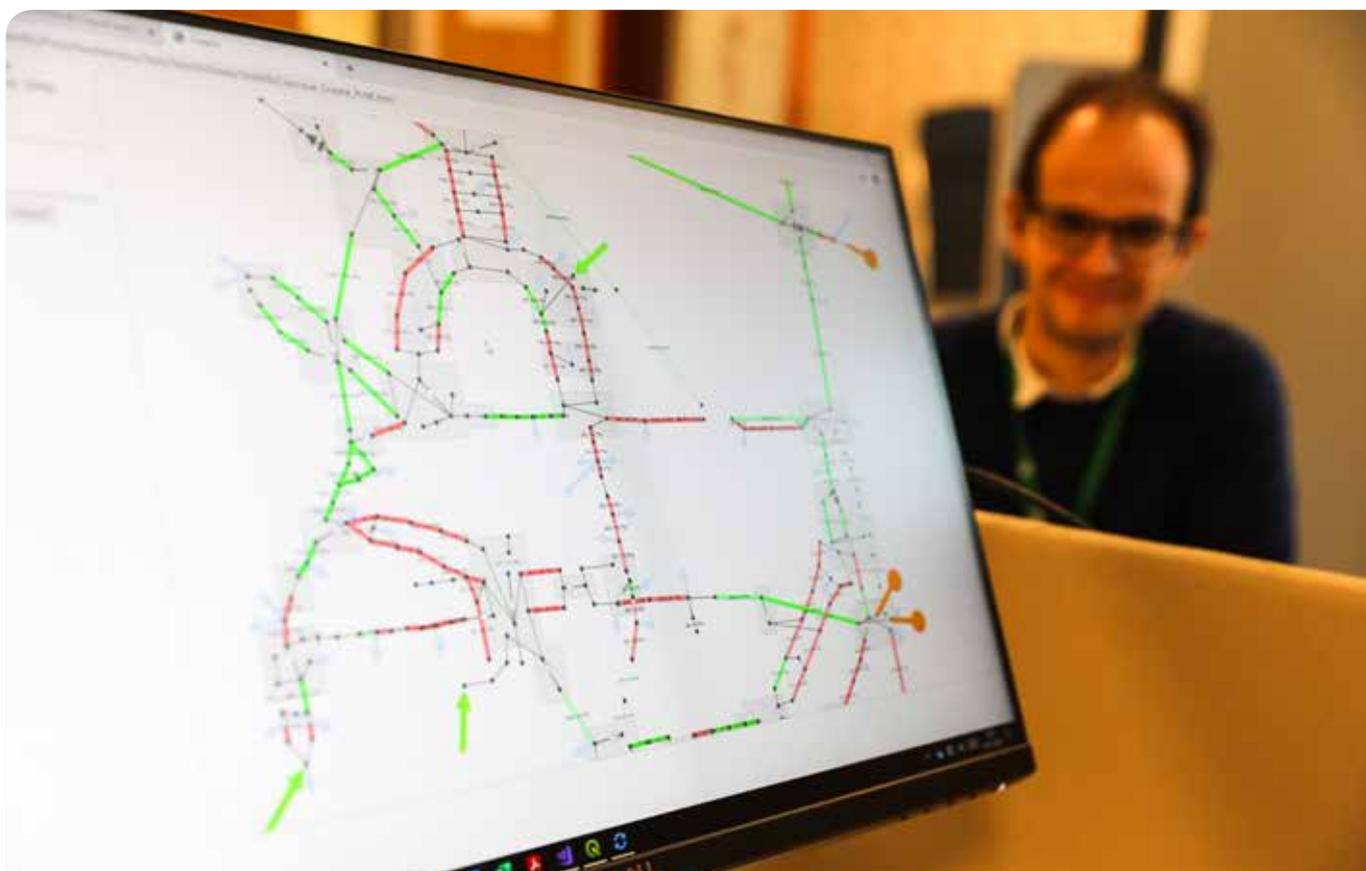
Modélisation plus fine et donc plus réaliste des sources de flexibilités intra-journalières (stock en conduite) et mise en production des évolutions au dispatching national de GRTgaz.

Perspectives 2030

Adapter les modèles mathématiques à l'arrivée des nouveaux gaz.

Affiner la modélisation du réseau.

Améliorer les performances des logiciels opérationnels utilisés pour l'équilibrage global du réseau.



Logiciel de modélisation des réseaux



Optimiser le dimensionnement et la conduite des infrastructures

Dimensionnement et adaptation des réseaux

L'enjeu

Renforcer la place de GRTgaz dans la transition énergétique.

Anticiper les besoins d'évolution et d'investissements sur son réseau.

Réalisations 2019

Amélioration des performances pour l'évaluation des capacités commercialisables du réseau avec le logiciel Capaflex qui permet de calculer les limites d'utilisation du réseau principal de transport et la flexibilité intra-journalière disponible.

Mise en production des évolutions au dispatching national de GRTgaz.

Leviers clés pour atteindre les objectifs

- Assurer une veille scientifique,
- Développer de nouveaux prototypes et modèles mathématiques.

Perspectives 2030

Optimiser le dimensionnement des réseaux pour prendre en charge les nouveaux gaz (bio-méthane, H₂).

Réaliser des études pour affiner les calculs de capacités commercialisables du réseau.

Proposer les meilleures adaptations de réseaux pour être en mesure d'accueillir les quantités de bio-méthane visées à cet horizon.



Optimiser le dimensionnement et la conduite des infrastructures

Simulation et modélisation des réseaux

L'enjeu

Réussir l'intégration des gaz renouvelables.

Piloter finement le réseau.

Respecter les obligations de service public et la continuité d'acheminement.

Réalisations 2019

Étude de faisabilité afin d'améliorer la prise en compte des variations intra-journalières des flux de gaz sur le réseau de transport et donc de calculer plus finement les pertes de charge au sein du réseau (voir Focus).

Leviers clés pour atteindre les objectifs

- Assurer une veille scientifique,
- Développer de nouveaux prototypes et modèles.

Perspectives 2030

Mise en production d'un module dédié à une meilleure prise en compte des variations intra-journalières des flux de gaz.

Adaptation des modèles mathématiques à l'arrivée des nouveaux gaz.

Développement et veille sur des futurs outils reposant sur les simulations dynamiques.

Perspective de calculs intégrés sur le réseau régional de transport et le réseau de distribution pour le bio-méthane afin d'optimiser les rebours.

Bambou, au cœur du dispatching national

Le logiciel de calcul Bambou, développé par RICE, facilite le dispatching national, c'est-à-dire le pilotage et le dimensionnement du réseau de transport de gaz 24/24 h à partir des demandes d'acheminement formulées par les expéditeurs. Des simplifications étaient réalisées pour la prise en compte des fluctuations intra-journalières du réseau. L'étude entamée en 2019 a donc cherché à prendre en compte plus finement la variation intra-journalière des approvisionnements et consommations.

**Elisabeth Fleury**

Coordinatrice du programme
*Optimiser la gestion des actifs, la maintenance
et l'exploitation des réseaux*
elisabeth.fleury@grtgaz.com

Optimiser la gestion des actifs, la maintenance et l'exploitation des réseaux

« Notre objectif : moderniser la gestion des actifs et optimiser les coûts des réseaux tout en maintenant un haut niveau de sécurité. »

Tendre vers une maintenance et une exploitation des réseaux optimales et efficaces, qui s'adaptent à un monde en perpétuelle transformation technologique, scientifique et opérationnelle, tout en maintenant un haut niveau de sécurité. Telle est la mission que se fixe RICE.

Pour cela, RICE propose des actions de RD&I visant à :

- décentraliser le réseau via la télétransmission de données ;
- réduire les indisponibilités du réseau liées à la maintenance du réseau, au manque de fiabilité des matériels ou encore à la défaillance d'équipements ;
- et enfin, à pérenniser l'approvisionnement, la qualité et les coûts des matériels.

Ces objectifs reposent d'une part sur le développement de modèles et méthodes d'optimisation de la gestion des actifs de réseaux, et d'autre part sur l'intégration de nouvelles instrumentations et de nouveaux outils dans les procédures d'exploitation et de maintenance des réseaux.



Optimiser la gestion des actifs, la maintenance et l'exploitation des réseaux

Optimiser l'exploitation

L'enjeu

Améliorer les procédures et consignes d'exploitation.

Pérenniser l'approvisionnement et la qualité des fonctionnalités des matériels de réseau.

Réalisations 2019

Instrumentation d'un ouvrage pour mieux évaluer les risques liés au froid suite à la mise à l'évent.

Qualification de matériels comptage et réseau.

Recensement des solutions techniques permettant une adaptation du matériel actuellement en exploitation sur le réseau et le téléajustage de la pression à distance dans l'éventualité de l'injection de nouveaux gaz sur le réseau.

Perspectives 2030

Disposer de procédures et consignes adaptées aux risques liés au froid et à l'arrivée de nouveaux gaz.

Qualification de matériel réseaux et comptage pour tous gaz.

Leviers clés pour atteindre les objectifs

- Améliorer la connaissance des risques sur le réseau en exploitation (problématique froid),
- Développer des modèles de risque après instrumentation d'ouvrages,
- Qualifier des matériels (comptage et réseau).



Recherche de solutions pour téléajuster la pression à distance dans l'éventualité de l'injection de nouveaux gaz sur le réseau.

Essais de qualification d'un régulateur

Un régulateur de marque Honeywell a été testé en 2019 sur les bancs de RICE à Alfortville, en version haute pression (HP) et moyenne pression B (MPB).

Les essais ont porté sur la qualité de régulation et la classe de fermeture pour trois pressions amont (20, 35 et 60 bars), à température ambiante (20°C) et à des températures extrêmes (- 20°C ; + 60°C), avec variation rapide du débit (mode tout ou rien à 700, 1 500 et 2 700 (n)m³/h).





Optimiser la gestion des actifs, la maintenance et l'exploitation des réseaux

Optimiser la maintenance

L'enjeu

Développer et proposer de nouvelles méthodes, outils ou techniques de maintenance (maintenance différenciée ou prédictive).

Réalisations 2019

Développement d'outils logiciels : projet d'unification de la maintenance PUMA qui consiste en une refonte du système d'information de maintenance pour permettre une harmonisation des pratiques et du référentiel de maintenance au sein de l'entreprise ; outil opérationnel Relia Pipe permettant de caractériser l'aptitude au service d'une canalisation de transport de gaz naturel.

Opportunité de maintenance prédictive pour le projet West Grid Synergy (voir Focus).

Qualification d'une peinture sans traitement de surface de l'acier.

Leviers clés pour atteindre les objectifs

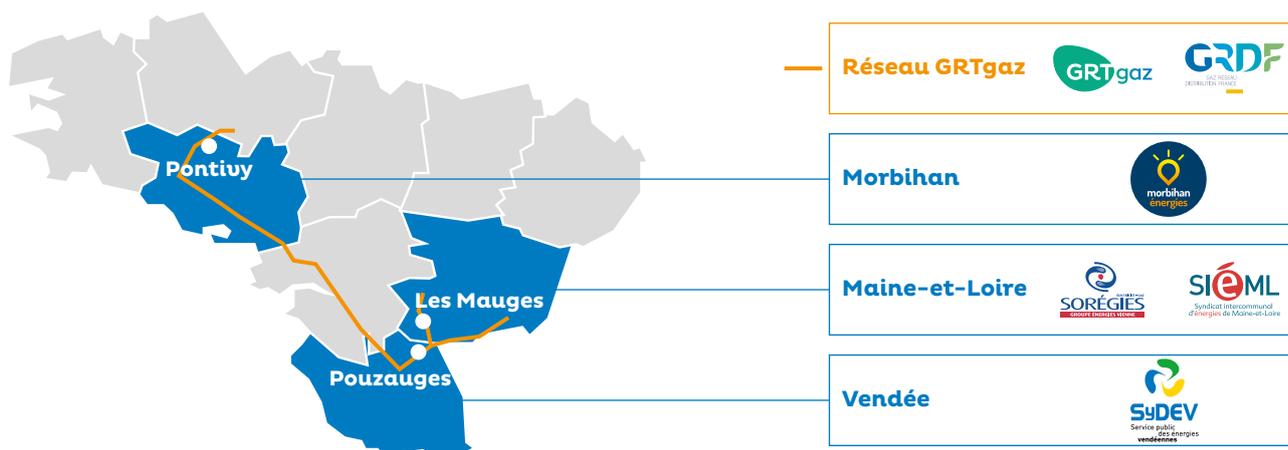
- Renforcer la connaissance des nouveaux modèles développés,
- Adapter ces méthodes aux problématiques des réseaux,
- Développer des outils informatiques et/ou de nouvelles techniques de maintenance.

Perspectives 2030

Disposer d'outils de maintenance différenciés plus efficaces et plus fiables.

Disposer d'une maintenance prédictive sur l'ensemble des équipements du réseau.

Utilisation des nouvelles techniques de maintenance développées offrant un gain financier à sûreté et qualité égales.



Projet West Grid Synergy

FOCUS

West Grid Synergy (WGS)

Regroupant un collectif d'acteurs (Région Bretagne, Région Pays de la Loire, SyDEV, SIéML, Morbihan Energies, GRTgaz, GRDF, Sorégies), West Grid Synergy imagine des solutions innovantes permettant : l'augmentation des capacités d'injection de biométhane ; le développement de nouveaux usages performants du gaz (industrie, mobilité...) ; et la possibilité pour les opérateurs de réseau d'adapter la production ou la consommation de manière optimale via l'utilisation du numérique.



Optimiser la gestion des actifs, la maintenance et l'exploitation des réseaux

Optimiser la gestion des actifs

L'enjeu

Adapter la gestion du réseau en prenant en compte son vieillissement, la fiabilité des équipements, le retour d'expériences opérationnelles afin d'optimiser les arbitrages entre les dépenses d'exploitation et d'investissement.

Réalisations 2019

Analyse du retour d'expériences de régulateurs avec données fiabilisées afin d'estimer les taux d'incidents des régulateurs par paramètres (modèle, nature d'incident et techniques de pose), d'évaluer l'impact du vieillissement des régulateurs par modèle et nature d'incident, et d'affecter de manière fiable chaque incident sur régulateur à un modèle.

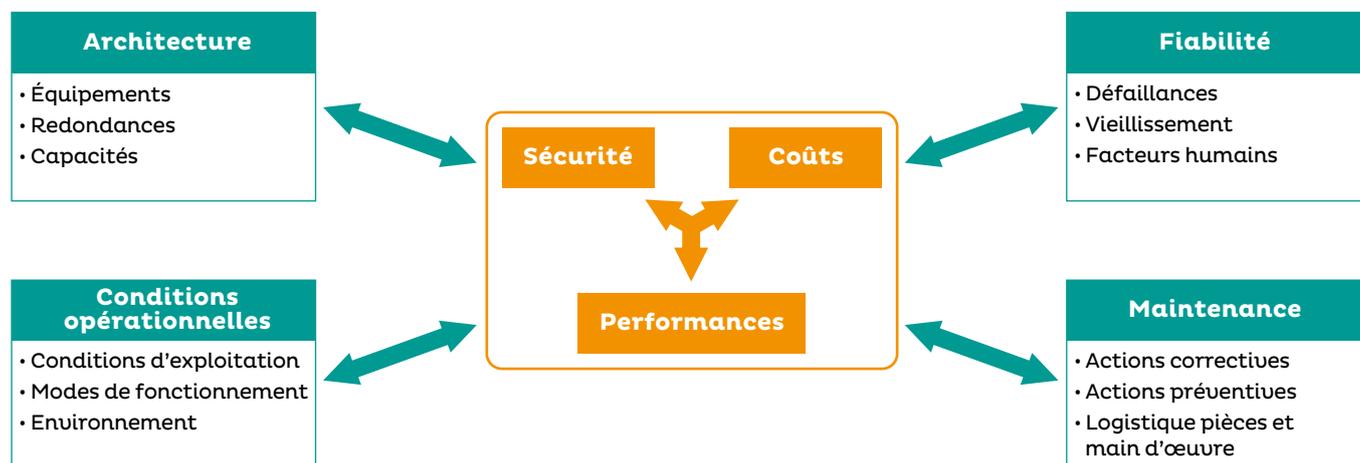
Leviers clés pour atteindre les objectifs

- Réaliser un audit sur différents types d'équipement et création de bases de données,
- Évaluer et comparer la pertinence de scénarii de gestion des actifs,
- Développer des outils d'optimisation des arbitrages entre les dépenses d'exploitation et d'investissement.

Perspectives 2030

Déployer et valoriser les outils de gestion des actifs développés prenant en compte la fiabilité et/ou le vieillissement des équipements du réseau.

Faciliter l'arbitrage OPEX/CAPEX en adaptation aux marchés du gaz via la mise à disposition d'outils performants.



AM'Elior : un outil de gestion des actifs

AM'Elior, le développement d'un outil de gestion des actifs

AM'Elior est une démarche d'asset management. Son objectif : que GRTgaz dispose, dès 2020, des outils et de la méthode lui permettant d'optimiser et d'anticiper l'adaptation de son outil industriel aux nouveaux enjeux en termes de fiabilité (en caractérisant le temps de bon fonctionnement avant défaillance), de prévention (en réduisant la probabilité de défaillance) et de correction (en réparant une éventuelle défaillance). La démarche AM'élior est donc appelée à changer en profondeur l'entreprise, en améliorant la transversalité et en assurant la cohérence des visions quelle que soit l'échelle de temps (court, moyen ou long terme) ou le type de décision (stratégique, industrielle, opérationnelle ou encore économique). Tous les métiers sont donc concernés par cette démarche.

**Elodie Rousset**

Coordinatrice du programme
*Réduire les impacts environnementaux
des activités gazières*
elodie.rousset@grtgaz.com

Réduire les impacts environnementaux des activités gazières

« Contribuer à la neutralité carbone et réduire les autres impacts environnementaux constituent un enjeu majeur pour réaliser une transition énergétique réussie. »

La réduction des impacts environnementaux de son activité est un enjeu majeur pour GRTgaz, en tant qu'industriel et acteur éco-responsable du secteur énergétique. Le programme de RD&I mené par RICE contribue ainsi à réduire son empreinte écologique : réduction des émissions directes de gaz à effet de serre comme le méthane, réduction de la consommation énergétique, récupération des énergies fatales, limitation de l'impact sur la biodiversité et sur les riverains (encombrement des chantiers, bruits et nuisances...). Pour ce faire, les équipes RD&I de RICE identifient, développent ou mettent en place des solutions technologiques ou des méthodologies permettant de comprendre et de mesurer plus finement les impacts, de les réduire et de garantir la mobilisation de toutes les parties prenantes autour de la problématique environnementale.

La majeure partie de l'activité 2019 se concentre autour de la détection, de la quantification et de la réduction des émissions de méthane ainsi que sur l'optimisation de consommation énergétique et la récupération d'énergie fatale de détente, aujourd'hui perdue (avant de parvenir au client, la pression du gaz doit être fortement abaissée par des vannes de détente et l'énergie libérée est perdue).



Réduire les impacts environnementaux des activités gazières

Mesurer les impacts environnementaux

L'enjeu

Améliorer la fiabilité des mesures de quantification des émissions de méthane.

Optimiser la durée des campagnes de détection et de quantification des fuites.

Réalisations 2019

Amélioration des méthodes de détection et de quantification *in situ* des émissions de méthane à utiliser par un opérateur au niveau du sol (méthodologies dites « bottom up ») par :

- le développement d'un dispositif de quantification de fuites de méthane par aspiration alliant précision de la mesure et ergonomie,
- des essais d'une caméra gaz sur le terrain,
- l'identification de technologies innovantes de détection permettant d'imaginer toutes sortes d'applications pour une identification fiable, rapide et efficace de fuite.

Appui à l'amélioration des estimations des émissions de méthane par le développement d'un outil de calcul des émissions au niveau des garnitures sèches de compresseur et par l'étude des incertitudes des erreurs associées aux méthodes d'estimation.

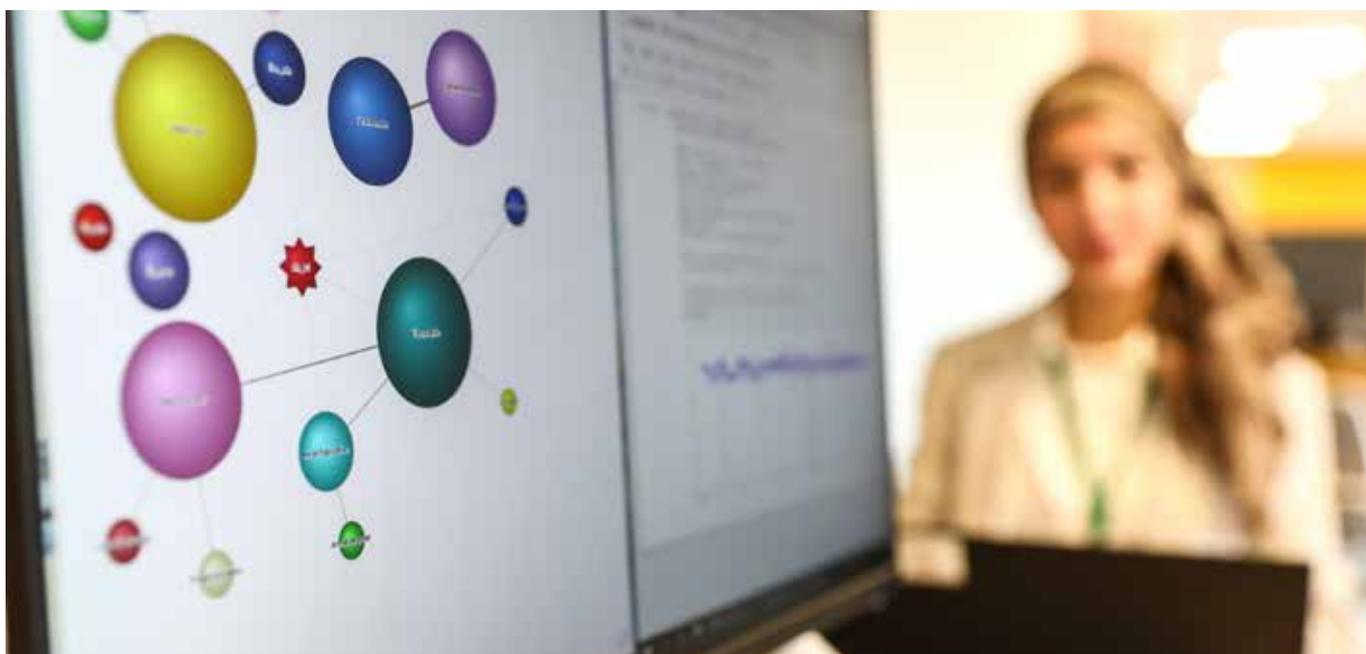
Leviers clés pour atteindre les objectifs

- Améliorer la connaissance des méthodologies de quantification descendante (top down),
- Qualifier les méthodologies.

Perspectives 2030

Disposer de moyens «bottom-up» rapides, précis et économiques pour la quantification des fuites de méthane.

Intégrer les moyens de détection et de quantification des émissions de méthane à distance dits «top down», dans les méthodes d'estimation et de reporting, comme par exemple, les véhicules, les drones, etc.



Outil de simulation pour la réduction des fuites de méthane



Carine Lacroix

Coordnatrice du programme
*Développer de nouveaux matériaux,
systèmes de surveillance et technologies
de construction*
carine.lacroix@grtgaz.com

Développer de nouveaux matériaux, systèmes de surveillance et technologies de construction

« Limiter les dommages aux ouvrages pour garantir la sécurité, améliorer les systèmes de surveillance, optimiser les coûts des travaux de pose de canalisation. »

Offrir de meilleures conditions de raccordement à nos clients en optimisant le coût et le temps de pose de nos canalisations est un défi quotidien pour GRTgaz. Pour ce faire, les équipes RD&I de RICE définissent et développent de nouvelles solutions techniques allant jusqu'à l'identification de canalisations composites non encore exploitées couramment dans le transport de gaz.

La réduction des dommages aux ouvrages est le second pilier de ce programme de travail. L'ambition de RICE : optimiser les techniques de surveillance actuelles ou les techniques de détection de canalisation. L'apport des nouvelles technologies de visualisation en réalité augmentée est un des piliers de la stratégie de réduction des dommages aux ouvrages : demain, il sera possible de visualiser en réalité augmentée les canalisations enterrées à partir d'un smartphone ou d'une tablette.



Matériaux, systèmes de surveillance et technologies de construction

Développer et optimiser les systèmes de surveillance du réseau

L'enjeu

Garantir la sécurité des ouvrages de GRTgaz lors de travaux tiers.

Améliorer les systèmes de surveillance tout en baissant les coûts de surveillance.

Optimiser les techniques de détection des canalisations.

Réalisations 2019

Identification du potentiel de la surveillance satellitaire et planification de tests en 2020.

Réflexion pour la création d'une base de données images et vidéos afin d'améliorer les algorithmes de traitement et permettre l'utilisation de drones et satellites pour la surveillance de nos réseaux.

Amélioration des techniques de détection via le développement de détecteurs combinant différentes technologies de détection de canalisation.

Perspectives 2030

Disposer, en complément des méthodes traditionnelles, de systèmes de surveillance automatisés, qui seront autant de leviers permettant d'améliorer la performance financière et l'empreinte environnementale.

Développer des briques technologiques permettant de visualiser en réalité augmentée les canalisations sur une tablette dans des zones non couvertes par le GPS.

Identifier des technologies permettant de limiter les dommages aux ouvrages lors de travaux à proximité des canalisations.

Leviers clés pour atteindre les objectifs

- Identifier les nouvelles techniques de surveillance et les éprouver,
- Développer des algorithmes de traitement des informations,
- Développer de nouveaux détecteurs de canalisation.



Détection de canalisations dans l'aire d'essais de RICE

TransparenSee

TransparenSee est un logiciel permettant de visualiser en réalité augmentée les réseaux enterrés de la zone d'essais de RICE. Ce logiciel est une première étape vers une tablette permettant de visualiser, sur chantier, en temps réel, les canalisations enterrées à partir de données issues d'un système d'information SIG (= qui recueille, stocke, traite, analyse, gère et présente des données spatiales et géographiques) et de détecteurs. Prochaine étape : démontrer la faisabilité dans un environnement moins contrôlé (une ville avec de nombreux réseaux enterrés).





Matériaux, systèmes de surveillance et technologies de construction

Optimiser les coûts des travaux

L'enjeu

Optimiser la phase avant travaux et travaux.

Optimiser la durée d'exploitation des ouvrages.

Réalisations 2019

Nouvelles fonctionnalités et amélioration du logiciel d'aide à la décision RAMCES (Recueil d'Approches Mécaniques pour les Conduites sous Efforts Secondaires). RAMCES Pléiade permet d'évaluer la nocivité et l'acceptabilité des efforts secondaires créés par des travaux tiers, des surcharges routières, des remblais, etc. Accessible depuis un service web, cette Plateforme Logicielle Experte pour l'Ingénierie et l'Aide à la Décision de l'Exploitant (d'où l'acronyme Pléiade) permet de réaliser des études d'acceptabilité à partir de données d'entrées simples sur des canalisations ayant des chargements secondaires, de se renseigner sur des méthodes d'excavation ou d'accéder à des outils de conception de pose de canalisation.

État de l'art à l'international sur les canalisations composites et sélection de la solution correspondant aux besoins de GRTgaz.

Leader du projet de recherche à l'international Orfeus (*Operational Radar For Every drill string Under the Street*), visant à industrialiser une tête de forage intégrant un radar pour un forage sans tranchées désormais possible d'un point de vue sécurité dans les zones encombrées

Leviers clés pour atteindre les objectifs

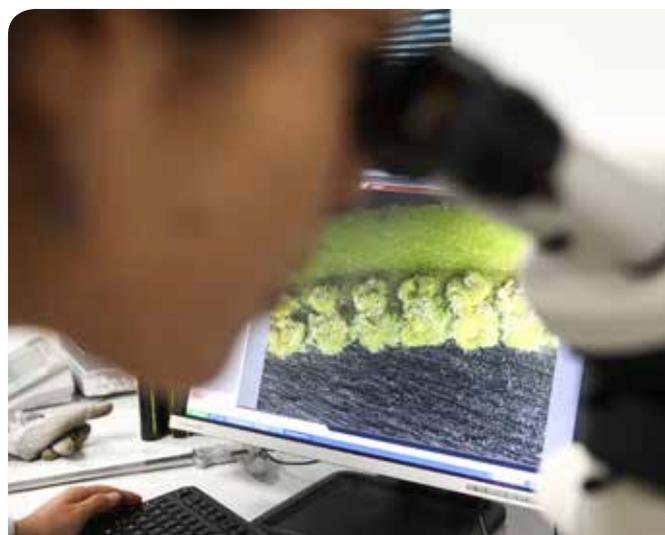
- Poursuivre l'amélioration du logiciel RAMCES,
- Identifier et éprouver de nouveaux matériaux,
- Développer de nouvelles technologies de construction.

Perspectives 2030

Optimiser la phase avant travaux grâce à l'amélioration des fonctionnalités du logiciel RAMCES.

Éprouver les canalisations composites pour diversifier l'offre technique de raccordement de GRTgaz.

Optimiser la durée d'exploitation des ouvrages grâce à la réhabilitation des canalisations.



Observation des canalisations composites

Nouvelles canalisations

Les canalisations en polyéthylène peuvent être utilisées jusqu'à 10 bar maximum. Au-delà, seules les canalisations aciers sont actuellement autorisées. RICE a effectué une étude de marché internationale des solutions flexibles alternatives, comme les canalisations en polyamide (pression < 16-18 bar) ou les canalisations multicouches (« composites » pression 70-100 bar). Ces deux solutions permettent de poser de 200 m à 400 m de canalisations en limitant drastiquement le nombre de connexions entre tubes et sans risque de corrosion. Des tests laboratoires sont prévus, de manière à éprouver ce nouveau type de canalisations dont l'emploi est déjà autorisé dans certains pays pour du gaz naturel ou du transport de fluides très corrosifs en sortie de puits de pétrole.

Rédaction, conception et réalisation purplepop

Ont contribué à ce rapport : Elisabeth Fleury, Michel Hardy, Carine Lacroix, Maxime Lecchi, Amélie Louvat, Tanguy Manchec, Christophe Olry, Romuald Perinet, Elodie Rousset, Pierre-Yves Rousset, Christophe Tastard, Alice Vatin,

ainsi que Christian Copin et l'équipe de la communication de RICE.

Crédits photos : Médiathèque GRTgaz : Grégory Brandel, Franck Dunouau, Hamid Hazmoun, Cédric Helsly, Brigitte Leforestier et Luc Maréchaux.

grtgaz.com
gazenergiesdespossibles.fr
researchbyrice.com



à télécharger sur App Store,
Google Play, Windows Phone Store



opendata.reseaux-energies.fr



[twitter.com/@grtgaz](https://twitter.com/grtgaz)
twitter.com/@RICE_Energy



[linkedin.com/company/
rice-research-innovation-center-for-energy/](https://linkedin.com/company/rice-research-innovation-center-for-energy/)

GRTgaz

Immeuble Bora 6, rue Raoul Nordling — 92277 Bois-Colombes Cedex — 01 55 66 40 00

RICE

1-3 rue du commandant d'Estienne d'Orves — 92390 Villeneuve-la-Garenne — 01 41 11 59 30