

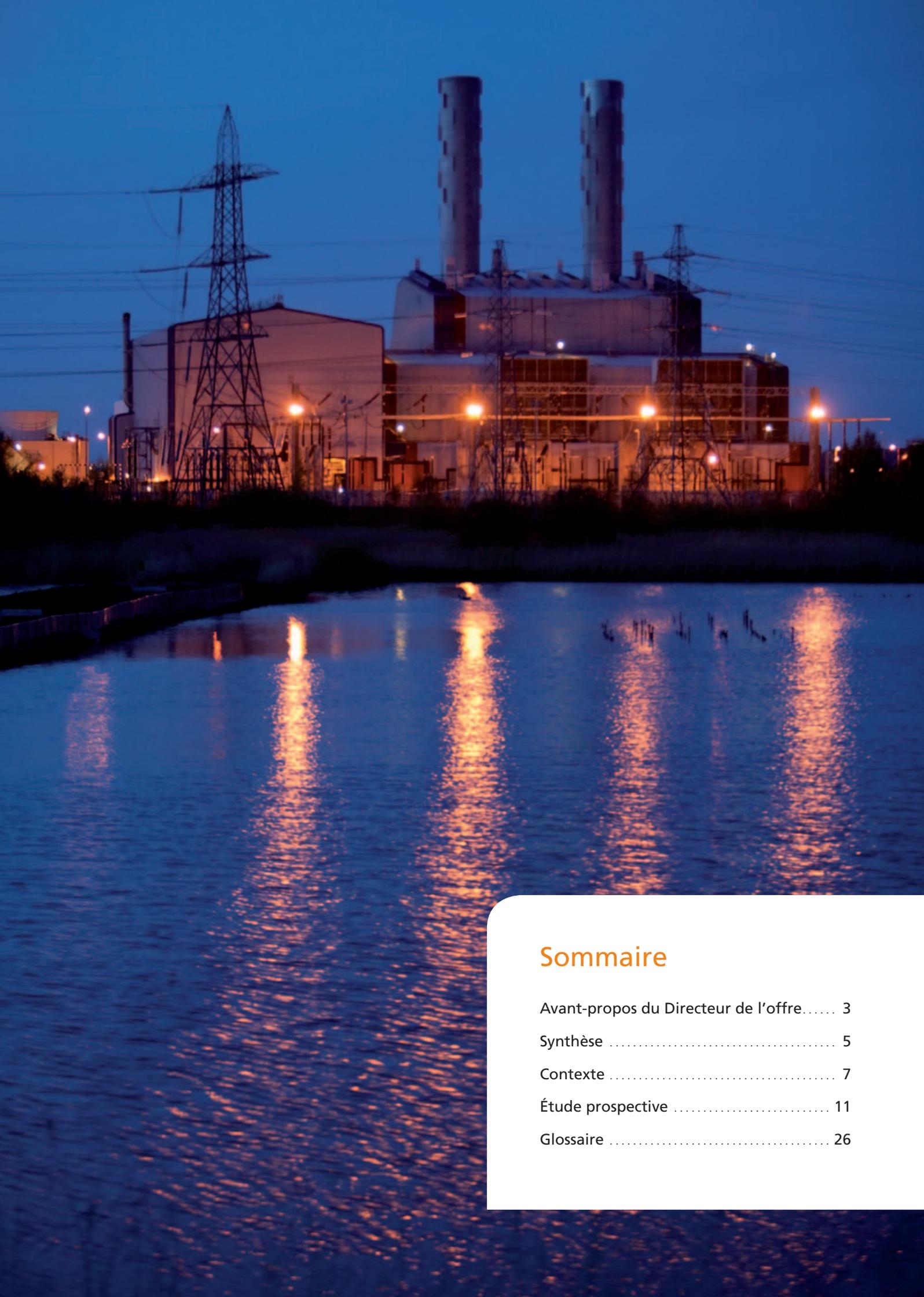
# Répondre aux besoins de modulation intra-journalière

Adéquation offre-demande  
de la flexibilité intra-journalière

**Étude prospective 2012-2020**



Construisons le transport de demain



## Sommaire

Avant-propos du Directeur de l'offre.....	3
Synthèse .....	5
Contexte .....	7
Étude prospective .....	11
Glossaire .....	26

# Avant-propos du Directeur de l'offre



Le secteur énergétique mondial doit faire face à d'immenses défis : croissance continue des besoins énergétiques, prise en compte des contraintes environnementales, maîtrise des risques et des équilibres économiques notamment. Le gaz naturel a de nombreux atouts pour répondre à ces défis.

Ses réserves sont abondantes et bien réparties dans le monde. La France, au confluent des différentes routes gazières européennes, bénéficie par ailleurs de l'existence d'un marché de gros dynamique avec un nombre croissant de fournisseurs.

D'un point de vue environnemental, le gaz est l'énergie fossile qui émet le moins de CO<sub>2</sub> lors de sa combustion. Il ne contient pas de soufre, ne produit pas de particules et permet de limiter les rejets d'oxyde d'azote.

Au-delà de l'utilisation directe du gaz naturel, nous avons à GRTgaz la conviction que la production d'électricité à partir du gaz naturel va poursuivre sa croissance. Dans l'optique d'une évolution du mix énergétique européen, elle est le complément idéal des énergies renouvelables, notamment de l'éolien et du photovoltaïque dont la production est par nature intermittente.

Les centrales à cycle combiné fonctionnant au gaz naturel participent pleinement à cette évolution, car elles peuvent parfaitement répondre aux fluctuations de la demande électrique avec cet avantage supplémentaire d'un rendement bien supérieur aux autres centrales thermiques (charbon, fioul), nécessitant ainsi moins d'énergie primaire pour produire de l'électricité.

Ces centrales fonctionnant au gaz naturel ont besoin de pouvoir faire varier fortement leurs consommations de gaz naturel durant la journée pour s'adapter aux fluctuations de la demande des consommateurs d'électricité. Le réseau de transport de gaz naturel de GRTgaz est capable d'apporter cette flexibilité de fonctionnement, essentielle pour assurer l'équilibre du système électrique en temps réel.

Quasiment inexistantes en France il y a peu, mais déjà très présentes en Europe et dans le monde, les sites de production d'électricité à partir du gaz naturel se sont multipliés ces dernières années. À GRTgaz, nous avons répondu positivement à l'arrivée de ces nouveaux clients.

Notre organisation et notre offre ont ainsi été adaptées pour suivre ces évolutions. Mais nous voulons aller plus loin. C'est l'objet de cette étude que d'évaluer sur l'horizon 2012-2020 l'adéquation entre les nouveaux besoins de nos clients et les ressources de flexibilité intra-journalière disponibles.

Elle montre des résultats bien plus satisfaisants que lors de la précédente étude publiée en 2010. Dès aujourd'hui, le réseau de transport de gaz est en mesure de répondre à la quasi-totalité des besoins de modulation intra-journalière de ses utilisateurs. À partir de 2017, notamment grâce à nos investissements, notre réseau sera non seulement capable de répondre à la croissance du besoin de modulation intra-journalière, mais d'aller même au-delà si le marché le demande.

GRTgaz anticipe, investit et innove pour proposer en France des infrastructures en adéquation avec l'évolution rapide des systèmes énergétiques.



# Synthèse

Au cours de ces dernières années, de nouveaux consommateurs sont arrivés sur le réseau de transport de gaz naturel de GRTgaz avec non seulement des besoins importants de consommations pour lesquels GRTgaz a construit les infrastructures nécessaires, mais aussi des besoins conséquents de variation de leur consommation en cours de journée. Ces consommateurs sont appelés sites fortement modulés.

Aujourd'hui, **le système gazier** dont GRTgaz est le coordinateur en matière de flexibilité intra-journalière, **répond déjà de manière satisfaisante à la totalité des besoins de ces sites**. Ainsi, les sites fortement modulés ont accès aux sources de flexibilité intra-journalière interne et externe par le biais du service spécifique de flexibilité intra-journalière assuré par GRTgaz. Ce service a été mis en place au 1<sup>er</sup> avril 2011 après publication de la délibération de la Commission de régulation de l'énergie du 24 mars 2011.



Début 2010, GRTgaz a publié une première étude sur l'équilibre entre les besoins de modulation intra-journalière des sites fortement modulés exprimés la veille pour le lendemain et la flexibilité intra-journalière disponible. Nous publions ici la mise à jour de cette étude sur un horizon 2012-2020.

GRTgaz a établi un scénario de référence qui prend en compte des hypothèses construites avec les opérateurs d'infrastructures et partagées avec les acteurs du marché au sein de la Concertation Gaz. Pour ce scénario, on considère un équivalent de 22 tranches de centrales à cycle combiné gaz installées en 2020 sur le réseau de GRTgaz qui fonctionnent sur la base de profils horaires fournis à GRTgaz par les producteurs d'électricité. Les sources de flexibilité intra-journalière considérées sont une source interne, le stock en conduite utile disponible sur le réseau de GRTgaz, puis les sources externes fournies par d'autres opérateurs d'infrastructures.

Les résultats de cette étude montrent que sur l'ensemble du réseau de GRTgaz :

- **les infrastructures gazières présentent pour la période 2012-2015 une excellente capacité à répondre aux besoins de modulation intra-journalière des sites fortement modulés** annoncés la veille pour le lendemain ;
- en 2016, cette capacité s'accroît ; l'appel aux sources externes de flexibilité intra-journalière devient alors marginal et ne devient plus nécessaire à partir de 2017 pour couvrir les besoins demandés par les sites fortement modulés ;
- les décisions récentes concernant le renforcement de notre réseau principal permettent de créer un potentiel suffisant de stock en conduite utile, source interne de flexibilité intra-journalière. C'est notamment grâce à ces nouveaux ouvrages de transport que les résultats de cette étude prospective 2012-2020 sont bien plus optimistes que ceux affichés dans la précédente étude.

Ainsi, GRTgaz s'avère capable d'anticiper des besoins à l'avenir plus élevés que les hypothèses retenues dans l'étude en termes de fréquence ou d'amplitude du besoin de modulation. GRTgaz est également prêt à fournir la flexibilité intra-journalière aux sites fortement modulés susceptibles de s'installer sur son réseau d'ici 2020.



Handwritten notes and printed documents on the table. One document has a green header and the text "PROJET DE DEVELOPPEMENT D'UN CENTRE COMMERCIAL ET DE LOGEMENTS".



Handwritten notes in red ink on a piece of paper at the bottom left of the image.



# Contexte

## Un besoin de modulation intra-journalière croissant

La modulation intra-journalière des consommations matérialise la variation horaire de la consommation en gaz naturel durant une journée gazière.

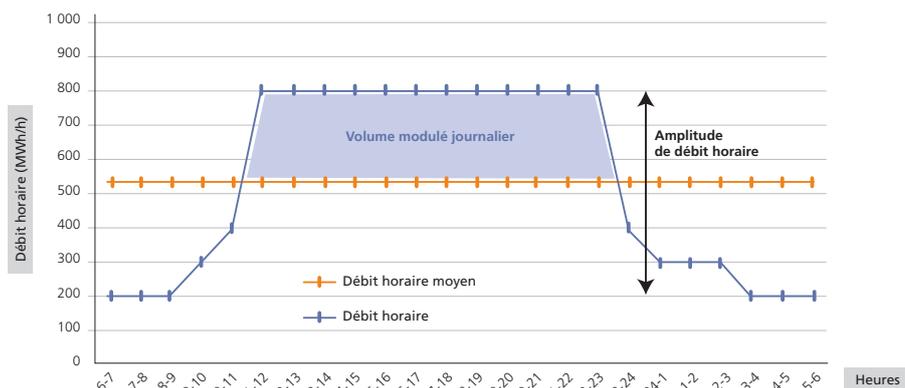
Certains clients raccordés au réseau de GRTgaz présentent à la fois un niveau de consommation important et de fortes variations de consommation au cours de la journée, et donc une demande significative de modulation intra-journalière. Ces sites, lorsqu'ils ont un besoin de volume journalier modulé supérieur à 0,8 GWh/j, sont qualifiés de sites fortement modulés (SFM). Aujourd'hui, les sites fortement modulés sont des centrales de production centralisée d'électricité à partir de gaz naturel.

Les premiers sites fortement modulés ont été raccordés au réseau de transport il y a quelques années seulement. Aujourd'hui, leur besoin de modulation agrégée est comparable en moyenne annuelle au besoin du marché conventionnel<sup>(1)</sup> et ne tardera pas à être beaucoup plus important.

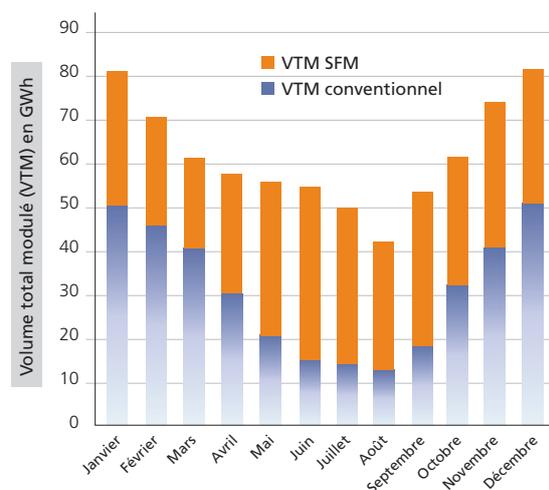
Le besoin de modulation intra-journalière pour une journée se caractérise par :

- le volume modulé journalier qui quantifie les volumes de gaz à mobiliser au cours de la journée gazière ;
- l'amplitude de débit horaire de fonctionnement qui représente l'écart entre la consommation horaire maximale et minimale.

Le schéma ci-dessous illustre ce besoin de modulation intra-journalière en représentant pour un jour donné un exemple de programme de fonctionnement d'un site fortement modulé.

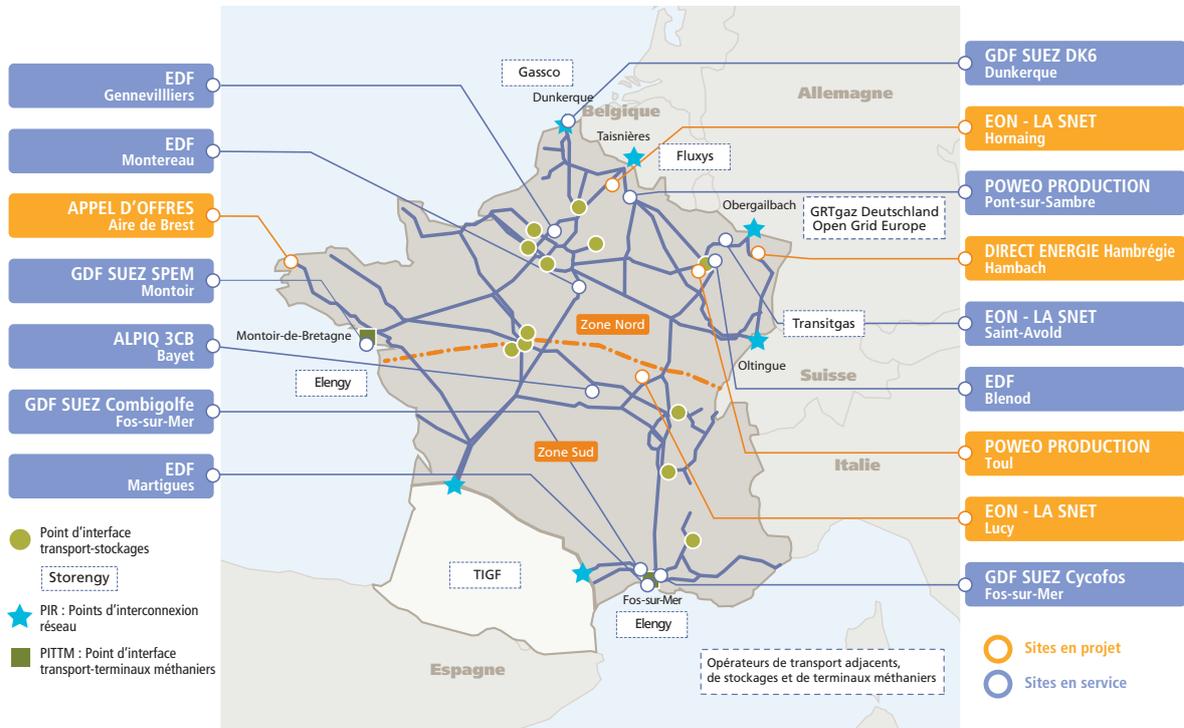


Ainsi, sur la période estivale, leur volume total modulé (VTM) est estimé pour 2012 à 30 GWh/j, soit un niveau deux fois supérieur à celui du marché conventionnel :



(1) Le marché dit « conventionnel » correspond aux distributions publiques et aux industriels raccordés au réseau de transport ne remplissant pas le critère qui qualifie les sites fortement modulés.

Sites de production d'électricité centralisée (au 1<sup>er</sup> septembre 2011)



On observe une croissance soutenue de la production d'électricité centralisée à partir de gaz naturel. Douze centrales électriques sont connectées au réseau de transport dont huit fonctionnent en mode commercial pour une capacité installée de 5,3 GWe. D'autres projets sont actuellement au stade d'étude pour un éventuel raccordement.

L'essor de la production d'électricité centralisée, et particulièrement des centrales à cycle combiné gaz, est lié à leur souplesse d'utilisation et à leur rendement performant. Pour ces usages, un fort besoin de modulation intra-journalière est requis.



### La réponse de GRTgaz à ces besoins

**GRTgaz exploite son réseau** en transportant pour ses clients le gaz naturel dans les meilleures conditions de sécurité, de fiabilité et de coût. Il pilote un réseau très largement interconnecté aux autres réseaux européens, aux stockages et aux terminaux méthaniers français, assurant ainsi aux utilisateurs du réseau l'accès à des points d'approvisionnement variés et à des places de marché par le biais des points d'échanges de gaz (PEG).

**GRTgaz assure la continuité d'alimentation** tout au long de l'année de l'ensemble de ses clients raccordés. Cela fait partie de ses missions de service public appelées « Obligations légales de service public ». Pour cela, GRTgaz dimensionne son réseau et le fait évoluer afin qu'à tout moment les capacités nécessaires soient disponibles et suffisantes.

**GRTgaz est également responsable de l'équilibrage** intra-journalier de son réseau. Il doit à tout moment configurer son réseau en pression et en débit pour garantir l'adéquation entre les entrées de gaz et les consommations ou sorties de gaz de son réseau. GRTgaz s'est ainsi adapté en proposant une offre de service de flexibilité intra-journalière pour les sites fortement modulés, se positionnant comme intégrateur et fournisseur unique de flexibilité intra-journalière.

#### Les sources de flexibilité intra-journalière interne et externe

Pour répondre aux besoins de modulation intra-journalière, GRTgaz utilise des sources de flexibilité intra-journalière de deux natures :

- une source interne car propre à GRTgaz, le stock en conduite (ou *line-pack*) utile de son réseau ;
- des sources externes mises à disposition par les autres infrastructures gazières, les stockages souterrains de gaz naturel, les terminaux méthaniers de regazéification ainsi que les réseaux de transport de gaz naturel des opérateurs adjacents.

Le stock en conduite de GRTgaz est par définition bien réparti sur le réseau de transport et est piloté directement par le Dispatching national de GRTgaz, ce qui permet de répondre de façon rapide aux besoins de modulation intra-journalière des sites fortement modulés. De fait, GRTgaz utilise cette source avant les sources externes qui sont ensuite sollicitées de façon à optimiser les coûts. Les sources externes sont décrites plus en détail par la suite.

#### L'offre de flexibilité intra-journalière aux sites fortement modulés

Le service de flexibilité a été mis en place le 1<sup>er</sup> avril 2011 après deux années de concertation qui ont associé producteurs d'électricité, fournisseurs de gaz, clients industriels, opérateurs d'infrastructures de gaz et d'électricité, Commission de régulation de l'énergie, etc. Il fait l'objet d'un contrat spécifique appelé « Contrat de Flexibilité intra-journalière ». Dans la continuité, les échanges se poursuivent entre les acteurs susvisés au sein de la Concertation gaz, notamment pour améliorer sa performance et la gestion opérationnelle du service, et pour donner plus de visibilité aux promoteurs de centrales concernant la capacité de GRTgaz à fournir de la flexibilité sur la durée.

Pour que GRTgaz puisse répondre à la demande de modulation intra-journalière et dispose du temps nécessaire pour configurer le réseau afin d'amener ou évacuer le gaz, les sites fortement modulés envoient leur programme horaire de consommation la veille pour le lendemain. Les modalités opérationnelles de l'offre permettent à la fois aux sites fortement modulés de réaliser leurs profils de consommation, et à GRTgaz d'assurer la sûreté et l'équilibrage du réseau de transport.





# Étude prospective avec le scénario de référence

## Introduction

L'objectif de cette étude, qui s'inscrit dans la continuité d'une première étude publiée en 2010, est de donner au marché la visibilité nécessaire quant à la capacité des infrastructures gazières à fournir de la flexibilité intra-journalière aux sites fortement modulés sur la période 2012-2020. Il s'agit aussi de faciliter la compréhension des clients de GRTgaz présents et futurs sur ce sujet.

Par nature, cette étude s'appuie sur des éléments fournis par d'autres acteurs du système gazier. Aussi est-elle indicative et ne peut engager une quelconque responsabilité de GRTgaz ou des opérateurs, particulièrement quant à la réalisation des projets envisagés. Cependant, GRTgaz s'est attaché à ce que cette étude transcrive la vision prospective la plus juste possible, au vu notamment du contexte actuel concernant les sites fortement modulés et les décisions connues de réalisation d'ouvrages et des documents et informations fournies par des tiers.

L'étude présentée dans ce document a pour objet de déterminer la capacité du système gazier français à répondre aux besoins de flexibilité intra-journalière, connus la veille pour le lendemain, du marché à court, moyen et long termes, intégrant les sites fortement modulés construits, en projet ou envisageables. Le traitement des besoins intra-journaliers de flexibilité de ces sites, reprogrammés en cours de journée, ne fait pas partie du cadre de la présente étude.

Le périmètre d'étude couvre l'ensemble du réseau de GRTgaz de qualité gaz H. Comme l'étude porte sur les besoins exprimés la veille pour le lendemain, les éventuels transferts de flexibilité entre mailles physiques du réseau nécessaires pour répondre au besoin sont considérés réalisés au début de la journée étudiée. Aussi le réseau se comporte-t-il comme un seul ensemble d'un point de vue flexibilité intra-journalière.

L'étude s'est attachée à déterminer statistiquement l'adéquation entre les besoins de modulation intra-journalière et les ressources de flexibilité disponibles par mois, sur les années 2012 à 2016, ainsi que sur l'année 2020. Elle présente un scénario central dénommé « scénario de référence » qui prend en compte les hypothèses partagées en concertation avec les acteurs du marché, hypothèses considérées comme les plus probables à ce jour. Deux variantes à ce scénario de référence, permettant d'encadrer le champ des possibles et présentant des variations significatives en termes d'hypothèses de besoins et/ou de ressources, sont également étudiées.

## Les besoins de modulation intra-journalière des sites fortement modulés

Les hypothèses retenues pour le scénario de référence quant aux besoins de modulation intra-journalière des sites fortement modulés reposent à la fois sur des hypothèses de développement du parc existant aux horizons 2012-2020, et sur des hypothèses de fonctionnement des sites.

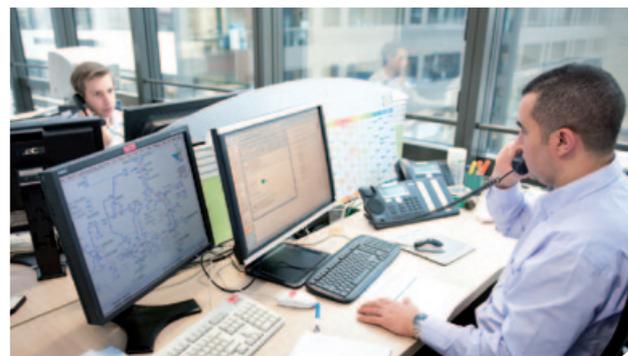
### 1/ Hypothèses de développement du parc

■ Hypothèses retenues par GRTgaz sur l'évolution du nombre de **Centrales à cycle combiné gaz (CCCG)**, exprimée en nombre de tranches (1 tranche CCCG équivalant à 440 MWe environ) :

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Tranches cumulées CCCG	11	12	13	13	15	18	19

Ce niveau de développement s'inscrit dans le cadre :

- des hypothèses commerciales dont dispose GRTgaz, à savoir le nombre de centrales existantes et le nombre de projets ayant signé avec GRTgaz soit un contrat de raccordement, soit une convention d'étude, en considérant les dates de mise en service commercial sur le réseau gazier, telles que connues à l'été 2011 ;
- du bilan prévisionnel de RTE publié en juillet 2011 à horizon 2020, en considérant la trajectoire du nombre de CCCG et la puissance manquante énoncée à cette date, à hauteur de 2 GWe.



■ Hypothèses retenues par GRTgaz sur l'évolution du nombre de **Turbines à combustion gaz (TAC)**, exprimée en nombre de tranches (1 tranche équivalant à 180 MWe environ), en tenant compte des sites déjà construits et des études de raccordement engagées :

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Tranches cumulées TAC	3	3	3	5	5	5	5

■ Concernant **les cogénérations susceptibles de passer en logique de marché**, c'est-à-dire de fonctionner selon un mode analogue à celui des CCCG, GRTgaz a pris en compte l'équivalent d'une tranche CCCG à partir de 2012, cette donnée restant stable jusqu'en 2020. Cette hypothèse a été faite en considérant le parc actuel en France, le bilan prévisionnel de RTE publié en juillet 2011 ainsi que les incertitudes sur l'évolution de ce parc.

Ainsi, à horizon 2020, les hypothèses énoncées ci-dessus conduisent à **considérer l'équivalent de 22 tranches CCCG**, une tranche correspondant à une puissance électrique de 440 MWe environ, soit un besoin d'une capacité journalière de livraison sur le réseau GRTgaz de 20 GWh/j et d'une capacité horaire de livraison de 1 GWh/h.

### 2/ Hypothèses de fonctionnement du parc

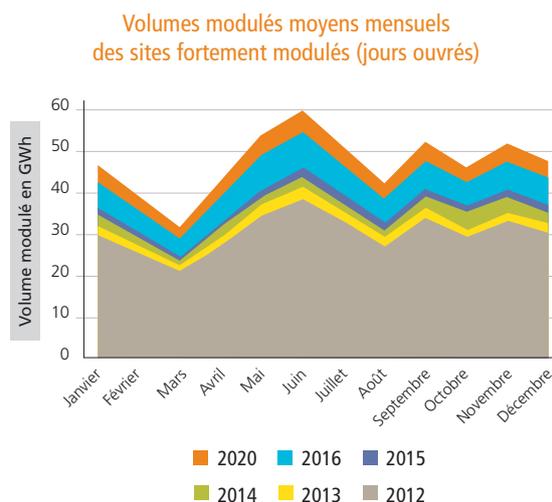
Une centrale de production d'électricité est économiquement incitée à fonctionner dès que le *clean spark spread* (différence entre le prix de l'électricité, d'une part et le coût du gaz naturel et le coût du CO<sub>2</sub> associé nécessaires pour produire cette électricité, d'autre part) est positif. Le *clean spark spread* dépend de nombreux paramètres très volatils et difficilement prévisibles. Aussi, un site peut avoir des variations importantes de sa charge au cours d'une journée.

Les hypothèses de fonctionnement des CCCG et des TAC ont été fournies par les producteurs d'électricité actuels ou potentiels. Ceux-ci ont simulé, pour chaque jour et chaque heure de la période du 1<sup>er</sup> janvier 2007 au 31 décembre 2010, sur la base de l'historique des prix de marché des énergies et du CO<sub>2</sub>, le fonctionnement de leurs sites existants ou d'une tranche type. C'est ce profil horaire de consommation, établi sur quatre années, qu'ils ont communiqué à GRTgaz.

Pour les cogénérations, il a été considéré que celles qui passaient en logique de marché fonctionneraient suivant le profil moyen type CCCG de l'année étudiée.

Pour chaque année considérée, le besoin de modulation global du parc a donc été obtenu en retenant les sites en service l'année en question et en appliquant pour chacun le profil type de fonctionnement fourni par les producteurs. Le profil horaire agrégé de l'ensemble des sites a ensuite servi à déterminer le volume modulé journalier à couvrir.

La synthèse des besoins de volume modulé moyen mensuel (en GWh) du parc sur la période 2012-2020 est résumée ci-dessous :



L'analyse des données fournies montre :

- que le besoin de modulation des sites augmente au fil des années et devient maximum en 2020, aux alentours de 45 GWh en moyenne annuelle ;
- qu'il varie notablement suivant les mois et atteint un maximum en juin (ex. : 60 GWh en 2020).

Par ailleurs, au sein d'une même semaine, on s'aperçoit également que le besoin est nettement différent entre les jours ouvrés et les dimanches ou jours fériés : en jours ouvrés, il est en moyenne deux fois plus important. L'analyse des besoins se concentrera donc sur les jours ouvrés.





## Les sources de flexibilité intra-journalière

La flexibilité intra-journalière du système gazier peut provenir des canalisations (réseaux propres ou réseaux d'infrastructure adjacente), des terminaux méthaniers ou des stockages.

Le scénario de référence retient en termes de ressources de flexibilité intra-journalière :

- les ressources internes de GRTgaz du fait du potentiel de stock en conduite utile disponible sur son réseau actuel ou à venir ;
- les ressources externes contractualisées à ce jour, depuis le 1<sup>er</sup> avril 2011, avec les opérateurs Elengy (terminal de Fos Tonkin) et Storengy (stockages) dans son scénario de référence ;
- les ressources externes potentielles dont les capacités ont pu être étudiées d'un point de vue technique (STMFC pour le terminal de Fos Cavaou et le gestionnaire de réseau de transport TIGF) ; des discussions sont actuellement en cours pour contractualiser ces sources.

D'autres ressources – terminal de Dunkerque, stockage de Manosque, ou ressources provenant d'autres infrastructures étrangères, sont par ailleurs envisageables, mais n'ont pas été retenues dans cette étude, en l'absence de données techniques concrètes. De plus, les travaux, initiés en juin 2011 au sein du groupe de travail concertation dédié sur la « mise en concurrence des sources de flexibilité intra-journalière », constituent une occasion pour approfondir les possibilités de ressources complémentaires, leur faisabilité technique, leur horizon de mise à disposition et leur prix associés.

Les hypothèses en matière de ressources de flexibilité sont détaillées ci-après : stock en conduite, stockages, terminaux, opérateurs adjacents.

### 1/ La flexibilité intra-journalière fournie par le réseau de GRTgaz ou stock en conduite

Le stock en conduite disponible pour assurer les besoins de modulation des clients est variable d'un jour à l'autre. Il dépend fortement du niveau de consommation de gaz et du transit global sur le réseau, ainsi que de la répartition des flux entrée/sortie de gaz. Pour évaluer le potentiel de stock en conduite, des simulations ont été réalisées sur le réseau « historique » de GRTgaz (c-à-d. hors développement des nouveaux ouvrages) de façon à couvrir une large gamme de niveaux de consommation ; pour chacun d'eux, différentes hypothèses de répartition des flux entrée/sortie ont été considérées.

Pour chacun de ces scénarios, les régimes de pression extrêmes réalisables ont été déterminés (régime de pression maximale et régime de pression minimale respectant les contraintes de pression). L'écart entre ces deux régimes de pression fixe le stock en conduite utile maximal mobilisable (voir encadré).

Ce stock en conduite est tout d'abord utilisé par GRTgaz pour assurer la fiabilité du service fourni à ses clients et pour couvrir les besoins de modulation du marché conventionnel. Une fois ces deux besoins couverts, le stock en conduite utile disponible est mobilisable pour répondre à des besoins additionnels de modulation intra-journalière.

Pour 2011, ce stock en conduite utile atteint généralement 110 GWh en été, 65 GWh en intersaison (printemps, automne) ; en hiver, il est plus proche d'une valeur nulle, notamment lorsque la consommation journalière dépasse 2 000 GWh/j.

### Stock en conduite utile maximal mobilisable

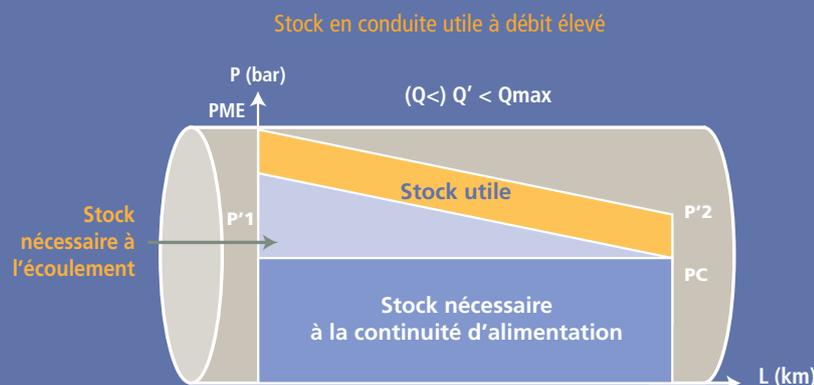
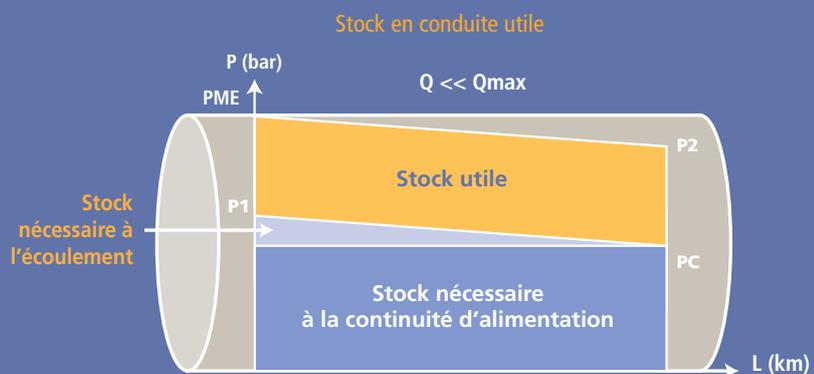
Le stock en conduite que l'on peut mobiliser dans une canalisation du réseau de transport est fonction de différents paramètres : les dimensions de l'ouvrage, la pression maximale à laquelle on peut exploiter la canalisation (PME sur les figures ci-dessous), les contraintes de pressions minimales à respecter pour assurer la continuité d'alimentation (PC) et le flux transitant dans la canalisation (Q).

Sur l'ensemble du gaz présent dans une canalisation, une certaine quantité permet d'assurer la continuité d'acheminement (maintien d'une pression minimale permettant de respecter les contraintes de pression), une autre sert aux pertes de charges liées à l'écoulement.

À noter que plus le transit est élevé, plus la perte de pression est importante le long de la canalisation, et plus le stock en conduite potentiel sur la canalisation est réduit.

En pratique, le stock utile maximal mobilisable est le gaz supplémentaire entre un niveau de pression minimal (P1) en amont de la canalisation, permettant de tenir les contraintes de pressions (PC) en aval de la canalisation, et un niveau maximal où l'on démarre de la Pression maximale d'exploitation (PME) pour arriver à un niveau P2.

Le stock en conduite est évalué dans la suite en GWh pour une journée donnée.



## Étude prospective avec le scénario de référence

De plus, GRTgaz réalise des investissements afin de développer les capacités de son réseau. Ces nouveaux ouvrages permettent de créer de nouvelles capacités d'acheminement qui, en fonction de la consommation et des schémas d'approvisionnement retenus par les expéditeurs, peuvent également générer du stock en conduite utile. GRTgaz a pour objectif d'optimiser le potentiel de stock en conduite de ces nouveaux ouvrages en intégrant l'installation d'organes de pilotage adaptés (type vannes de régulation) à chacun de ses projets.

Concrètement, trois grands projets vont contribuer à augmenter significativement les ressources de GRTgaz en termes de flexibilité : les Hauts de France II (plusieurs étapes échelonnées entre 2013 et 2016), l'Arc de Dierrey en 2016 et Eridan en 2017 (voir carte ci-dessous).

Ces projets permettent de créer un potentiel supplémentaire d'environ 150 GWh de flexibilité interne à l'horizon de 2017.

Dans le cadre de l'étude, une première étape consiste à évaluer si le besoin de modulation des sites fortement modulés peut être couvert par le stock en conduite utile. Si le volume total modulé (en GWh) correspondant au programme des sites fortement modulés est supérieur aux ressources internes de GRTgaz, on évalue alors la capacité disponible auprès des autres opérateurs d'infrastructure.

Le besoin résiduel est alors converti en termes d'amplitude exprimée en GWh/h, dans la mesure où la flexibilité fournie par les autres opérateurs d'infrastructure se traduit par une capacité à faire varier leur débit d'émission en cours de journée.

Carte des nouveaux ouvrages de GRTgaz



### 2/ La flexibilité intra-journalière externe

#### La flexibilité intra-journalière fournie par Storengy

La fourniture de flexibilité intra-journalière fournie par les stockages de Storengy<sup>(1)</sup> consiste à faire varier en cours de journée les quantités horaires injectées (ou soutirées) sur les stockages sans modifier le programme journalier demandé par les clients du stockage. Pour un jour donné, cette source de flexibilité est interruptible : elle est disponible après utilisation des capacités par les clients des stockages.

Storengy a mené une nouvelle étude à l'été 2011 afin d'estimer, sur la base du retour d'expérience, les capacités résiduelles des stockages susceptibles d'être mises à disposition de GRTgaz.

L'analyse a été menée sur la période allant d'avril 2010 à mars 2011, jugée la plus représentative des performances des sites de stockages. Pour déterminer le potentiel de variation à la hausse et à la baisse disponible, Storengy a calculé la différence entre les capacités techniques préconisées et le programme horaire réalisé de chaque site de stockage. Storengy a fourni ces résultats, agrégés par type de stockages (aquifère, salin) à GRTgaz.

En moyenne, ces capacités pour l'ensemble des stockages aquifères et salins sont estimées à 15 GWh/h d'amplitude totale.



#### La flexibilité intra-journalière fournie par les terminaux méthaniers

Concernant la flexibilité apportée par le terminal de Fos Tonkin, elle est mise à disposition par Elengy dans le cadre du contrat établi depuis le 1<sup>er</sup> avril 2011. Elle est interruptible et les capacités techniques disponibles sont connues la veille pour le lendemain. En effet, les possibilités de variation à la hausse ou à la baisse du débit dépendent du niveau d'émission du terminal et des pompes mises en service. L'historique considéré pour les émissions du terminal va du 1<sup>er</sup> novembre 2010 au 30 septembre 2011. Cette période est considérée comme la plus représentative, car elle tient compte de la mise en service au régime nominal du terminal de Fos Cavaou, qui influence directement les émissions de Fos Tonkin. Cette ressource de flexibilité a été considérée de 2012 à 2014 inclus, mais pas au-delà de 2014, du fait des incertitudes quant au devenir du terminal et à la disponibilité de ce service à cette échéance. Elle est de l'ordre de 1,5 GWh/h en moyenne.

GRTgaz a également interrogé STMFC pour connaître les capacités probables du terminal de Fos Cavaou à faire varier ses émissions en cours de journée. L'opérateur a ainsi réalisé un certain nombre d'essais durant l'été 2011 qui confirment que le terminal dispose d'un potentiel de flexibilité, dépendant du régime de fonctionnement et du nombre de pompes en service, ainsi que de la présence ou non de navires méthaniers au déchargement. Un jeu d'hypothèses a donc pu être construit, au regard des données fournies par STMFC, qui s'appuie également sur la période du 1<sup>er</sup> novembre 2010 au 30 septembre 2011. Le service de flexibilité intra-journalière de Fos Cavaou est réputé disponible techniquement dès l'année 2012 et jusqu'en 2020. Il est de l'ordre de 3,5 GWh/h en moyenne.

(1) Le stockage de Manosque, propriété de la société Géométhane, n'est pas inclus dans ce périmètre.

### La flexibilité intra-journalière fournie par les autres réseaux de transport

À la demande de GRTgaz, TIGF a étudié en 2009, lors de la première étude, la flexibilité qui pouvait être mise à disposition à Cruzy. TIGF a indiqué à cette occasion que, sur son réseau, la flexibilité intra-journalière provenait des stockages et non du stock en conduite. En effet, la conception du réseau conduit à une exploitation des artères à une pression proche de la pression maximale de service, ce qui laisse très peu de possibilités de faire varier la pression pour disposer de stock en conduite utile.

Pour la mise à jour de cette étude, TIGF a étudié la flexibilité qui pouvait être mise à disposition de GRTgaz sur la base des capacités disponibles sur les stockages et des possibilités de transférer cette flexibilité des stockages

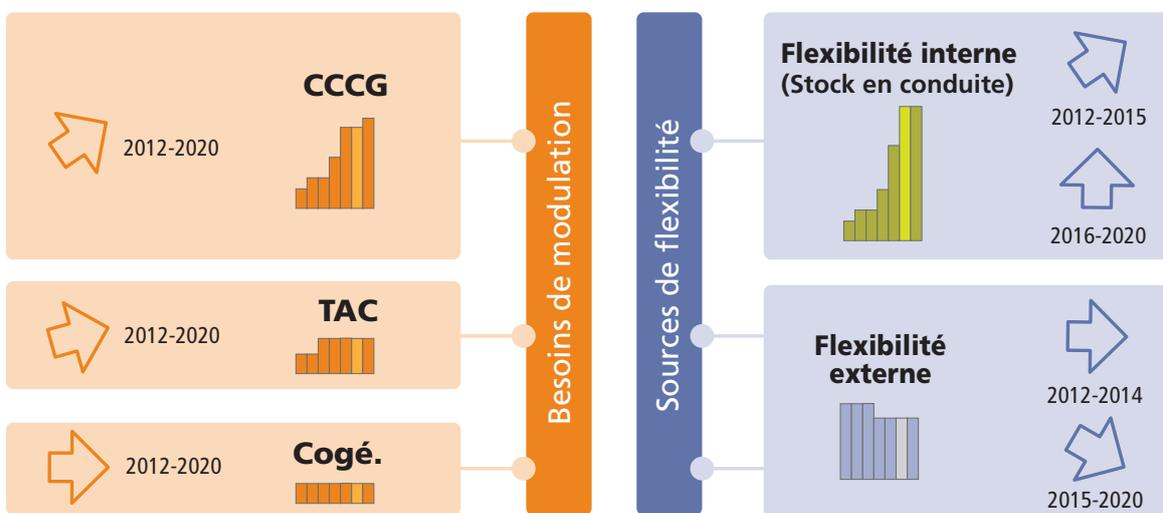
jusqu'à Cruzy. En pratique, TIGF est capable de fournir de la flexibilité sur la période 2012-2014, période pendant laquelle TIGF sait qu'aucune mise en service de site fortement modulé n'interviendra sur son réseau. Cette flexibilité est de l'ordre de 1,5 GWh/h en moyenne, sous réserve de respecter en hiver un flux horaire minimal à Cruzy.



## Évolution des besoins de modulation intra-journalière et des sources de flexibilité disponibles

En prenant comme référence l'année 2011, les besoins de modulation et les sources de flexibilité intra-journalières évoluent sur la période 2012-2020 de la façon suivante :

Évolution des besoins / sources sur la durée de l'étude



## Résultats

### 1/ Synthèse des résultats

Le tableau ci-dessous détaille sur chaque année le taux de couverture des besoins de modulation intra-journalière des sites fortement modulés pour les jours ouvrés, et le nombre de jours pour lesquels la couverture de ces besoins n'est pas complète.

Lors d'une journée pour laquelle la couverture du besoin de modulation intra-journalière est partielle, les conséquences pour les sites fortement modulés seraient de fonctionner suivant un programme modifié. La modification de ce programme consiste à diminuer l'amplitude de la modulation pour cette journée.

Année	Fréquence de couverture totale du besoin de modulation	Fréquence de couverture partielle du besoin de modulation	Impact potentiel sur l'amplitude	Commentaires
2012	99,90 %	< 1 jour / an	14 %	Tension potentielle en juin
2013	99,80 %	< 1 jour / an	10 %	Tension potentielle en mars et en juin
2014	99,90 %	< 1 jour / an	13 %	Tension potentielle en juin
2015	99,70 %	< 1 jour / an	16 %	Arrêt de la contribution TIGF et Fos Tonkin : tensions potentielles en hiver et en juin
2016	100 %	-	-	Recours marginal à la flexibilité externe
2020	100 %	-	-	La flexibilité interne couvre statistiquement la totalité des besoins

Les résultats de l'étude montrent une **excellente capacité** des infrastructures gazières à répondre aux besoins de modulation intra-journalière des sites fortement modulés, **avec un taux de couverture du besoin statistiquement supérieur à 99,7 %** sur l'ensemble des années étudiées.

Concrètement, GRTgaz serait susceptible de demander des modifications de programmes aux sites fortement modulés **moins d'un jour par an** sur la période 2012-2015 et serait en mesure de couvrir la totalité des besoins à partir de 2016.

De faibles tensions sont susceptibles d'apparaître au mois de juin sur les années 2012 à 2015 : cela s'explique par une demande élevée de modulation de la part des sites fortement modulés et par des travaux sur

les stockages et le réseau de transport qui réduisent ponctuellement la disponibilité de la flexibilité sur ces ouvrages.

En 2015, de légères tensions pourraient également apparaître en hiver, période de forte consommation de gaz où la disponibilité du stock diminue. La couverture des besoins de modulation intra-journalière des sites fortement modulés nécessite jusqu'à 2015 un recours significatif, voire prépondérant en hiver, aux sources de flexibilité externes.

Le recours aux sources externes de flexibilité intra-journalière devient en revanche marginal en 2016 et n'est plus nécessaire à partir de 2017.

## 2/ Zoom sur les années 2012 et 2015

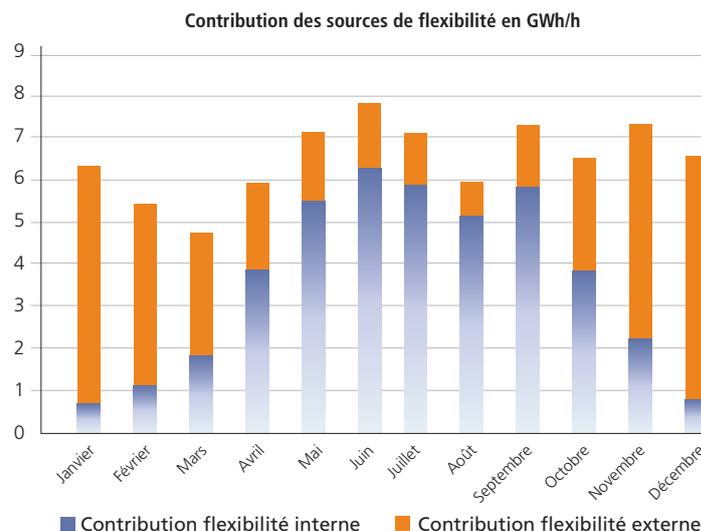
Les résultats plus détaillés sont présentés ci-après pour l'année 2012, qui correspond à l'avenir proche, et pour 2015, année pour laquelle on constate une couverture totale des besoins légèrement inférieure à un niveau de 99,7 %.

### Année 2012 : ouverture du besoin de modulation - scénario de référence

Fréquence de couverture totale des besoins de modulation des sites fortement modulés

Mois	Jour ouvré
Janvier	100,00 %
Février	100,00 %
Mars	99,90 %
Avril	100,00 %
Mai	99,90 %
Juin	99,40 %
Juillet	100,00 %
Août	99,90 %
Septembre	100,00 %
Octobre	99,80 %
Novembre	100,00 %
Décembre	100,00 %
<b>Total général</b>	<b>99,90 %</b>

*En cas de non-couverture totale (<1 jour par an), réduction moyenne d'amplitude de 14 %*



L'analyse mois par mois confirme que la couverture des besoins est globalement totale. Le stock en conduite, sur 2012, contribue très largement à la fourniture des besoins de modulation intra-journalière durant l'été (de l'ordre de 85 %) et durant l'intersaison

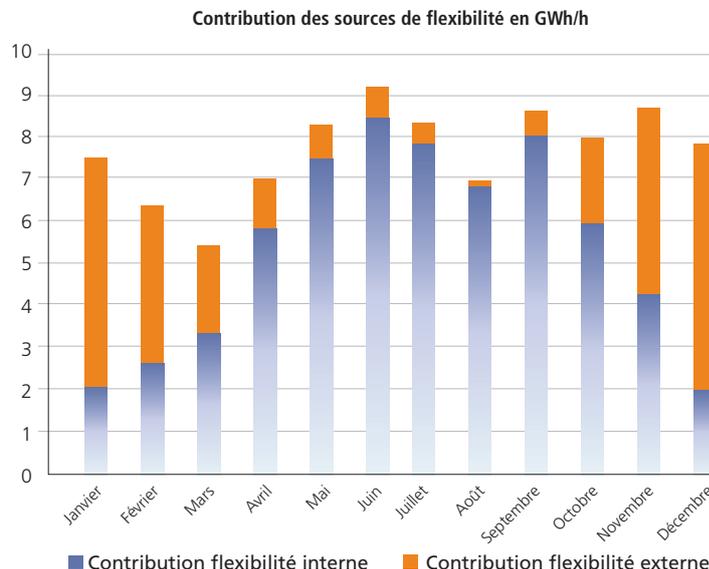
(de l'ordre de 70 %). Cette contribution est moindre en hiver (de l'ordre de 20 %), les sources externes de flexibilité étant alors fortement sollicitées lors de cette période de transits élevés sur le réseau.

### Année 2015 : ouverture du besoin de modulation - scénario de référence

Fréquence de couverture totale des besoins de modulation des sites fortement modulés

Mois	Jour ouvré
Janvier	99,60 %
Février	99,90 %
Mars	99,80 %
Avril	100,00 %
Mai	100,00 %
Juin	99,10 %
Juillet	100,00 %
Août	99,90 %
Septembre	100,00 %
Octobre	99,60 %
Novembre	99,40 %
Décembre	99,70 %
<b>Total général</b>	<b>99,70 %</b>

*En cas de non-couverture totale (<1 jour par an), réduction moyenne d'amplitude de 16 %*



## Étude prospective avec le scénario de référence

La fréquence de couverture des besoins des sites reste à des niveaux élevés, bien que deux sources de flexibilité externes – le terminal de Fos Tonkin et TIGF – ne soient plus prises en compte et que deux sites fortement modulés supplémentaires soient présents sur le réseau. La couverture du besoin reste excellente puisque le risque d'impact sur les programmes est statistiquement limité à un jour dans l'année.

Les conséquences sur le fonctionnement des sites fortement modulés lors de cette journée de non-couverture totale de besoins seraient concrètement d'adopter un programme modifié :

- soit selon une amplitude horaire légèrement réduite (de l'ordre de 16 % en moyenne) à iso-consommation sur la journée considérée comme indiqué en figure 1 ;

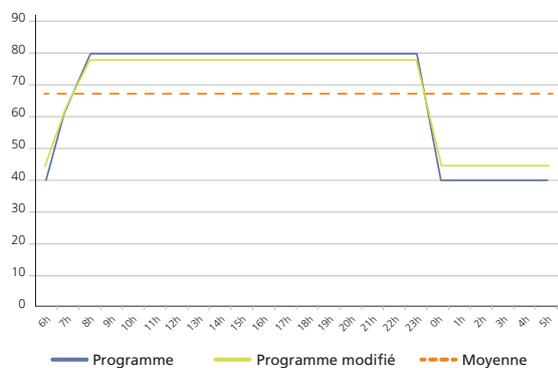
- soit selon une amplitude horaire légèrement réduite (de l'ordre de 16 % en moyenne) en diminuant la consommation sur la journée considérée comme indiqué en figure 2 ;

- soit à consommation horaire constante sur la journée.

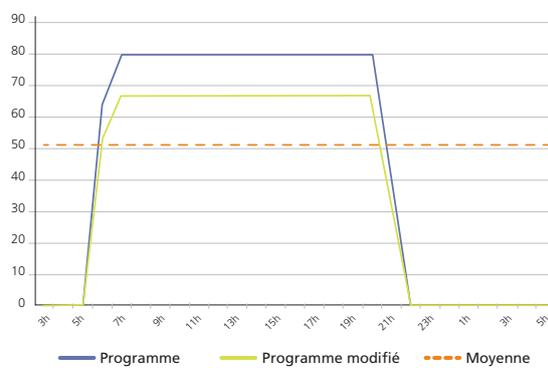
Sur l'année 2015, la contribution du stock en conduite est majoritaire durant l'été (de l'ordre de 95 %) et durant l'intersaison (de l'ordre de 86 %). Elle est plus limitée (de l'ordre de 40 %) en hiver, du fait des transits élevés sur le réseau, les sources externes de flexibilité permettant alors de répondre au besoin de modulation intra-journalière des sites fortement modulés.



**Figure 1 :**  
Modification amplitude horaire (à iso-consommation)



**Figure 2 :**  
Modification amplitude horaire (avec baisse de consommation)



### 3/ Résultats sur la période post-2016

À partir de 2016, la couverture du besoin de modulation des sites fortement modulés est totale.

Elle est de plus assurée statistiquement dans sa quasi-totalité par le stock en conduite utile, ressource de flexibilité intra-journalière interne de GRTgaz, grâce à la mise en service des ouvrages majeurs que sont les Hauts de France II (dernière étape) et l'Arc de Dierrey (2016), puis Eridan (2017).

Les résultats montrent même que les infrastructures pourraient fournir de la flexibilité intra-journalière pour un nombre plus important de sites, en considérant que la capacité d'acheminement nécessaire accompagne l'augmentation significative des consommations de gaz.

### 4/ Comparaison avec l'étude précédente

Les résultats de la présente étude montrent une très nette amélioration de la couverture des besoins de modulation intra-journalière des sites fortement modulés en comparaison avec les résultats de l'étude publiée en 2010.

Les principales conclusions de la précédente étude étaient en effet une prévision de couverture partielle des besoins de sites fortement modulés en octobre et novembre 2012, durant 10 à 15 % des jours de fonctionnement des sites, et une fréquence de couverture totale des besoins de modulation en décroissance progressive. Cette étude annonçait également que, sous réserve de réalisation de certains investissements sur le réseau de transport, pour les années 2014-2015, les besoins de modulation étaient susceptibles d'être totalement couverts.

De fait, un des facteurs explicatifs de cette nette amélioration tient à la décision de réaliser de nouveaux ouvrages : Hauts de France II et Arc de Dierrey qui n'avaient pas été intégrés à l'ancienne étude. La construction d'Eridan avait, elle, déjà été prise en compte pour l'année 2020.



D'autres hypothèses de l'étude ont également évolué de manière significative :

- en termes de besoin de modulation, les prévisions de modulation des producteurs sont en moyenne plus faibles ;
- en matière de sources de flexibilité intra-journalière, le changement de contexte d'exploitation des stockages et une analyse plus fine (au pas horaire) de leur fonctionnement ont conduit à considérer un niveau potentiel de flexibilité notablement plus élevé que dans l'étude publiée en 2010 ;
- la flexibilité des terminaux a été revue également : celle de Montoir a été écartée, mais celle de Fos Cavaou a pu être prise en compte suite à la réalisation d'essais qui ont permis de quantifier ce qu'il était techniquement possible de faire.

### Conclusion

Sur la période 2012-2020, les infrastructures gazières présentent une excellente capacité à répondre aux besoins de modulation intra-journalière des sites fortement modulés demandés la veille pour le lendemain, capacité qui s'accroît fortement à partir de 2016. Elles sont même en mesure d'accueillir, en ce qui concerne la fourniture de flexibilité intra-journalière demandée la veille pour le lendemain, un nombre de sites très supérieur à celui considéré dans la présente étude (soit l'équivalent de 22 tranches CCCG à l'horizon 2020).

## Étude prospective avec les scénarios variantes

### Introduction

En marge du scénario de référence, GRTgaz a travaillé à la définition et l'étude de scénarios complémentaires ayant pour vocation d'encadrer le champ des possibles.

Un premier scénario « Faible besoin de modulation » peu contraint, pour lequel on considère un niveau de développement des centrales à cycles combinés gaz moins élevé que dans le scénario de référence et une disponibilité plus forte de la source de flexibilité stockage de Storengy que dans le scénario de référence.

Un deuxième scénario « Fort besoin de modulation » plus contraint, pour lequel on considère un niveau très élevé de besoin de flexibilité intra-journalière de la part des sites fortement modulés, les autres hypothèses étant équivalentes à celles du scénario de référence.

Les principales hypothèses retenues pour ces scénarios sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Scénario	Besoins de modulation		Source de flexibilité
	Modulation	Nombre de tranches de CCCG	Stockages
Référence	Données producteur	Référence GRTgaz - 19 en 2020	Scénario moyen
Faible besoin de modulation	Données producteur	Référence RTE - 14 en 2020	Scénario optimiste
Fort besoin de modulation	Amplitude maximum, sur 16 h	Référence GRTgaz - 19 en 2020	Scénario moyen

### Scénario "Faible besoin de modulation"

#### Hypothèses

On retient un développement des CCCG qui reste à 13 tranches au-delà de 2013 et passe à 14 tranches en 2020, ce qui correspond à l'ensemble des projets en place ou en construction, auxquels s'ajoute le projet du site de Brest. Les hypothèses de fonctionnement retenues sont celles transmises par les producteurs et donc les mêmes que celles du scénario référence.

En termes de ressources de flexibilité externe, on considère un scénario de disponibilité haute de la flexibilité fournie par Storengy (hypothèses dites optimistes qui prennent en compte les performances techniques maximales de chaque site de stockage).

Les autres ressources (TIGF, terminaux de Fos Tonkin ou de Fos Cavaou) sont inchangées par rapport au scénario référence.

#### Résultats

Dans le cadre de ce scénario, la couverture des besoins de modulation intra-journalière des sites fortement modulés est totale sur l'ensemble des années simulées. De plus, à partir de 2016, la flexibilité interne de GRTgaz est statistiquement capable de répondre à la totalité des besoins.

## Scénario "Fort besoin de modulation"

### Hypothèses

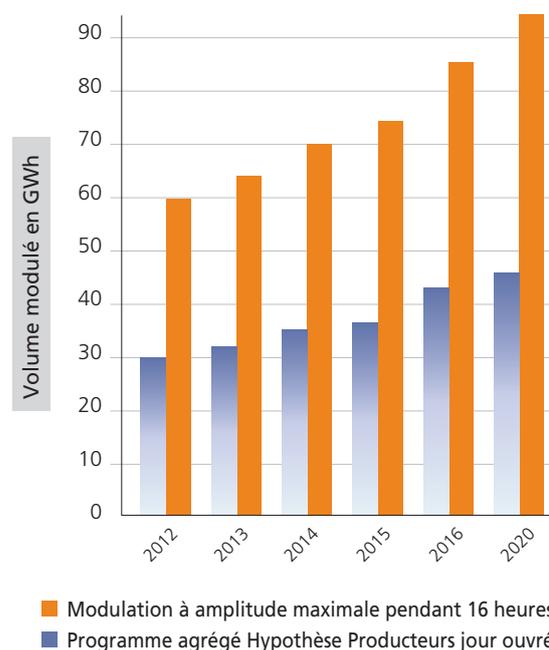
Dans le scénario de référence, la modulation des sites considérée provient des hypothèses transmises par les sites. Dans le scénario « Fort besoin de modulation », GRTgaz a envisagé une situation beaucoup plus contraignante, déjà examinée lors de l'étude publiée en 2010, à savoir une modulation dite « forcée à 16 heures », avec une variation d'amplitude maximale : on considère dans ce cas un fonctionnement de tous les sites fortement modulés à pleine puissance pendant 16 heures et un arrêt les heures restantes. Ce profil a été appliqué tous les jours de l'année, jours ouvrés ou non ouvrés.

Cette hypothèse de fonctionnement des sites représente une véritable mise en tension du scénario de référence, puisqu'elle amène à doubler les besoins de modulation par rapport aux prévisions des producteurs, comme cela est représenté dans le schéma ci-contre.

En termes d'évolution du parc, les hypothèses du scénario de référence ont été conservées, à savoir 19 tranches CCCG à horizon 2020, 5 TAC et une tranche équivalente pour les cogénérations à horizon 2020.

Enfin, on considère les mêmes données en matière de sources de flexibilité que dans le scénario de référence.

Volume modulé - scénario « Fort besoin de modulation »



## Résultats

### 1/ Synthèse

Année	Fréquence de couverture totale du besoin de modulation	Fréquence de couverture partielle du besoin de modulation	Impact potentiel sur l'amplitude	Commentaires
2012	99,20 %	2-3 jours/an	12 %	Tension potentielle en mars, juin et août
2013	99,10 %	2-3 jours/an	13 %	Tension potentielle en hiver et en juin
2014	98,90 %	3-4 jours/an	11 %	Tension potentielle en hiver et en juin
2015	97,10 %	9-10 jours/an	13 %	Arrêt de la contribution TIGF et Fos Tonkin : tensions potentielles toute l'année
2016	100 %	-	-	Recours à la flexibilité externe uniquement en hiver
2020	100 %	-	-	La flexibilité interne couvre statistiquement la totalité des besoins

## Étude prospective avec les scénarios variantes

### 2/ Période 2012-2015

Le taux de couverture totale du besoin des sites fortement modulés reste très élevé : il est de l'ordre de 99 % sur les années 2012 à 2014 et diminue à 97 % en 2015, ce qui concrètement représente moins d'un jour par mois de limitation d'amplitude sur les programmes des sites fortement modulés.

La tension plus forte en 2015 tient aux mêmes éléments que pour le scénario de référence : moins de sources de flexibilité externe et augmentation d'autant plus significative de la demande des sites fortement modulés qu'on applique aux deux tranches supplémentaires des programmes de modulations maximisés.

Les résultats sur 2015 détaillés ci-après montrent une tension plus importante au

mois de mars, période avec un niveau de stock en conduite globalement assez bas et une disponibilité plus limitée de la flexibilité sur les stockages en fin de campagne de soutirage.

La contribution du stock en conduite sur 2015 reste élevée, de l'ordre de 90 % durant l'été et 75 % durant l'intersaison. Elle se réduit fortement (de l'ordre de 30 %) en hiver.

### 3/ Période post-2016

À partir de 2016, la couverture des besoins des sites fortement modulés est statistiquement totale. En 2016, cette couverture du besoin nécessite de façon encore significative un recours à la flexibilité externe, mais à partir de 2017 elle est assurée par le stock en conduite utile de GRTgaz.

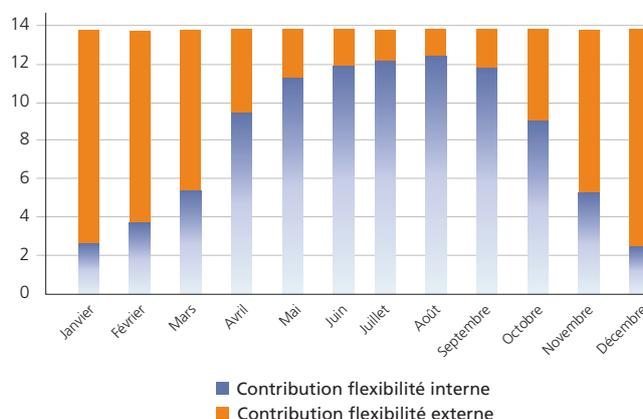
#### Couverture du besoin de modulation sur l'année 2015 - scénario « Fort besoin de modulation »

Fréquence de couverture totale des besoins de modulation des sites fortement modulés

Mois	Jour ouvré
Janvier	94,90 %
Février	96,20 %
Mars	91,60 %
Avril	99,50 %
Mai	99,10 %
Juin	96,30 %
Juillet	99,60 %
Août	97,20 %
Septembre	99,90 %
Octobre	97,50 %
Novembre	96,30 %
Décembre	98,00 %
<b>Total général</b>	<b>97,10 %</b>

*En cas de non-couverture totale (9 à 10 jours par an), réduction moyenne d'amplitude de 13 %*

Contribution des sources de flexibilité en GWh/h



## Conclusion

Pour le scénario étudié « Faible besoin de modulation », la couverture des besoins de modulation intra-journalière est totale.

Même dans le cas du scénario « Fort besoin de modulation », dans lequel on considère des besoins extrêmement importants de modulation intra-journalière de la part des sites fortement modulés, le niveau de couverture de ces besoins est très élevé.



# Glossaire

## **Amplitude de fonctionnement**

Écart entre la consommation horaire maximale et la consommation horaire minimale constaté pour un jour donné.

## **Modulation intra-journalière des consommations de gaz naturel**

Caractérise le besoin d'un client de pouvoir faire varier sa consommation horaire de gaz naturel durant une journée gazière.

## **Modulation journalière des consommations de gaz naturel**

Caractérise le besoin d'un client de pouvoir faire varier sa consommation journalière de gaz naturel durant une année.

## **Site fortement modulé (SFM)**

Un site est dit « fortement modulé » lorsqu'il présente un volume modulé journalier supérieur à 0,8 GWh par jour de fonctionnement. Le volume modulé journalier est la somme pour toutes les heures d'une journée gazière (de 6 h en J à 6 h en J+1), des écarts en valeur absolue entre la consommation horaire constatée et la consommation horaire moyenne, le tout divisé par deux.

## **Sources de flexibilité**

Qualifie les moyens mis en œuvre par GRTgaz pour répondre aux besoins de modulation intra-journalière. Ces moyens peuvent être internes (stock en conduite) ou externes, par l'appel à de la flexibilité auprès d'autres infrastructures (terminaux, stockages, autres réseaux).

## **Stock en conduite utile (ou Linepack utile)**

Source de flexibilité intra-journalière intrinsèque au réseau de transport correspondant à une partie du gaz naturel présent dans les canalisations. Pour un jour donné, la disponibilité de cette source dépend des flux de gaz, des contraintes de pression et des canalisations opérationnelles sur le réseau.

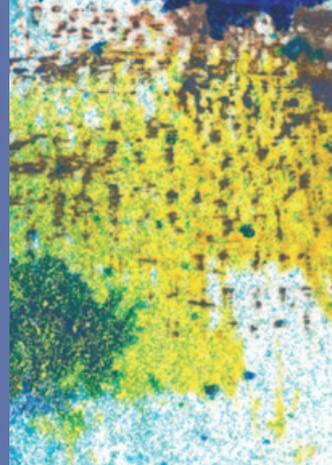
## **Volume modulé journalier**

Quantifie la modulation de la quantité livrée d'un site fortement modulé (SFM) au cours d'une journée. Il s'agit de la somme, pour un jour donné, des écarts en valeur absolue entre la consommation horaire constatée ou prévue et la consommation journalière constatée ou prévue divisée par 24, le tout divisé par deux.



La responsabilité de GRTgaz ne saurait être engagée pour les dommages de toute nature, directs ou indirects, résultant de l'utilisation ou de l'exploitation des données et informations contenues dans le présent document, et notamment toute perte d'exploitation, perte financière ou commerciale.

Ce document est la propriété de GRTgaz. Toute communication, reproduction, publication même partielle ou utilisation est interdite sauf autorisation écrite de GRTgaz.



Retrouvez-nous  
sur votre mobile



Construisons le transport de demain

Immeuble Bora  
6, rue Raoul Nordling  
92277 Bois-Colombes Cedex  
France  
[www.grtgaz.com](http://www.grtgaz.com)