

GUIDE PRATIQUE

Maîtriser le taux de dioxygène dans le biométhane

O_2

GRDF



Préambule

Ce guide est à destination des producteurs et porteurs de projet d'installation de production de biométhane. Il vise à fournir des **conseils et bonnes pratiques** pour limiter le taux de **dioxygène (O_2)** dans le biométhane injecté, afin de respecter le seuil exigé dans le contrat d'injection.

CONTEXTE

Le taux de dioxygène dans le gaz est un **paramètre important** pour les opérateurs gaziers car certains clients y sont sensibles : industriels, stockages de gaz souterrain, gestionnaires de réseaux de gaz des pays voisins connectés par les postes transfrontaliers. La capacité de la filière biométhane à maîtriser le taux de dioxygène est donc cruciale pour permettre l'utilisation de cette énergie renouvelable à tous les niveaux de la chaîne gazière.

SEUIL

Actuellement, les prescriptions techniques[1] des opérateurs gaziers exigent une teneur en O_2 dans le gaz inférieure à 100 ppmv[2]. Afin de ne pas freiner le développement de la filière, cette exigence fait l'objet de dérogations dans les contrats d'injection, autorisant des teneurs en oxygène supérieures. Depuis 2023, le plafond applicable à toutes les installations est fixé à 4 000 ppmv, avec un durcissement attendu de ces plafonds dérogatoires d'ici 2030.

Pour accompagner la filière dans cet **objectif de réduction de la teneur en O_2**, les opérateurs de réseaux sont mobilisés pour développer des solutions nouvelles et compétitives en complément des **bonnes pratiques conseillées**.

À ce titre, ce guide accorde une attention particulière au **traitement du sulfure d'hydrogène (H_2S)**, dont les procédés impliquent fréquemment l'injection d'oxygène dans le biogaz et impactent donc la qualité du biométhane final.

Ce document se veut un **outil d'accompagnement** et non une référence technique : l'application des recommandations relève de l'appréciation et de la responsabilité de chaque exploitant ou porteur de projet.

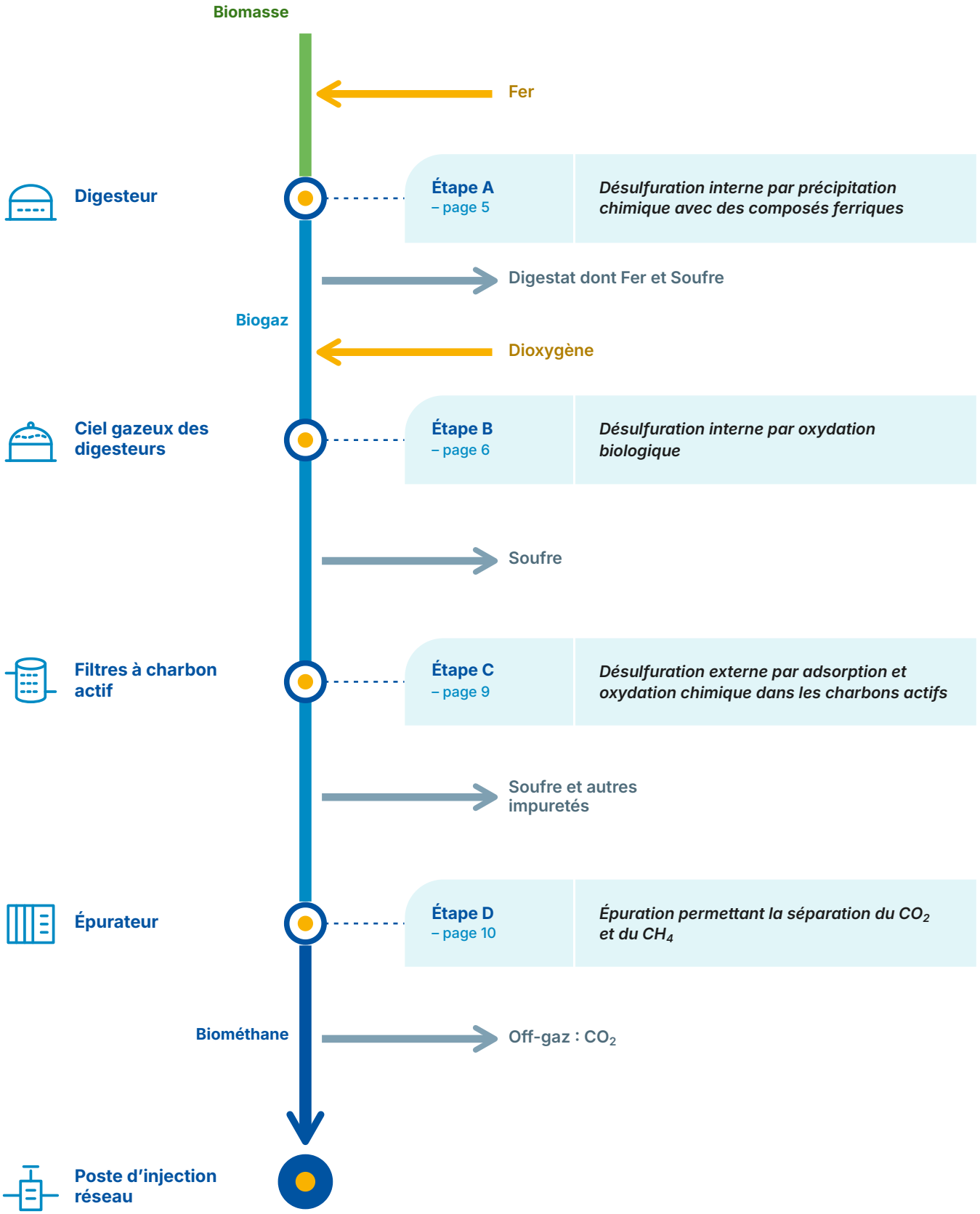
En maîtrisant la teneur en O_2, la filière renforce la confiance des acteurs du réseau, optimise l'injection et sécurise le développement durable du biométhane.

Guide réalisé par OPUS Energies avec l'appui de NaTran et GRDF – avril 2024
Mis à jour par GRDF avec l'appui de NaTran et CH4 Process – juillet 2026

[1] Prescriptions techniques GRDF et Prescriptions techniques NaTran

[2] *ppmv : partie par million en volume. 1 ppmv d'un composant X signifie qu'un millionième d'un volume donné est occupé par X, soit par exemple 0,000001 litre de X par litre, ou 10^{-6} litre de X par litre.*

Traitement et épuration du biogaz



Maîtriser l'H_2S

Sources, seuils et recommandations

ORIGINE

L'**apparition de l'H_2S** dans le biogaz provient du soufre présent dans les **intrants**, sous forme organique ou de sulfates.

De manière non exhaustive, les intrants à forte teneur en soufre regroupent notamment :

- Les produits issus du colza : paille, terres de filtration d'huile, issues de céréales associées ;
- Les déchets maraîchers : choux, oignons, poireaux, navets, échalotes, tomates ;
- Les effluents d'élevage : lisiers et fumiers porcins, bovins, avicoles, caprins et ovins ;
- Les autres coproduits et biodéchets : vinasses, sous-produits d'abattoirs, biodéchets, microalgues.

Au sein du digesteur, la dégradation de ce soufre par les bactéries sulfato-réductrices génère de l'H_2S dissous dans le milieu, qui se dégaze ensuite pour rejoindre le biogaz.

Plus la **quantité de soufre** dans les intrants est **importante**, plus la **stratégie** de désulfuration doit être **réfléchie en amont** du projet puis adaptée en phase d'exploitation.

SEUIL

L'H_2S est un gaz **toxique** pour l'homme et détériore les équipements.

Son **élimination** lors du procédé de production est **indispensable** : le biométhane injecté doit respecter un seuil maximal de **3,5 ppmv** soit **5 mgS/Nm³** (milligrammes de soufre par mètre cube mesuré à 1 atm et 0 °C).





CONSEIL

Pour optimiser la désulfuration, privilégiez dès que possible une **incorporation continue et régulière** des intrants riches en soufre, plutôt que des apports ponctuels et massifs.

Désulfuration interne par précipitation chimique avec des additifs ferriques

L'ajout d'additifs ferriques dans le(s) digesteur(s) provoque la précipitation du soufre. Cette réaction, qui ne nécessite **pas d'O_2**, forme donc un solide qui sera ensuite évacué avec les digestats. Cette étape permet une **désulfuration grossière** qui abaisse la concentration d'H_2S à quelques centaines de ppm dans la majorité des cas.

Sur 30 installations de méthanisation auditées par OPUS Energies, plus de la moitié incorporent des additifs ferriques, en continu ou ponctuellement, afin de diminuer la teneur en H_2S du biogaz. Ce dosage est ajusté pour rester compatible avec la valorisation du digestat.



Hydroxyde de fer

Les produits les plus utilisés sont :

Chlorure de fer (liquide) : son action est rapide, de quelques heures à quelques jours. Il présente toutefois des risques de surdosage et d'acidification du milieu, pouvant être toxiques pour les bactéries du digesteur. Son utilisation nécessite un équipement dédié (cuve de stockage, bac de rétention et pompe d'injection).

Hydroxyde ou oxyde de fer (poudre) : leur action est plus progressive et s'étale sur plusieurs jours, voire plusieurs semaines. La gamme de produits est très variée et leur dosage se fait directement via le système d'incorporation existant.

Boues riches en fer : leur composition et leur efficacité sont variables. Il est essentiel de vérifier leur teneur en fer pour ajuster le dosage, ainsi que la présence de métaux lourds pour garantir la conformité du digestat lors de l'épandage. Elles s'introduisent également par le système d'incorporation standard.

CONSEIL

Le **choix de l'additif ferrique** et de son **dosage** dépend de plusieurs facteurs clés : la régularité de la charge en H_2S, le temps de séjour de la matière, la stabilité biologique et les contraintes d'exploitation du site. Il est vivement recommandé de consulter votre fournisseur, votre bureau d'études ou votre conseiller en biologie pour définir le produit et le calendrier d'addition les plus adaptés.

Désulfuration interne par oxydation biologique

L'apport d'oxygène

La désulfuration biologique nécessite un **apport en dioxygène O_2** pour alimenter les bactéries sulfo-oxydantes. Cet O_2 sera également indispensable à la désulfuration chimique sur des charbons actifs classiques (étape C). Généralement produit sur site via des concentrateurs et injecté dans le ciel gazeux, cet apport constitue la principale origine de l'oxygène résiduel mesuré dans le biogaz.



Générateurs d'O_2



Filet avec soufre précipité

Le mécanisme biologique

En consommant cet O_2, **les bactéries convertissent l'H_2S gazeux** en soufre élémentaire qui se caractérise par un dépôt jaunâtre. Cette réaction se produit sur les **supports de désulfuration** (filets, charpente, etc.), à la surface de la membrane du gazomètre ou sur les parois du digesteur.

Efficacité et limites

Cette méthode permet une **désulfuration grossière**, abaissant la concentration à quelques dizaines ou centaines de ppm d'H_2S. Elle est très courante mais peu adaptée pour absorber les pics soudains d'H_2S.

Point d'attention : suivi des résidus

En général, le soufre produit s'accumule dans le ciel gazeux ou s'évacue via le digestat. Cependant, cette réaction peut aussi se produire dans les canalisations de biogaz, créant des dépôts de soufre et des pertes de charge.



ÉTAPE **B**

A B C D

CONSEILS

Pour garantir une efficacité maximale sans dégrader les équipements ni la biologie, la gestion de l'oxygène doit être optimisée dès la conception et ajustée en exploitation.

1

1. À la conception : aménager le milieu et l'injection

- **Multiplier les supports de fixation** : privilégier l'installation de réseaux de filets ou de charpentes pour offrir de la surface aux bactéries.
- **Réaliser l'injection d'O_2 au niveau du digesteur uniquement** afin de maximiser le temps de contact entre l'oxygène et le biogaz. Le biogaz doit ensuite circuler successivement du digesteur vers le post-digesteur, puis vers le stockage de digestat lorsqu'il est présent.
- **Multiplier les points d'injection dans le digesteur** en les répartissant dans le ciel gazeux. Ces points doivent être suffisamment éloignés les uns des autres et du point de sortie du biogaz vers l'unité d'épuration afin de favoriser un mélange homogène et d'optimiser l'efficacité de la désulfuration biologique.

2

2. À l'exploitation : calibrer et piloter au plus juste

L'injection d'O_2 doit être **continue** (plutôt que par à-coups) et régulée en fonction de la concentration d'H_2S et d'O_2 mesurée en sortie.

Méthode d'optimisation du dosage :

Lors de la phase de calibration, procéder par essais successifs en réduisant progressivement le débit d'O_2 jusqu'à trouver le seuil minimal efficace.

- **Valeur de référence** : selon la configuration, certains exploitants parviennent à abaisser le taux d'O_2 résiduel aux alentours de 2 000 ppm, voire en dessous. Cependant, chaque installation est unique : selon le site, ce seuil minimal peut varier à la hausse ou à la baisse.
- **Combinaison avec le charbon actif** : si le seuil minimal d'O_2 atteint sur votre site s'avère trop faible pour vos charbons actifs classiques, il est recommandé de contacter votre fournisseur qui pourra vous proposer une solution adaptée.

CONSEILS

Anticipation des pics d'H_2S :

En cas de hausse prévisible de l'H_2S (changement d'intrants), ne pas sur-injecter d'O_2. Il est préférable d'anticiper en intégrant des intrants moins soufrés ou en effectuant un apport ponctuel d'additifs ferriques.



Risques majeurs d'une sur-injection d'O_2

Injecter de l'O_2 au-delà du besoin strict n'améliore plus la baisse de l'H_2S et génère plusieurs problèmes :

Blocage de l'injection dans les réseaux : en cas de dépassement des seuils contractuels GRDF ou NaTran, la vanne de régulation se ferme et l'injection est interrompue.

Formation d'acide sulfurique (H_2SO_4) et corrosion sévère : l'excès d'oxygène favorise la production d'acide sulfurique, cause de **dégradations majeures** sur les parois (béton/acier), soupapes et potences d'agitateurs.

Inhibition de la biologie : l'oxygène résiduel perturbe les bactéries méthanogènes, dont le fonctionnement nécessite un milieu strictement anaérobie.

Désulfuration externe par adsorption et oxydation chimique dans les charbons actifs

Dans le ou les filtres, **le charbon actif fixe l'H_2S en consommant de l'O_2**. C'est la technologie majoritaire qui permet un traitement fin de l'H_2S du biogaz (moins de 3,5 ppm).

Il en existe principalement deux types :

- **Les charbons actifs classiques**,
- **Les charbons actifs imprégnés** (qui améliorent l'efficacité de la réaction).

Cette technologie implique un arbitrage direct sur l'oxygène : si elle permet d'éliminer l'H_2S contenu dans le biogaz lors de la réaction, elle nécessite en contrepartie une présence d'O_2 pour fonctionner de manière optimale.



Cuve de filtration par charbon actif

Cette solution reste très **répandue** et a fait ses preuves sur le plan technico-économique pour les sites agricoles ou territoriaux ayant un contenu en H_2S modéré. **D'autres solutions** (autres médias filtrants, lavage à la soude) permettent de **traiter l'H_2S sans apport d'O_2,** mais elles restent peu déployées en raison de leurs coûts plus élevés.

CONSEIL

Le choix du type de charbon actif doit être réfléchi en fonction des dimensions du/des filtre(s), de la concentration en H_2S et en COV (composés organiques volatils) du biogaz, des conditions de température et d'humidité du biogaz. Il est important de se rapprocher de son fournisseur de médias filtrants pour étudier le produit le plus adapté.

Épuration du biométhane

L'impact de la technologie d'épuration

Lorsque le **CO_2 est séparé du biogaz**, la technologie employée (membranes, amines, lavage, etc.) peut **transférer l'O_2** résiduel dans le biométhane.

Il convient de se renseigner en amont auprès de son bureau d'études, constructeur ou fournisseur d'épuration pour connaître l'impact exact du système sur les niveaux d'O_2 et d'H_2S envoyés vers le réseau.



Fiabilité des mesures : s'appuyer sur le poste d'injection

Sur le terrain, les analyseurs **manquent souvent de fiabilité** sur l'O_2 (dérive des sondes, humidité).

Pour piloter efficacement la désulfuration, une excellente stratégie consiste à s'appuyer sur la mesure d'O_2 du poste d'injection (GRDF / NaTran). Ces données d'analyse sont **fiables et précises** et remontent automatiquement vers la vue de pilotage de l'épuration. Cette vue constitue un bon outil pour **ajuster précisément l'injection d'O_2** et **maîtriser le niveau d'H_2S** tout en évitant les surdosages.

Bonnes pratiques au quotidien

- **Vérifier la cohérence des données** : comparer régulièrement les mesures des analyseurs du site avec celles de l'épurateur.
- **Calibrer et entretenir** : planifier des étalonnages réguliers des sondes et remplacer les cellules d'analyse selon les préconisations pour éviter les fausses lectures.

Sources et références

- *Origine et facteurs influençant la concentration de l'O_2 dans le biométhane, synthèse finale – OPUS Energies pour GRDF et GRTgaz – 2023*
- *Entschwefelung von Biogas in landwirtschaftlichen Biogasanlagen – Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern – 2017*
- *Guía práctica de desulfuración biológica de biogás – GIZ Mexico – 2019*
- *Untersuchung von Korrosionsschäden an Metall, Holz und Beton an sächsischen Biogasanlagen – 2019*
- *Verbesserung von Entschwefelungsverfahren in landwirtschaftlichen Biogasanlagen – A. Polster & J. Brummack – 2006*
- *Biogas upgrading: Evaluation of methods for H_2S removal – Danish Technical Institute – 2014*

Crédits photo pages 1 et 7 : Grégory Brandel
Crédits photo pages 6 et 9 : OPUS Energies

