Guide professionnel applicable aux canalisations de transport de gaz de biomasse non épuré

atee
ASSOCIATION TECHNIQUE ENERGIE ENVIRONNEMENT

Club Biogaz

2013

GUIDE PROFESSIONNEL
RELATIF AUX CANALISATIONS
DE TRANSPORT DE GAZ DE BIOMASSE NON ÉPURÉ

AVANT-PROPOS

Ce guide professionnel définit l'ensemble des dispositions particulières complémentaires ou substitutives à retenir pour les canalisations de transport de gaz de biomasse non épuré.

Son élaboration est prévue par l'article 6 de l'arrêté du 20 décembre 2010, modifiant l'arrêté « Multifluide »du 4 août 2006 portant règlement de sécurité des canalisations de transport de gaz combustibles, d'hydrocarbures liquides ou liquéfiés et de produits chimiques:

« Toute canalisation de transport est conçue, construite et exploitée conformément à […] un guide professionnel reconnu qui précise, sur la base des dispositions applicables aux fluides classés E au sens du 1 de l'article 2, l'ensemble des dispositions particulières complémentaires ou substitutives à retenir pour les canalisations de transport de gaz de biomasse non épuré ».

Ce guide fait donc l'objet d'une reconnaissance officielle selon l'arrêté Multifluide du 4 août 2006.

À noter que comme il sera précisé dans le § 1.4.2, conformément au cahier des charges et par consensus avec les différents contributeurs à la rédaction du présent guide et compte tenu des spécificités des gaz de biomasse, il a été jugé utile que le cas du « gaz de biomasse convenablement épuré pour être injecté de manière sûre dans les réseaux de gaz naturel soit mentionné pour mémoire dans certains chapitres ou tableaux du présent guide, afin notamment de permettre la comparaison des dispositions applicables.

Le présent guide a été établi de bonne foi et représente l'état de la technique et des connaissances au jour de son établissement. Il peut être sujet à des modifications ou amendements de la part de l'ATEE en fonction de l'évolution des techniques et connaissances, notamment en fonction de nouvelles réglementations ou normes (biogaz, gaz de biomasse, PEHD…).

GUIDE PROFESSIONNEL
RELATIF AUX CANALISATIONS
DE TRANSPORT DE GAZ DE BIOMASSE NON ÉPURÉ

Ce guide a été réalisé par le Club Biogaz ATEE assisté par ARISTOT.
Ont particulièrement participé à la rédaction de sous chapitres et à la relecture du guide:

- **AFG**
- **ARISTOT**
- **ATEE**
- **DEGREMONT**
- **GDF-SUEZ**
- **INERIS**
- **INNOGE**
- **MEDDE**
- **PLASSON**

Remerciements pour les participants au groupe de travail et à la relecture du guide:

Liste des participants	
Organisme	**Représentant**
ATEE	Caroline Marchais
ADEME	Olivier Théobald
ARISTOT	Christophe Mandereau
ARISTOT	François Gaussent
ARISTOT	Barriatoulah Achimi
BOREALIS+PLASTIC EUROPE	Thierry Pezard*
BURGEAP ICE	Jérôme Braxmeyer
DEGREMONT	Eric Fievez
ENEA	Laurent Blaisonneau
FERTIGAZ	Martin Hanrot
GDF-SUEZ	Maïlys Pale Guerquin
	Aude Ferré
GRDF : Gaz réseau Distribution de France	Catherine Martin-Fournier
INERIS	Sandrine Descourrière
INERIS	Sébastien Evanno
INNOGE / STRPE	Christophe Bouniol
MEDDE-DGPR	Jean Boesch
MEDDE-DGPR	Thomas Blaton
PLASSON France	Corinne Colas
SIAAP : Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne	Ronan Nedelec
	Michel Riotte
SITA Bio-énergie	Nicolas Brunel
SYPLAST-STR-PE	Eric Chatelain

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement

Direction générale de la prévention des risques

Décision du 06 SEP. 2011

portant qualification d'un organisme pour l'établissement d'un guide professionnel relatif aux canalisations de transport de gaz de biomasse prévu par le règlement de sécurité des canalisations de transport

NOR : DEVP1124146S

(Texte non paru au journal officiel)

La ministre de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement,

Vu l'arrêté du 4 août 2006 modifié portant règlement de la sécurité des canalisations de transport de gaz combustibles, d'hydrocarbures liquides ou liquéfiés et de produits chimiques, et notamment son article 4 – paragraphe « Guide professionnel reconnu » et son article 6 ;

Vu la demande déposée par l'Association technique énergie environnement (ATEE) en date du 25 août 2011,

Décide :

Article 1er

L'Association technique énergie environnement (ATEE) est qualifiée, en application de l'article 4 de l'arrêté du 4 août 2006 susvisé, pour établir le guide professionnel relatif aux canalisations de transport de gaz de biomasse non épuré prévu par le troisième tiret du c) de l'article 6 de cet arrêté.

Article 2

La présente décision sera publiée au bulletin officiel du ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement.

Fait le 06 SEP. 2011

Pour la ministre et par délégation :
Le directeur général de la prévention des risques,

Laurent MICHEL

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'écologie, du
développement durable et de l'énergie

Direction générale de la prévention des risques

Décision BSEI n° 2013-037 du 29 mai 2013

portant reconnaissance d'un guide professionnel applicable aux canalisations de transport de gaz de biomasse non épuré prévu par l'arrêté du 4 août 2006 modifié portant règlement de la sécurité des canalisations de transport

NOR : DEVP1309785S

(Texte non paru au journal officiel)

La ministre de l'écologie, du développement durable et de l'énergie,

Vu le code de l'environnement, notamment la section 4 du chapitre V du titre V du livre V ;

Vu l'arrêté du 4 août 2006 modifié portant règlement de la sécurité des canalisations de transport de gaz combustibles, d'hydrocarbures liquides ou liquéfiés et de produits chimiques, notamment son article 6 ;

Vu la décision du 6 septembre 2011 portant qualification de l'association technique énergie environnement (ATEE) pour l'établissement d'un guide professionnel relatif aux canalisations de transport de gaz de biomasse prévu par l'arrêté du 4 août 2006 modifié susivisé ;

Vu le guide professionnel de l'ATEE intitulé « Guide professionnel relatif aux canalisations dédiées au transport des biogaz », édition de mai 2013 ;

Vu l'avis du Conseil supérieur de la prévention des risques technologiques en date du 24 septembre 2012 ;

Décide :

Article 1er

Le guide professionnel susvisé, intitulé « Guide professionnel relatif aux canalisations dédiées au transport des biogaz », édition de mai 2013, prévu par l'article 6 de l'arrêté du 4 août 2006 modifié susvisé, est reconnu comme permettant de satisfaire, pour le champ qu'il couvre, les exigences de cet arrêté.

Article 2

Le guide professionnel cité à l'article 1er entre en application le lendemain de la publication de la présente décision.

Article 3

Le guide professionnel cité à l'article 1er est en accès gratuit sur le site Internet de l'association technique énergie environnement www.atee.fr .

Article 4

La directrice générale de la prévention des risques est chargée de l'exécution de la présente décision, qui sera publiée au bulletin officiel du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie.

Fait le 29 MAI 2013

Pour la ministre et par délégation :
la directrice générale de la prévention des risques,

Patricia BLANC

Lexique

ADG	Arrêté Distribution Gaz du 13 juillet 2000
AMF	Arrêté Multifluide du 04 août 2006
AFG	Association Française du Gaz
ATEE	Association Techniques Energie Environnement
ATEX	ATmosphère EXplosive
BG	BioGaz
BNG	Bureau de Normalisation du Gaz
BP	Basse Pression (<400 mbar)
CdE	Code de l'Environnement
CdT	Code du Travail
DESP	Directive Equipements Sous Pression
DGEC	Direction Générale de l'Energie et du Climat
EDD	Etude De Dangers
EI	Etude d'Impact
ESP	Equipement Sous Pression
GES	Gaz à Effet de Serre
GESIP	Groupe d'Études de Sécurité des Industries Pétrolières et Chimiques
GN	Gaz naturel
HP	Haute Pression
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
INERIS	Institut National de l'Environnement industriel et des RISques
ISDND	Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux
LIE	Limite Inférieure d'Explosivité
LSE	Limite Supérieure d'Explosivité
LSL/LSH	Level Switch Low / Level Switch High
MEDDE	Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE).
Mésophile	qualifie une production de biogaz reposant sur des organismes se développant à des températures moyennes (35 - 40°C)
MPA	Moyenne Pression A (50 mbar à 400 mbar)
MPB	Moyenne Pression B (400 mbar à 4 bar)
MPC	Moyenne Pression C (supérieur à 4 bar)
MRS	Minimum Required Strength
PCI	Pouvoir Calorifique Inférieur
PCS	Pouvoir Calorifique Supérieur
PE/PEHD	Polyéthylène / Polyéthylène Haute Densité
PID	Piping & Instrumentation Diagram
PMS	Pression Maximale de Service
POI	Plan d'Organisation Interne
PR	Point de Rosée
PSI	Plan de Secours et Intervention
REX	Retour d'Expérience
RSDG	Règlement de Sécurité de la Distribution de Gaz
SDR	Rapport des dimensions nominales. Désignation numérique d'une série de tube qui est un nombre rond pratique, approximativement égal au rapport du diamètre extérieur nominal et de l'épaisseur nominale.
SIG	Système d'Information Géographique
SGS	Système de Gestion de la Sécurité
STEP	Station d'Épuration
STRPE	Syndicat des Tubes et Raccords en Polyéthylène
Thermophile	qualifie une production de biogaz reposant sur des organismes se développant à des températures élevées (50 - 60°C)
TMS	Température Maximum de Service
UVCE	Unconfined Vapour Cloud Explosion = explosion de gaz à l'air libre
VLE	Valeur Limite d'Exposition
VME	Valeur Moyenne d'Exposition

Plan du guide

1 Introduction 11
1.1 Objet du guide 11
1.2 Contexte réglementaire du guide : Révision de l'arrêté Multifluide du 4 août 2006 11
1.3 Expérience française et européenne 12
1.4 Domaine d'application et périmètre 17
1.4.1 Selon les caractéristiques de la canalisation 17
1.4.2 Selon la terminologie et le type de gaz de biomasse 18
1.5 Présentation des enjeux 20
2 Rappels sur les biogaz et classification 21
2.1 Définition : Biogaz, gaz, combustibles et fluides dangereux 21
2.2 Présentation des gaz de biomasse : biogaz et syngaz 21
2.3 Utilisations des biogaz 22
2.4 Composition des biogaz 22
2.5 Propriétés des biogaz 24
2.6 Risques, impacts et nuisances liés au biogaz 24
2.6.1 Risques d'inflammation : explosion et incendie 26
2.6.1.1 Définition 26
2.6.1.2 Explosivité 26
2.6.1.3 Inflammation 27
2.6.2 Risques toxicologiques aigus 28
2.6.3 Risque d'anoxie 28
2.6.4 Impacts sur les équipements 29
2.6.4.1 Formation de dépôt 29
2.6.4.2 Corrosion 29
2.6.4.3 Altération des propriétés physiques des matériaux en PEHD 30
2.6.4.4 Changement d'état de l'eau contenue dans le gaz 31
2.7 Classification des biogaz 32
2.8 Traitement des biogaz 33
3 Référentiels 34
3.1 Conventions 34
3.2 Exigences contradictoires 34
3.3 Référence réglementaire 35
3.4 Références normatives 35
3.5 Références techniques et pratiques 35
4 Démarches et règles de conception 37
4.1 Présentation du système de transport de biogaz 37
4.2 Contraintes et paramètres de conception 40
4.3 Valeurs limites et contraintes relatives aux conditions de services 41
4.4 Conception du tracé 42
4.4.1 Cheminement enterré et à l'air libre des tronçons 42
4.4.2 Profondeurs d'implantation 43
4.4.3 Courbure 43
4.4.4 Inclinaison 44
4.5 Conception du réseau des canalisations 44
4.5.1 Architecture réseau 44
4.5.2 By-pass 45
4.5.3 Risques et dérives du procédé 45

4.6 Démarche de choix de conception du matériau et de dimensionnement de la canalisation....45
4.6.1 Définition des conditions de service et d'environnement....47
4.6.1.1 Conditions de service....47
4.6.1.2 Conditions d'environnement - coefficients de sécurité....48
4.6.2 Vitesses de transport pour le calcul du diamètre des canalisations....49
4.6.3 Choix de la classe de matériau (PE ou acier)....49
4.6.4 Choix des dimensions et caractéristiques des matériaux pour les canalisations - Cas du PEHD....50
4.6.4.1 Référentiels normatifs et techniques relatifs à la conception des réseaux en PE 50
4.6.4.2 Choix des dimensions et caractéristiques des tubes pour les canalisations en PE 50
4.6.4.2.1 Les différentes qualités de tubes PE pour les combustibles gazeux....50
4.6.4.2.2 Choix de la qualité de PE compatible avec les conditions de service (P,T) et d'environnement (C). 50
4.6.4.2.3 Choix de la gamme de diamètre nominal disponible en fonction du débit réel du gaz 55
4.6.4.2.4 Influence de la température de service sur la durée de vie des tubes PE 55
4.6.5 Choix des dimensions et caractéristiques des matériaux pour les canalisations en acier 57
4.6.6 Choix du prétraitement pour adapter la qualité de biogaz....57
4.6.7 Spécifications générales des matériels....58
4.6.7.1 Homogénéité de conception des matériels et accessoires 58
4.6.7.2 Sûreté de fonctionnement 58
4.6.7.3 Sécurité fonctionnelle....58
4.6.7.4 Classes d'étanchéité 58
4.6.7.5 Sécurité feu....59
4.6.7.6 ATEX 59
4.6.8 Conception des accessoires et des installations annexes 60
4.6.8.1 Référentiels spécifiques aux accessoires....60
4.6.8.2 Pot de purge 60
4.6.8.2.1 Conception....60
4.6.8.2.2 Règles d'implantation....61
4.6.8.2.3 Automatisation 61
4.6.8.3 Arrête-flamme 62
4.6.8.4 Poste de refroidissement et séchage 63
4.6.8.5 Poste d'isolement et de sécurité....64
4.6.8.6 Autres équipements 65
5 Démarches et règles de construction 66
5.1 Applications des référentiels....66
5.2 Capacité des entreprises de travaux 67
5.3 Conditions de pose....67
5.3.1 Conditions climatiques de pose....67
5.3.2 Conditions géométriques de pose 67

5.3.3 Dispositions particulières pour les réseaux en PEHD 68
5.3.3.1 Jonctions et raccordements 68
5.3.3.2 Choix du procédé de raccordement 68
5.3.3.3 Procédé d'assemblage par électrosoudage 69
5.3.3.4 Procédé d'assemblage par soudage bout à bout 69
5.3.3.5 Choix du procédé de raccordement en fonction du diamètre 70
5.3.3.6 Précautions pendant la pose 70
5.3.4 Dispositions particulières pour les réseaux en acier 70
5.3.5 Qualité du remblai 71
5.3.5.1 Canalisation en PEHD 71
5.3.5.2 Canalisation en acier 71
5.4 Modes de pose et de protection d'une canalisation enterrée. 71
5.5 Essais et épreuves 73
6 Démarches et règles d'autorisation pour un projet de réalisation et durant l'exploitation d'un réseau de canalisation de transport de biogaz 74
6.1 Applications des référentiels 74
6.2 Impact des diamètres et des longueurs de canalisations sur les démarches d'autorisation et d'exploitation 75
6.3 Procédures réglementées 76
6.4 Suivi et modification en exploitation 83
6.4.1 Actions de surveillance, de maintenance et d'intervention 83
6.5 Odorisation 84
6.5.1 Cartographie des réseaux 85
6.5.2 Plan de Sécurité et d'Intervention 85
6.5.3 Arrêt d'exploitation et transfert d'usage 85
6.6 Risque des canalisations biogaz et spécificités des études de dangers 86
6.6.1 Etude de danger : Analyse qualitative des risques 87
6.6.2 Etude de danger : Analyse quantitative des risques 90
6.6.2.1 Danger et risques : Retour d'expérience 90
6.6.2.2 Danger et risques : Brèches de référence 90
6.6.2.3 Danger et risques : phénomènes dangereux 91
6.6.2.4 Retour d'expérience distances d'effets 91
6.6.2.4.1 Résultats des scénarios pour une canalisation de transport aérienne 91
6.6.2.4.2 Résultats des scénarios pour une canalisation de transport enterrée 93
6.6.2.5 Retour d'expérience : Fréquences de fuite et probabilité d'inflammation 94
6.6.2.6 Efficacité des mesures compensatoires 94
6.7 Compétences du transporteur 94
7 Date d'effet 94

1 Introduction

1.1 Objet du guide

Ce guide professionnel relatif aux canalisations de transport de biogaz situées hors du champ de la réglementation des installations classées, répond aux exigences de l'arrêté Multifluide modifié.
En cohérence et en lien avec les autres documents de référence existants, ce guide a pour objectif la description et la définition des domaines suivants :

- Les caractéristiques et risques spécifiques du biogaz
- Les réglementations et référentiels applicables ou transposables aux réseaux de canalisations de transport de biogaz
- Les dispositions techniques réglementaires et pratiques applicables au transport du biogaz par canalisations, comprenant :
    - Les démarches et règles de conception,
    - Les démarches et règles de construction,
    - Les démarches et règles d'autorisation,
    - Les démarches et règles d'exploitation.

Ce guide n'a pas pour objet de reprendre l'ensemble des prescriptions mais de les structurer et d'en préciser les aspects propres aux canalisations de transport de biogaz. Les dispositions de ce guide sont prises sans préjudice des autres législations et réglementations applicables, et notamment les textes cités en annexe.
Les droits des tiers sont et demeurent expressément réservés.

Des éléments de retours d'expérience permettent d'illustrer les conditions de conception, de construction et d'exploitation actuelles de réseaux de transport de biogaz en France et en Europe.

1.2 Contexte réglementaire du guide : Révision de l'arrêté Multifluide du 4 août 2006

L'arrêté du 20 décembre 2010, modifiant l'arrêté du 4 août 2006 portant règlement de sécurité des canalisations de transport de gaz combustibles, d'hydrocarbures liquides ou liquéfiés et de produits chimiques (NOR: DEVP1031516A), prévoit l'élaboration d'un guide professionnel relatif aux canalisations de biogaz non épuré.
En effet le biogaz est un fluide particulier difficile à intégrer dans la réglementation. L'arrêté comporte les règles de construction, installation, contrôles, suivi en service... Il est bien adapté pour des canalisations en acier, mais pas pour des canalisations utilisant des matériaux adaptés aux caractéristiques et risques associés au biogaz non épuré (notamment le polyéthylène ou l'inox). Le polyéthylène (PE) pourrait être utilisé dans des basses pressions pour transporter du biogaz. Il assure une bonne tenue face aux risques de corrosion due à l'eau ou à l'H_2S, et est plus souple de mise en œuvre et d'utilisation.

Pour les canalisations particulières comme celles transportant de l'oxygène, l'arrêté « Multifluide » prévoit des conditions spécifiques avec création d'un guide, qui a été réalisé par l'AFGC pour l'oxygène, puis reconnu par l'État.

Ce présent guide fixant des règles spécifiques au biogaz, est réalisé et reconnu par l'Etat (MEDDE) sur le même principe.

1.3 Expérience française et européenne

La figure et le tableau suivants sont issus des retours d'expérience français et européens (sources : ADEME, SOLAGRO, SITA, RAEE, LMCU – pour analogie car hors champs d'application), relatifs au transport du biogaz par canalisation.
La distribution des cas recensés à l'échelle française et européenne montre la concentration des projets dans la plage de 50 m à 4 km de longueur, 150 à 1 500 Nm^3/h et 0,080 à 1,5 bar. Ceci est lié aux caractéristiques du gisement et du besoin.
Les caractéristiques extrêmes recensées sont : 10 km au Pays-Bas, 3 650 Nm^3/h, sous 3 bar au SIAAP et 4 bar au Danemark.

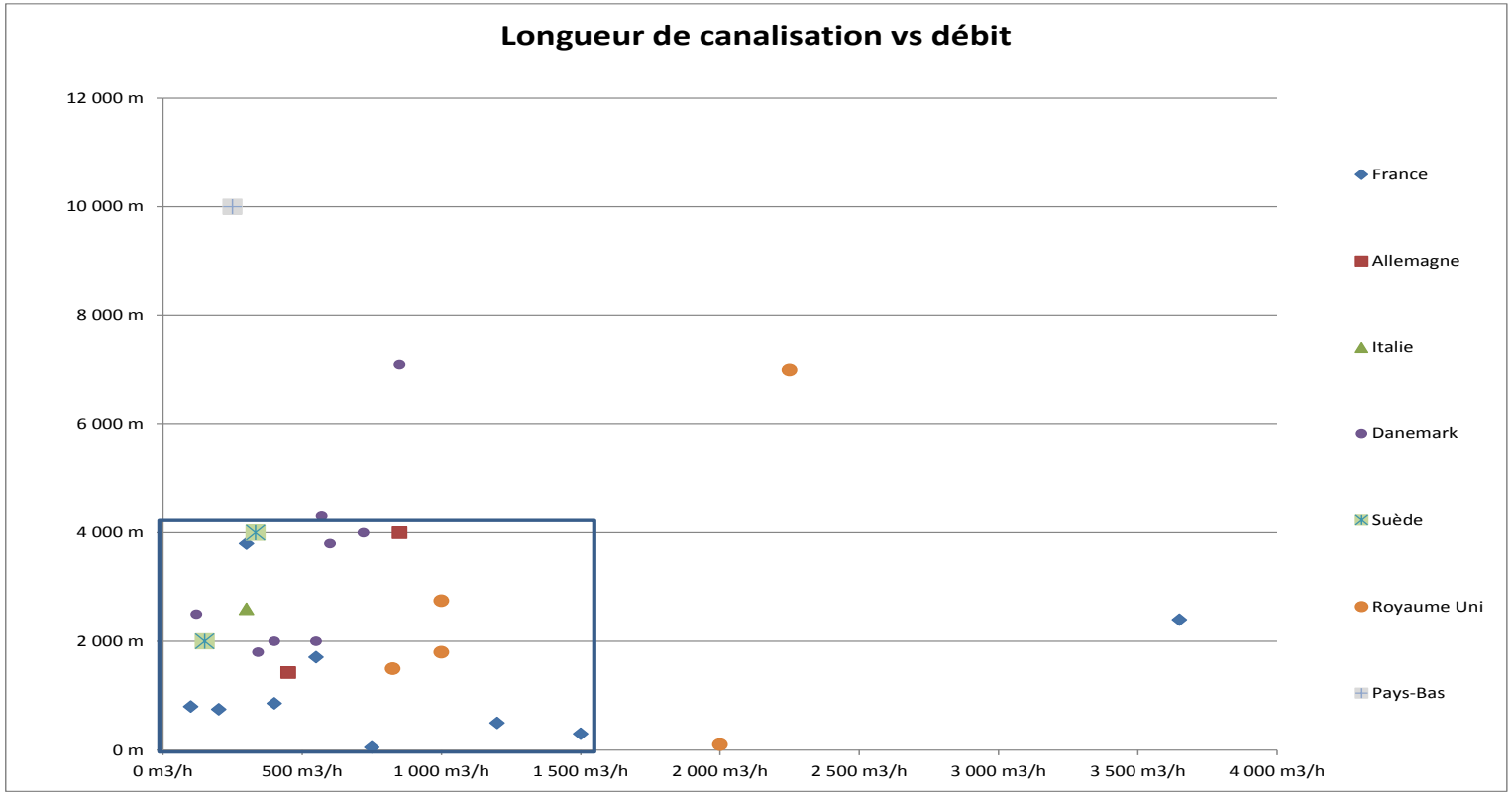


Figure 1 : Répartition du REX en fonction de la longueur et du débit

Site	Pays / Dpt	Année de mise en service du transport de biogaz	Site de production	Site de valorisation	Longueur de canalisation dédiée au biogaz	Matériaux utilisés pour la canalisation	Diamètre des canalisations biogaz (mm)	Débit de biogaz	Pression
Vienne	**France / 38**	2001	CET de Saint-Alban-les-Vignes	Station d'épuration	3 800 m	PEHD + signalisation de la canalisation en noir avec bande marron et inscription biogaz	160 mm	300 m3/h	0,600 bar
Clérac	**France / 17**	.	.	.	300 m	PEHD	200 mm	1 500 m3/h	0,400 bar
Rillieux la Pape	**France / 69**		CET	Office HLM	-	-	-	-	-
Achères Usine d'épuration Seine aval	**France / 78**	2008 (Avant, 2 canalisations en fonte Ø200 et Ø250)	STEP Usine de traitement de l'eau (UPEI)	STEP usine de traitement des boues (UPBD)	2 400 m	PEHD (PE 100 NF groupe Gaz 4) Canalisation avec bandes jaunes, signalée par du grillage avertisseur jaune et plots de repérage	400 mm	3 650 m3/h	3,000 bar
CVO de Lille Métropole Communauté Urbaine (pour info car hors périmètre)	**France / 59**	2010	Centre de Valorisation Organique (CVO) à SEQUEDIN (Nord)	Injection dans le réseau GrDF et/ou alimentation des bus du dépôt voisin.	50 m	Canalisation acier inox signalée par grillage avertisseur et plots de repérage	150 mm	750 m3/h	20,000 bar

Mably Roanne	**France / 42**	2007	SITA - ISDND de Mably	IMERYS - Briquetterie	500 m	PEHD	250 mm	1 200 m3/h	0,400 bar
Bouyer Leroux	**France / 49**	2010	CSDND de la Cachotière BOUYER LEROUX à La Séguinière (49) Canalisation de biogaz entre le CSDND et la briqueterie BOUYER LEROUX	briqueterie BOUYER LEROUX à La Séguinière (49) - Sur le même site, mais distant du CSDND	1 711 m	PEHD (PE 100 NF groupe Gaz 4) Canalisation avec bandes jaunes, signalée par du grillage avertisseur jaune et plots de repérage	200 mm	550 m3/h	0,600 bar
STEP de Stuttgart	**Allemagne**	Années 1960	STEP de Stuttgart	Chauffage digesteur et incinération boues à 500m des gazomètres	500 m	Acier aimanté, A partir de 2003: inox	300 mm	.	0,120 bar
Centre de stockage de déchets ménagers de Freiburg	**Allemagne**	1991	Centre de stockage de déchets ménagers de Freiburg	Installation de cogénération (sur le site qui s'étend sur 22ha)	4 000 m	Acier sur les 250 premiers mètres PEHD sur le reste du parcours	200 mm	850 m3/h	0,300 bar
Centre de stockage de déchets ménagers de Neunkirchen am Sand	**Allemagne**	1987	Centre de stockage de déchets ménagers de Neunkirchen am Sand	Chaudière d'une usine de fabrication de tuiles	1 425 m	PEHD	200 mm	450 m3/h	0,400 bar
Usine de méthanisation collective de Prad (Sud-Tyrol)	**Italie**	2001	Installation collective de méthanisation agricole de Prad (Sud-Tyrol)	Unité de cogénération	2 600 m	PEHD	110 mm	300 m3/h	0,500 bar

Usine de méthanisation collective de Ribe	**Danemark**	1990	Usine de méthanisation collective de Ribe	Unité de cogénération avec moteur dual fuel avec priorité au biogaz	2 000 m	.	.	550 m3/h	0,300 bar
Usine de méthanisation collective de Thorsø	**Danemark**	1993	Usine de méthanisation collective de Thorsø	.	3 800 m	PEHD	150 mm	600 m3/h	0,580 bar
Usine de méthanisation collective de Vaarst Fjellerad/Aalborg	**Danemark**	1997	Usine de méthanisation collective de Vaarst Fjellerad/Aalborg	Unité de cogénération sur le site et unité plus importante, à proximité résidences	2 000 m	.	.	400 m3/h	4,000 bar
Usine de méthanisation de Linco Gas	**Danemark**	1998	Usine de méthanisation de Linco Gas	installation de cogénération du réseau de chaleur urbain	7 100 m	PEHD	250 mm	850 m3/h	0,500 bar
Centre de stockage des déchets ménagers de Stige (Odense Fjord)	**Danemark**	1997	Centre de stockage des déchets ménagers de Stige (Odense Fjord)	Installation de cogénération de 4 moteurs à gaz	4 000 m	PEHD	150 mm	720 m3/h	1,000 bar
Centre de stockage des déchets ménagers de Aunsogard (Svebolle-Viskinge)	**Danemark**	1996	Centre de stockage des déchets ménagers de Aunsogard (Svebolle-Viskinge)	Installation de cogénération	.	PE	.	300 m3/h	1,500 bar

Usine de méthanisation collective de Laholm	**Suède**	1993 - 2000	Usine de méthanisation collective de Laholm	Réseau de chaleur urbain	2 000 m	PEHD	.	150 m3/h	1,000 bar
Centre de stockage de déchets de Moreton (Wirral)	**Royaume Uni**	1998 - 2001	Centre de stockage de déchets de Moreton (Wirral)	Chaudières usine de fabrication de chocolat	2 750 m	.	180 mm	1 000 m3/h	0,080 bar
Centre de stockage de déchets de Pontyclun (Mid Glamorgan)	**Royaume Uni**	1997	Centre de stockage de déchets de Pontyclun (Mid Glamorgan)	Equipement de calcination à lit fluidisé	1 800 m	.	180 mm	1 000 m3/h	0,080 bar
Centre de stockage de déchets Stone Pit 1 (Stone, Dartford, Kent)	**Royaume Uni**	1989	Centre de stockage de déchets Stone Pit 1 (Stone, Dartford, Kent)	Cimenterie Fabrique de plomb Usine chimique	7 000 m	PEHD et acier doux	180 mm	2 250 m3/h	0,500 bar
Centre de stockage de Het Rikkerink à Ambt Delden	**Pays-Bas**	1997	Centre de stockage de Het Rikkerink à Ambt Delden	Réseau de chaleur	10 000 m	PEHD	160 mm	250 m3/h	0,600 bar

Tableau 1 : Recensement des caractéristiques des réseaux de transport biogaz en Europe

1.4 Domaine d'application et périmètre

Le domaine d'application et les caractéristiques cibles découlent à la fois des exigences réglementaires issues du référentiel « Multifluide » et du retour d'expérience sur les réseaux de canalisations de transport de biogaz.

Le présent guide s'applique aux canalisations de type transport (définies au 1.4.1) transportant des gaz de biomasse, produits chimiques gazeux et combustibles au sens de l'article R.555-1 du Code de l'environnement (définis au 1.4.2).

1.4.1 Selon les caractéristiques de la canalisation

Les dispositions du présent guide s'appliquent exclusivement aux canalisations satisfaisant simultanément les conditions 1 et 2 ci-dessous :

a. La canalisation est une canalisation de transport, au sens des articles L. 555-1 et L. 555-2 du code de l'Environnement :

   Selon l'article L. 555-1, " une canalisation de transport comprend une ou plusieurs conduites ou sections de conduites, ainsi que les installations annexes qui contribuent, le cas échéant, à son fonctionnement. Elle achemine des produits liquides ou gazeux à destination de réseaux de distribution, d'autres ouvrages de transport, d'entreprises industrielles ou commerciales, de sites de stockage ou de chargement."

   Selon l'article L. 555-2, ne sont pas considérées comme canalisations de transport :

   - Les "sections de canalisations situées à l'intérieur du périmètre d'une ou de plusieurs installations [Classées pour la Protection de l'Environnement] et reliées à ces dernières, à partir du premier organe de sectionnement situé sur la liaison vers ces installations, le cas échéant après les installations annexes [définies ci-dessus]."Ainsi, une canalisation reliée à l'une au moins des installations d'un établissement classé et situé en totalité sur le périmètre de celui-ci ne relève pas de la réglementation des canalisations de transport, et n'est donc pas visé par le présent guide.

   - Les "canalisations de distribution de gaz combustibles" (au sens de l'article 1er de l'arrêté Multifluide du 13 juillet 2000 modifié).

b. La canalisation transporte du gaz de biomasse (ou biogaz), tel que défini au §1.4.2 du présent guide. Il englobe les différentes portions de canalisations : enterrées et aériennes.

Le périmètre d'application se base sur les caractéristiques suivantes :

Caractéristiques	Valeur cible	Observation
Longueur de canalisation	moins de 10 km de longueur développée.	La distance peut être supérieure mais cela concerne peu de cas.
Surface de projection au sol	Inférieure à 5000 m^2	
Diamètre de canalisation	inférieur ou égal à 400 mm	L'acier existe en toutes tailles. Le PE existe jusque 1200mm. La norme NF EN 1555-2 établit une gamme jusqu'au diamètre 630mm mais les diamètres disposant à ce jour d'une marque NF gaz sont 20; 32; 40; 63; 110; 125; 160 et 200mm.
Débit nominal	inférieur à 3 000 Nm^3/h	Le débit peut être supérieur mais cela concerne peu de cas.
Pression	inférieure ou égale à 10 bar	C'est la valeur limite pour le PE. Au-delà les dispositions usuelles de l'arrêté s'appliquent avec l'emploi de canalisation en acier.

Ces hypothèses de travail ne sont pas limitatives, elles sont applicables pour la majorité des situations, le cas échéant les différences pour les canalisations hors de ce périmètre seront précisées.

Le REX permet de constater qu'en pratique :

- La pression du réseau est très souvent inférieure à 4 bar : réseaux BP, MPA, MPB.
- Constructivement, les référentiels techniques pour la fabrication du PEHD et pour les conditions de distribution du gaz sont les plus proches du besoin.
- Tandis que contextuellement, le référentiel du transport est le plus proche par rapport au cheminement sur le territoire.
- Enfin, opérationnellement, l'exploitation s'apparente aux procédures et risques des réseaux de biogaz en ICPE

Les usages des gaz de biomasse impliquent leur transport et/ou leur distribution par canalisation dans la mesure où la possibilité d'utiliser le gaz n'existe pas sur les lieux de sa production ou que l'intérêt du transport est justifié par des éléments plus favorables d'un point de vue socio-économique et environnemental.

1.4.2 Selon la terminologie et le type de gaz de biomasse

Le **gaz de biomasse** est produit à partir d'une ressource d'origine biologique par :

- Procédé biologique (fermentation, digestion anaérobie), il est appelé **biogaz**,
- Procédé de synthèse thermochimique (gazéification de la biomasse : bois, déchet…), il est alors appelé **syngaz**,

Ces différents modes de production et usages conduisent à envisager différents types de biogaz devant faire l'objet des dispositions requises par l'arrêté du 4 août 2006 suivant les différentes caractéristiques de fluides définies à l'article 2.1.

Ces définitions et domaines d'applications sont décrits dans le tableau ci-après.

<table>
<tr><td>DEFINITION
Article R.555-1
Code de l'environnement</td><td colspan="2">Gaz naturel ou un autre combustible gazeux ;
Gaz combustibles : Combustibles gazeux à la température de 15 °C, à la pression atmosphérique,</td><td colspan="3">Produit chimique :
Produit ou une matière autre que l'air et l'eau.
Sous forme gazeuse, liquide, pâteuse ou solide</td></tr>
<tr><td>APPLICATION
Combustibles gazeux</td><td>SOIT :
définis au sein de la norme NF EN 437 […] et satisfaisant aux dispositions de l'arrêté du 28 janvier 1981 susvisé,</td><td>SOIT :
gaz de biomasse convenablement épuré pouvant être injecté de manière sûre dans les réseaux de gaz naturel.</td><td colspan="3">SOIT :
gaz de biomasse convenablement traité, prétraité ou brut pouvant être transporté de manière sûre dans les réseaux, dans les conditions définies dans le présent guide</td></tr>
<tr><td rowspan="2">TYPOLOGIE DE GAZ</td><td colspan="2"><u>EPURE</u></td><td colspan="3"><u>NON EPURE</u></td></tr>
<tr><td><u>Gaz Naturel</u>
<u>Gaz de mines</u></td><td><u>Biométhane</u> pouvant être injecté dans les réseaux car répondant aux prescriptions techniques de l'opérateur de réseau (GrdF, GRTgaz, RGDS, GEG, REGAZ ou autre)</td><td><u>Gaz de biomasse traité</u>
(le niveau de risque vis-à-vis des composants agressifs pour les matériaux est identique aux autres gaz combustibles) mais certaines caractéristiques ne respectent pas les spécifications pour être injecté dans les réseaux :
PCS, %CO_2…</td><td><u>Gaz de biomasse prétraité</u>

Risque modéré vis-à-vis des composants agressifs pour les matériaux</td><td><u>Gaz de biomasse brut</u></td></tr>
<tr><td>APPLICATION</td><td colspan="2"><u>Exclu</u> du domaine d'application du présent guide (*)</td><td colspan="3"><u>Inclus</u> dans le domaine d'application du présent guide</td></tr>
</table>

Tableau 2 : Définitions et domaines d'application des gaz

(*): Les canalisations transportant ces fluides répondent aux exigences générales de l'AMF (si elles relèvent du régime du transport) ou de l'arrêté du 13 juillet 2000 modifié si elles relèvent du régime de la distribution. Le régime (transport ou distribution) est défini à l'Article 8 du décret du 2 mai 2012.

Par extension des définitions de l'Article R. 555-1, les définitions suivantes sont retenues pour le présent guide :
« **Canalisation de transport de gaz combustibles non épuré** » : canalisation dédiée transportant du gaz combustible insuffisamment épuré.
Le gaz combustible non épuré fait l'objet d'une non-conformité par rapport à un ou plusieurs paramètres spécifiés dans les prescriptions techniques fixées par le transporteur selon le principe du décret n°2004-555 du 15 juin 2004, et ce gaz n'est pas injectable en l'état dans les réseaux de transport et de distribution.
« Canalisations de transport de gaz de biomasse non épuré » : canalisation dédiée transportant du gaz de biomasse, combustible insuffisamment épuré.

Le biogaz peut être défini et qualifié comme gaz de biomasse combustible non épuré.

Le syngaz issu d'un procédé thermochimique n'est pas prioritaire comparé au gaz issu des procédés biologiques. Il doit néanmoins faire l'objet d'un minimum de développement pour répondre aux projets particuliers de gazéification de biomasse forestière ou déchet exportés d'une installation de production vers un consommateur hors ICPE (cogénération, site chimique…).

Le présent document développe essentiellement les aspects relatifs au gaz de biomasse biogaz (dont biogaz). Ce guide pourra dans un deuxième temps faire l'objet de compléments de définition, de description et de spécifications particulières au syngaz.

1.5 Présentation des enjeux

En cette période charnière pour le développement des énergies renouvelables, la méthanisation recèle un potentiel important par sa double capacité de valorisation énergétique des déchets organiques et de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Pourtant, si le procédé de méthanisation est utilisé dans le nord de l'Europe (Allemagne, Danemark, Suède, Suisse…) depuis de nombreuses années, il a connu en France un développement très mesuré.

Plusieurs éléments renforcent l'intérêt de ce procédé pour contribuer à l'atteinte des enjeux environnementaux fixés à l'échelle européenne et française :

- la directive 2009/28/CE (incluant également le développement technologique et territorial) et les textes de transposition qui ciblent notamment la nécessité d'accroître l'efficacité énergétique dans le cadre du triple objectif de l'initiative **«20-20-20» d'ici à 2020**, (pouvant être portée à 30% sur les territoires volontaristes) à savoir :
  - une réduction de 20 % de la consommation d'énergie primaire de l'UE,
  - l'obligation de réduire de 20 % des émissions de gaz à effet de serre
  - une proportion contraignante de 20 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie.
- la directive européenne du 19 novembre 2008 sur les déchets,
- les incitations financières - notamment la revalorisation en 2006, puis 2011 des tarifs d'achat de l'électricité produite à partir du biogaz - mises en place dans le cadre de la politique française de lutte contre l'effet de serre et de développement des énergies renouvelables,
- la loi Grenelle II [n°2010-788], retenant :
  - « l'objectif de 23 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale en 2020. »

Ainsi, de nombreux projets sont initiés en France, que ce soit en méthanisation de déchets ou coproduits agricoles, d'effluents d'élevage, d'effluents et coproduits agro-industriels, de boues d'épuration, ou de la fraction fermentescible des ordures ménagères (FFOM).

La valorisation du biogaz doit être privilégiée :

- par rapport à son torchage sans récupération et valorisation d'énergie
- en substitution des énergies fossiles (fuel…)
- vers les solutions les plus vertueuses et performantes.

Certains de ces projets sont limités par des contraintes géographiques d'adéquation entre consommateurs et producteurs.

En effet, les besoins ne sont pas systématiquement localisés au même endroit, il est parfois nécessaire de traverser un champ, une zone industrielle ou simplement une route ou un fleuve ou une voie ferrée, séparant deux enclaves d'un site ICPE.

Par conséquent, le transport de biogaz entre sites ICPE permet de maximiser sa valorisation et les bénéfices associés d'un point de vue énergétique, socio-économique, environnemental et territorial.

2 Rappels sur les biogaz et classification

2.1 Définition : Biogaz, gaz, combustibles et fluides dangereux

Le biogaz est un fluide gazeux à température et pression ambiante. Sa composition complexe, entre dans le champ de plusieurs référentiels réglementaires.

Le tableau en annexe A2 permet d'identifier dans les textes réglementaires les définitions concernant le biogaz. Les définitions énoncées dans ce tableau sont directement extraites de la réglementation.

Il est à noter que certains textes peuvent reprendre des définitions similaires dans des contextes différents, ou reprendre sous un libellé identique des définitions légèrement modifiées. Les notes sous le tableau précisent ces nuances qui peuvent être importantes pour les champs d'application des textes réglementaires.

Ces référentiels sont principalement :

- Transport Multifluide,
- Distribution de gaz,
- Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
- Classification des Substances et préparations Dangereuses
- Equipements sous Pression
- Combustion de Gaz
- Atmosphère Explosible

2.2 Présentation des gaz de biomasse : biogaz et syngaz

Les différents types de gaz produits et d'installation de production sont :

- Pour les biogaz :
  - Gaz en provenance des Installations de Stockage des Déchets Non Dangereux (ISDND)
  - Gaz en provenance des Stations d'épuration des eaux des Eaux Polluées (STEP)
  - Gaz en provenance des Industries Alimentaires et Agricoles (IAA) – voire d'autres industries : chimie…
  - Gaz en provenance du traitement des sous-produits de l'agriculture (effluents d'élevage, résidus de cultures, cultures énergétiques)
  - Gaz en provenance du traitement des déchets ménagers
  - Gaz en provenance d'unités de co-digestion

- Pour les syngaz :
  - Gaz de synthèse en provenance d'un procédé thermochimique

2.3 Utilisations des biogaz

Le biogaz peut être valorisé des manières suivantes :

- Valorisation thermique et électrique
  - Combustion sous pression atmosphérique pur ou en mélange : Chaudière, Four,
  - Combustion sous pression : Moteur ou Turbine avec possibilité de cogénération, et également pile à combustible

- Injection dans les réseaux de gaz naturel.

Remarque : il ne s'agit pas d'une utilisation à proprement parler (cas à part) mais d'un moyen de distribution vers les autres utilisateurs domestiques, tertiaires et industriels raccordés

- Valorisation en biométhane-carburant

- Production de produits chimiques : méthanol…

2.4 Composition des biogaz

Le biogaz est un mélange de gaz présentant une forte hétérogénéité et variabilité.

La composition dépend fortement du type d'intrants méthanisés qui peuvent être d'origine naturelle (biomasse), agricole (déchets, lisiers…) urbaine (déchets alimentaires, boues de station d'épuration) et industrielle (agro-alimentaire, boues de papeteries, chimie…).

Par conséquent, les risques et propriétés sont variables et en général spécifiques à chaque site. Cependant des valeurs moyennes ou des plages de compositions permettent de définir des risques et des principes de conception.

Le tableau ci-après synthétise les plages de variations de composition selon les sources suivantes :

- Risques sanitaires du biogaz, AFSSET, 2008 / Annexe 16 : Tableau de composition des différents biogaz, I. Zdanevitch (INERIS), C. Leroux, H. Modelon.
- Etude comparative des dangers et des risques liés au biogaz et au gaz naturel - rapport d'étude N° 46032, INERIS, 2006.

		Méthanisation					Biogaz de décharge		Valeurs extrêmes
Composés	N°CAS[1]	Boues de STEP (5 sites[2])	Déchets agricoles (1)	Déchets industriels (1)	OM (4)	Biodéchets (1)	Brut (25)	Épuré (2)	Biogaz brut tout type
Composants principaux									
CH_4 (%)	74-82-8	61 - 68	65	68 – 79	48,7 - 70	49	45 - 65	94	45 - 79
CO_2 (%)	124-38-9	30,9 – 35	25	14,8 – 26	33 – 49	49	32 - 51		14,8 - 51
O_2 (%)	7782-44-7	1,3			0 – 0,6		2 – 6,5	0,33	0 - 6,5
N_2 (%)	7727-37-9	0,5 - 4,2	5,6	1 – 3,8	0,41 – 2,6	0,41	1,12 – 4,3		0,41 - 5,6
H_2 (%)	1333-74-0	<0,002	<0,002	<0,002		0,05	<0,002 -3		0 - 3
H_2O (%)	7732-18-5	13,3 – 16	14	5 - 14	0 – 0,05	14	4 – 15,2	37 mg/m^3	0 - 16
Contaminants inorganiques									
Cl^- (mg/m^3)	7782-50-5	0,8 à 80	25	25	40	40	850	210	25 - 850
CO (mg/m^3)	630-08-0	26,05 – 29	28	14,21	10	11	5,92 - 14		5,92 - 29
F^- (mg/m^3)	7782-41-4	30	23	23	<20	<20	20		<20 - 30
H_2S (mg/m^3)	7783-06-4	2190 - 5000	1500	400 - 5000	100 - 5200	390	5 - 6000	<0,0002	5 - 9000
HCl (mg/m^3)	7647-01-0						<0,075		<0,075
HCN (mg/m^3)	74-90-8						<0,252		<0,252
Contaminants organiques **(mg/m^3)**									
COV (mg C/m^3)		93 mg/Nm^3					3000		3000
Benzène	71-43-2	<0,17	<0,17	<0,17	<0,17		3,5		0 - 3,5
Toluène	108-88-3	<0,2 - 24	<0,21	8,2	41,1		12,3		0 - 41,1
Ethylbenzène	100-41-4	<0,24	<0,24	9,5	<0,24		5,7		0 - 9,5
Xylènes		< 0,582	<0,23	<0,23	<0,23		4,7		0 - 4,7
Dichlorobenzène	95-50-1	<0,33	<0,33	<33	<0,33		6,6		0 - 6,6
Dichlorométhane	75-09-2	<0.08	<0,08	<0,08	<0,08		0,2		0 - 0,2
Dichloroéthylène	540-59-0	<0.006	<0,006		<0,006		0,025		0 - 0,025
Trichloroéthylène	79-01-6	<0.005 - 117,4	35,2	35,2	52,8		15,3		15 - 117,4
Tétrachloroéthylène	127-18-4	0,093 - 74,10	14,8	14,8	7,4		20,8		7,4 - 74,1

Tableau 3 : Plages des caractéristiques de composition des biogaz

[1] Selon **Chemical Abstracts Service**

[2] Le nombre de site dont les analyses étaient disponibles et ont été utilisées par l'AFSSET et l'INERIS sont indiqués entre parenthèses.

2.5 Propriétés des biogaz

Les biogaz sont des gaz :

- Combustibles, de Pouvoir Calorifique (PCI ou PCS) fonction de la teneur en méthane, le PCI du méthane étant d'environ 9,94 kWh/nm^3 dans les conditions normales de température et de pression (0°C, 1atm).
- Humides, saturé en eau, en fonction de la température sortie de la méthanisation,
- Odorants, compte tenu de leur contamination en hydrogène sulfuré et mercaptans,
- Contaminés par des constituants aux propriétés dangereuses pour les personnes (irritants, toxiques) ou les équipements (corrosion, dégradation) selon leurs concentrations :
    - Composés biologiques pathogènes,
    - Composés chimiques

La principale notion fondamentale commune aux différentes réglementations applicables est que :

Les gaz de biomasse, dont le biogaz, sont des fluides dangereux.

2.6 Risques, impacts et nuisances liés au biogaz

Au vu des compositions indiquées ci-dessus, les principaux risques du biogaz sont liés aux risques de ses composants :

- Inflammabilité (méthane, hydrogène, sulfure d'hydrogène…)
- Toxicité aigüe par inhalation (sulfure d'hydrogène, monoxyde de carbone, autres éléments potentiellement présents à l'état de traces,)
- Anoxie
- Dégradation des équipements : corrosion, dépôts…

Ces aspects sont développés dans les paragraphes qui suivent.

Par ailleurs, le biogaz est susceptible de générer d'autres impacts, qui concernent moins directement le présent guide, et qui à ce titre n'y sont pas développés ultérieurement. L'évaluation de ces impacts est à traiter au cas par cas, en fonction des scénarios d'exposition envisageables pour les enjeux considérés (travailleurs, populations environnantes, enjeux environnementaux …). Pour cette évaluation, il est important de se baser sur les compositions de biogaz les plus réalistes par rapport au projet envisagé. Il peut s'agir notamment des impacts suivants :

- Hygiène vis-à-vis des opérateurs :
  Parmi les principales substances présentes dans le biogaz, l'H_2S est une substance pour laquelle l'exposition des travailleurs est réglementée :
    - Valeur Limite de Court Terme (VLCT, valeur mesurée sur une période de référence de 15 minutes) : 10 ppm
    - Valeur Limite d'Exposition sur 8 heures (VLEP 8h) : 5 ppm.

  Des spécifications plus contraignantes peuvent être établies par l'exploitant de la canalisation.

- Nuisances olfactives :
  Outre le sulfure d'hydrogène, le biogaz contient, à l'état de traces, des gaz odorants (composés soufrés dont mercaptans tels que : méthylmercaptan, éthylmercaptan, diméthylsulfure, disulfure de carbone, thiophène et diméthyldisulfure, composés azotés, aldéhydes, acides gras volatils) pouvant entraîner des nuisances olfactives.
  Les concentrations de ces composés sont faibles (inférieures à 10 mg/Nm^3) mais leur signature chimique spécifique leur confère une odeur très perceptible.
  Pour mémoire,
  - Le seuil olfactif de l'H_2S se situe entre 1 à 8 $\mu g/m^3$.
  - Le seuil d'anesthésie olfactive de l'H_2S se situe à 100 ppm

Enfin, l'exploitation d'une canalisation de transport de biogaz peut se traduire par d'autres types d'impacts, tels que par exemple :

- Une pollution des sols ou des eaux de surface et souterraines, susceptible notamment d'être générée par :

  - Le vieillissement des réseaux enterrés générateurs de fuite de biogaz et de condensats diffusant dans le temps de la contamination dans la terre de surface,
  - Le déversement accidentel dans les sols autour des pots de purge des condensats d'eaux polluées contenant des composés inorganiques ou organiques.

- Une pollution atmosphérique d'ambiance (COV, BTEX…), susceptible d'être générée lors des opérations de maintenance ou exceptionnellement en cas de fuite.

- L'émission de gaz à effet de serre :

  Les principaux gaz à effets de serre (GES) pouvant être émis sont :
  - Le méthane présentant un Potentiel de Réchauffement Global de 25 fois celui du CO_2 (D'après le 4ème rapport du GIEC en 2007).
  - Le CO_2 généré lors du processus de conversion anaérobie.

  Ces émissions sont donc à maîtriser dans le cadre des démarches de développement durable : bilans carbone des installations, bilans des émissions atmosphériques canalisées et diffuses.
  A noter que le retour d'expérience sur des installations anciennes (en ICPE, canalisation en fonte) montre que les fuites diffuses de biogaz, notamment sur les réseaux enterrés peuvent être non négligeables (1% voire plus pour des installations vétustes). Ce constat appelle à une vigilance et à une mise en place de techniques à renseigner dans les procédures de surveillance et de maintenance des réseaux.

2.6.1 Risques d'inflammation : explosion et incendie

2.6.1.1 Définition

Une explosion (ou inflammation d'une atmosphère explosive ATEX) se produit lorsque les conditions suivantes sont réunies simultanément :

- présence d'un gaz combustible par exemple méthane (CH_4) et concentration du gaz combustible comprise dans son domaine d'explosivité (LIE - LSE)
- présence d'un comburant : oxygène de l'air,
- présence d'une source d'inflammation.

Les effets sont aggravés en présence d'un confinement.

2.6.1.2 Explosivité

La présence de méthane en quantité importante dans le biogaz, lui confère des propriétés d'inflammabilité pouvant conduire à des explosions.

Le risque d'explosion dépend de la proportion relative de CH_4 et d'oxygène (air) telle que représentée dans le diagramme ci-après.

Dans les digesteurs, stockages, canalisations, machines des réseaux biogaz, le mélange ne présente pas, en fonctionnement normal, de risque d'explosion en raison de la faible teneur en oxygène et de la forte teneur en méthane.
En revanche lors d'opérations transitoires ou de dysfonctionnements, des zones de risques ATEX peuvent apparaître très rapidement :

- Par une fuite de biogaz dans l'air ce qui entraîne un franchissement de la LIE,
- Par une introduction d'air dans une zone contenant du biogaz ce qui entraîne un franchissement de la LSE

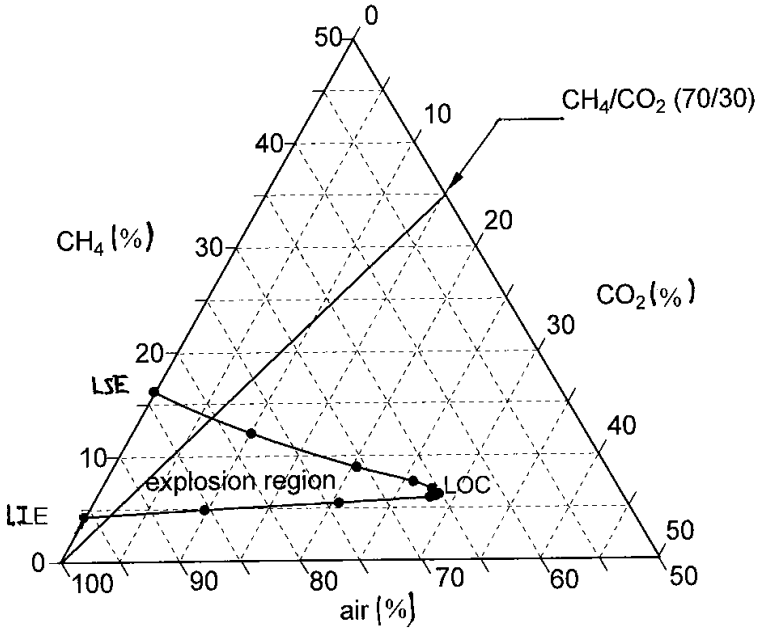


Figure 2: Diagramme de variation de l'explosivité du biogaz selon ratio Azote / Méthane

La présence d'impuretés dans le biogaz se traduit par une déviation des propriétés d'explosivité et d'inflammation par rapport au méthane pur.

Des essais conduits par l'INERIS (A. Accorsi, L. Dupont. *Caractérisation d'explosion du biogaz*. INERIS. Revue Technique Biogaz. 2005) ont été réalisés pour évaluer l'impact des autres composants du biogaz (CO_2, H_2O…) vis-à-vis des risques d'explosion et d'inflammation. Les résultats sont les suivants :

- Plage de Limite Inférieure d'Explosivité (LIE) - Limite Supérieure d'Explosivité (LSE) :
  - Pour le CH_4 dans l'air 5% - 15%.
  - Pour une composition CH_4-CO_2 de 60%-40% (proche de ce qui est attendu dans les digesteurs), **le domaine d'explosivité est entre 4,4 et 12,4 % vol.**

Conclusion : La présence du CO_2 tend à diminuer l'explosivité.

Le domaine dépend de la composition CH_4-CO_2, mais également de la teneur en eau compte tenu de la température de saturation du gaz (à 20°C, 40°C, 55°C).

- Pression d'explosion :
  - Pour une composition CH_4-CO_2 de 50%-50% à 55°C, en ajoutant de la vapeur d'eau à saturation (conditions dans les digesteurs thermophiles), la pression maximale **Pmax est de l'ordre de 3,2 bars relatifs et la constante d'explosion du gaz Kg est de l'ordre de 4 bar.m/s**.

Conclusion : La vapeur d'eau tend à limiter la violence de l'explosion.

Pour chaque usage, il est nécessaire de retenir les valeurs les plus contraignantes entre celles du biogaz et celles du méthane (gaz naturel).

NB: *Une fuite de biogaz depuis une canalisation de transport (aérienne ou enterrée) sous quelques bars, en champ libre (milieu non confiné et non encombré), compte-tenu des caractéristiques du rejet, des biogaz et des sources d'inflammation potentielles, générera des effets de pression limités (moins de 100 mbar). En revanche, des effets de pression significatifs sont à attendre en cas d'inflammation d'une fuite de biogaz dans une zone encombrée ou confinée (local par exemple).*

2.6.1.3 Inflammation

A défaut de données spécifiques pour le biogaz, celles du méthane s'appliquent. Ce qui conduit à identifier un risque d'inflammation en présence :

- D'étincelles d'origines électrostatiques :

  Selon l'INERIS**, l'énergie minimale d'inflammation du biogaz EMI** n'a pas pu être estimée. Elle est nécessairement supérieure à celle du méthane, à cause de la présence de CO_2 et de vapeur d'eau, mais reste vraisemblablement suffisamment faible pour ne pas écarter des sources (de l'ordre de quelques centaines de micro-Joules).
- D'une Température d'Auto-Inflammation TAI environ égale à 535°C
- Ou d'autres sources d'inflammation (travaux par points chauds, moteur thermique d'un véhicule ou d'un engin de chantier, foudre…).

En cas d'inflammation d'une fuite de biogaz depuis une canalisation de transport en champ libre, on observera les phénomènes dangereux avec effets thermiques suivants :

- Flash-fire (propagation de la flamme dans le nuage),
- Explosion confinée ou non : UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion), VCE (Vapour Cloud Explosion)
- Feu torche.

2.6.2 Risques toxicologiques aigus

La toxicité du biogaz est due essentiellement à la présence de sulfure d'hydrogène (H_2S). Ce dernier est un gaz présentant un risque de toxicité aiguë par inhalation, comme le montre le Tableau 4 ci-dessous précisant le seuil des effets en fonction de la durée d'exposition.

Durée d'exposition (min)	Seuil des effets irréversibles	Seuils des effets létaux	
	SEI (ppm)	SEL1% (ppm)	SEL5% (ppm)
1	320	1521	1720
10	150	688	769
20	115	542	605
30	100	472	526
60	80	372	414

Tableau 4 : Seuil de toxicité aiguë H_2S, selon INERIS

Le dioxyde de carbone (CO_2) présente également des risques de toxicité aiguë par inhalation. Certains autres éléments, présents à l'état de traces, pourraient également présenter ces risques (à étudier au cas par cas selon la composition prévisible du biogaz étudié).

NB : Les seuils de toxicité aigë par inhalation à retenir dans les études de dangers des canalisations de transport sont définis par analogie avec les Installations Classées (cf annexe 6 du guide professionnel du GESIP relatif aux EDD canalisations).
Pour les Installations Classées, la démarche de choix des seuils de référence est explicitée au § 1.1.11 de la partie I de la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003.
La circulaire précise que les valeurs de référence sont disponibles sur le site Internet de l'INERIS : http://www.ineris.fr/substances/fr/, rubrique « Seuils de toxicité aiguë en situation accidentelle pour la France ».
Ces seuils étant régulièrement mis à jour, le lecteur est invité à y vérifier la validité des seuils présentés dans le Tableau 4 ci-dessus.

2.6.3 Risque d'anoxie

L'air est composé principalement d'azote et d'oxygène dans des proportions très précises. La diminution du taux d'oxygène, due à une augmentation du taux d'un autre composé présent ou non dans la composition de base de l'air, entraîne le risque d'anoxie. La zone sûre est comprise dans une fourchette allant de 19 à 23% d'oxygène.
Le biogaz en forte concentration (par exemple en zone confinée non ventilée) ou l'accumulation d'un de ses composants (par exemple CH_4 ou CO_2) peuvent provoquer l'anoxie.

Il est à noter que les risques de toxicité et d'anoxie sont renforcés par les différences de densité des différents composants du biogaz. En particulier l'H_2S et le CO_2 étant des gaz plus lourds que l'air, ils tendent à s'accumuler dans les points bas, tels que les fosses, les caniveaux, les galeries… Ce phénomène est un risque important (accidentologie importante) qui a été pris en compte dans les principes de conception.
En revanche le biogaz est généralement plus chaud que l'air ambiant et donc certains de ses constituants peuvent s'élever ou se stratifier.
Ces risques spécifiques doivent aussi être intégrés dans la définition des modes opératoires d'exploitation et de maintenance.

2.6.4 Impacts sur les équipements

2.6.4.1 Formation de dépôt

Le biogaz contient différentes impuretés qui sont susceptibles de former des dépôts.

Des dépôts de films biologiques et de mousses peuvent se former dans les zones à faible vitesse, les zones mortes et les filtres et accessoires en ligne.

Les silanes et siloxanes sont des composés organiques disposant d'hétéroatome de silicium dans leur chaine carbonée.
L'impact de ces composants est limité pour les équipements de stockage, de compression et de transport ou pour les valorisations dans des unités de combustion libre (lit fluidisé, pyrolyseur, brûleur…).
En revanche, les composés dérivés de la silice conduisent, surtout si la combustion est confinée au sein d'une machine ou d'un appareil thermomécanique (moteur, turbine, échangeur, réacteur) à des dépôts de silice et silicate altérant notablement la durée de vie des équipements.

Différentes formes minérales et cristallines peuvent se former selon les conditions d'oxydo-réduction et les espèces en présence : cristaux d'iode, fleur de soufre…

Des hydrates formés de molécules d'eau formant des cages qui piègent des molécules de gaz comme le méthane ou le sulfure d'hydrogène, sont susceptibles de se former uniquement dans des conditions particulières de haute pression et de basse température.
Par exemple, les hydrates de méthane sont stables à basse température et à forte pression, par exemple à 0°C, 30 bar.
Ainsi, les conditions de températures et de pression du biogaz prises en compte usuellement ne sont pas réunies pour atteindre des conditions de température et de pression favorables pour former des hydrates de carbone.

Une attention particulière sera portée pour les hautes pressions (> 25 bar) et au niveau des postes de détente.

2.6.4.2 Corrosion

Le biogaz contient des gaz acides (H_2S, CO_2, dérivés organo-halogénés du chlore, brome…) qui peuvent produire des phénomènes de corrosion suite à leur condensation.

Ces gaz dissous dans l'eau confèrent aux condensats une acidité. Ce pH dépend des caractéristiques de l'installation telles que présence d'un point bas, stagnation, présence d'un filet d'eau continu, teneur en gaz acide dans le biogaz, etc.

L'impact de ces composés corrosifs concerne principalement les équipements en acier, mais aussi les accessoires en caoutchouc, joints en élastomère, etc.

2.6.4.3 Altération des propriétés physiques des matériaux en PEHD

Certains contaminants du biogaz sont identifiés comme des molécules qui peuvent interagir dans certaines conditions avec les matériaux tels que le PEHD.

Ceux-ci peuvent être condensés sur les parois ou dans les condensats dans des zones de rétention.

Substances	Risque d'altération		Commentaires
	20°C	60°C	
Benzaldéhyde	S	L	
Benzène	L	NS	
Butane liquide	L		Si dopage
Acrylate de méthyl	NS	NS	
Alcool	S/E	S/E	
Acide glycolique	S/E	S/E	
Chlorobenzène	L	NS	
Diéthylène glycol	S/E	S/E	Si usage antigel
Ethylène glycol	S/E	S/E	
Ethylbenzène	L	NS	
Chloroforme	NS	NS	
Heptane	S	NS	
Hexane	NS	NS	
Pentane	NS	-	
Propylène glycol	E	E	
Essence	S/L	S/L	
Essences de fruits	L ou NS	NS	
Xylène	L	NS	
Toluène	L	NS	
Thiophène	L	L	
Tétrachlorure de carbone	NS	NS	
Tétrachloréthane	NS	NS	
Tétrahydrofurane	L	NS	
Trichloroéthylène	L	NS	

Tableau 5 : Risque d'altération du PEHD selon substances contenues dans le biogaz

Source : ISO/TR 10358, Tubes et raccords en matières plastiques - Tableau de classification de la résistance chimique.

L'ensemble des données sont purement indicatives et ne sont en aucun cas une garantie ou une certification

- S : Satisfaisant. Le produit chimique n'est absorbé que dans une faible proportion et n'a donc que peu ou pas d'effet mesurable sur les propriétés physiques.
- L : Résistance limitée. L'absorption s'opère dans des proportions supérieures, aboutissant ainsi à une perte notable des propriétés physiques.
- E : Possibilité de fissuration sous contrainte.
- NS : Non satisfaisant. Attaque par les agents chimiques ou haut niveau d'absorption. Dans les deux cas la perte des propriétés physiques est telle que l'utilisation du polyéthylène ne peut être envisagée dans l'éventualité d'un contact prolongé. L'usage du PE est déconseillé dans ces cas si les concentrations et conditions de service dépassent les recommandations des fabricants de PEHD.

2.6.4.4 Changement d'état de l'eau contenue dans le gaz

Le changement d'état (formation de liquide, glace ou hydrates) de l'eau contenue dans le gaz peut être à l'origine de diverses dérives du procédé et de l'exploitation.
La relation teneur en eau à saturation/pression/température a fait l'objet d'études réalisées au sein du GERG qui ont donné lieu à l'équation dite GERGWater issues de la norme NF EN ISO 18453.
Les équations sont implémentées dans divers logiciels de calcul dont GASPACK utilisé par l'industrie.
A titre indicatif l'abaque ci-après (source GDF SUEZ DRI CRIGEN), réalisée à partir de la méthode GERGwater donne les paramètres de changements d'état pour un gaz naturel de type H. La composition du gaz a surtout une importance dans la zone hydrate.

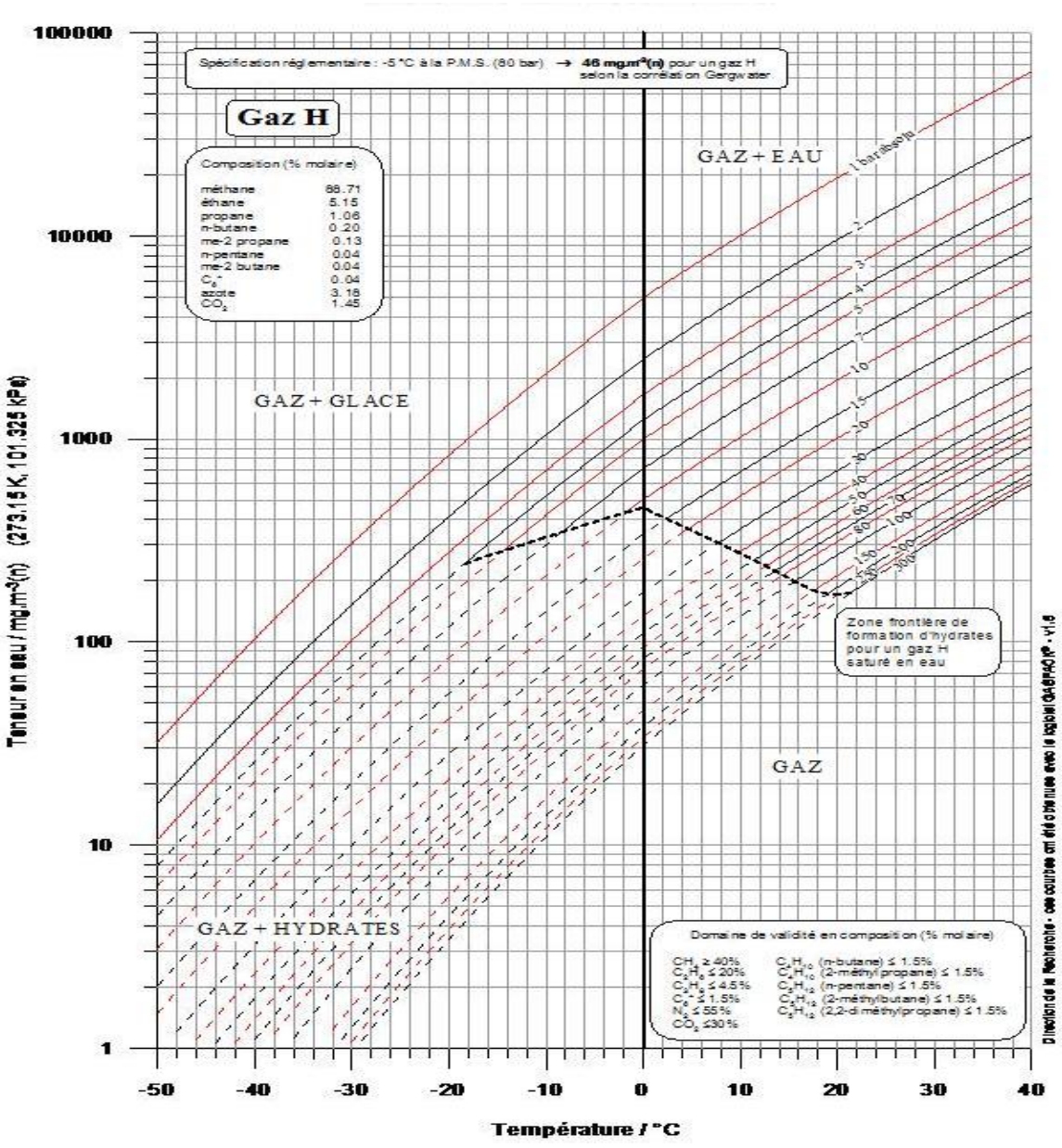


Figure 3: Abaque de la corrélation Gergwater

2.7 Classification des biogaz

Les biogaz sont à classer suivant les catégories conformément au Tableau 2 : Définitions et domaines d'application des gaz.
Cette classification impose le respect d'exigences réglementaires et pratiques.
En fonction des contraintes amont (côté production) et aval (côté transport et consommation), le biogaz requiert certaines qualités.
Par convention, les caractérisations suivantes pour 3 catégories de biogaz sont utilisées pour définir et appliquer les règles de conception.

<table>
<tr><td>Catégorie et type</td><td>Biogaz Brut</td><td colspan="2">Biogaz prétraité</td><td colspan="2">Biogaz traité</td></tr>
<tr><td>Matériau du Réseau</td><td>PEHD ou inox</td><td>PEHD</td><td>Acier</td><td>PEHD</td><td>Acier</td></tr>
<tr><td>Point de rosée eau</td><td>Selon Température de saturation</td><td colspan="2">Séché à +5°C</td><td colspan="2">< -5°C à la Pression Maximale de Service du réseau en aval*</td></tr>
<tr><td>Teneur en Soufre total</td><td rowspan="5">Selon source des intrants
Sans spécifications particulières</td><td rowspan="3">Selon spécification fabricant, cf ISO10358 et équivalent**</td><td>30 mgS/Nm^3 *</td><td rowspan="3">Selon spécification fabricant, cf ISO10358 et équivalent**</td><td>30 mgS/Nm^3 *</td></tr>
<tr><td>Teneur en S de H_2S + COS</td><td>5 mgS/Nm^3 *</td><td>5 mgS/Nm^3 *</td></tr>
<tr><td>Teneur en SOx</td><td>Sans spécifications particulières</td><td>Sans spécifications particulières</td></tr>
<tr><td>Point de rosée hydrocarbures</td><td>Inférieur à -2°C de 1 à 100 bar *</td><td>Sans spécifications particulières</td><td colspan="2">Inférieur à -2°C de 1 à 100 bar *</td></tr>
<tr><td>Teneur en CO_2</td><td colspan="4">Sans spécifications particulières</td></tr>
<tr><td>Teneur en O_2</td><td>Sans spécifications particulières</td><td>1%*</td><td>3%***</td><td>1%*</td></tr>
<tr><td>Risques induits sur les équipements</td><td>Voir §2.6</td><td colspan="2">Risque modéré vis-à-vis des composants agressifs pour les matériaux.
La durabilité est maîtrisable par le transporteur avec une gamme de matériau plus large.</td><td colspan="2">Le niveau de risque vis-à-vis des composants agressifs pour les matériaux est identique à ceux du gaz naturel et des autres gaz combustibles mais certaines caractéristiques ne respectent pas les spécifications pour être injecté dans les réseaux :
PCS, %CO_2…</td></tr>
<tr><td>Risques sur les personnes</td><td>Peut présenter des risques</td><td colspan="2">Peut présenter des risques</td><td colspan="2">Ne présente pas de risque toxique au sens du règlement n°2008/1272/CE</td></tr>
</table>

Tableau 6 : Catégories et spécifications particulières pour les biogaz

Sources :
*extraits spécifiques du cahier des charges fonctionnel du contrôle des caractéristiques du biogaz injecté et travaux de normalisation du BNG 408.
Les autres paramètres de la spécification du biométhane injecté (PCS…) n'ont pas d'influence identifiée dans le cas d'un réseau dédié de transport de biogaz.
** : selon la norme ISO10358 les soufrés sont susceptibles d'interagir avec le PEHD.
*** Retour d'expérience norme gaz allemande DVGW 260 et 262 qui adapte la teneur en O_2 selon le type de réseau. Valable pour la distribution en PEHD pour laquelle le risque de corrosion est éliminé.

2.8 Traitement des biogaz

Les différents usages des biogaz décrits ci-dessus impliquent qu'ils soient traités en fonction des contraintes liées aux caractéristiques des aspects suivants :

- Distribution sur le site ICPE (protection du personnel, corrosion…)
- Réseaux de canalisations de transports
- Utilisation (turbines, moteurs…)

La compatibilité chimique et/ou thermique des matériaux des canalisations de transports peut ainsi contraindre la qualité de biogaz transporté et donc nécessiter un prétraitement, voire un contrôle de qualité périodique (fréquence à déterminer et inscrire dans les prescriptions techniques d'exploitation).

La description sommaire des différents traitements et des équipements nécessaires (en fonction de l'utilisation / du devenir du biogaz) est jointe en annexe et de manière très commune dans la littérature :

Besoin	Fonction	Technologies et techniques
Ajustement de la température par rapport aux caractéristiques admissibles pour le PEHD ou l'acier	Maitrise de la température	Refroidissement par échangeur ou par échange avec le milieu
Ajustement du point de rosée eau par rapport à la pression de fonctionnement de la canalisation, pour éviter le risque de condensation d'eau.	Extraction de l'eau	Condensation Séchage
Ajustement du point de rosée hydrocarbure vis-à-vis du risque d'altération dans des canalisations en PEHD	Extraction des organiques	Condensation Adsorption
Ajustement de la teneur en composés soufrés vis-à-vis du risque de corrosion dans des canalisations en acier	Désulfuration	Absorption Traitement biologique
Ajustement de la teneur en O_2 vis-à-vis du risque de corrosion dans des canalisations en acier	Limitation de la teneur en O_2	Maitrise des entrées d'air en amont

Tableau 7 : Besoins et solutions de traitement pour les biogaz

Le traitement à la source sur le site de production est le moyen de préparer un transport plus sûr du biogaz vers le destinataire en supprimant les risques de stagnation de condensats acides ou interférents avec les matériaux de la canalisation.

3 Référentiels

Les dispositions du présent guide s'appliquent sans préjudice, s'il y a lieu, d'autres dispositions réglementaires en vigueur et notamment des dispositions fixées par la réglementation applicable aux référentiels suivants dont il est à la conjonction :

- installations classées pour la protection de l'environnement
- transport de fluides dangereux
- distribution de gaz

Cette conjonction est ainsi représentée :

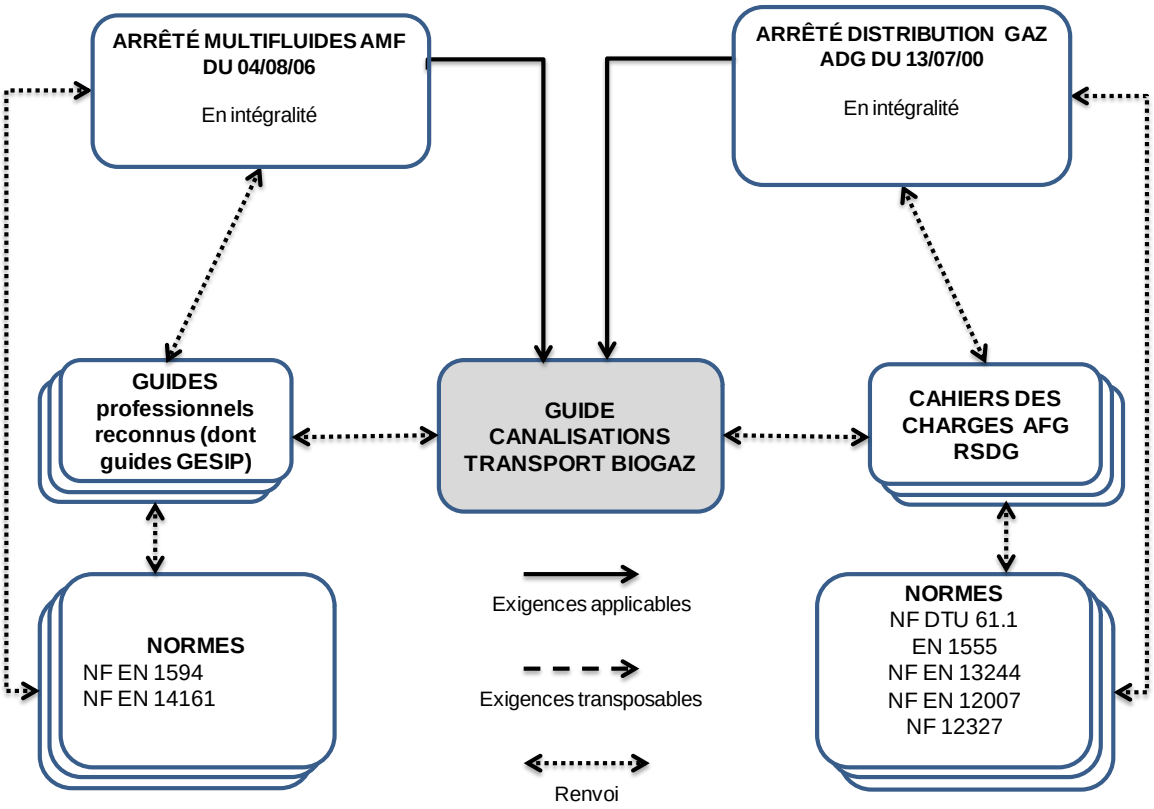


Figure 4 : Liens entre les référentiels

3.1 Conventions

Les documents applicables ou transposables sont indiqués par le symbole suivant et le cas échéant vers un renvoi depuis le paragraphe concerné vers une annexe.

Texte

Les textes de références sont listés à chaque chapitre développé et en annexe B.

3.2 Exigences contradictoires

Les contextes de transport de biogaz sont très variés et doivent faire l'objet d'une analyse spécifique à chaque fois.

En cas de contradiction entre différents textes (RSDG versus guide GESIP ou transport versus distribution) et exigences associées, le transporteur a la responsabilité d'appliquer les règles pertinentes les plus proches de sa problématique et du contexte (type de biogaz, niveau de pression, longueur de réseau…) et présenter la justification des choix de conception et d'exploitation aux autorités.

3.3 Référence réglementaire

Le présent guide en complément des prescriptions spécifiques au biogaz s'appuie sur les textes réglementaires et en décline les exigences si elles sont applicables ou si elles ne sont pas applicables mais transposables compte tenu de leur pertinence.
Il s'agit notamment des textes des secteurs du transport et de la distribution du gaz mais également des textes relatifs aux ICPE traitant de la production et de la consommation de biogaz : lois, décrets, arrêtés, circulaires, code de l'environnement, code d'expropriation, code d'urbanisme…

- Annexe B1 : tableau MEDDE des textes réglementaires

3.4 Références normatives

Le présent guide en complément des prescriptions spécifiques au biogaz s'appuie sur les normes françaises et européennes éditées par les organismes de normalisation.
Il s'agit principalement des normes du secteur du gaz et de la construction de tuyauterie.
Voir :

- Annexe B2 : liste des normes
- Guide GESIP « Normes ». .
- AFG RSDG

Les normes qui ne seraient plus ou insuffisamment adaptées devront être portées à la connaissance des GT de normalisation (ISO, CEN, AFNOR, BNG, BNPP, LNE…) par le MEDDE pour les faire évoluer.
Pour les tubes et raccords pression, il existe 2 marques NF de qualité :

- La marque NF 114 s'applique aux tubes en PE pour réseaux de distribution de gaz combustibles, réseaux de distribution d'eau potable, irrigation et applications industrie, eau non potable et assainissement sous pression.
- La marque NF 136 garantit la qualité et la sécurité des accessoires pour réseaux en polyéthylène de distribution de combustibles gazeux, d'eau potable, d'irrigation et d'applications industrielles.

3.5 Références techniques et pratiques

Le présent guide en complément des prescriptions spécifiques au biogaz s'appuie sur les guides pratiques français édités par les organismes professionnels et approuvés par ailleurs par les administrations.
Il s'agit principalement des guides du secteur du gaz et de la construction de tuyauterie.
Voir :

- Annexe B3 : Guides édités par le GESIP, dont :
  - Rapport 2010-01 guide méthodologique « canalisations de surface projetée au sol ne dépassant pas 500 m² ». Ce rapport permet certaines simplifications de démarches lorsque la surface projetée est réduite, sauf dans le cas d'une procédure d'autorisation.
- Annexe B4 : Cahiers des Charges RSDG, édités par l'AFG.

Les chapitres suivant le tableau ci-après précisent, parmi les exigences issues de ces différents référentiels :
- « D'une part, celles qui sont directement applicables aux canalisations de transport de biogaz »,
- « D'autre part, celles qui nécessitent un aménagement, qui est alors proposé dans le présent guide ».

<table>
<tr><th>Matériaux des tronçons enterrés</th><th>Biogaz brut</th><th>Biogaz prétraité</th><th>Biogaz traité</th></tr>
<tr><td>PEHD et acier</td><td colspan="2">Par analogie avec le référentiel distribution et le référentiel transport, s'appliquent dans l'ordre de priorité décroissant et sous réserve des prescriptions spécifiques au biogaz précisées dans ce guide :</td><td>Par analogie avec le référentiel distribution et le référentiel transport, s'appliquent dans l'ordre de priorité décroissant et sous réserve des prescriptions spécifiques au biogaz précisées dans ce guide :</td></tr>
<tr><td>PEHD</td><td colspan="2">l'arrêté Multifluide AMF
les guides GESIP</td><td>l'arrêté Multifluide, AMF, et ses renvois vers l'arrêté distribution gaz
les guides GESIP sur conditions de renvoi à partir des articles applicables de l'AMF</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">Tous les RSDG – à l'exception de :
- RSDG 3.1 : Soudage des canalisations et branchements en acier
- RSDG 5 : Canalisations à l'air libre ou dans les passages couverts, ouverts sur l'extérieur
- RSDG 13.1 rev 1 : Protection cathodique des canalisations en acier
- RSDG 13.2 : Canalisations en acier non protégées cathodiquement
- RSDG 2 : Capacité technique et compétence des opérateurs de réseau de distribution de gaz combustibles
- RSDG 3.3 : Canalisations et branchements en cuivre
- RSDG 7 : Organes de protection de branchement
- RSDG 8 : Cartographie des réseaux de distribution de gaz
- RSDG 9 : Intervention de sécurité en cas d'incident ou d'accident mettant en cause la sécurité
- RSDG 10 rev1 : Odeur du gaz distribué
- RSDG 16-1 : Réseaux de distribution de gaz de 2ème catégorie
les normes du référentiel distribution gaz en canalisation PEHD – à l'exception notamment de :
- NF EN 10208-2 : Tubes en acier pour conduite de fluides combustibles
- NF EN 12007-3 : Systèmes d'alimentation en gaz - Canalisations pour pression maximale de service inférieure ou égale à 16 bar - Partie 3 : recommandations fonctionnelles spécifiques pour l'acier</td></tr>
<tr><td>Acier</td><td>Non applicable</td><td>l'arrêté Multifluide AMF
les guides GESIP
les RSDG applicables aux canalisations aciers</td><td>l'arrêté Multifluide, AMF, et ses renvois vers l'arrêté distribution gaz
les guides GESIP sur conditions de renvoi à partir des articles applicables de l'AMF
les RSDG applicables aux canalisations aciers
les normes applicables aux canalisations aciers</td></tr>
</table>

Tableau 8: Synthèse des référentiels techniques et normatifs applicables ou transposables selon la pression, le matériau et la qualité du biogaz

4 Démarches et règles de conception

Préalablement à la conception et selon son contexte de projet, le transporteur confirmera et réalisera l'identification des exigences applicables issues des référentiels décrits à la précédente partie (§3) relative aux référentiels et en annexe.

4.1 Présentation du système de transport de biogaz

Le système de transport de biogaz est interfacé et constitué avec les éléments suivants, et représentés sur la Figure 5 : schéma de principe de la canalisation de transport.

Le réseau biogaz se décompose en 3 parties :

1) En amont du système de transport : A l'intérieur du premier site ICPE de production du biogaz

2) Système de transport de biogaz et installations annexes.

3) En aval du système de transport : A l'intérieur du deuxième site de consommation, ICPE si installation de combustion par exemple.

A noter que les accessoires seront considérés comme intégrés au transport si et seulement si ils contribuent, directement ou indirectement, au transport de ce produit.

En amont du système de transport : A l'intérieur du site ICPE de production du biogaz	
Réseau biogaz	Le biogaz est à température de la production : • 35°C-40°C en mésophile • 50-60°C en thermophile corrigée des conditions climatiques et conditions de stockage et cheminement.
Torchère ou équipement assurant la destruction du biogaz non valorisé	La torchère (dispositif de brûlage du biogaz) permet l'élimination : • du biogaz pour raison de sécurité • de l'excédent par manque de consommateur • des gaz de purge lors des opérations de vidange et d'entretien de la canalisation de transport

Cas ICPE
Groupe de surpression ou de compression suivi d'une vanne et d'un dispositif de comptage.
	Si le groupe distribue l'intérieur du site
	selon le niveau de pression requis pour :
	• le transport (perte de charge)
	• la valorisation :
	  ○ chaudières ou moteurs en MPA
	  ○ turbines ou procédés en MPB

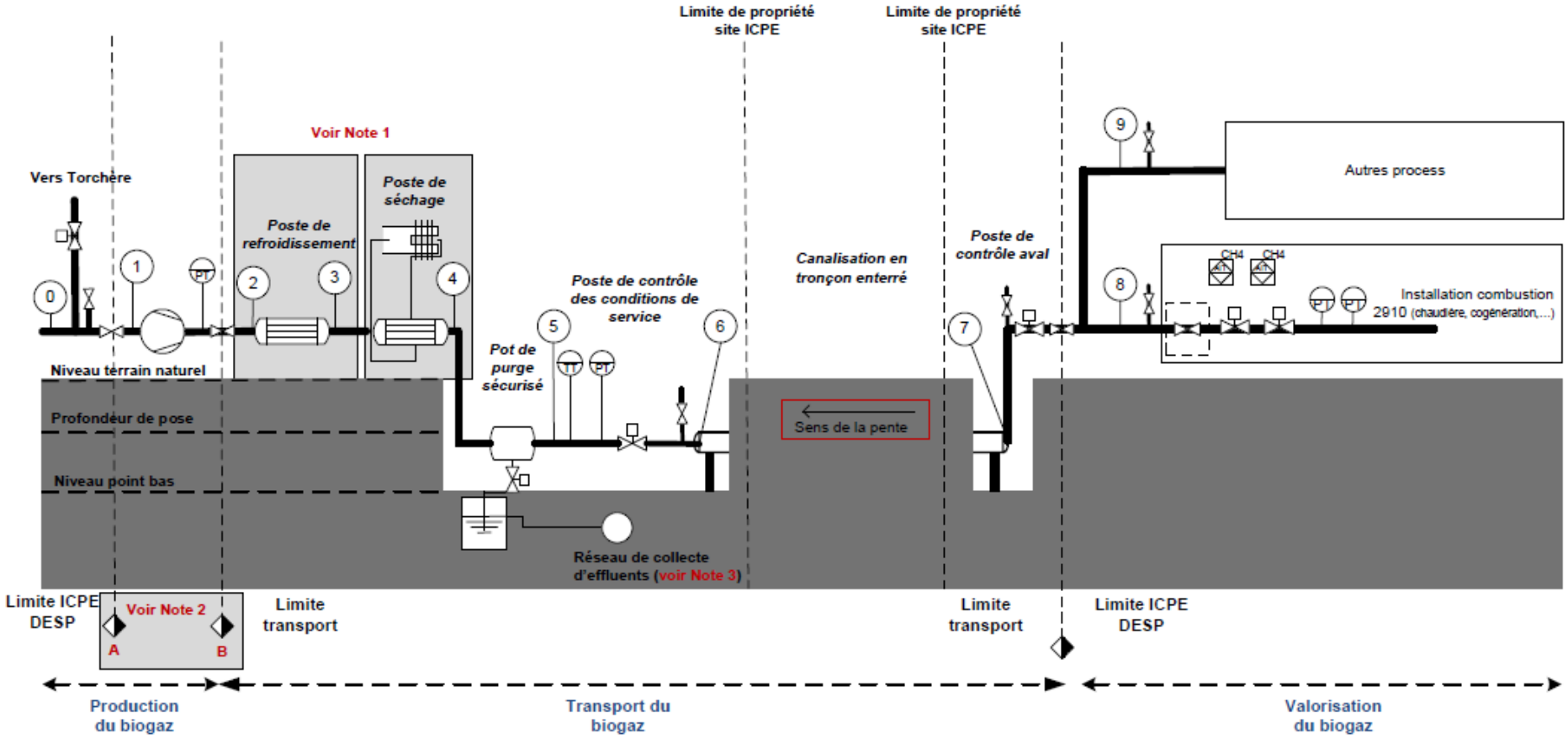
Système de transport de biogaz et ses accessoires	

Groupe de surpression ou de compression
[1->2]
	Cas transport : Si le groupe est exclusivement dédié au transfert du biogaz dans la canalisation de transport, alors c'est une installation annexe de l'ouvrage
	Il est dimensionné selon le niveau de pression requis pour :
	• le transport (perte de charge)
	• la valorisation :
	  ○ chaudières ou moteurs en MPA
	  ○ turbines ou procédés en MPB

Poste de refroidissement [2->3]	La mise en pression du gaz provoque son échauffement (plusieurs dizaines de °C). Le niveau de refroidissement dépend de la température admise par la canalisation en aval. Cet accessoire est intégré au système de transport car il permet d'en assurer la sécurité et la durabilité.
Poste de séchage [3->4]	Cet accessoire est intégré au système de transport car il permet d'en assurer la sécurité et la durabilité en limitant la présence de condensats.
Pot de purge sécurisé [4->5]	Cet accessoire est intégré au système de transport car il permet d'en assurer la sécurité et le maintien en conditions opérationnelles en collectant les condensats en amont et en aval et en extrayant de manière sécurisée vers le réseau d'effluent du site amont.
Poste de contrôle des conditions de service [5->6] : • Mesure de température • Mesure de pression • Vannes automatiques • Poste d'inertage amont	Ces accessoires sont intégrés au système de transport car ils permettent d'en assurer la sécurité et la durabilité par rapport aux TMS et PMS de la canalisation en aval. En cas de dérive en T et/ou en P, la boucle de sécurité instrumentée permet le sectionnement. Les évents sont munis d'arrête-flammes.
Raccordement aérien/enterré [6]	Il est mixte selon les matériaux mis en œuvre acier/inox/PEHD
Tranchée et remblai	Les dispositions de réalisation de la tranchée sont bien spécifiques et prises en analogie aux règles du transport
Canalisation [6->7]	L'ensemble des canalisations cheminant hors site ICPE
Poste de contrôle aval : • Vannes de sectionnement automatique • Poste d'inertage aval	Ces accessoires sont intégrés au système de transport car ils permettent d'en assurer la sécurité et le maintien en conditions opérationnelles

En aval du système de transport : A l'intérieur du site ICPE de consommation du biogaz	
Réseau biogaz	Le biogaz est à température de transport, corrigé des conditions climatiques et conditions de stockage et cheminement.
Groupe de surpression ou de compression	Si nécessaire et selon le niveau de pression requis pour la valorisation
Equipement de valorisation	La valorisation : • chaudières ou moteurs en MPA • turbines ou procédés en MPB • autres

Le schéma de principe ci-après illustre l'enchaînement des tuyauteries d'usine, machines, accessoires, canalisations.



Note 1: Accessoires de sécurité si nécessaires en fonction de la compatibilité biogaz/matériau et selon conditions de service

Note 2: Interfaces des limites au sens de la réglementation.
A-Si le compresseur est exclusivement dédié au transfert du gaz dans la canalisation, il fait partie intégrante du transport au sens réglementaire et la limite se situe donc en amont du compresseur.
B-Dans le cas contraire, si le compresseur dessert aussi d'autres équipements à l'intérieur du site la limite se situe en aval du compresseur.

Note 3: Si le niveau du réseau de collecte d'effluents est supérieur au point bas alors une pompe de relevage est nécessaire

Figure 5 : schéma de principe de la canalisation de transport

Ce schéma montre un exemple de configuration. Chaque projet a ses spécificités applicatives, altimétriques, industrielles… et doit faire l'objet d'une représentation spécifique du réseau, de type Process Instrumentation Diagram (PID).

En fonction des contraintes du projet, certains dispositifs seront à prévoir et leur technologie et positionnement doit être appropriée, c'est le cas par exemple de dispositifs de comptage :

- débitmètre de suivi continu,
- compteur gaz produit ou transporté,
- matériel transactionnel…

Les éléments spécifiques au biogaz à prendre en compte lors de la conception sont décrits ci-après avec les renvois vers les éléments de référence tels que les articles de l'arrêté Multifluide, les normes, les guides, etc.

4.2 Contraintes et paramètres de conception

Les paramètres de conception structurant les logiques de choix de conception sont liés aux différentes contraintes :

- contraintes du fluide :
  - composition et degré d'épuration du biogaz
  - conditions de service ;
    - température et pression
    - dépression
  - nombres de cycles de pression et de marche /arrêt
- contraintes de l'environnement :
  - densités d'habitation
  - conditions du milieu (extérieur, sous-sol, sismique)
  - géotechnie
  - altimétrie
  - obstacles et singularité de la ligne de canalisation :
    - Points singuliers: traversée de routes, autoroutes, voies ferrées, rivières, ERP, croisement ou cheminement parallèle à des réseaux électriques de gaz, d'eaux ou produits chimiques.
    - Cheminement parallèle avec des voies ferrées électriques ou des tramways, etc.
- contraintes de l'usage et des conditions de maintien opérationnel : durée de vie…

4.3 Valeurs limites et contraintes relatives aux conditions de services

Les graphiques ci-après récapitulent les différents référentiels réglementaires et techniques existants en fonction de la pression et la température du gaz combustible transporté.

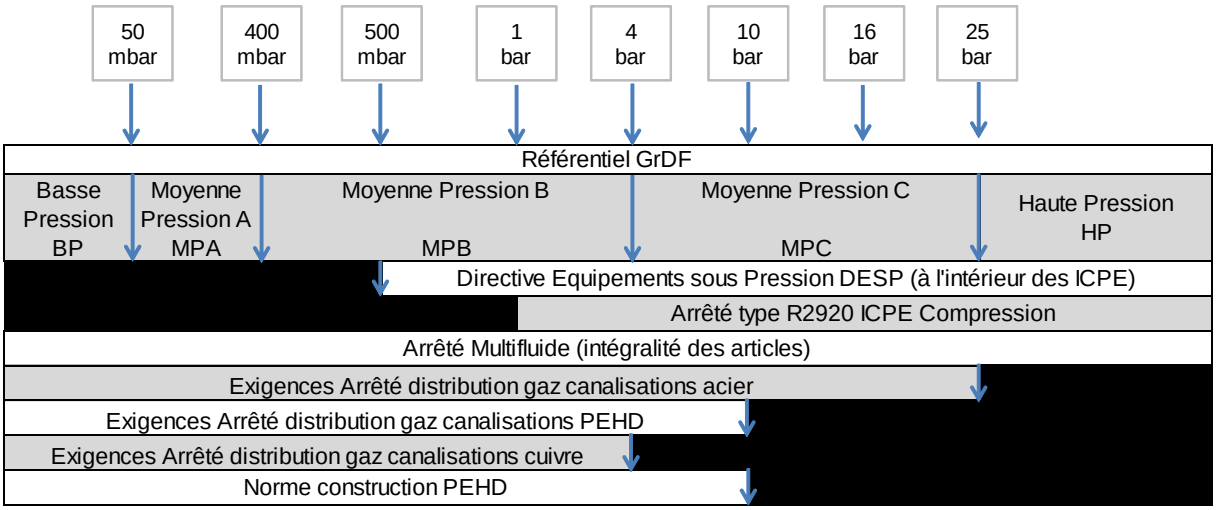


Figure 6 : Seuils de pression et référentiels

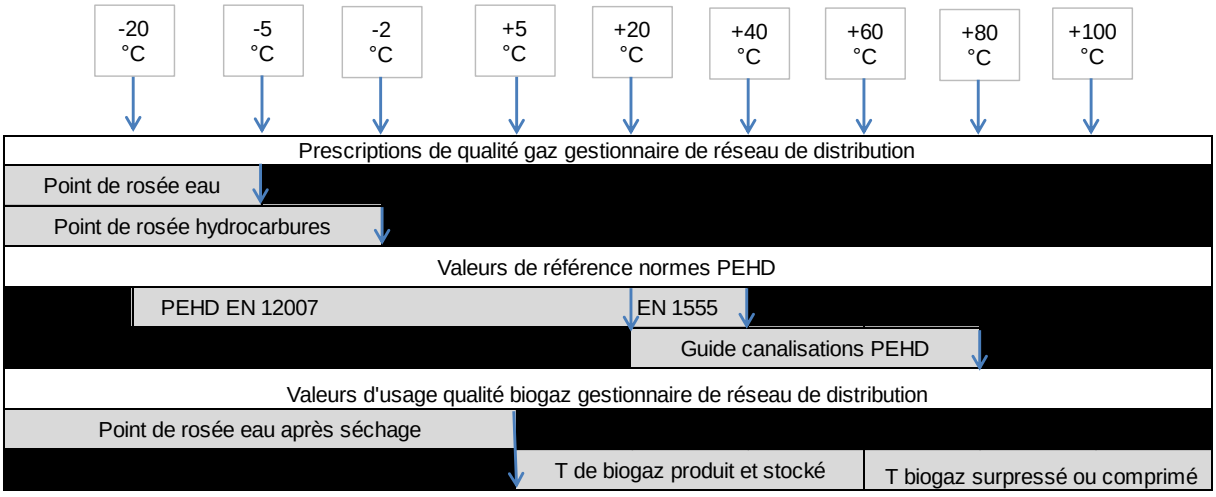


Figure 7 : Seuils de température et référentiels

Ces figurent montrent bien la difficulté de mettre en adéquation les conditions de services particulières de la production, du transport et de la valorisation du biogaz et les conditions d'utilisation des matériaux ou bien les seuils réglementaires ou normatifs.

4.4 Conception du tracé

4.4.1 Cheminement enterré et à l'air libre des tronçons

Il est nécessaire de distinguer les tronçons selon leur positionnement et mode de pose (enterré ou à l'air libre) aux limites des ICPE et du réseau de transport.

Pour les choix de conception du tracé, le transporteur se reportera à l'AMF Art. 9-1 :
« En dehors des espaces clôturés où sont implantées les installations annexes, la pose de tronçons ou sections de canalisations à l'air libre ne peut être autorisée que si aucune autre solution plus sûre ne peut être raisonnablement mise en œuvre aux plans technique et économique, compte tenu d'une part de l'état de l'art et d'autre part de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.
Le choix d'une pose à l'air libre fait l'objet d'un argumentaire justificatif. Celui-ci figure dans l'étude de sécurité […]. Il est soumis à l'accord préalable du service chargé du contrôle. »

Et respectera les prescriptions du référentiel ESP et des guides suivants dans l'ordre de préséance suivant :

- Guide GESIP n°06/04, intitulé « Pose de canalisations à l'air libre »
- Cahier des charges RSDG5 : « Canalisations à l'air libre ou dans les passages couverts, ouverts sur l'extérieur »

Ainsi, le cheminement retenu est le suivant pour prendre en compte la présence des accessoires spécifiques au biogaz :

Section sur la Figure 5	Localisation	Type de cheminement	
		biogaz brut	biogaz prétraité ou traité
0 -> 2	Si réseau non soumis aux **ESP** : Sur site de production, à l'intérieur des limites ICPE pour les réseaux (jusqu'à l'organe de coupure)	À l'air libre ou en caniveau, ou en galerie visitable, ou enterré en fonction des contraintes CdT et CdE (ICPE, EDD)	
0 -> 2	Si réseau soumis aux **ESP** : Sur site de production, à l'intérieur des limites ICPE pour les réseaux (jusqu'à l'organe de coupure)	À l'air libre ou en caniveau, ou en galerie visitable	
2 -> 6	Entre l'organe de coupure et le point de raccordement physique entre réseaux aérien/enterré avec possibilité d'accès et de visite aux accessoires	À l'air libre ou en caniveau, ou en galerie visitable	
6 - > 7	Canalisation de transport enterrée	Enterré	
7 -> 8/9	Entre le point de raccordement physique entre réseaux aérien/enterré et l'organe de coupure avec possibilité d'accès et de visite aux accessoires	À l'air libre ou en caniveau, ou en galerie visitable	À l'air libre ou en caniveau, ou en galerie visitable ou enterré

Tableau 9: Type de cheminement des canalisations sur site et hors site

4.4.2 Profondeurs d'implantation

Le cheminement des canalisations biogaz sur le territoire s'apparente à ceux pour les fluides dangereux, les règles de l'AMF sont imposées.

Concernant la profondeur d'implantation, la conception doit :

i) se conforter à l'AMF Art 7

« La profondeur d'enfouissement de la canalisation est d'au moins un mètre compté au-dessus de la génératrice supérieure du tube. »

OU en cas de difficultés techniques

ii) se reporter au Guide GESIP n°06/05 :

- « Profondeur d'enfouissement et modalités particulières de pose et de protection de canalisation à retenir en cas de difficultés techniques ».

4.4.3 Courbure

Dans le cas de canalisation en PEHD, le rayon de courbure recommandé par analogie à la distribution du gaz naturel pour la pose des canalisations en PEHD type NF gaz est **proportionnel au DN** (Diamètre Nominal) selon garantie fabricant à vérifier dans :

SDR11 : Rc > 25 x DN

SDR17 : Rc > 35 x DN

Cette règle est fonction du paramètre SDR et de la température et peut être doublée si les températures sont proches de 0°C. La littérature technique (cf par exemple la documentation technique GLYNWED) donne la règle de dépendance suivante :

. 0°C : Rc > 55 x DN

. 10°C : Rc > 40 x DN

. 20°C : Rc > 35 x DN

. 30°C : Rc > 25 x DN ...

4.4.4 Inclinaison

La conception du tracé en coupe des canalisations de biogaz brut et prétraité, doit prévoir des inclinaisons qui permettent de collecter les condensats en amont et en aval au niveau des pots de purges.
Soit il est choisi de retenir une déshydratation conduisant à l'absence de condensat, soit il est vérifié lors de la conception, que les diminutions de température liées aux conditions climatiques et / ou aux pertes de charge ne conduisent pas à descendre en dessous du point de rosée (PR) tant que le sol est à une température supérieure dans les pires conditions climatiques (Tmin).

	Biogaz brut	Biogaz prétraité PR < Tmin - 2°C	Biogaz traité PR identique au GN
Contre courant	>2%	Pente mesurable	Sans contrainte
Co-courant	1% à 2%	Pente mesurable	Sans contrainte

Attention : les pertes de charge créées en fonctionnement normal ou occasionnel causent des diminutions de températures et donc de la condensation : cas de détente, vanne, comptage.

Dans certains cas, l'altimétrie ne peut être respectée, alors il faut aménager le tracé ou ajouter des pots de purge intermédiaire.

4.5 Conception du réseau des canalisations

4.5.1 Architecture réseau

La conception du réseau doit être réalisée par un BE disposant de connaissances, compétences et expériences techniques pertinentes :

- Conception de réseaux biogaz et gaz naturel
- Connaissances des référentiels gaz et spécificités du biogaz

La conception du réseau doit prendre en compte aussi bien :

- Les éléments structurants du réseau :
  - Les tenants : le ou les producteurs,
  - Les aboutissants : le ou les consommateurs,
  - Les éléments intermédiaires : pots de purges, poste de sectionnement, poste de comptage, poste de dérivation…,
  - Les accessoires,
  - Les by-pass.
- Les différentes phases de la vie du réseau :
  - Construction, essais et épreuve,
  - Exploitation,
  - Contrôle et Maintenance, avec possibilité d'isolement des tronçons.
  - Sécurité,
  - Abandon.

Certains de ces aspects peuvent nécessiter des dispositions qui -si elles ne sont pas prévues dès la conception – conduiront à des niveaux de sécurité réduits ou des pertes d'exploitation, voire des interdictions d'exploitation :

- Piquages,
- Dérivations,
- Events,
- Reprise des condensats…

4.5.2 By-pass

Il est possible de prévoir la mise en place d'un by-pass du pot de purge pour permettre des opérations de diagnostic et de maintenance. Cependant la fonction de by-pass est sécurisée pour prévenir les risques de by-pass permanents pouvant conduire à des dégradations et des risques en aval, sur les équipements qui doivent être protégés des condensats (compresseurs, torchères, etc.).
La sécurisation doit être fiable : par cadenas ou interlock et procédures particulières.

4.5.3 Risques et dérives du procédé

Suite à sa conception, l'architecture du réseau est représentée sur un schéma détaillé de type PID.
Ce schéma doit faire l'objet des analyses de risques appropriées :

- ⇨ EDD
- ⇨ Etude Détaillée des Risques, de type :
  - Nœud papillon
  - HAZOP selon la complexité du réseau

En effet, de telles revues permettent de vérifier et formaliser le niveau de risque résiduel dans le cadre d'une EDD réalisée dans le périmètre de l'ICPE.

4.6 Démarche de choix de conception du matériau et de dimensionnement de la canalisation

La démarche présentée ci-après consolide :

i. la définition des conditions de service et d'environnement,
ii. le choix des classes de matériau des canalisations,
iii. le choix des dimensions et caractéristiques des matériaux à partir des conditions de service et des méthodes sectorielles appropriées.
   a. Pour le PEHD
   b. Pour l'acier
iv. le choix du pré-traitement du biogaz

Il est recommandé de suivre ces étapes dans cet ordre pour choisir au mieux le matériau adapté aux conditions de service ainsi que les dimensions requises pour assurer la sécurité du transport.
La démarche de conception est synthétisée en premier lieu dans la figure ci-après et chacune des étapes est détaillée par la suite.

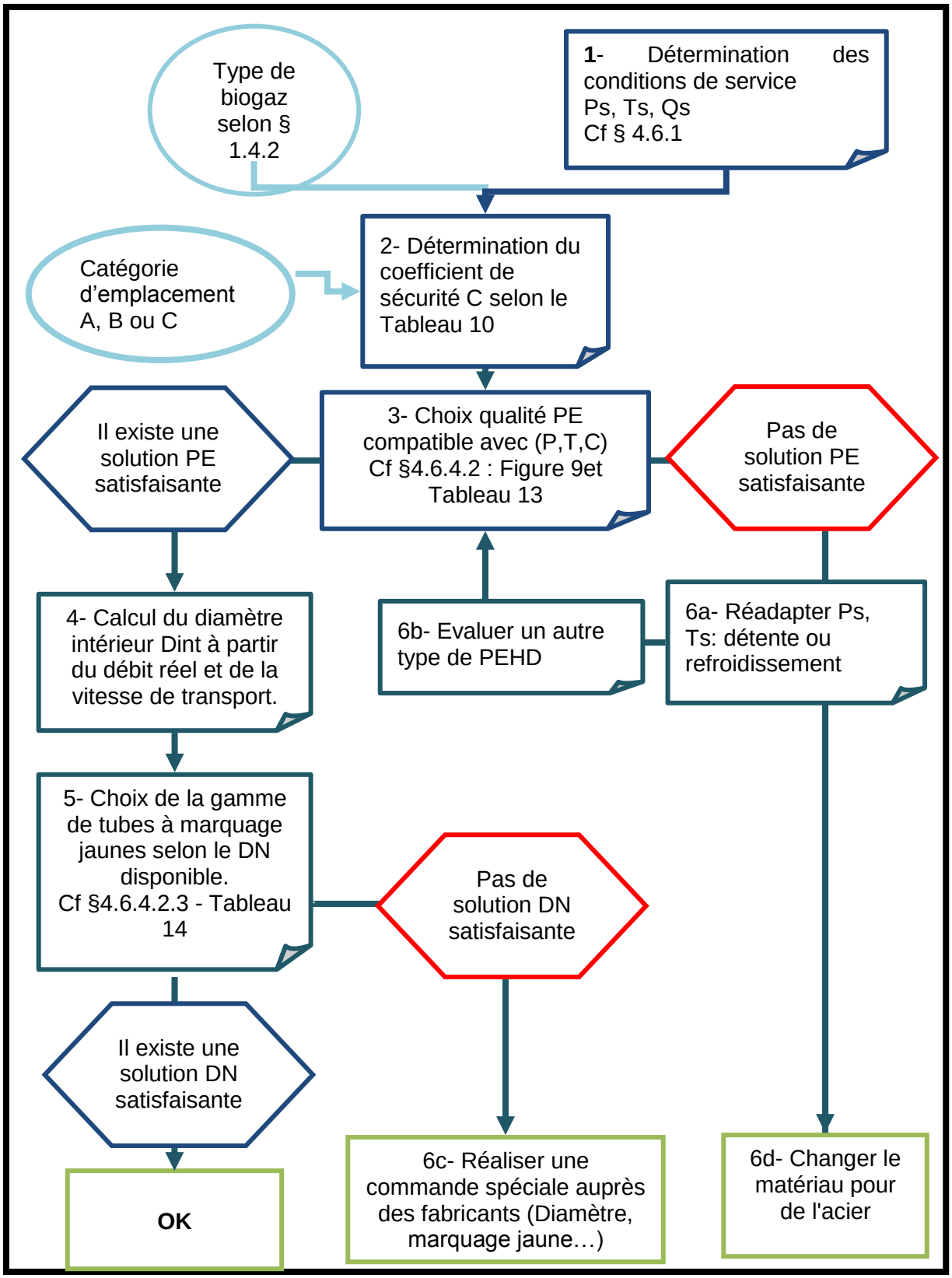
Les niveaux de pression, température élevées et des compositions complexes de biogaz bruts, nécessiteront des itérations sur les choix de conception et de dimensionnement.

Compte tenu des contraintes des différents types de biogaz transportés tant en qualité qu'en conditions de service et de l'économie de ce type de projet, les 3 matériaux à utiliser selon les cas sont :

- L'inox pour du transport de biogaz aérien.
- Le PEHD pour des PMS jusqu'à 10 bar et selon conditions de température et de qualité, basé principalement sur le référentiel distribution.
- L'acier sur des conditions de PMS supérieure à 10 bar et selon le couple PMS/TMS en enterré mais avec condition de composition de gaz, basé principalement sur le référentiel transport.

Comme représenté sur la figure ci-après :

Figure 8: Logigramme d'aide aux choix de conception pour le PE



4.6.1 Définition des conditions de service et d'environnement

4.6.1.1 Conditions de service

Le choix des matériaux des canalisations suit la logique suivante :

1) Définir les conditions de services requises par l'utilisateur (combustion, cogénération…)
- Pression P
- Température T
- Débit Q
- Composition

2) Définir les conditions et longueurs de cheminement des canalisations le long du parcours sur site (aérien) et hors site (enterrés).

3) Calculer les conditions de service: Ps, Ts, Qs et composition en tenant compte de:
- P, T, Q du côté du producteur : digestion / méthanisation / distribution interne ICPE
- Vitesse V recommandée dans les canalisations, inférieure ou égale à 10 m/s ou 20 m/s selon la qualité du biogaz (voir §4.6.2)
- Variations des conditions ΔP, ΔT, ΔQ, et de compositions liées aux étapes et configurations du procédé :
    - prétraitement :
        - refroidissement, séchage ΔP, ΔT ;
        - dépollution, désulfuration, pour la composition
    - compression : ΔP
    - transfert du gaz générant des pertes de charge : ΔP et des diminutions de température ΔT (contact avec le sol, détente…)
    - consommateur local : Pression minimale requise ou ΔQ

L'analyse de ces conditions de service permet de définir les conditions limites dans la canalisation : PMS et TMS au sens des références réglementaires et normatives.
Deux contraintes conditionnent le coefficient de sécurité pour le dimensionnement :
- La qualité du biogaz
- Le contexte du réseau

La qualité du biogaz (telle que définie aux §1.4.2 et §2.7- Classification des biogaz) peut avoir une incidence sur la tenue dans le temps des canalisations :
- Absorption et diffusion de molécules,
- Corrosion,

Ces phénomènes peuvent générer une altération des propriétés mécaniques, des fissurations et des pertes d'intégrité. Le matériau de transport sera donc choisi en conséquence. Si nécessaire, le biogaz subira un prétraitement pour le rendre transportable en toute sécurité avec les matériaux retenus.

4.6.1.2 Conditions d'environnement - coefficients de sécurité

Les conditions d'environnements sont spécifiques au contexte de la canalisation du biogaz (Pression et catégorie d'emplacement) et au type du fluide. Ces contraintes définissent le coefficient de sécurité applicable pour le dimensionnement de la canalisation (notamment pour le calcul de la PMS comme détaillé dans le §4.6.4.2.2).

Les coefficients de sécurité à retenir pour le dimensionnement sont les suivants :

		Fluide tel que défini au §1.4.2 et §2.7		
PMS du réseau	Catégorie d'emplacement selon AMF art 7-2	**Biogaz brut**	**Biogaz prétraité**	**Biogaz traité**
<4 bar	A, B, C	**6**	**4**	**4**
>4 bar	C	**4**	**2,5**	**2,5**
	B	**4**	**2,5**	**2**
	A	**4**	**2,5**	

Tableau 10: Choix des coefficients de sécurité applicables

À noter que pour des raisons pratiques et pour faciliter le raisonnement, le coefficient de sécurité tel qu'il est utilisé dans le présent guide représente l'inverse du coefficient de sécurité au sens de l'arrêté Multifluide AMF. Ce coefficient tel que défini dans le présent paragraphe reste donc cohérent avec l'AMF et est également adapté aux règles et usages des référentiels normatifs du PEHD pour le gaz combustible.

Les coefficients pour le biogaz traité sont basés sur des analogies au gaz naturel:

- C_{min}=1/0,25=4 est cohérent avec usage GrDF réseau 4 bar
- C_{min}=1/0,4=2,5 est cohérent avec AMF Art 7-2.3, 7-2.2 et usage GrDF réseau 8 bar
- C_{min}=1/0,5=2 est cohérent avec la norme de calcul de la contrainte circonférencielle et pour les catégories d'emplacement A et B

Les coefficients pour le biogaz prétraité sont adaptés car ses constituants sont en concentrations non critiques par rapport aux risques d'altération du matériau retenu.

Les coefficients pour le biogaz brut sont majorés (>50%) car ses constituants sont en concentrations critiques par rapport aux risques d'altération du matériau retenu.

La justification des hypothèses et du choix de coefficient de sécurité fait partie des éléments du dossier soumis aux services préfectoraux lors du dépôt de la demande d'autorisation par le transporteur. En particulier pour le biogaz prétraité, la démonstration de compatibilité entre le matériau retenu et le biogaz (et ses constituants en concentration non critique vis-à-vis des matériaux) fait partie du dossier technique de la demande d'autorisation.
Les demandes de dérogations éventuelles doivent être suffisamment instruites et portées à la connaissance des organismes de tutelles en apportant les éléments de justifications techniques et scientifiques essentiellement en termes de risques environnementaux.

4.6.2 Vitesses de transport pour le calcul du diamètre des canalisations

En première approche, les vitesses de calcul maximums recommandées pour le dimensionnement des canalisations sont les suivantes :

- **10 m/s pour le biogaz brut et prétraité**, par analogie aux usages pour la conception des installations biogaz
- **20 m/s pour le biogaz traité**, par analogie au gaz naturel

En deuxième approche, le transporteur doit vérifier le profil de pression et les pertes de charges dans la canalisation pour fixer le débit, et donc le diamètre finalement retenu. (Les coefficients de pertes de charges diffèrent selon les matériaux finalement choisis).
Enfin, le choix doit prendre en compte les conditions futures en cas d'évolution programmée ou prévisible de la capacité de biogaz à transporter.

4.6.3 Choix de la classe de matériau (PE ou acier)

Le choix du matériau et du mode de conception des canalisations du réseau dépend des critères suivants :

- couple pression et température
- mode de cheminement

<table>
<tr><th colspan="2"></th><th>Tronçons enterrés</th><th>Tronçons aériens</th></tr>
<tr><td rowspan="2">P<10 bar</td><td rowspan="2">Condition P, T selon compatibilité matière, voir Figure 9 : graphe plages de P et T admissibles</td><td>PEHD</td><td rowspan="3">Acier inoxydable</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Acier</td></tr>
<tr><td>P>10 bar</td><td>Pour toutes conditions de température</td></tr>
</table>

Tableau 11 : Choix du matériau de transport

En l'absence de solution, il est nécessaire de modifier les conditions de service ou de qualité du gaz en ajustant par exemple la température de service pour revenir dans une plage admissible par les gammes de matériaux et de produits commerciaux.
En effet, une fois le matériau choisi, encore faut-il que les conditions de service envisagées soient compatibles avec le matériau dans la gamme de dimensions disponibles et normalisées.
Les plages de pression et de température admissibles selon les gammes de dimensions disponibles et normalisées pour chaque matériau seront spécifiées dans les paragraphes §4.6.4. et 4.6.5. relatifs respectivement au PEHD et à l'acier.

4.6.4 Choix des dimensions et caractéristiques des matériaux pour les canalisations - Cas du PEHD

4.6.4.1 Référentiels normatifs et techniques relatifs à la conception des réseaux en PE

Conformément au Tableau 8, dans le cadre des réseaux en PEHD, la conception se base principalement sur les normes appliquées pour la distribution de gaz combustibles, notamment :

- NF EN 1555 "Systèmes de canalisations en plastique pour la distribution de combustibles gazeux"
- NF EN 12007-1 Systèmes d'alimentation en gaz - Canalisations pour pression maximale de service inférieure ou égale à 16 bar - Partie 1 : recommandations fonctionnelles générales
- NF EN 12007-2 Systèmes d'alimentation en gaz - Canalisations pour pression maximale de service inférieure ou égale à 16 bar - Partie 2 : recommandations fonctionnelles spécifiques pour le polyéthylène (MOP inférieure ou égale à 10 bar)

La démarche de conception détaillée dans la suite est donc basée sur ces normes.

4.6.4.2 Choix des dimensions et caractéristiques des tubes pour les canalisations en PE

4.6.4.2.1 Les différentes qualités de tubes PE pour les combustibles gazeux

Les tubes PE utilisés pour le transport du gaz peuvent être classés selon les caractéristiques suivantes :

- Le MRS (Minimum Required Strength) lié à la contrainte circonférentielle maximale admissible par le tube.

On distingue ainsi le PE80 (de MRS 80 à 20°C) et le PE100 (de MRS 100 à 20°C).

- Le SDR défini par :

En Europe, les tubes PE100 ou PE80 destinés au transport du gaz sont fabriqués et normalisés en gamme SDR11 et SDR17, ce qui impose des épaisseurs minimales pour chaque diamètre extérieur.

- Le PE100 est disponible en SDR11 et SDR17
- Le PE80 est disponible en SDR11.

Le SDR11 est à privilégier car il correspond à la plus grosse épaisseur.

En France, la qualité de tubes dédiés au gaz et commercialisés est couverte par la norme NF 114.

4.6.4.2.2 Choix de la qualité de PE compatible avec les conditions de service (P,T) et d'environnement (C).

Le choix de la qualité de PE doit être adapté à la pression et la température de service.
En effet, ces deux paramètres influent notablement sur la résistance du matériau dans le temps.
La norme EN1555-5 indique la méthode de détermination de la PMS en fonction de la température. La formule appliquée est la suivante:

C représente le coefficient de sécurité défini au §4.6.1.2, Tableau 10 et permet de prendre en compte la qualité du gaz et les conditions d'environnement.
D_f représente un coefficient de réduction pour les températures de service défini par la norme 1555-5 (en annexe A) et appliqué pour tenir compte de la diminution de PMS quand la température augmente.

Température	Coefficient de réduction (D_f)
20°C	1
30°C	1.1
40°C	1.3

Tableau 12: Coefficient de réduction pour les PMS en fonction de la température définis par la norme 1555-5 pour le PEHD

Les courbes de la Figure 9 représentent les limites d'utilisation selon la qualité du PE (PE 100 ou 80 en SDR11 ou SDR17) prenant en compte :
- Le coefficient de sécurité C
- La PMS et la TMS

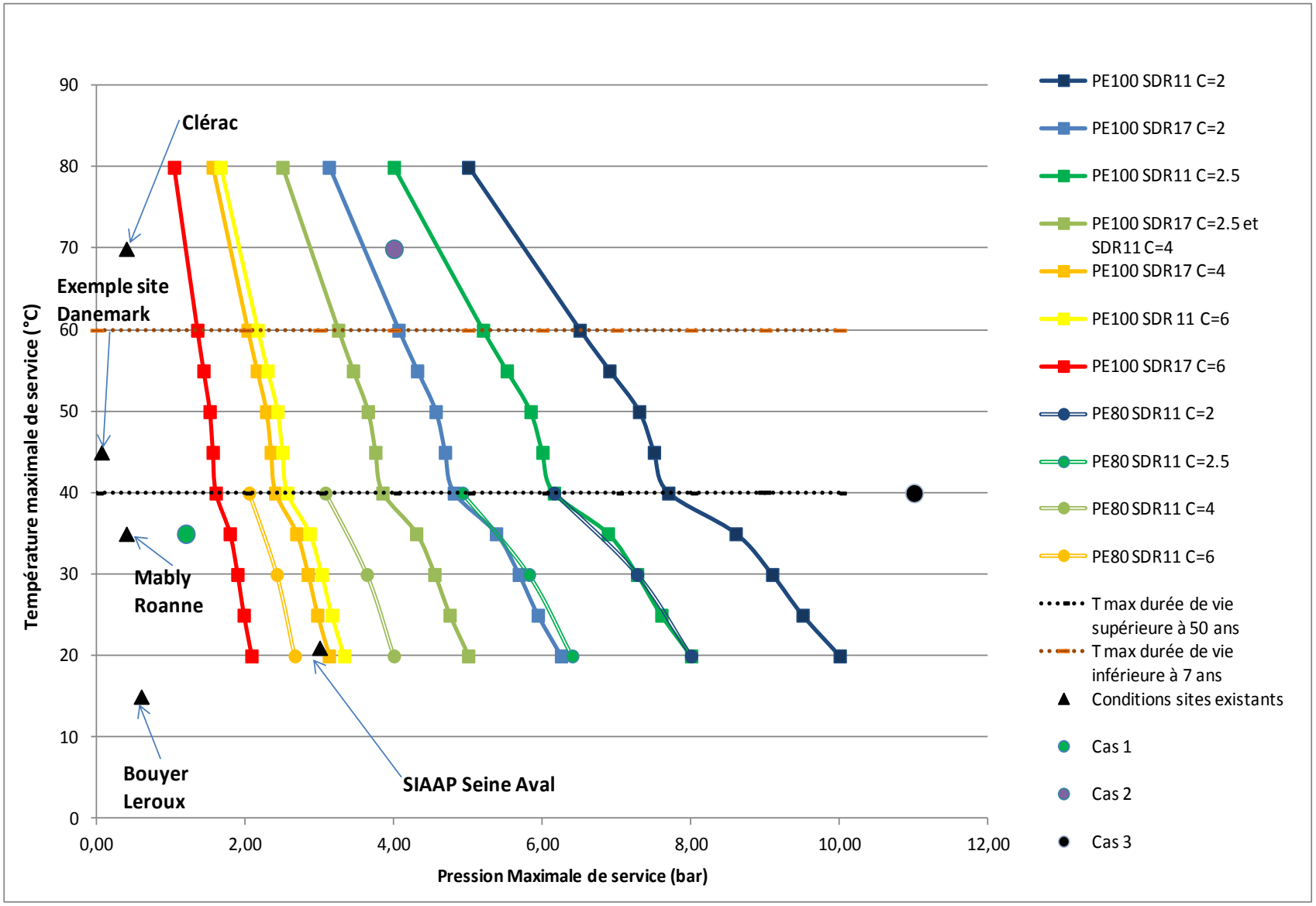


Figure 9: Graphes des plages de P et T admissibles pour le PEHD

Remarques

- Les points des graphes inférieurs à 40°C correspondent aux données de la norme EN 1555-5 alors que les points supérieurs à 40°C sont issus de données indicatives (voir paragraphe §4.6.4.2.4).
- Les droites horizontales représentent les limites relatives à la durée de vie du matériau PEHD.
- Les graphes de PE80 sont limités à 40°C car il n'existe pas de données fiables sur la durée de vie de ce matériau au-delà de 40°C.
- La qualité (PE/SDR) du matériau PEHD peut être employée si le point de fonctionnement est en dessous des courbes.
- L'acier doit être employé si le point de fonctionnement est au-dessus de toutes les courbes.

La Figure 9 est à exploiter de la manière suivante :

- Déterminer d'abord le coefficient de sécurité applicable selon les critères du paragraphe 4.6.1.2
- Placer le point de fonctionnement (PMS, TMS) sur la figure
- Vérifier qu'il existe **une courbe relative au coefficient de sécurité déterminé précédemment et située au-dessus du point placé.**
  - Si oui, le PE correspondant à la **(les) courbe(s) identifiée(s) ayant le même coefficient de sécurité** convient.
  - Si non, prévoir soit un changement des conditions de service, soit un traitement permettant de modifier la qualité et donc la catégorie du gaz, soit encore changer de matériau.
- Enfin, tenir compte de la durée de vie du PE : elle est au moins égale à 50 ans en dessous de 40°C et décroît très rapidement au-delà de 40°C (moins de 7 ans à 60°C).

Exemples

- **Cas 1** : Pour ce cas de la Figure 9, toutes les qualités de PE (PE100-SDR11, PE100-SDR17 et PE80-SDR11) conviennent quel que soit le coefficient de sécurité. En effet, il existe des courbes de coefficient C=2, 2.5, 4 et 6 pour toutes les qualités de PE au-dessus du point « cas 1 ».

- **Cas 2** : Aucun PE80 ne convient. Le PE100-SDR11 convient si et seulement si C=2 ou C=2.5, mais la durée de vie est inférieure à 3 ans environ. Dans ce cas il est recommandé de refroidir le gaz. S'il est refroidi à 30°C sous la même pression, le PE100-SDR17 peut convenir si et seulement si C=2, avec une durée de vie au moins égale à 50 ans.

- **Cas 3** : L'exemple du cas critique 3 montre la nécessité d'un changement de conditions de température ou un choix de matériau acier.

Pour illustrer cette démarche, les différentes solutions possibles en associant le triplet (Ps, Ts, C) sont récapitulées dans le Tableau 13 ci-après :

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td colspan="3">Choix de la qualité du biogaz</td></tr>
<tr><td>Choix des conditions de services : P et T</td><td>Biogaz brut</td><td>Biogaz prétraité</td><td>Biogaz traité</td></tr>
<tr><td rowspan="4">T<40°C</td><td>P< 1,5 bar</td><td colspan="3">Tout PEHD, quelque-soit le coefficient (PE80 SDR 11ou PE100 SDR 11/17)</td></tr>
<tr><td>P compris entre 1,5 et 4 bar</td><td>C=6
choix de la gamme PE selon des conditions (P,T) limitées par la courbe C=6 (*)</td><td colspan="2">C=4
Choix de la gamme PE selon des conditions (P,T) limitées par la courbe C=4</td></tr>
<tr><td>P compris entre 4 et 10 bar</td><td>C=4
Seul PE100 SDR11 convient partiellement (condition Pmax=5 bar ET des conditions (P,T) limitées par courbe PE100SDR11 C=4)</td><td>C=2,5
choix de la gamme PE selon des conditions (P,T) limitées par la courbe C=2.5</td><td>C=2,5 (cat C) ou 2(cat A et B)
Choix de la gamme PE avec des conditions (P,T) limitées selon le cas par les courbes C=2,5 ou C=2 du PE choisi</td></tr>
<tr><td>P>10 bar</td><td rowspan="4">Aucune solution PEHD ou acier satisfaisante</td><td colspan="2">Acier</td></tr>
<tr><td rowspan="3">T comprise entre 40°C et 55°C

La durée de vie est limitée à 15 ans attendus, nécessitant des dispositions complémen-taires</td><td>P<4 bar</td><td colspan="2">C=4
PE100SDR11peuvent convenir avec des conditions (P,T) limitées par les courbes C=4 du PE100</td></tr>
<tr><td rowspan="2">P entre 4 et 8 bar</td><td rowspan="2">C=2.5
Seul PE100SDR11 peut convenir pour des conditions (P,T) limitées par la zone sous la courbe C=2.5 du PE100SDR11</td><td>C=2,5 (cat C)
Seul PE100SDR11 peut convenir pour des conditions (P,T) limitées par la zone sous courbe C=2.5 du PE100SDR11</td></tr>
<tr><td>C=2 (cat A et B)
PE100SDR11 peut convenir pour des conditions (P,T) limitées par la zone sous la courbe C=2 du PE100 SDR11</td></tr>
<tr><td colspan="2">Si le PE100SDR11 ne convient pas, alors choisir une solution acier adaptée</td></tr>
<tr><td>Pour toutes TMS admissibles</td><td>P>8 bar</td><td colspan="2">Acier</td></tr>
</table>

Tableau 13: Choix du matériau PE selon les conditions de service et le coefficient de sécurité

(*): Aucune solution PE satisfaisante pour P entre 3 et 4 bar.

4.6.4.2.3 Choix de la gamme de diamètre nominal disponible en fonction du débit réel du gaz

Le débit réel du gaz prenant en compte la perte de charge sur toute la longueur de la canalisation, ainsi que la vitesse maximum de transport déterminent le diamètre intérieur de la canalisation.

Ce diamètre intérieur étant ainsi imposé par les conditions de service, le diamètre extérieur ou diamètre nominal utilisable est déduit à partir de la valeur du SDR.

Les plus petits SDR sont à privilégier car ils correspondent à la plus grosse épaisseur.

Néanmoins, l'offre de tubes et accessoires PEHD employés pour transporter du gaz combustible est limitée. En effet, ces tubes en application gaz combustible doivent porter un marquage en bandes jaunes, conformément à la norme NF 114.
Le choix du tube à utiliser peut être également contraint par les gammes de couples « diamètre extérieur nominal Ø/SDR » disponibles en France pour ces tubes marqués.

Diamètre Extérieur Nominal (mm)	PE80 – SDR11	PE100 - SDR11	PE100 - SDR17	Epaisseur minimale (mm)
<63	Disponible			3
63	Disponible	Disponible		5,8
75/90/110/125/140	Disponible			6,8/8,2/10/11, 4/12,7
160	Disponible	Disponible		14,6
200/225	Disponible		Disponible	11,4/12,8
250/280/315/355/400			Disponible	14,2/15,9/17,9 /20,2/22,8

Tableau 14: Gamme de diamètre nominal DN disponibles en PE80 et PE100

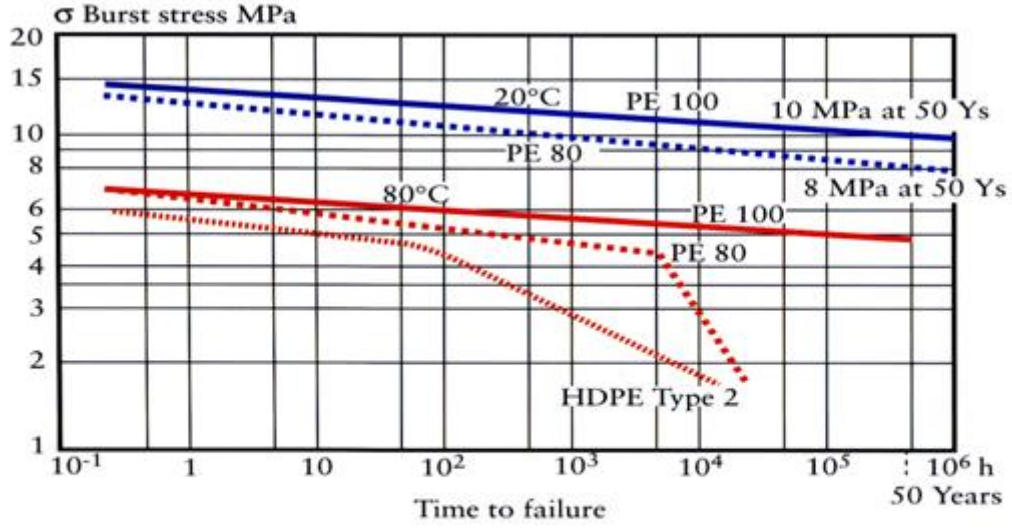
Si le PE100-SDR11 convient pour les conditions de service (P, T, C), il n'est pas disponible en tubes NF 114 de diamètre extérieur supérieur à 160. Dans ce cas, on pourra envisager une modification des conditions de service ou de la qualité du gaz ou encore choisir l'acier si le gaz n'est pas brut.

4.6.4.2.4 Influence de la température de service sur la durée de vie des tubes PE

La durée de vie correspondante pour des matériels utilisés en deçà de 40°C est connue par les fabricants de tubes et accessoires PEHD. Il est donc fortement conseillé de se limiter à une température maximale de service de 40°C.
Au-delà de 40°C (température maximale prise en compte par la norme 1555-5), la durée de vie évaluée, décroit notablement avec des effets de seuils pour lesquels il y a perte notable de performances (aussi bien la durée de vie que le MRS, d'après une source australienne : *POP013 requirements for materials listed in POP004. Compounds listed in POP004 need to satisfy AS/NZS4131 and the following temperature ratings*:

- Entre 20°C et 40°C, elle décroit de 100 ans à 50 ans, avec une décroissance du MRS de 10 MPa à 8,1 MPa.
- Entre 45°C et 60°C, elle décroit notablement de 35 ans à 7 ans, et un MRS diminuant également de 7,5 MPa à 6,5 MPa.
- Au-delà de 60°C, jusque 80°C elle décroit avec une MRS qui chute à 5MPa et une durée de vie prévisible supérieure à 1 an.

Le maintien de la PMS dans le temps dépend des qualités de PE utilisé et est très impactée par les conditions de température.
Seul le fabricant de PE est à même de pouvoir donner des caractéristiques de tenue pour les cas limites (>40°C).
Ceci est illustré par ce graphe :



Principal stress/time curves for PE80 and PE100 pipes at 20°C and 80°C. The standard curve for HDPE Type 2 at 80°C (acc. to DIN 8075) is shown for comparison. The minimum required strength (MRS) at 20°C and 50 years is 10 MPa for PE 100 and 8 MPa for PE80 giving the design stress 8 MPa and 6.3 MPa, respectively.

Figure 10 : Représentations de la tenue des MRS de différents PE dans le temps
Source : Lars-Eric Janson « Plastics Pipes for Water Supply and Sewage Disposal »

Si toutefois la canalisation est conçue et exploitée à une température supérieure à 40°C, le transporteur doit :

- ⇨ Définir les conditions de service admissibles avec le fabricant d'accessoires de canalisations : tubes, composants…
- ⇨ Prévoir les dispositions pour pouvoir faire un contrôle interne de la canalisation,
- ⇨ Remplacer la canalisation au terme de la durée de vie donnée par le fabricant.

4.6.5 Choix des dimensions et caractéristiques des matériaux pour les canalisations en acier

Dans le cadre des réseaux en acier, la conception se base principalement sur les règles et normes déjà appliquées pour le transport de gaz combustibles.

Toute canalisation de transport est conçue, construite conformément :

Conditions de service	Biogaz traité	Biogaz prétraité	Biogaz brut
PMS ≤ 4 bar	NF EN 12007-1 et NF EN 12007-3 via RSDG 1 (§ 5.2.1 et § 5.2.2)	Idem biogaz traité ou idem biogaz brut, au choix du transporteur, sur la base d'une justification argumentée	NF EN 14161 via guide GESIP n°2007/09 avec étude spécifique (cf § 4.6.5 ci-dessous)
4 < PMS ≤ 16 bar et P (bar) × D (mm) < 1500			
4 < PMS ≤ 16 bar et P (bar) × D (mm) < 1500	NF EN 12007-1 et NF EN 12007-3 via RSDG 1 (§ 5.2.3) + spécifications techniques de sécurité (annexe1 du RSDG 1)		
PMS > 16 bar	NF EN 1594 via guide GESIP n°2007/09		

Dans le cas de l'acier en application de ces référentiels, le calcul repose sur la formule de Lamé qui lie :

- la contrainte circonférentielle du tube
- la pression et la température de service du tube, et conditions maximales associées
- le diamètre
- l'épaisseur
- le coefficient de sécurité

Le coefficient de sécurité à appliquer est celui défini précédemment au § 4.6.1.2.

4.6.6 Choix du prétraitement pour adapter la qualité de biogaz

Selon les matériaux retenus, une vérification de la compatibilité du gaz et du matériau est à effectuer par le transporteur auprès des concepteurs et fabricants de canalisations acier ou PEHD. En effet, la complexité des conditions (P, T, Compositions) ne permet pas toujours le respect des plages de fonctionnement admissibles par les solutions techniques, notamment d'un point de vue des matériaux.

Ainsi, en cas de non compatibilité le transporteur doit adapter en amont la qualité par un traitement approprié (voir chapitre 2.8 et annexe C), par exemple :

Matériau	Constituants critiques	Méthode et moyen d'ajustement de la qualité
Acier	Acides, Soufre : H_2S, SO_x,…	Désulfuration
	Oxygène	Réduction de l'oxygène issu du procédé de production
	H_2O	Déshydratation
PEHD	Composés Organiques selon : ISO/TR 10358	Dépollution

4.6.7 Spécifications générales des matériels

4.6.7.1 Homogénéité de conception des matériels et accessoires

Les matériaux et les modes de raccordement employés doivent être homogènes avec ceux des canalisations auxquelles ils sont raccordés et cohérents avec la qualité des biogaz pour éviter le risque d'incompatibilité.
Les accessoires et matériels sont en matériaux de construction en cohérence avec les classes de tuyauterie : Les joints, visseries et boulonneries sont adaptés en fonction des conditions de service, des conditions d'environnement (extérieur/intérieur) et des classes de tuyauteries de sorte que les assemblages restent ajustés sous les conditions de fonctionnement prévues.

4.6.7.2 Sûreté de fonctionnement

Le niveau de fiabilité de ces équipements et de ces instruments de mesure doit être maximum, compte tenu des normes en vigueur relatives à ces matériels.
Les fabricants de matériel doivent apporter les justificatifs formels de la performance de leur fourniture basés sur une certification ou un retour d'expérience suffisant pour un grand nombre de matériel en fonctionnement.

4.6.7.3 Sécurité fonctionnelle

Les accessoires de sécurité de type barrière de sécurité instrumentée (par exemple fermeture vanne automatique sur détection de fuite / perte de pression) sont à exécuter en sécurité fonctionnelle selon les référentiels normalisés, notamment :

- EN CEI 61508« systèmes de sécurité électriques, électroniques ou électroniques programmables destinés à exécuter des fonctions de sécurité »
- EN CEI 61511"Sécurité fonctionnelle- Systèmes instrumentés de sécurité pour le domaine de la production par processus »

La boucle de traitement peut être réalisée par relais de sécurité ou automate de sécurité, mais dans les deux cas par des équipements qui sont sous la responsabilité du transporteur.
Les fabricants de matériel doivent apporter les justificatifs formels de la performance de leur fourniture basés sur une certification ou un retour d'expérience suffisant pour un grand nombre de matériel en fonctionnement.

4.6.7.4 Classes d'étanchéité

L'ensemble des constituants du réseau (canalisations et accessoires) sont spécifiées avec le plus haut niveau d'étanchéité.

En particulier sont applicables :

- RSDG 1 Règles techniques et essais des canalisations de distribution de gaz
- RSDG 14 Rev1 Surveillance et maintenance des réseaux de distribution de gaz combustibles
- NF EN 12266-1 Robinetterie industrielle. Essais des appareils de robinetterie. Partie 1 : essais sous pression, procédures d'essai et critères d'acceptation. Prescriptions obligatoires
- NF EN 12266-2 Robinetterie industrielle. Essais des appareils de robinetterie métalliques. Partie 2 : essais, modes opératoires d'essai et critères d'acceptation. Prescriptions complémentaires.
- EN ISO 15848-1 Robinetterie industrielle -- Mesurage, essais et modes opératoires de qualification pour émissions fugitives -- Partie 1 : Système de

classification et modes opératoires de qualification pour les essais de type des appareils de robinetterie

- EN ISO 15848-2 / NF E29-500-2 Robinetterie industrielle; Mesurage, essais et modes opératoires de qualification pour émissions fugitives. Partie 2 : essais de réception en production des appareils de robinetterie.
- API 598 Méthode de test hydraulique: les exigences relatives aux essais de pression, à l'inspection et aux examens complémentaire sur les robinetteries

Les fabricants de matériel doivent apporter les justificatifs formels de la performance de leur fourniture basés sur une certification ou des tests usines.

4.6.7.5 Sécurité feu

Les spécifications des accessoires et tronçons critiques (identifiés comme tels lors de l'EDD) du réseau (canalisations et accessoires) répondent au plus haut niveau de sécurité.
En particulier sont applicables :

- ISO 10497 Essais des appareils de robinetterie -- Exigences de l'essai au feu
- ISO 14313 Transport du pétrole et du gaz naturel par pipelines
- API 6D Adoption de la norme ISO 14313 relative au transport du pétrole et du gaz naturel par pipeline
- API 6FA Sécurité Feu : exigences de tests et d'évaluation de la performance des robinetteries selon les spécifications API 6A et 6D, lorsqu'ils sont exposés à des conditions d'incendie bien définis.
- Les fabricants de matériel doivent apporter les justificatifs formels de la performance de leur fourniture basés sur une certification ou un retour d'expérience suffisant pour un grand nombre de matériel en fonctionnement.

4.6.7.6 ATEX

Tous les accessoires, équipements et les instruments de mesure installés sur la conduite de transport biogaz sont en zone ATEX et doivent être conformes à la directive ATEX et ses référentiels associés : normes, arrêtés et décrets français.
Le zonage ATEX doit être cohérent avec celui adapté sur l'ensemble du réseau de biogaz :
En particulier, les vannes de sectionnement ainsi que les brides positionnées à l'air libre et facilement accessibles déterminent une zone de type 2 (zone 2) correspondant à une sphère centrée au niveau de la bride ou du presse-étoupe de la vanne.
Les vannes ainsi que les raccords positionnés dans un endroit fermé ou dans une fosse déterminent une zone :

- de type 1 (zone 1) si cet endroit ou cette fosse n'est pas ventilé(e),
- de type 2 (zone 2) si cet endroit ou cette fosse est ventilé(e).

4.6.8 Conception des accessoires et des installations annexes

4.6.8.1 Référentiels spécifiques aux accessoires

De façon générale, le transporteur réalisera la conception des accessoires et des installations annexes de la canalisation selon le référentiel retenu pour la conception de la canalisation elle-même, à savoir :

- Pour le PE : normes NF EN 12007-1 et NF EN 12007-2 via le RSDG 1 § 4.2,
- Pour l'acier : l'une des normes citées au § 4.6.4 du présent guide.

Pour les choix de conception d'accessoires non standards hors DESP, le transporteur se reportera en particulier au guide GESIP reconnu en application de l'article 7.5° de l'AMF, intitulé :

« Accessoires non standards hors du champ du décret N°99-1046 d'application de la directive 97/23/EC »

Ce guide pourra être :

- directement appliqué si la norme retenue pour la conception est l'une des deux normes NF EN 1594 ou NF EN 14161 ;
- transposé dans son principe (à savoir retenir l'approche la plus contraignante entre celle du référentiel choisi et celle de la DESP) si la norme retenue pour la conception est différente.

4.6.8.2 Pot de purge

Le pot de purge sur le réseau biogaz a les fonctions de :

- Procédé : Séparation des condensats (pas d'action de séchage),
- Sécurité : Prévention des risques de fuite (gaz ou condensats) et d'entrée d'air.

Nota : Cette séparation ne dispense pas de l'utilisation d'un sécheur spécifique si besoin pour atteindre l'une des qualités gaz (voir §1.4.2) requise par le choix de matériau, d'architecture ou de tracé du réseau.

4.6.8.2.1 Conception

Si le fluide est du biogaz brut ou prétraité, il est indispensable de proscrire tout point bas sur la ligne ou obligatoire d'installer un pot de purge.

Le pot est dimensionné pour une condensation totale (refroidissement rapide) et pour éviter un risque de saturation du pot en fonction également de la fréquence de purge.

La détection de fonctionnement de la garde hydraulique peut être assurée par un capteur de présence liquide (lame vibrante) ou de niveau ou de débit bas selon les configurations et niveaux de pression. Pour la fiabilité de la détection, il est recommandé d'implanter la détection sur la sortie de la garde plutôt que sur l'alimentation d'arrosage.

Le volume du pot de purge est calculé afin d'obtenir :
- une vitesse < 2 m/s pour favoriser le piégeage des condensats,

- une surface libre de passage du biogaz au-dessus des condensats n'induisant pas de perte de charge importante (réseau BP)

Le risque d'entrée d'air doit être prévenu par :
- Une garde hydraulique arrosée et contrôlée ou une solution équivalente évaluée par une revue de sécurité quantitative,
- Un système de visualisation de niveau et de pression.

Les pots sont inertables (gaz/eau) et isolables pour les contrôles d'étanchéité.

Les pots sous pression de type ESP doivent être accessibles et de conception conforme à la réglementation des équipements sous pression (DESP).
Les pots sont inspectables pour contrôler l'apparition de dépôt ou de corrosion et assurer le nettoyage.
La conception est faite sans zone de rétention interne dans le pot (zone morte) pouvant conduire à des dépôts favorisant les risques de fermentation et corrosion.

4.6.8.2.2 Règles d'implantation

L'implantation se fait en extérieur et si possible sans fosse pour limiter les risques d'accumulation de gaz toxique (H_2S) et inflammable (CH_4). En cas de fosse et donc d'inévitable point bas, celle-ci est la moins confinée possible et le cas échéant équipée de ventilation et de détection de gaz assurant la sécurité des interventions dans cette zone.

Suivant les conditions climatiques et d'implantation, il est nécessaire de prévoir une protection contre le gel des condensats au niveau du pot de purge et de la garde hydraulique.
Cette protection peut être assurée par calorifugeage et traçage ou par d'autres solutions sécurisées (arrosage à l'eau maintenue en température, etc.).

4.6.8.2.3 Automatisation

Une automatisation des pots de purge est recommandée avec
- vannes amont et aval motorisées,
- et instrumentation (Pression et niveau) reportée sur le système de contrôle commande et sur la supervision.

Si l'automatisation n'est pas réalisée, la procédure d'intervention est inscrite dans le dossier d'exploitation soumis à autorisation.

4.6.8.3 Arrête-flamme

Vis-à-vis du risque d'explosion interne dans la canalisation de transport biogaz :

Arrête-flammes monobloc dit de haute sécurité.

Exemple sur transport de GN

Le raccordement peut être soit à brides, soit taraudé selon les DN.

Source ALSATEC

En cas d'incident, d'accident ou d'une opération de contrôle sur la canalisation de transport biogaz, le transporteur peut être amené à fermer des sectionnements étanches et à purger la (ou les) section(s) de la canalisation de transport en rejetant le gaz à l'atmosphère via un évent

Lors de cette purge, un nuage explosible se forme à l'extrémité atmosphérique de l'évent qui peut s'enflammer accidentellement (foudre, incendie à proximité, etc.). Un retour de flammes peut se produire, l'explosion peut alors pénétrer dans la canalisation de transport biogaz, surtout si la pression à l'évent est faible (par exemple en fin de purge).

Selon les prescriptions de l'EDD, des arrête-flammes sont à installer sur les canalisations ou des évents de transport de biogaz, qui mélangés à de l'air peuvent exploser.
Les arrête-flammes sont des composants de protection explosion passifs, sans pièce mobile. C'est une des meilleures techniques disponibles pour stopper la propagation d'une explosion.

4.6.8.4 Poste de refroidissement et séchage

Selon les conditions de service et les matériaux finalement retenus, l'humidité, présente dans le biogaz, augmente le risque de corrosion de l'acier ou d'altération du PEHD et en conséquence diminue leur durée de vie.
Le séchage a pour second intérêt la réduction de volume de biogaz par la suppression de la vapeur d'eau.
Un dernier intérêt du séchage avant le transport est d'éviter la condensation excessive dans la tuyauterie et donc l'installation de purges intermédiaires.

En conséquence, le refroidissement et séchage du biogaz est nécessaire dans pratiquement toutes les configurations avant le transport.

Le biogaz est à une température qui oscille entre 20 et 50°C selon les saisons, plus s'il est passé dans un équipement de surpression ou compression. Il faut le refroidir jusqu'à atteindre les conditions requises par les matériaux employés ou le point de rosée de l'eau fixé par la qualité requise (voir Tableau 6 : Catégories et spécifications particulières pour les biogaz) puis le faire passer dans un coalesceur pour séparer les gouttelettes de condensat du gaz.

Le sécheur est composé par exemple comme suit :

- D'un échangeur multitubulaire à contre-courant dans lequel circule de l'eau glycolée à 5°C. Il est constitué d'un faisceau de tubes lisses droits dudgeonné (dudgeonner=repousser le métal d'une pièce en forme de tube, de façon à accroître son diamètre extérieur) sur 2 plaques tubulaires. Les matériaux de construction sont en cohérence avec les classes de tuyauterie. L'échangeur est revêtu d'un isolant particulièrement efficace contre les déperditions calorifiques et faisant office également de pare-vapeur. Les plaques d'isolants sont collées en surface et en chant pour diminuer la conductivité thermique,
- D'un groupe froid permettant de produire l'eau glycolée à 5°C et composé d'un circuit de refroidissement,
- D'un pot à condensats permettant la séparation des gouttelettes du gaz, construit en matériaux en cohérence avec la classe de tuyauterie et constitué d'une enceinte de détente et d'un matelas coalesceur. Le pot à condensat est revêtu d'un isolant thermique similaire à celui de l'échangeur.

La bonne marche du séchage est contrôlée par une mesure de température en aval du pot à condensat. Le débit d'eau glycolée est régulé sur cette mesure de température dont la valeur doit être égale à 5°C+/-0,5°C.

Les condensats récupérés au niveau du pot à condensats sont collectés au moyen d'une tuyauterie protégée contre le gel des condensats par un calorifuge et/ou traçage et stockés dans un bac à condensat enterré hors gel.
Ce dernier est construit en matériaux adaptés au caractère corrosif des condensats. il est équipé d'une ventilation avec un évent de respiration et des détections de gaz (CH_4 et H_2S) assurant la sécurité d'intervention dans cette zone.
Les condensats seront

- déchargés gravitairement vers le réseau sinon :
- remontés vers un stockage dédié au moyen d'une pompe qui sera doublée en secours et installées dans le bac. Des poires de niveau LSL/LSH sont installées dans le bac pour éviter respectivement le dégardage hydraulique et le débordement du bac.

4.6.8.5 Poste d'isolement et de sécurité

En application des textes suivants adaptés à l'application biogaz,

- l'article 9.2° de l'AMF,
- l'article 14.1 de l'arrêté du 13 juillet 2000,
- RSDG 6,

le transporteur installe des postes d'isolement et de sécurité dotés d'organes de coupure et de sectionnement, pour préserver la sécurité des personnes et des biens.

Chaque tronçon enterré de la canalisation biogaz doit être équipé en amont par :

- une mesure de température
- une mesure de pression
- une vanne automatique de sectionnement à sécurité positive,
- une vanne manuelle d'isolement, si pas de vanne automatique manœuvrable manuellement
- un poste d'inertage amont

Et en aval par :

- une vanne automatique de sectionnement,
- une vanne manuelle d'isolement, si pas de vanne automatique manœuvrable manuellement
- un poste d'inertage aval

Afin de protéger la canalisation enterrée de transport biogaz contre toute montée en température ou en pression, de détecter toute fuite de la canalisation ou toute entrée d'air, les mesures suivantes devront être prévues :

- Une coupure du transport du biogaz assurée par une vanne automatique, installée sur la conduite de transport du biogaz. Cette vanne sera asservie aux instrumentations (sondes de température, de pression…) installés sur la conduite :
  - la vanne automatique assure l'arrêt du transport du biogaz lorsqu'une fuite de gaz est détectée par une baisse de pression dans la canalisation.
  - la vanne automatique assure l'arrêt du transport du biogaz lorsqu'une montée en température ou de pression est détectée par la sonde de température ou de pression installée sur la conduite
  - les pressostats permettent de détecter une chute de pression dans la tuyauterie. leur seuil doit être aussi élevé que possible, compte tenu des contraintes du transport.

- Les vannes de sécurité doivent être distinctes des vannes d'exploitation.
- Au minimum 1 vanne de sécurité est à prévoir à chaque extrémité.

Les vannes consommateurs (si combustion 2910) peuvent être mutualisées avec les organes de sectionnement réglementaires selon les arrêtés types combustion sous réserve de validation des dispositions dans le cadre de l'EDD.

4.6.8.6 Autres équipements

L'ensemble des autres équipements installés doivent être conformes aux réglementations, normes et règles de l'art, notamment :

Pour les groupes de surpression ou compression :

- NF EN 12583, Système d'alimentation en gaz – Station de compression – Prescriptions fonctionnelles (citée dans la norme NF EN 1564)

Pour les torchères:

- Circulaire du 10 Décembre 2003, relative aux Installations classées : installations de combustion utilisant du biogaz.

Pour les postes de détente / régulation :

- NF EN 12186, Système d'alimentation en gaz – Poste de détente-régulation de pression de gaz pour le transport et la distribution - Prescriptions fonctionnelles (citée dans la norme NF EN 1564)

5 Démarches et règles de construction

Préalablement à la construction, le transporteur réalisera sous sa responsabilité l'autocontrôle ou le contrôle par un tiers des exigences de conception décrites au paragraphe précédent.

5.1 Applications des référentiels

Ce paragraphe fait référence aux articles 7, 8, 9 et 10 (+ 11 et 12 éventuellement) de l'Arrêté Multifluides. Pour les prescriptions relatives à la construction, notamment pour :

- la pose à l'air libre
- le soudage et les jonctions et raccordements
- la pose du dispositif avertisseur
- les essais et épreuves

le transporteur se référera aux référentiels sectoriels :

GESIP :

- Rapport n°2007/09 Normes canalisations de transport
- Rapport N° 2006/04 Pose de canalisations à l'air libre,
- Rapport N° 2006/05 Profondeurs d'enfouissement et modalités particulières de pose et de protection de canalisation à retenir en cas de difficultés techniques,
- Rapport N° 2007/02 Conditions de pose du dispositif avertisseur et mesures de substitution applicables,
- Rapport N° 2007/06 Guide épreuve initiale avant mise en service.

RSDG

- RSDG 1 Règles techniques et essais des canalisations de distribution de gaz,
- RSDG 2 Capacité technique et compétence des opérateurs de réseau de distribution de gaz combustibles
- RSDG 3.1 Soudage des canalisations et branchements en acier,
- RSDG 3.2 Soudage des canalisations et branchements en polyéthylène (PE),
- RSDG 4 Voisinage des réseaux de distribution de gaz avec les autres ouvrages,
- RSDG 5 Canalisations à l'air libre ou dans les passages couverts, ouverts sur l'extérieur.

Autres référentiels

- STRPE, Guide de pose et d'utilisation des canalisations en PE,
- NFT 54 965 Systèmes de canalisations plastiques pour la distribution de combustibles gazeux - Polyéthylène, spécifications pour le conditionnement, le stockage, la manutention et le transport des tubes
- DTU 61-1 annexe 3 (NF P 45 204 pour la mise en œuvre des matériels en PE

Les éléments spécifiques au contexte ou au biogaz à prendre en compte pour la construction des réseaux sont décrits ci-après.

5.2 Capacité des entreprises de travaux

Pour la capacité des entreprises de travaux, l'article 10 de l'arrêté du 13 juillet 2000 portant règlement de sécurité de la distribution de gaz combustible par canalisations
Cet article précise, les principes généraux concernant la qualification des opérateurs de réseau et entreprises de travaux :
« *L'opérateur de réseau doit, notamment lorsqu'il effectue des travaux de pose, dépose ou de réparation de canalisations et accessoires de réseau, pouvoir démontrer sa capacité à mettre en application les dispositions* [de l'arrêté du 13 juillet 2000] *et des textes subséquents et à utiliser du personnel aux compétences adaptées aux missions à remplir.*
Il doit s'assurer en permanence de la bonne adéquation entre les missions confiées à son personnel et les compétences de ce dernier, évaluer périodiquement les écarts et prendre, le cas échéant, les mesures utiles en conséquence.
L'opérateur de réseau prend en outre les dispositions nécessaires pour s'assurer que les entreprises auxquelles il confie la réalisation de travaux sur ses équipements satisfont aux exigences des deux alinéas ci-dessus.
Les critères d'appréciation de la compétence et de la capacité technique évoquées ci-avant ainsi que leur réévaluation périodique font l'objet d'un cahier des charges. »
Le cahier des charges auquel il est fait référence dans cet article est le RSDG 2 : « Capacité technique et compétence des opérateurs de réseau de distribution de gaz combustibles ».
L'application de ce cahier des charges est transposable au transport de biogaz.

Il en découle que :
Les entreprises chargées de la réalisation des travaux doivent faire l'objet d'une habilitation pour les travaux d'installation de réseaux de gaz naturel (distribution ou transport)

La main d'œuvre employée pour assembler la tuyauterie doit être capable d'exécuter le travail en respectant les règles de l'art.
C'est en particulier valable pour le personnel effectuant les jonctions polyfusées en bout ou par raccords électro soudables, qui devra avoir suivi une formation préalable et être qualifié pour ce type de raccordement.

Les prestataires chargés d'effectuer des investigations complémentaires sur réseaux en service doivent être certifiés pour la mesure indirecte de position dans le cas de détection sans dégagement du réseau en fouille ouverte conformément à la norme NF S 70-003-2.

5.3 Conditions de pose

5.3.1 Conditions climatiques de pose

Préalablement à la pose, l'ensemble des conditions climatiques doit être réuni :

- Absence de précipitations
- Températures extérieures :
    - températures positives recommandées

ou

    - températures extérieures entre -10°C à +45°C selon normes, mais nécessité de réchauffer pour températures négatives,

5.3.2 Conditions géométriques de pose

Préalablement à la pose, le transporteur réalisera les contrôles suivants :

- Contrôle des exigences géométriques particulières, notamment :

- Le rayon de courbure recommandé par analogie à la distribution du gaz naturel pour la pose des canalisations en PEHD type NF gaz est de 30 x DN comme précisé au 4.4.3.

Les fabricants peuvent donner des exigences plus contraignantes selon le SDR et le DN ou le terrain. Dans ce cas, celles-ci prévalent.

- Contrôle de la pente, en fonction de la qualité du biogaz :

	Biogaz brut	Biogaz prétraité	Biogaz traité à la spécification GN : PR < -5°C
Contre courant	>2%	Pas de contrainte sous réserve de-maitriser la condensation PR < Tmin-2°C OU par défaut : -garantir spécification GN : PR < -5°C	Pas de contrainte spécifique de pente : Idem règles distribution et transport
Co-courant	1%-2%		

Note : la préconisation pour la déshydratation à -5°C n'est pas imposée mais recommandée. C'est la température par défaut. Mais il suffit que le point de rosée soit inférieur (de 2°C) à la température du point le plus froid sur le parcours. Dans ce cas, il faudra définir une méthode de calcul normalisée pour cette température.
Si le gaz est brut, des pots de purge sont à installer à chaque sectionnement et rupture de pente, constatée sur le terrain en cas de singularité géotechnique ou contextuelle.

5.3.3 Dispositions particulières pour les réseaux en PEHD

5.3.3.1 Jonctions et raccordements

Toutes les techniques de raccordement présenteront des chemins de fuites potentiels différents, et le choix du procédé de raccordement doit être l'aboutissement d'une étude prenant en compte le niveau de formation des monteurs et les moyens d'inspection.
Le type de joint choisi doit demeurer étanche durant la durée de vie de l'installation. Par conséquent, l'ensemble des paramètres suivant doit être pris en considération :

- La composition du biogaz (agressivité chimique)
- La température maximale admissible
- La pression maximale admissible
- Les propriétés mécaniques du PE retenu
- Les dimensions
- Le poids
- La qualification de la main d'œuvre disponible
- Le coût
- Le risque d'impact extérieur (personnel et/ou véhicule)
- La disponibilité (variable selon les normes applicables)

Cette liste permet de faire immédiatement une présélection parmi les modes de raccordements existants.

Les opérations de soudage seront réalisées conformément au cahier des charges RSDG 3.2.

5.3.3.2 Choix du procédé de raccordement

Les tubes et accessoires en PE constituant les ouvrages du réseau doivent être soudés suivant les exigences de la norme NF EN 12007-2.

Les procédés de soudage applicables à la construction des réseaux neufs en PE sont :

- l'électrosoudage,
- le soudage bout à bout.

5.3.3.3 Procédé d'assemblage par électrosoudage

La réalisation d'un assemblage par électrosoudage met en œuvre des pièces de raccordement électrosoudables (pièces de forme ou manchon dans lesquels une résistance électrique a été intégrée lors de la fabrication) permettant de raccorder, à l'aide d'une machine de soudage, deux tubes entre eux ou un tube et une pièce de forme à extrémité lisse.
Dans ce procédé, les types de canalisations peuvent être des barres droites ou des tubes enroulés, et l'épaisseur des parties assemblées est indifférente.

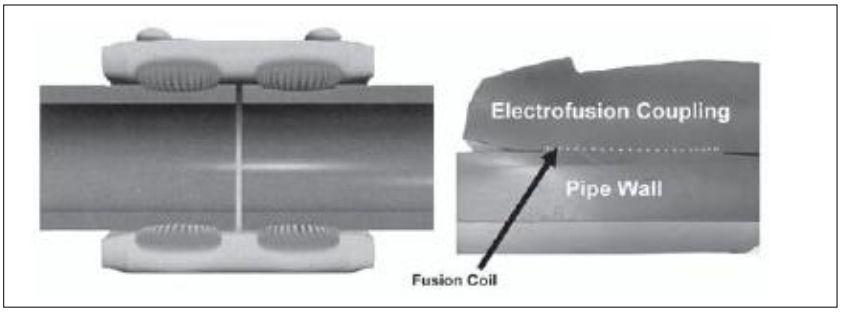


Figure 11: Assemblage par manchon électro soudable standard.
(Source : Handbook of polyethylene pipe – second edition)

Après avoir respecté un montage dans les règles de l'art, la résistance électrique du raccord est connectée à une source d'énergie.
Lors du soudage, la dissipation, par effet Joule, de la puissance électrique provoque une fusion de surface des deux pièces assemblée, assurant grâce à un mélange intime des deux polyéthylènes une cohésion et une étanchéité parfaites.

Les étapes suivantes doivent être respectées lors d'un assemblage avec un raccord électrosoudable :

- Préparation des tubes et/ou pièces à extrémité lisse: coupes perpendiculaires, grattage et nettoyage avec un produit adapté des surfaces à assembler.
- Nettoyage des surfaces des raccords électrosoudables utilisés.
- Mise en position des tubes et/ou bouts mâles dans le raccord.
- Utilisation d'un positionneur pour maintenir les composants de l'assemblage en place.
- Application de la tension de soudage. Les paramètres de soudage sont gérés par le code à barres présent sur le raccord.
- Vérification de l'activation des témoins de soudage.
- Attente de la fin du temps de refroidissement.
- Démontage du positionneur.

5.3.3.4 Procédé d'assemblage par soudage bout à bout

La réalisation d'un assemblage par soudage bout à bout consiste à joindre les extrémités de tubes en barres droites entre eux ou avec des pièces de forme à extrémités lisses après avoir préalablement obtenu la fusion des extrémités à assembler par chauffage au moyen d'une machine de soudage.

Dans ce procédé, les tubes et/ou pièces de forme doivent avoir la même épaisseur dans la zone de fusion.

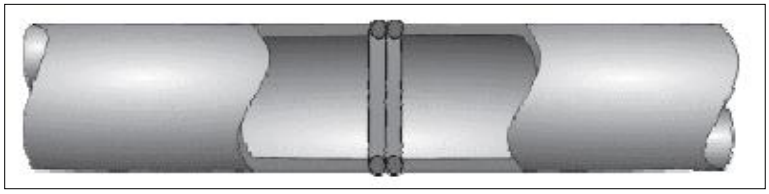


Figure 12: Illustration d'une soudure par soudage bout à bout standard. (Source : Handbook of polyethylene pipe – second edition)

Pour réaliser une soudure bout à bout au miroir chauffant, les surfaces à assembler sont portées à la température de soudage au moyen d'un miroir chauffant. Les extrémités du tube ainsi ramollies sont assemblées sous pression, après retrait du miroir chauffant.

Les étapes suivantes doivent être suivies lors d'un assemblage par soudage bout à bout :

- Préparation des tubes et/ou pièces à extrémité lisse.
- Mise en place coaxialement dans les mors de la machine.
- Rabotage des surfaces.
- Mise en place du miroir.
- Pression des pièces à assembler sur le miroir durant les paramètres définis.
- Retrait du miroir.
- Mise en pression des pièces à assembler sur le miroir durant les paramètres définis.
- A la fin du temps défini, démontage des mors de la machine.
- Vérification de l'homogénéité du bourrelet.

5.3.3.5 Choix du procédé de raccordement en fonction du diamètre

En fonction du diamètre du réseau considéré, certaines solutions seront plus intéressantes que d'autres.

- Pour une plage de diamètre de 20 à 160 mm, le tube peut être livré en couronnes ou en touret, ce qui permet de limiter le nombre de raccordement requis.
  Remarque: Les tourets pour les diamètres supérieurs à 90 mm ont un diamètre de 4 mètres. Il faut donc s'assurer d'avoir l'espace disponible nécessaire, et les engins de manutention adaptés.
- Pour les diamètres supérieurs à 160 les tubes sont fournis en longueurs droites à raccorder soit avec un raccord électrosoudable soit en bout à bout.

5.3.3.6 Précautions pendant la pose

Les règles de mise en œuvre expliquées aux soudeurs de réseaux PE durant leur formation doivent être suivies durant tout le processus de soudage.

5.3.4 Dispositions particulières pour les réseaux en acier

Les dispositions particulières de construction des réseaux en acier devront être définies selon le référentiel retenu pour la conception de l'ouvrage, à savoir :

- si le référentiel retenu est celui de la distribution :

. cahier des charges RSDG 1 § 5.2

. Cahier des charges RSDG 3.1 (soudage des canalisations et branchements en acier),

. Spécifications techniques de sécurité en annexe 1 du cahier des charges RSDG 1 si PMS entre 4 et 16 bar et P X D ≥ 1500,

- guide GESIP n°2007/09 si le référentiel retenu est celui du transport.

5.3.5 Qualité du remblai

5.3.5.1 Canalisation en PEHD

Le gravier coupant peut endommager le PEHD lors de la pose.
Le transporteur prendra toutes les dispositions requises et recommandées pour choisir la qualité des matériaux de remblais et réaliser et son compactage suivant les règles de réalisation d'un réseau PEHD (cf Guide de pose et d'utilisation des canalisations en polyéthylène).

5.3.5.2 Canalisation en acier

Les conditions sur le remblai seront conformes au référentiel retenu pour la conception de l'ouvrage.

5.4 Modes de pose et de protection d'une canalisation enterrée.

En application de l'article 7.3° de l'AMF, la mise en place d'un dispositif avertisseur est obligatoire, selon les modalités de :

- Rapport GESIP n°2007/02.
- NF-P-98332 de 2005.

Les dispositions suivantes sont recommandées pour la protection et le repérage de la canalisation après la pose :

- Pose d'un marqueur électronique permettant de détecter la position de la canalisation après enfouissement et remblai de la canalisation.
- Protection de la canalisation par des plaques en PEHD en variante de plaques en béton (selon les modalités définies dans le rapport GESIP n°2008/02 reconnu en application de l'article 14 de l'AMF) :
    - Type PEHD à 50 cm (tolérance : entre 40 et 60 mm) au-dessus de la génératrice supérieure (quand cela est possible).
    - Une plaque de protection en PEHD (épaisseur 15 mm) résiste à l´impact d´un godet d´une excavatrice de 32 tonnes.
    - Les plaques de protection PEHD peuvent être assemblées en bout à bout ou superposées. La figure ci-après illustre le mode d'assemblage des plaques.

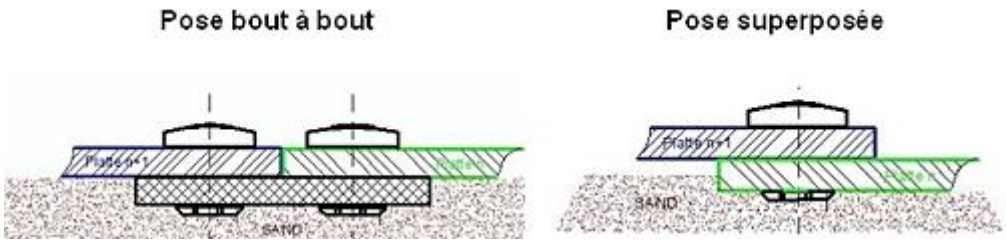
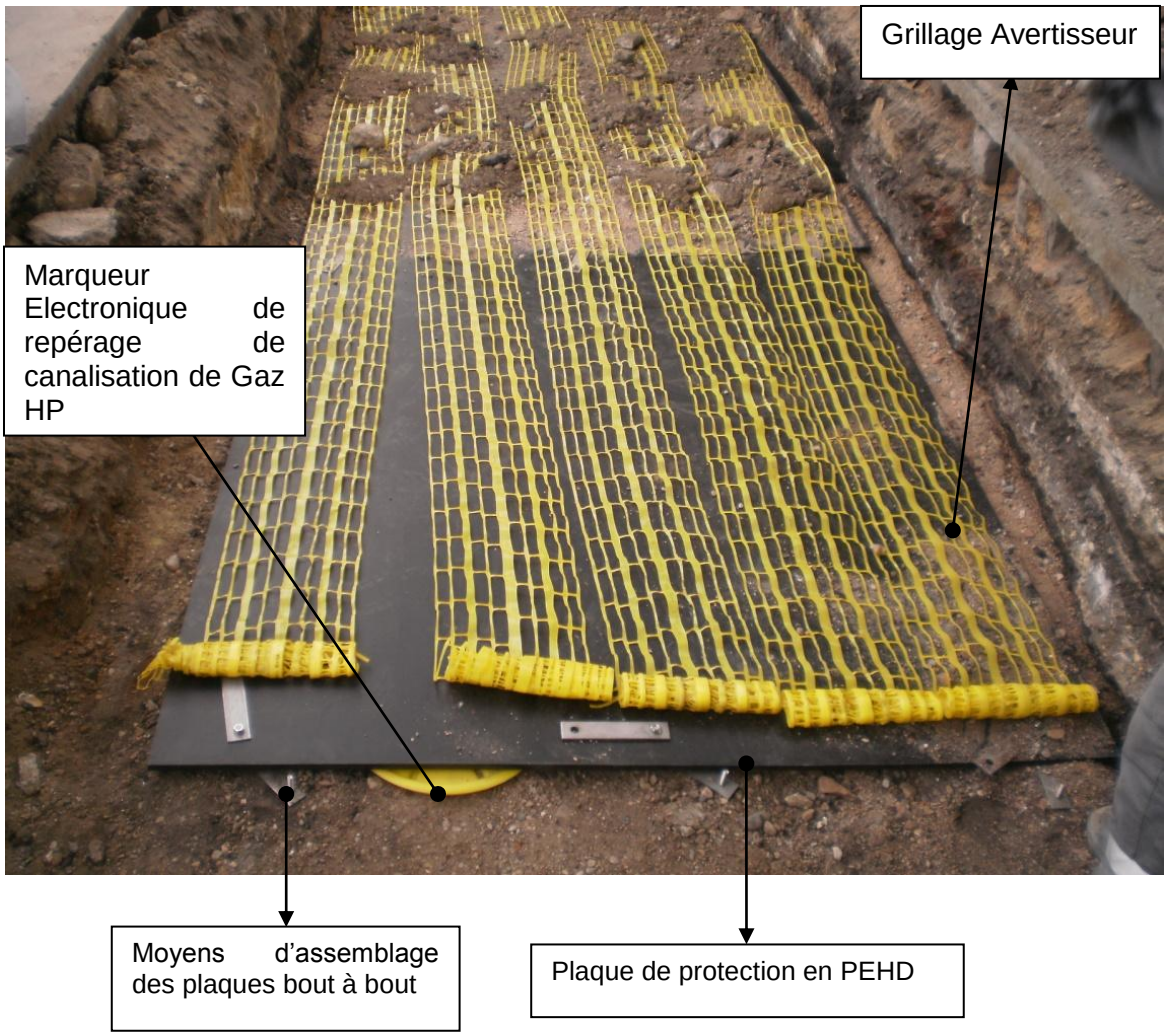


Figure 13 : Assemblage des plaques PEHD

- Pose de Grillage Avertisseur au-dessus de ces plaques PEHD avec grillage jaune ou orange normalisé,

La figure ci-après illustre ces conditions de protection et de repérage de la canalisation :



5.5 Essais et épreuves

Le transporteur réalise les essais et épreuves selon le référentiel retenu pour la conception de l'ouvrage, comme explicité dans le tableau suivant :

Canalisation en PEHD	Canalisation en acier conçue selon le RSDG 1 (référentiel distribution)	Canalisation en acier conçue selon le guide GESIP n°2007/09 (référentiel transport)
RSDG 1 Règles techniques et essais des canalisations de distribution de gaz (§ 4.3) STRPE, Guide de pose et d'utilisation des canalisations en PE	RSDG 1 Règles techniques et essais des canalisations de distribution de gaz (§ 5.3)	Rapport N° 2007/06 Guide épreuve initiale avant mise en service.

Pour les accessoires, les principes du guide GESIP n°2007/07 peuvent être transposés.

6 Démarches et règles d'autorisation pour un projet de réalisation et durant l'exploitation d'un réseau de canalisation de transport de biogaz

Les obligations du transporteur dans toutes les phases d'autorisation du projet et de son exploitation sont présentées en synthèse ci-après :
Ces démarches avec procédures à suivre pour l'autorisation et l'exploitation d'un réseau de canalisation de transport du Biogaz incluent :
Phase 1 : Demande d'Autorisation de Construire auprès de la DREAL
Phase 2 : Demande d'autorisation de mise en service auprès de la DREAL.
Phase 3 : Suivi et modification en exploitation

6.1 Applications des référentiels

Ce paragraphe fait référence aux articles 5, 10 à 18 de l'Arrêté Multifluide. Pour les prescriptions relatives à l'autorisation, la sécurité et l'exploitation le transporteur se référera aux référentiels sectoriels suivants :

GESIP :

- Rapport N° 2008/01 Guide méthodologique pour la réalisation d'une étude de sécurité concernant une canalisation de transport (hydrocarbures liquides ou liquéfiés, gaz combustibles et produits chimiques)
- Rapport N° 2008/02 Canalisations de transport : Dispositions compensatoires
- Rapport N° 2006/02 Mise en œuvre d'un SIG
- Rapport N° 2007/01 Méthodologie pour la réalisation d'un plan de surveillance et d'intervention sur une canalisation de transport (PSI)
- Rapport N° 2006/03 Dispositions techniques relatives à l'arrêt temporaire ou définitif d'exploitation ou du transfert d'usage d'une canalisation de transport
- Rapport N° 2007/04 Surveillance, maintenance et réparations des canalisations de transport

RSDG

- RSDG 11 Travaux en charge
- RSDG 12 Identification in situ des canalisations de distribution de gaz
- RSDG 13.1 Protection cathodique des canalisations en acier
- RSDG 14 Rev1 Surveillance et maintenance des réseaux de distribution de gaz combustibles

Et :

- Guide de pose et d'utilisation des canalisations en PE,

Les éléments spécifiques au contexte ou au biogaz à prendre en compte pour la demande d'autorisation et l'exploitation des réseaux sont décrits ci-après.

6.2 Impact des diamètres et des longueurs de canalisations sur les démarches d'autorisation et d'exploitation

Si la longueur ou la surface de projection au sol, égale au produit du diamètre par la longueur de la canalisation dépassent certains seuils fixés par *les articles R. 555-1 et suivants du code de l'environnement*, le transporteur est contraint à certaines procédures d'autorisation, de Système d'Information Géographique (SIG) et de Système de Gestion de la Sécurité (SGS).

<table>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">L</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>< 2 000 m</td><td>≥ 2 000 m</td></tr>
<tr><td rowspan="4">L*DN</td><td rowspan="2">< 500 m2</td><td>- Autorisation préfectorale avec enquête publique si DUP demandée (en dessous de la ligne en pointillés sur la Figure 14)</td><td>- Autorisation préfectorale avec enquête publique et étude d'impact</td></tr>
<tr><td colspan="2">-Simplifications selon guide GESIP 2010/01 :
. EDD (pas d'étude d'impact complète) commune au site industriel de départ ou d'arrivée (sous conditions)
. PSI commun au POI du site
. Exploitation, surveillance et maintenance rattachée au site de production</td></tr>
<tr><td>≥ 500 m2 et < 5000 m2</td><td colspan="2">- Autorisation préfectorale avec enquête publique et étude d'impact
- Système de Gestion de la Sécurité SGS requis</td></tr>
<tr><td>≥ 5 000 m2 et < 10 000 m2</td><td colspan="2">- Autorisation préfectorale avec enquête publique et étude d'impact
- Système de Gestion de la Sécurité SGS requis (*)
- Système d'Information Géographique SIG requis</td></tr>
<tr><td></td><td>≥ 10 000 m2</td><td colspan="2">- Autorisation ministérielle avec enquête publique et étude d'impact
- Système de Gestion de la Sécurité SGS requis
- Système d'Information Géographique SIG requis</td></tr>
</table>

Tableau 15 : Démarches requises selon Longueurs et DN x L

(*) Le contenu du SGS est précisé en annexe de l'AMF. Il peut être commun à celui du site auquel la canalisation est reliée.

Par ailleurs, 4500 fuites sur canalisations de distribution de gaz naturel pour 200 000 km sont causées par des travaux de terrassements.
Quelles que soient les caractéristiques de son réseau, le transporteur devra se conformer aux exigences réglementaires liées à l'application des articles R. 554-1 à R. 554-38 du code de l'environnement et au guichet unique, selon les modalités présentées sur le site du Guichet Unique (www.reseaux-et-canalisations.gouv.fr).

Ce système est géré par l'INERIS et alimenté par tous les transporteurs et les exploitants de tous réseaux.

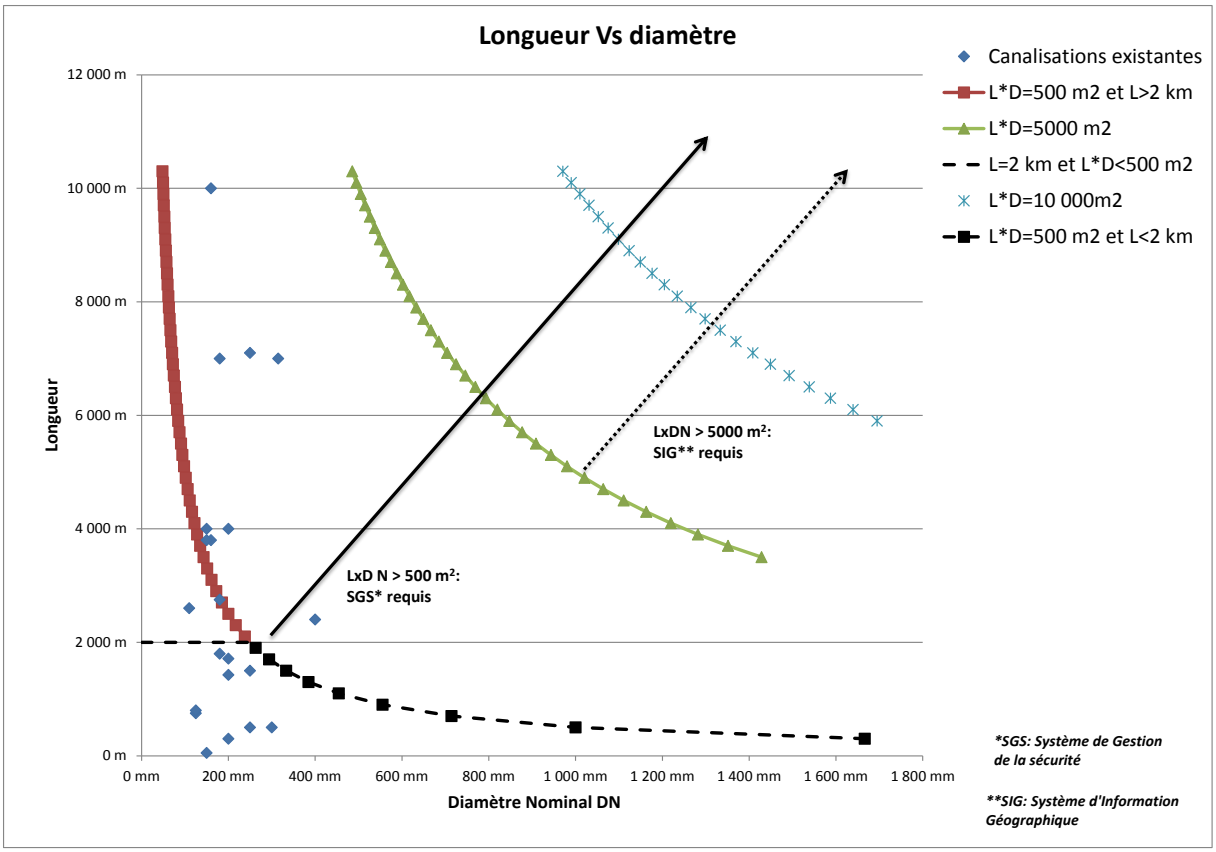


Figure 14 : Graphe des plages caractéristiques L x DN limites pour le SGS et SIG

A noter que la plupart des projets réalisés sont inférieurs à 2 km et 500 m² pour la surface au sol projetée et aucun n'est recensé au-delà de 5000 m².
Ainsi, dans le cadre des réseaux de biogaz :

- peu, voire pas d'exploitant se trouvent dans l'obligation de mettre en œuvre un SIG.
- dans certains cas, la mise en œuvre d'un SGS s'avère obligatoire.
- pour de nombreux cas, des simplifications de procédures sont possibles en se référant au guide GESIP 2010/01.

6.3 Procédures réglementées

Pour les 3 phases sont présentées :

- le déroulement et les conditions de chaque procédure,
- l'entité pilote qui porte la procédure, en général le transporteur,
- l'entité à qui la procédure est adressée pour instruction ou approbation.

Procédure		Pilote	Instructeur Approbateur	Commentaire/ Validation Approbateur
Cas d'une canalisation de transport de : ➢ Dext x L ≥ 10 000 m²				
• Demande d'autorisation ministérielle de transport selon (décret multi-fluide)		Transporteur	MEDDE DGEC	
Cas d'une canalisation de transport de : ➢ Dext x L ≥ 500 m² ou L ≥ 2 km ➔ Autorisation préfectorale (avec enquête publique et étude d'impact) ➢ Dext x L < 500 m² et L < 2 km ➔ Autorisation préfectorale (avec enquête publique si DUP demandée)				
• Demande d'autorisation préfectorale : • Phase 1 : Demande d'Autorisation de construire et exploiter • Phase 2 : Demande d'Autorisation de Mise en service et Exploitation				
Phase 1 : Autorisation de construire				
Procédure d'autorisation de construire et d'exploiter : Le dossier comporte les pièces suivantes (cf. articles R. 555-8 et le cas échéant R.555-9 et R.555-32 du code de l'environnement) :	• Un mémoire permettant de prouver les capacités technique et financière du propriétaire de la canalisation et de l'exploitant (Bilan et compte des résultats à fournir)	Transporteur	DREAL	**Etape 1 :** Validation de la forme et du contenu du dossier **Etape 2 :** Validation de l'étude de dangers (délai mini 1 mois) L'étude de sécurité (le pétitionnaire peut être amené à apporter des compléments au dossier) Pour l'élaboration des EI, se reporter au guide GESIP : Etudes d'impact : Guide
	• Un rapport sur les caractéristiques techniques et économiques de l'ouvrage			
	• Une carte au 1 : 25.000 du tracé			
	• Une note justifiant le choix du tracé			

	• Toutes conventions liant le transporteur à des tiers et relatives soit à l'exploitation de la canalisation, soit au financement de la construction, soit à l'usage de la canalisation			méthodologique pour la réalisation d'une étude de sécurité concernant une canalisation de transport (hydrocarbures liquides ou liquéfiés, gaz combustibles et produits chimiques), Rapport N° 2008/01 du 19-sept-08. Le seuil d'obligation est le même que le seuil enquête publique suite au Grenelle 2.
	• Une notice ou étude d'impact (si projet soumis à étude d'impact)			
	• Si DUP non demandée : annexe foncière indiquant la nature et la consistance des terrains qu'il se propose d'acquérir et celles des servitudes à établir avec les propriétaires des terrains concernés (cf. L. 555-27 et L. 555-28 du code de l'environnement).			
	• Un résumé non technique de l'ensemble des pièces prévues sous une forme accessible au public			
	• Une étude de dangers conformément au guide professionnel édité par le GESIP: Guide méthodologique pour la réalisation d'une étude de sécurité concernant une canalisation de transport (hydrocarbures liquides ou liquéfiés, gaz combustibles et produits chimiques), Rapport N° 2008/01 du 19-sept-08. À noter qu'une version actualisée de ce guide est en cours de rédaction.			

Consultations :				
	• Dépôt du dossier à la préfecture	Transporteur	Préfecture	La DREAL accuse réception du dossier et peut demander des compléments en cas de dossier incomplet ou irrégulier
	• Consultation de l'autorité environnementale, des maires et services concernés (cf. Article R. 555-12 et suivants du code de l'environnement)	Transporteur	Mairies et services concernés (liste DREAL)	Durée de consultation : 2 mois (absence de réponse = avis réputé favorable)
	• Si enquête publique : effectuée selon les R. 123-1 et suivants du CE et le R. 555-16			
	• Le service instructeur établit un rapport qui est présenté au CODERST avec ses propositions de prescriptions envisagées.	Service Instructeur	CODERST	
	• Le projet d'arrêté statuant sur la demande est porté par le préfet à la connaissance du pétitionnaire.	Préfet	Pétitionnaire	Le pétitionnaire a 15 jours pour présenter ses observations par écrit.
	• L'autorisation est accordée (ou refusée) par arrêté préfectoral. Cette autorisation et la DUP (si demandée) peuvent faire l'objet d'une décision unique.			Délais d'instruction : - 24 mois max si EP - 9 mois max sinon

	• Autorisations préalables aux travaux (notamment l'obligation d'enregistrement de la cartographie des réseaux sur un guichet unique, en application de la réforme en cours, art. R554-1 à 38 du code de l'environnement, à compter de 2012			
➢ **Cas particulier : implantation de la canalisation dans une propriété privée**				
Demande de servitude	• Négociation des servitudes permettant au transporteur d'implanter la canalisation et ses accessoires et lui permettant d'accéder à l'installation pour en assurer l'exploitation et la maintenance	Transporteur	Propriétaires des terrains traversés	
⇒ **En cas d'accord entre les deux parties**				
	• Mise en place des servitudes amiables.	Transporteur	Propriétaires des terrains traversés	
⇒ **En cas de désaccord ou en prévention d'un risque de désaccord**				
Demande de déclaration d'utilité publique	• Enquête publique et une procédure d'expropriation (partielle : le propriétaire reste propriétaire mais perd une partie de ses droits d'usage) assortie d'une indemnisation.	Transporteur	DREAL	
➢ **Cas particulier d'installation d'un accessoire visitable sur une propriété privée** (exemple : pot de purge et poste de relevage)				

• Assurer une protection convenable soit par une trappe fermée à clé si l'installation est totalement enterrée, soit par une clôture si l'installation est en partie aérienne.	Transporteur	Propriétaire de la parcelle	
• Privilégier de remplacer la simple servitude dans cette zone par une acquisition de la mini-parcelle où le transporteur aurait seul le droit d'accès.	Transporteur	Propriétaire de la parcelle	Cela se négocie au cas par cas entre le transporteur et le propriétaire de la parcelle car les servitudes associées à une DUP ne concernent que les parties enterrées.
Obtention de l'autorisation de construire			

Phase 2 : Demande d'autorisation de mise en service				
Demande de mise en service : Dossier à monter selon l'arrêté « multi-fluide » du 4 août 2006 : **AMF**	Dossier technique de la canalisation selon l'article 12 de l'AMF : Le dossier doit contenir tous les essais, tests, épreuves avant mise en service et contrôles réglementaires à effectuer selon les articles 10 et 11 de l'AMF	Transporteur	DREAL	

Phase 3 : Suivi et modification en exploitation (cf § suivant)			
Suivi d'Exploitation			
• Plan de sécurité et d'intervention selon l'article R. 555-42 du CE un programme de surveillance et de maintenance et un système de gestion de la sécurité selon l'article R. 555-43 du CE qui définissent les mesures mises en place pour garantir le fonctionnement de la canalisation, préserver la sécurité et la santé des personnes, et assurer la protection de l'environnement	Transporteur	DREAL	
• Compte-rendu d'exploitation au titre de la sécurité relatif à l'année civile précédente selon l'article 18 de l'AMF	Transporteur	DREAL	Avant le 31 mars de chaque année
Travaux en exploitation			
➢ Cas d'évolution de l'environnement de la canalisation en cours d'exploitation			
• Mettre en conformité la canalisation avec la nouvelle catégorie d'emplacement selon l'article 14 de l'AMF	Transporteur	DREAL	
➢ Cas de canalisations suspectes			
• Abaissement de la pression maximale de service ou des essais ou contrôles de tout ou partie d'une canalisation de transport selon l'article 15 de l'AMF	Préfet	MEDDE	Ministre chargé de la sécurité des canalisations de transport
➢ Cas d'accidents, incidents, troubles d'exploitation - rejets de produits			
• Mise en œuvre du plan de sécurité et d'intervention selon l'article 16 du l'AMF, et information du préfet de la DREAL et du service chargé de la sécurité civile	Transporteur	Préfet	
➢ Cas de travaux de tiers à proximité d'une canalisation de transport			
• Elaboration d'une procédure documentée fixant les consignes de surveillance des travaux réalisés à proximité de la canalisation selon l'article 17 de l'AMF	Transporteur	DREAL	

6.4 Suivi et modification en exploitation

Les paragraphes suivants détaillent les exigences relatives à la phase 3 du tableau précédent.

6.4.1 Actions de surveillance, de maintenance et d'intervention

Le transporteur doit établir un Programme de Surveillance et de Maintenance de l'ouvrage, selon les principes définis dans le

- Rapport N° 2007/04 Surveillance, maintenance et réparations des canalisations de transport. Ce sujet étant fortement influencé par la nature du matériau, il conviendra d'adapter le guide GESIP à la problématique biogaz (cf. industrie chimique).

Ce rapport précise notamment les actions de surveillance du tracé et les modalités de recherche et de réparation des défauts de l'ouvrage.

Les exigences de ce guide peuvent toutefois être adaptées en raison des spécificités de l'ouvrage (PE ou acier, avec une PMS faible), sur justification argumentée, et se conformer en substitution aux exigences issues de la distribution :

- RSDG 1
- RSDG 14 rev 1
- RSDG 11
- RSDG 13.1

Par exemple, la protection cathodique ne sera pas exigible pour une canalisation en PE.

En complément des procédures obligatoires requises par ces référentiels, le transporteur établira les procédures particulières pour assurer la sécurité et la durabilité de la canalisation.

Les référentiels prévoient notamment les dispositions techniques et procédures de :

- nettoyage périodique ou conditionné (chasse à l'eau…) des canalisations et accessoires
- mise hors exploitation de la canalisation en fin de vie (cf §6.5.3 suivant et guide GESIP n°2006/03)

Le transporteur apportera dès la conception une attention particulière à ces procédures et aux contraintes associées notamment aux éléments suivants :

- rotondité,
- conditions de services maximum,
- altimétrie.

L'application des règles du transport n'est pas applicable dans le cas de matériaux plastiques.

Les interventions en charge font partie des opérations de travaux et d'exploitation et nécessitent des précautions particulières à élaborer en groupe de travail pluridisciplinaire et à intégrer dans les modes opératoires par le transporteur.

Les interventions de maintenance ou de sécurité nécessitent l'isolation des tronçons, en particulier, ces dispositions seront décrites et analysées dans l'étude de dangers.

Les aspects formation et qualification du personnel d'intervention ou de maintenance sont des éléments importants pour assurer la sécurité et la durabilité des canalisations.

Tout personnel intervenant sur les canalisations doit faire l'objet d'une habilitation par le transporteur.

6.5 Odorisation

Conformément à l'article 13 de l'AMF :

« Pour toute canalisation de transport de gaz combustibles, le transporteur prend les dispositions nécessaires afin que, à tout moment et à toutes les sorties du réseau de transport vers les installations des clients non domestiques directement raccordés à ce réseau et vers les réseaux de distribution, le gaz dégage une odeur suffisamment caractéristique pour que les fuites éventuelles soient perceptibles. Cette odeur doit disparaître par la combustion complète du gaz ».

En effet, le méthane étant inodore, l'odeur du mélange gazeux permet de réduire les risques de non détection de fuite.

Par conséquent :

a) Pour du biogaz brut et si celui-ci à une odeur caractéristique donnée par les mercaptans, celui-ci ne nécessite pas d'odorisation car il est « intrinsèquement odorant ».

b) Pour du biogaz traité ne possédant pas d'odeur caractéristique, le transport nécessite une odorisation à la source par du THT.

L'Indice d'Odorisation IO cible à maintenir est de 25 ±15 mg/Nm^3.

En admettant l'équivalence entre THT et les mercaptans RSH : 2,5 mg de THT équivalent à 1 mg de RSH. La quantité de THT à ajouter se déduit de la valeur en RSH du biogaz par la formule : $(THT) = IO – 2,5*RSH - THT_{existant.}$

En cas de complément d'odorisation nécessaire, le transporteur devra se référer au cahier des charges AFG RSDG 10 relatif à l'odorisation du gaz.

6.5.1 Cartographie des réseaux

Pour les ouvrages concernés, les modalités de développement et de mise à jour du SIG sont décrites dans le

- Rapport n°2006/02 Guide Méthodologique : « Mise en œuvre d'un SIG »

Pour les autres, les principes à respecter pour la mise à jour des cartographies du réseau liés :
- soit à la modification des ouvrages en exploitation,
- soit à l'intégration d'ouvrages nouveaux dans le réseau de distribution.

sont précisés par le cahier des charges AFG RSDG 8 relatif à la cartographie des réseaux de distribution de gaz.

Le transporteur mettra à jour les dossiers techniques des canalisations: relevé géographique GPS des canalisations, soudure, matériaux… .

6.5.2 Plan de Sécurité et d'Intervention

Ce plan, destiné à parer aux situations d'urgence, est à réaliser dans le cadre du dossier technique de la canalisation ; il doit être mis à jour tous les trois ans, et testé régulièrement.

Il est établi selon le :

- Rapport N° 2007/01 Méthodologie pour la réalisation d'un plan de surveillance et d'intervention sur une canalisation de transport (PSI)

6.5.3 Arrêt d'exploitation et transfert d'usage

Les modalités d'arrêt temporaire ou définitif d'exploitation d'une canalisation, ou d'un transfert d'usage, sont définies aux articles R. 555-28 et R. 555-29 du code de l'environnement et dans le guide professionnel suivant :

- Rapport N° 2006/03 Dispositions techniques relatives à l'arrêt temporaire ou définitif d'exploitation ou du transfert d'usage d'une canalisation de transport.

6.6 Risque des canalisations biogaz et spécificités des études de dangers

Ce paragraphe fait référence à l'article 5 de l'Arrêté Multifluides.

Pour l'élaboration des études de danger, le transporteur doit se reporter au guide GESIP :

Guide GESIP Études des Dangers et notamment :

- son annexe 2, qui propose une liste relativement exhaustive des dangers externes et internes à considérer dans l'APR d'une canalisation de transport ;
- son annexe 3, qui propose un exemple de formalisme pour le tableau d'APR, avec les colonnes suivantes : Tronçon / équipement étudié - Nature de dangers - Source de dangers - Causes possibles - Conséquences possibles - Mesures de détection - Mesures compensatoires existantes ou prévues (conception / construction / exploitation)
- son annexe 4, qui propose des tailles de brèches de référence,
- son annexe 5, qui propose des arbres d'événements de référence,
- son annexe 8, qui décrit les mesures compensatoires et leur efficacité (en lien avec le rapport GESIP n°2008/02 Dispositions compensatoires),
- son annexe 9, qui présente des distances d'effets pour les configurations les plus courantes,
- son annexe 11, qui précise les fréquences de fuite et les probabilités d'inflammation pour les configurations les plus courantes.

Les paragraphes qui suivent précisent comment le guide EDD peut être appliqué aux canalisations de transport de biogaz.

6.6.1 Etude de danger : Analyse qualitative des risques

De façon générale, l'annexe 2 du guide EDD liste les facteurs de risques à considérer pour une canalisation de transport.

Les éléments spécifiques au biogaz à prendre en compte pour la réalisation de ces études sont décrits ci-après et synthétisés dans les tableaux relatifs aux risques du biogaz et aux spécificités du système et ses risques associés.

Les spécificités du système de transport biogaz (selon la qualité définie au §1.4.2) par rapport à du transport de gaz naturel induisent des différences d'avantages et inconvénients. Notamment :

- Certaines mesures ne sont pas considérées comme des mesures compensatoires dans les autres guides car elles existent systématiquement. Indiquées ci-après par (a).
- Certaines mesures dépendent du matériau, notamment applicables à une canalisation en acier et pas en PE Indiquées ci-après par (b).
- La température de production du biogaz peut être élevée compte tenu de la production mésophile/thermophile et de l'échauffement par surpression / compression ; en conséquence la longévité des matériaux des installations sera réduite ⇨ cela nécessitera d'augmenter la fréquence des vérifications, voire de remplacement et de mesurer les températures du biogaz avec alarmes et seuils de coupure, en plus du choix d'un matériau compatible avec la TMS.
- La pression et le débit de transport du biogaz sera plus proche d'une pression de distribution (moins d'énergie en jeu, les effets d'explosion et d'incendie seront moins forts) ; en revanche, il faut considérer un nouvel effet : le risque toxique.
- La longueur des canalisations enterrées est plus faible (limitation, contrôle, des surpressions et des dépressions, besoin de stations de surface)
- Le biogaz contient des produits corrosifs et de l'eau la canalisation sera plus sensible à la corrosion ou à l'altération des surfaces internes. Elle sera également plus sensible aux phénomènes de bouchage interne, impliquant le besoin de choisir un matériau compatible dans la durée avec la composition chimique du biogaz
- Certaines canalisations de biogaz devront comporter des pots de purge. Il faudra rajouter les risques particuliers à ces pots de purges et les dispositions de mise en sécurité associées : risque de fuites ou d'entrée d'air, risques de pollution par l'eau récupérée dans les pots de purge, etc.

Nature physique et chimique	Nature du risque	Cibles concernées	Mesures de prévention / protection envisageables
Méthane	Volatilité Surpression Dépression (risque d'entrée d'air) Anoxie Inflammabilité Refroidissement par détente	Matériel Personnes Ouvrages voisins Végétation	Marquage de la canalisation Surveillance des fuites des cana enterrées Contrôle de la PMS Vannes de sécurités Protection (merlon, dalle béton, plaque acier ou PEHD) Bande de servitude (a)
Présence d'eau Impuretés (poussières + autres constituant	Corrosion Paquets d'eau Activité bactérienne Gel après détente Bouchage par dépôts, par gel formation d'hydrate Pyrophoricité des dépôts	Matériel Point bas Détendeurs Consommateurs en aval : Turbine Compresseurs Equipements de combustion	Surépaisseur de tube Augmentation de la fréquence de l'entretien / maintenance, (chasses, nettoyage interne par racleur) pots de purge aux points bas, séparateurs pour éviter les accumulations d'eau Mesure du % d'humidité Limitation du nombre de points bas dans le réseau et les équiper de ballons de purge
Présence d'H_2S, CO_2…	Fluide toxique Corrosion	Personnes matériels	Application des règles relatives aux gaz toxiques tout en prenant en compte le fait que les concentrations en toxiques dans le biogaz sont faibles Mesure de la teneur en Soufre, de COV Ajout détection H_2S pour les installations de surface
Mélange de constituants	Compatibilité chimique Fluides corrosifs	Matériel personnes	Utilisation uniquement des matériaux compatibles avec le biogaz (compatible avec sa composition, sa plage de pression et de température)
Mélange de constituants	Possibilité de bouchage par formation de dépôts solides	Matériel	Mesure de pH dans les condensats Vérifications des dépôts dans les canalisations au cours des phases d'entretien/maintenance. Chasses, passage de mousses

Tableau 16 : Spécificités liées à la nature du biogaz

N	Lieu	Situations	Nature installations	Mesures de prévention / protection envisageables
1	Dans site industriel	+ Exposition de professionnels + Site privé + Croisement ou parallélisme avec d'autres ouvrages +Entretien/maintenance facilités	compression détente, comptage…	Contrôle de la température du fluide transporté (refroidissement, réchauffage) Risque foudre : les installations biogaz aériennes doivent être protégées selon les dispositions foudre ICPE Effet domino potentiel
2	Hors site industriel (transport)	- Exposition du public - environnement moins maîtrisable qu'un site industriel	Canalisation enterrée dans le domaine public et privé	+ en fonctionnement normal, la canalisation est marquée et protégée. Elle a une bande de servitude suivant son axe longitudinal. - risques d'agression en cas de travaux de fouille, de terrassement de dragage (accidents potentiels les plus fréquents) - Risque sismique. A noter que le PE offre une haute garantie (pratiquement 100%. En effet, les canalisations de PE à Kobe (ville japonaise touchée par le séisme du 11 mars 2011) n'ont présenté aucune fuite de gaz sur tout le réseau, contrairement à celles en acier. -Corrosion électrochimique externe (égouts fuyards, fuite d'une canalisation voisine contenant un produit corrosif) Courants électriques - courants vagabonds (voies ferrées) ; - courant de fuite proximité et parallélisme avec une ligne électrique de transport (b) Chocs par engins, grues, camions pour les parties aériennes Points chauds (travaux, incendie) - entretien / maintenance délicats
3	Hors site industriel (transport)	- Exposition du public - environnement moins maîtrisable qu'un site industriel	Installations de surface : compression, etc.	- risques pour le public - entretien maintenir la bande de servitude / maintenance moins pratiques que sur sites industriels, selon la réglementation transport (conventions de servitude avec les propriétaires ou gestionnaires des terrains traversés)

Tableau 17 : Identification de risques spécifiques du système étudié

6.6.2 Etude de danger : Analyse quantitative des risques

6.6.2.1 Danger et risques : Retour d'expérience

En termes de retour d'expérience :

- Le nombre de canalisations de transport de biogaz en service est faible,
- Les canalisations prises en référence dans le guide EDD sont en acier, avec une PMS plus élevée (généralement plus de 16 bar, et plutôt aux alentours de 70 bars) et transportent des produits généralement non corrosifs.

Ce retour d'expérience paraît ainsi peu adapté aux canalisations de transport de biogaz visées par le présent guide (PMS plus faible, produit corrosif, utilisation possible du PE).

De ce fait, il apparaît nécessaire de se baser sur un retour d'expérience mieux adapté en termes de pression et de matériau, à savoir :

- celui des exploitants industriels du secteur de la méthanisation (assainissement, déchets), avec des similitudes concernant la nature du fluide transporté, les niveaux de pressions et les matériaux employés ;
- celui de la distribution de gaz combustible, avec des similitudes concernant l'implantation des réseaux (enterré dans un domaine « tiers »), les niveaux de pressions et les matériaux employés.

6.6.2.2 Danger et risques : Brèches de référence

Compte-tenu des spécificités mentionnées ci-dessus, il est proposé de retenir les brèches de référence suivantes :

	Canalisations en acier	Canalisations en polyéthylène
Tracé courant	12 mm Rupture (*) Direction du jet : verticale	Défaut d'étanchéité aux raccords non soudés Rupture (*) Direction du jet : verticale
Tronçons aériens	Idem tracé courant Direction du jet : horizontale	Idem tracé courant Direction du jet : horizontale
Installations annexes	A définir au cas par cas	A définir au cas par cas

(*) Brèche 70 mm écartée car canalisations d'épaisseur et de diamètre plus faible qu'en transport => évolution systématique des brèches causées par les travaux de tiers en rupture.

6.6.2.3 Danger et risques : phénomènes dangereux

Les phénomènes dangereux pouvant apparaître suite à une fuite de biogaz sont décrits au §2.6 du présent guide. Ils dépendent des caractéristiques du fluide transporté, mais sont indépendants du matériau de l'ouvrage.
Concernant le phénomène d'UVCE, la note (1) de l'arbre « gaz inflammable » du guide EDD (version révisée) peut être appliquée (ce phénomène n'est pas retenu en tracé courant sauf configurations particulières) compte-tenu de la réactivité moindre du biogaz par rapport au gaz naturel et de la pression de rejet inférieure.
Comme indiqué au § 2.6 du présent guide :

- Une fuite de biogaz depuis une canalisation de transport (aérienne ou enterrée) sous quelques bars, en champ libre (milieu non confiné et non encombré), compte-tenu des caractéristiques du rejet, des biogaz et des sources d'inflammation potentielles, généreront des effets de pression limités (moins de 100 mbar). En revanche, des effets de pression significatifs sont à attendre en cas d'inflammation d'une fuite de biogaz dans une zone encombrée ou confinée (local par exemple).
- En cas d'inflammation d'une fuite de biogaz depuis une canalisation de transport en champ libre, on observera les phénomènes dangereux avec effets thermiques suivants :
  - Flash-fire (propagation de la flamme dans le nuage),
  - Feu torche.

6.6.2.4 Retour d'expérience distances d'effets

Les distances d'effets présentées en annexe 9 du guide EDD ne sont pas applicables.
Le rapport INERIS DRA-10-104107-00247A de 2010 présente des exemples de distances d'effets calculées pour diverses compositions de biogaz, à partir des données d'entrée du scénario de fuite pour une canalisation de transport aérienne et enterrée :

6.6.2.4.1 Résultats des scénarios pour une canalisation de transport aérienne

Les données d'entrée du scénario de fuite sont :

- Diamètre de la fuite : 200 mm
- Pression de référence : 2 bar (absolu)
- Température : 20 °C
- Durée du rejet : 10 minutes
- Hauteur du rejet : 1 m
- Orientation du rejet : horizontale

Les classes de stabilité et les conditions météorologiques retenues dans le cadre de cette étude sont données dans le tableau suivant :

- la première condition (D5) correspond à des conditions de stabilité neutre, conditions fréquemment rencontrées au cours d'une journée,
- la seconde (F3) correspond à des conditions de dispersion très stables correspondant généralement à des conditions nocturnes.

Stabilité atmosphérique		D	F
Vitesse du vent	[m/s]	5	3
T° ambiante	[°C]	20	15
T° du sol	[°C]	20	15
Humidité relative	[%]	70	70
Rayonnement solaire	[kW/m²]	0,5	0

Tableau 18 : Condition météorologique

Les distances d'effets thermiques calculées pour diverses compositions de biogaz sont présentées à titre d'exemple dans les trois tableaux suivant, les distances étant à considérer depuis le point de rejet :

- Mélange biogaz agricole :

Mélange	Météo	Distance en deçà de laquelle des effets sont atteints		
		3kW/m²	5kW/m²	8kW/m²
		[m]	[m]	[m]
Biogaz agricole	D5	55	50	45
	F3	50	45	40
Biogaz agricole déshydraté	D5	55	50	45
	F3	55	50	45
Biogaz agricole déshydraté et désulfuré	D5	55	50	45
	F3	55	50	45
Biogaz agricole déshydraté, désulfuré et épuré	D5	55	50	45
	F3	55	50	45
Méthane pur	D5	60	50	45
	F3	60	50	45

Tableau 19 : Distances d'effets dues aux jets enflammés au sol pour le biogaz agricole à compter depuis le point de rejet

- Mélange biogaz issu des ordures ménagères

Mélange	Météo	Distance en deçà de laquelle des effets sont atteints		
		3kW/m²	5kW/m²	8kW/m²
		[m]	[m]	[m]
Biogaz ordures ménagères	D5	50	45	40
	F3	50	45	40
Biogaz ordures ménagères déshydraté	D5	50	45	40
	F3	50	45	40
Biogaz ordures ménagères déshydraté et désulfuré	D5	50	45	40
	F3	50	45	40
Biogaz agricole déshydraté, désulfuré et épuré	D5	50	45	40
	F3	50	45	40
Méthane pur	D5	60	50	45
	F3	60	50	45

Tableau 20 : Distances d'effets dues aux jets enflammés au sol pour le mélange biogaz issu des ordures ménagères à compter depuis le point de rejet

- Mélange biogaz STEP

Mélange	Météo	Distance en deçà de laquelle des effets sont atteints		
		3kW/m²	5kW/m²	8kW/m²
		[m]	[m]	[m]
Biogaz STEP	D5	55	50	45
	F3	50	45	40
Biogaz STEP déshydraté	D5	55	50	45
	F3	55	50	45
Biogaz STEP déshydraté et désulfuré	D5	55	50	45
	F3	55	50	45
Biogaz STEP déshydraté, désulfuré et épuré	D5	55	50	45
	F3	55	50	45
Méthane pur	D5	60	50	45
	F3	60	50	45

Tableau 21 : Distances d'effets dues aux jets enflammés au sol pour le mélange biogaz STEP à compter depuis le point de rejet

6.6.2.4.2 Résultats des scénarios pour une canalisation de transport enterrée

Les données d'entrée du scénario de fuite sont :

- Diamètre de la fuite : 200 mm
- Pression de référence : 2 bar (absolu)
- Température : 20 °C
- Durée du rejet : 10 minutes
- Hauteur du rejet : 0 m
- Orientation du rejet : verticale

Les distances d'effets thermiques calculées pour diverses compositions de biogaz sont présentées à titre d'exemple dans les trois tableaux suivant, les distances étant à considérer depuis le point de rejet :

- Mélange biogaz issu des ordures ménager

Mélange	Météo	Distance en deçà de laquelle des effets sont atteints		
		3kW/m²	5kW/m²	8kW/m²
		[m]	[m]	[m]
Biogaz ordures ménagères	D5	20	10	<10
	F3	15	<10	<10
Biogaz ordures ménagères déshydraté	D5	20	10	<10
	F3	15	<10	<10
Biogaz ordures ménagères déshydraté et désulfuré	D5	20	10	<10
	F3	15	<10	<10
Biogaz agricole déshydraté, désulfuré et épuré	D5	20	10	<10
	F3	15	<10	<10
Méthane pur	D5	40	25	15
	F3	40	30	20

Tableau 22 : Distances d'effets dues aux jets enflammés au sol pour le mélange biogaz issu des ordures ménagères à compter depuis le point de rejet

Il est rappelé qu'il s'agit de distances d'effets génériques et enveloppes. Des calculs plus fins appliqués à une configuration donnée peuvent conduire à des distances différentes. Il convient donc, pour les porteurs de projet de canalisations de transport de gaz de biomasse non épuré, de manipuler avec attention ces distances d'effets.

6.6.2.5 Retour d'expérience : Fréquences de fuite et probabilité d'inflammation

Les fréquences de fuite et probabilités d'inflammation indiquées en annexe 11 de la version révisée du guide EDD pour le gaz naturel ne sont pas applicables à une canalisation de transport de biogaz, pour les raisons exposées au § 6.5.2.1.
Des valeurs spécifiques devront être définies sur la base d'un retour d'expérience adapté.

6.6.2.6 Efficacité des mesures compensatoires

Les efficacités des mesures compensatoires et les facteurs correctifs dépendent de la configuration du réseau retenu pour établir les fréquences génériques de fuite.
Par exemple, si le réseau pris en référence a une profondeur moyenne de pose de 60 cm, le facteur correctif lié à la profondeur vaudra 1 pour 60 cm (alors qu'il vaut 1 pour 80 cm dans le guide EDD).
Les efficacités retenues devront donc être justifiées au cas par cas, et seront éventuellement différentes de celles mentionnées à l'annexe 8 du guide EDD.
D'autre part, des mesures compensatoires spécifiques au transport de biogaz, ne figurant pas à l'annexe 8, pourront être proposées sur justification argumentée, avec là aussi une efficacité propre au cas traité.

6.7 Compétences du transporteur

L'exploitation d'un réseau de canalisations de transport nécessite des compétences particulières.
Le transporteur se référera au RSDG 2, qui définit, en application des articles 10 et 17 de l'arrêté du 13 juillet 2000 portant règlement de sécurité de la distribution de gaz combustibles par canalisation, les critères d'appréciation de la compétence et de la capacité technique de l'opérateur de réseau.

7 Date d'effet

Les dispositions du présent cahier des charges sont applicables à compter du lendemain de de la date de publication de la décision de reconnaissance au bulletin officiel du MEDDE

.

LISTES DES ANNEXES

ANNEXE A : DEFINITIONS

A1 : Définitions, au sens de l'arrêté Multifluide
A2 : Définitions : Biogaz, gaz, combustibles et fluides dangereux

ANNEXE B : DOCUMENTS DE REFERENCE

B1 : textes applicables aux canalisations de biogaz
B2 : normes applicables aux canalisations de biogaz
B3 : guides GESIP de référence
B4 : guides RSDG de référence
B5 : autres documents de références sur les canalisations de biogaz

ANNEXE C : TRAITEMENT DU BIOGAZ

ANNEXE A : DEFINITIONS
A1 : Définitions, au sens de l'arrêté Multifluide

Extraits de l'Article R. 555-1 du Code de l'Environnement :

II. - Les canalisations de transport mentionnées au II de l'article L. 555-1 sont celles répondant aux caractéristiques suivantes, qu'elles soient aériennes, souterraines ou subaquatiques.
« - Canalisation de transport de gaz combustibles : canalisation transportant du gaz naturel ou un autre combustible gazeux répondant aux prescriptions techniques publiées par son transporteur en application de l'article 4 du décret n° 2004-555 du 15 juin 2004 relatif aux prescriptions techniques applicables aux canalisations et raccordements des installations de transport, de distribution et de stockage de gaz.

« - Canalisation de transport d'hydrocarbures liquides ou liquéfiés : canalisation, autre que de transport de gaz combustibles, transportant un des produits mentionnés aux tableaux B et C annexés à l'article 265 du code des douanes.
« - Canalisation de transport de produits chimiques : canalisation, autre que de transport de gaz combustibles ou d'hydrocarbures liquides ou liquéfiés, transportant sous forme gazeuse, liquide, pâteuse ou solide un produit ou une matière autres que l'air et l'eau.

Extraits de l'article 4 de l'AMF

Canalisation de transport :
Une canalisation de transport comprend une ou plusieurs conduites ou sections de conduites implantées à l'extérieur des installations ou établissements qu'elles relient ainsi que, lorsqu'elles existent et contribuent au fonctionnement de la canalisation, les installations annexes ci-après :
- station de pompage ou de compression ;
- station de réchauffage, de filtrage, de mélange, d'odorisation ou de détente ;
- station de mesurage des quantités transportées ou de contrôle de la qualité du produit ;
- vannes en ligne de sectionnement ou de dérivation ;
- poste de livraison ou terminal ;
- tout autre élément susceptible de contenir le produit transporté sous pression et contribuant, de façon directe ou indirecte, au transport de ce produit ;
- installations d'interconnexion avec d'autres canalisations de transport, conduites directes ou réseaux de distribution.

Elle inclut, en partant de l'extérieur vers l'intérieur des installations ou établissements de départ et d'arrivée du produit transporté, le premier organe d'isolement ainsi que, le cas échéant, tout équipement annexe spécifiquement conçu pour la canalisation, tel que par exemple un poste de détente ou de compression ou une station de pompage, jusqu'à son dernier organe d'isolement. Toutefois, dans le cas d'un poste de livraison démontable associé à une canalisation de transport de gaz combustible, la limite avec le réseau de distribution s'établit au niveau de la dernière bride du poste.

Gaz combustibles :
Combustibles gazeux à la température de 15 °C, à la pression atmosphérique, définis au sein de la norme NF EN 437 intitulée : « Gaz d'essais. - Pressions d'essais. - Catégories d'appareils » de septembre 2003 et satisfaisant aux dispositions de l'arrêté du 28 janvier 1981 susvisé, ou gaz de biomasse convenablement épuré pouvant être injecté ou transporté de manière sûre dans les réseaux de gaz naturel. Le gaz naturel, au sens de la loi n° 2003-8 du 3 janvier 2003 relative aux marchés du gaz et de l'électricité, est considéré comme un gaz combustible quelle que soit son utilisation.

Hydrocarbures :
Produits repris aux tableaux B ou C annexés à l'article 265 du code des douanes, à l'exception du gaz naturel liquéfié, et dont le point d'éclair est inférieur à 100 °C.
Parmi ces produits, les hydrocarbures liquéfiés sont ceux dont la pression absolue de vapeur à 15 °C dépasse 1 bar et qui sont maintenus liquéfiés à une température au moins égale à 0 °C. Les autres sont des hydrocarbures liquides.

Produits chimiques :
Produits autres que l'eau transportables par canalisations sous forme gazeuse, liquide ou liquéfiée, qui ne sont ni des combustibles gazeux ni des hydrocarbures liquides ou liquéfiés au sens du présent arrêté.

Transporteur :
Pour le gaz naturel, le transporteur est le titulaire de l'autorisation délivrée en application de l'article 25 de la loi du 3 janvier 2003 relative aux marchés du gaz et de l'électricité et au service public de l'énergie. Pour les hydrocarbures liquides ou liquéfiés, le transporteur est le propriétaire de la canalisation, sauf disposition contraire stipulée dans une convention approuvée par l'Etat. Pour les autres produits, le transporteur est l'exploitant de la canalisation, qui en est le propriétaire, sauf disposition contraire, de l'acte d'autorisation selon une convention contractuelle connue du service chargé du contrôle.
Le transporteur est responsable du respect des prescriptions du présent arrêté.

Tronçon et section :
Un tronçon est un élément de canalisation ou un ensemble d'éléments de canalisation de caractéristiques homogènes assemblés bout à bout. Une section est constituée d'au moins un tronçon de canalisation limité par deux organes d'isolement.

Surface de projection au sol d'une canalisation :
Produit de sa longueur, prise entre les établissements ou installations desservis jusqu'au premier organe d'isolement à l'intérieur de ces derniers, par son diamètre extérieur avant revêtement.

Accessoires :
Eléments de canalisations autres que les tubes de caractéristiques homogènes. Les accessoires comprennent les sous-catégories ci-dessous ainsi que leurs assemblages deux à deux ou avec des tubes :
- *les accessoires de tuyauterie tels que les pièces de forme (coudes, réductions, tés, Y, X, piquages préfabriqués, etc.), manchons, selles de renfort, brides, brides pleines, fonds bombés, dispositifs de fermeture de gare de racleur (culasses), boulonnerie, joints isolants, cintres dont le rayon de courbure est inférieur à 20 fois le diamètre extérieur du tube et manchettes délardées ;*
- *les appareils accessoires tels que les robinets, vannes, dispositifs de sécurité de vanne, clapets, soupapes, régulateurs de pression, filtres, dépoussiéreurs, bouteilles anti-pulsatoires, détendeurs, régulateurs de débit, dispositifs de comptage ou de mesure, gares de racleur, dispositifs à diaphragme, raccords isolants, compensateurs, etc.*

Pression maximale en service (PMS) :
La pression maximale à laquelle un point quelconque de la canalisation est susceptible de se trouver soumis dans les conditions normales de service prévues.

Service chargé du contrôle :
La direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement territorialement compétente pour les régions de métropole, ou la direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement pour les départements d'outre-mer, ou la direction régionale

et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie pour la région Ile-de-France ou, pour les canalisations qui intéressent la défense nationale ou qui relèvent de l'autorité du ministre chargé de la défense nationale, le service désigné par ce ministre.

Mise en service :
La première mise en mouvement du fluide transporté. L'utilisation du fluide devant être transporté pour la réalisation d'une épreuve prévue à l'article 10, ou pour le remplissage de la canalisation à faible pression et sans mise en mouvement, n'est pas considérée comme une mise en service.

Coefficient de sécurité :
Selon l'art 4 de l'AMF :
Le rapport de la contrainte circonférentielle, due à la pression interne maximale du fluide à laquelle peut être soumis un tube ou un accessoire de canalisation, à la limite d'élasticité minimale spécifiée à 0,5 % (Rt 0,5) à la température maximale de service. Pour les canalisations construites avant la date d'application du présent arrêté, c'est la limite d'élasticité minimale spécifiée au titre du règlement en vigueur à la date de construction de la canalisation. Le coefficient de sécurité peut également être appelé coefficient de calcul ou coefficient de conception.
Ce coefficient fait l'objet d'adaptation dans le présent guide pour pouvoir être appliqué au contexte.

Dispositions compensatoires :
Des aménagements (balisage renforcé, pose de dalles en béton, par exemple), des dispositions de construction ou de pose (surépaisseur de métal indépendamment de celle nécessitée par la catégorie d'emplacement de la canalisation, surprofondeur, création de talus, par exemple), des mesures d'exploitation et d'information (surveillance renforcée, réduction de la pression maximale en service, information des riverains, information des entreprises susceptibles d'effectuer des travaux à proximité des canalisations, par exemple) spécifiques destinés à diminuer le risque d'atteinte à la sécurité des personnes et des biens et à la protection de l'environnement et soumis à ce titre à l'approbation du service chargé du contrôle. Les dispositions compensatoires sont susceptibles, dans les conditions définies par le guide professionnel mentionné à l'article 14, de réduire la probabilité d'occurrence de certains phénomènes accidentels et donc de conduire à redéfinir le choix du scénario de référence de perte de confinement mentionné à l'article 5.

Zones d'effets des phénomènes accidentels :
Bandes axées sur la canalisation à l'intérieur desquelles sont atteints ou dépassés des seuils de toxicité, de surpression, ou de dose thermique qui peuvent conduire, sur les personnes, à la suite d'une perte de confinement, à des effets irréversibles, aux premiers effets létaux, ou à des effets létaux significatifs, au sens de la réglementation applicable aux valeurs de référence de seuils d'effets des phénomènes accidentels des installations classées pour la protection de l'environnement. Pour un fluide donné, et pour des conditions ordinaires d'implantation de la canalisation, des tableaux indiquant la largeur de ces bandes en fonction du diamètre et de la pression maximale en service de la canalisation pourront être définis par le guide professionnel mentionné à l'article 5.

Logement et nombre de personnes dans une zone :
Au sens de l'article 7 du présent arrêté, un logement est considéré comme occupé en moyenne par 2,5 personnes. Le comptage des personnes susceptibles d'être présentes dans une zone est effectué en appliquant ce coefficient moyen au nombre de logements identifiés et en lui ajoutant le nombre de personnes susceptibles d'être présentes dans les autres installations et établissements.

Etablissements recevant du public :
Etablissements définis et classés en catégories par les articles R. 123-2 et R. 123-19 du code de la construction et de l'habitation.

Immeubles de grande hauteur :
Corps de bâtiments définis et classés en catégories par les articles R. 122-2 et R. 122-5 du code de la construction et de l'habitation.

Guide professionnel reconnu :
Document établi par un organisme qualifié par le ministre chargé de la sécurité des canalisations de transport et reconnu par décision de ce ministre, après avis de la commission compétente pour le fluide considéré, et sur avis conforme du ministre chargé de la sécurité civile pour le guide professionnel mentionné au 10 de l'article 12, comme permettant de satisfaire, pour le champ qu'il couvre, les exigences du présent arrêté.

Système de gestion de la sécurité :
Ensemble des dispositions mises en œuvre par le transporteur, relatives à l'organisation, aux fonctions, aux procédures et aux ressources de tout ordre ayant pour objet la prévention et le traitement des incidents et des accidents sur les canalisations qu'il exploite.

A2 : Définitions : Biogaz, gaz, combustibles et fluides dangereux

Cette annexe rappelle les définitions selon les principaux référentiels à savoir :

- Code de l'environnement (CdE)
- Transport Multifluide (TMF),
- Distribution de gaz (DG),
- Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE)
- Substances et préparations Dangereuses (SPD)
- Equipements sous Pression (ESP)
- Combustion de Gaz (CG)
- Atmosphère Explosible (ATEX)

Pour la clarté du document, il n'a été repris que le libellé de la définition. Les renvois vers des annexes mentionnées par les définitions sont disponibles dans la source réglementaire correspondante.

Libellé	**Définition ou expression extraite d'un référentiel**	**Référentiel et source**
Gaz combustible	gaz naturel ou un autre combustible gazeux répondant aux prescriptions techniques publiées par son transporteur en application de l'article 4 du décret n° 2004-555 du 15 juin 2004 relatif aux prescriptions techniques applicables aux canalisations et raccordements des installations de transport, de distribution et de stockage de gaz.	CdE R.555-1
Produit chimique	gaz combustibles ou d'hydrocarbures liquides ou liquéfiés, transportant sous forme gazeuse, liquide, pâteuse ou solide un produit ou une matière autres que l'air et l'eau.	
Gaz	Par "gaz", on entend un gaz, un gaz liquéfié, un gaz dissous sous pression, une vapeur, y compris la vapeur d'eau et l'eau surchauffée, ainsi qu'un liquide dont la tension de vapeur saturante, à la température maximale admissible, excède de plus de 0,5 bar la pression atmosphérique normale.	DG Arrêté 15 mars 2000
Gaz combustibles	Combustibles gazeux à la température de 15 °C, à la pression atmosphérique, définis au sein de la norme NF EN 437 ainsi que le gaz de biomasse convenablement épuré.	DG arrêté du 13 juillet 2000 NF EN 437
Biogaz	Gaz produit par la fermentation anaérobie, dite « fermentation méthanique », de déchets ou d'effluents biodégradables. Il contient majoritairement du méthane (CH_4) et du dioxyde de carbone (CO_2) de l'hydrogène sulfuré (H_2S) dans des proportions pouvant atteindre 1%, ainsi que des composés organiques à l'état de traces. Il entre dans la catégorie des produits visés par les rubriques 2781 et 2910B de la nomenclature des ICPE.	ICPE : Circulaire 10 décembre 2003
Fluides dangereux	Fluides dangereux ou insalubres et de collecte d'effluents pollués ou susceptibles de l'être.	ICPE Arrêté 2 février 1998 (Art 4)
Gaz inflammable	1410 Gaz inflammables. 50T 1411 Gazomètres et réservoirs de gaz comprimés	ICPE Arrêté

Libellé	Définition ou expression extraite d'un référentiel	Référentiel et source
	renfermant des gaz inflammables, à l'exclusion des gaz visés explicitement par d'autres rubriques : - pour le gaz naturel : 50tonnes; - pour les autres gaz : 10tonnes.	10 mai 2000
Substances	Éléments chimiques et leurs composés à l'état naturel ou tels qu'obtenus par tout procédé de production, contenant tout additif nécessaire pour préserver la stabilité du produit et toute impureté dérivant du procédé, à l'exclusion de tout solvant qui peut être séparé sans affecter la stabilité de la substance ni modifier sa composition.	SPD Arrêté du 20/04/94 Règlement N° 1272/2008 (Note 1)
Substances dangereuses	Classées en fonction de leurs propriétés intrinsèques selon les critères généraux de classification figurant à l'annexe VI.	
Préparations	Mélanges ou solutions composés de deux substances ou plus.	
Substances dangereuses	Les substances, mélanges ou préparations énumérés à l'annexe I partie 1 ou répondant aux critères fixés à l'annexe I partie 2 et présents sous forme de matière première, de produits, de sous-produits, de résidus ou de produits intermédiaires, y compris ceux dont il est raisonnable de penser qu'ils sont générés en cas d'accident.	SPD Directive 96/82/CE
Fluide	Les gaz, liquides et vapeurs en phase pure ainsi que les mélanges de ceux-ci. Un fluide peut contenir une suspension de solides.	ESP Directive 97/23/CE
Fluide du groupe 1	Le groupe 1 comprend les fluides dangereux [..] définis comme étant : - explosifs, - extrêmement inflammables, - facilement inflammables, - inflammables (lorsque la température maximale admissible est à une température supérieure au point d'éclair), - très toxiques, - toxiques, - comburants.	
Combustibles gazeux	Les gaz susceptibles d'être utilisés sont classés en trois familles selon leur indice de Wobbe : 1re famille (gaz manufacturé par exemple gaz de ville), 2e famille (gaz naturels), 3e famille (gaz de pétrole liquéfiés). Autres combustibles gazeux.	CG EN 746-2 ISO 6976
Gaz ou vapeur inflammable	Gaz ou vapeur qui en mélange avec l'air dans certaines proportions, formera une atmosphère explosive.	ATEX EN 60079-10

Note :

- La référence au règlement N°1272/2008 est rendue obligatoire pour les canalisations de transport par l'article R. 555-1 I 2° du code de l'environnement. Il s'agit de la déclinaison européenne du GHS (Globally Harmonised System of classification and labelling of chemicals). Classification, labelling & Packaging of Substances and mixtures) N° 1272/2008 du 16 Décembre 2008 et N° 790/2009 du 10 août 2009, venant modifier et compléter la directive 67/548/EEC sur les substances (DSD) et la directive 1999/45/EC sur les mélanges (DPD).
- Les notions de classe D et E concernant les fluides dangereux transportés tels que le gaz naturel, le biogaz ont été supprimées de l'arrêté multifluides. Les définitions sont remplacées par celles du Code de l'environnement R.555-1

ANNEXE B : DOCUMENTS DE REFERENCE

B1 : textes applicables aux canalisations de biogaz

<table>
<tr><td></td><td colspan="2">Biogaz injectable dans les réseaux de transport ou de distribution</td><td>Biogaz non injectable dans les réseaux</td></tr>
<tr><td></td><td>Biogaz épuré
PMS < 16 bar
Canalisations de distribution de gaz</td><td>Biogaz épuré
PMS > 16 bar
Canalisations de transport de gaz</td><td>Biogaz non épuré
Quelle que soit la PMS
Canalisations de transport de produits chimiques</td></tr>
<tr><td>Lois en vigueur</td><td>Loi du 15 juin 1906 modifiée sur les distributions d’énergie (articles 10, 12, 24 et 25)

Loi du 15 février 1941 modifiée relative à l’organisation de la production, du transport et de la distribution du gaz (article 1er et 5)</td><td colspan="2">Ordonnance n° 2010-418 du 27 avril 2010 qui insère les articles L. 555-1 à 30 dans le Code de l’environnement, et traite la sécurité et les DUP de canalisations de transport</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Décrets en vigueur</td><td>Décret n°62-608 du 23 mai 1962 fixant les règles techniques et de sécurité applicables aux installations de gaz combustible</td><td colspan="2">Décret « Multifluide » N° 2012/615 du 02 Mai 2012 qui insère les articles R. 555-1 à 52 dans le Code de l’environnement (application de l’ordonnance du 27 avril 2010)</td></tr>
<tr><td colspan="3">Articles R. 554-1 à 38 du Code de l’environnement relatifs à l’exécution de travaux à proximité des réseaux souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution
et Arrêté d’application du 15 février 2012</td></tr>
<tr><td>Règlements de sécurité en vigueur</td><td>Arrêté du 13 juillet 2000 modifié portant règlement de sécurité de la distribution de gaz combustible par canalisations</td><td colspan="2">Arrêté « Multifluide » du 4 août 2006 modifié, portant réglementation de la sécurité des canalisations de transport de gaz, d’hydrocarbures liquides et liquéfiés et de produits chimiques :

(une révision de cet arrêté est prévue courant 2013)</td></tr>
</table>

Mise à jour de mai 2012, reproduit avec l’aimable autorisation de M. Jean Boesch du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE).

B2 : normes applicables aux canalisations de biogaz

NF EN 437	Gaz d'essais. - Pressions d'essais. - Catégories d'appareils
NF EN ISO 14532	Gaz naturel – Vocabulaire
NF EN ISO 10715	Gaz naturel – lignes directrices pour l'échantillonnage
NF EN ISO 6976	Calcul du pouvoir calorifique, de la masse volumique, de la densité relative et de l'indice de Wobbe à partir de la composition
NF EN ISO 13443	Conditions de référence standard
NF EN ISO 18 453	Gaz naturel - Corrélation entre la teneur en eau et le point de rosée de l'eau
NF EN 1594	Systèmes d'alimentation en gaz - Canalisations pour pression maximale de service supérieure à 16 bar - Prescriptions fonctionnelles
NF EN 14161	Industries du pétrole et du gaz naturel. - Systèmes de transport par conduites
NF EN 1555-1	Systèmes de canalisations en plastique pour la distribution de combustibles gazeux - Polyéthylène (PE) Partie 1: généralités
NF EN 1555-2	Systèmes de canalisations en plastique pour la distribution de combustibles gazeux - Polyéthylène (PE) Partie 2: tubes
NF EN 1555-3	Systèmes de canalisations en plastique pour la distribution de combustibles gazeux - Polyéthylène (PE) Partie 3: raccords
NF EN 1555-4	Systèmes de canalisations en plastique pour la distribution de combustibles gazeux - Polyéthylène (PE) Partie 4: robinets
NF EN 1555-5	Systèmes de canalisations en plastique pour la distribution de combustibles gazeux - Polyéthylène (PE) Partie 5: aptitude à l'emploi
NF EN 10208-2	Tubes en acier pour conduites de fluides combustibles - Conditions techniques de livraison - Partie 2 : tubes de la classe de prescription B.
NF EN 12007-1	Systèmes d'alimentation en gaz - Canalisations pour pression maximale de service inférieure ou égale à 16 bar - Partie 1 : recommandations fonctionnelles générales
NF EN 12007-2	Systèmes d'alimentation en gaz - Canalisations pour pression maximale de service inférieure ou égale à 16 bar - Partie 2 : recommandations fonctionnelles spécifiques pour le polyéthylène (MOP inférieure ou égale à 10 bar)
NF EN 12007-3	Systèmes d'alimentation en gaz - Canalisations pour pression maximale de service inférieure ou égale à 16 bar - Partie 3 : recommandations fonctionnelles spécifiques pour l'acier
NF EN 12007-4	Systèmes d'alimentation en gaz - Canalisations pour pression maximale de service inférieure ou égale à 16 bar - Partie 4 : Recommandations fonctionnelles spécifiques pour la rénovation
ISO/TR 10358	Tubes et raccords en matières plastiques - Tableau de classification de la résistance chimique
NF EN 12266-1	Robinetterie industrielle. Essais des appareils de robinetterie. Partie 1: essais sous pression, procédures d'essai et critères d'acceptation. Prescriptions obligatoires

NF EN 12266-2	Robinetterie industrielle. Essais des appareils de robinetterie métallique. Partie 2: essais, modes opératoires d'essai et critères d'acceptation. Prescriptions complémentaires.
EN ISO 15848-1	Robinetterie industrielle -- Mesurage, essais et modes opératoires de qualification pour émissions fugitives -- Partie 1: Système de classification et modes opératoires de qualification pour les essais de type des appareils de robinetterie
EN ISO 15848-2	Robinetterie industrielle; Mesurage, essais et modes opératoires de qualification pour émissions fugitives. Partie 2: essais de réception en production des appareils de robinetterie.
NF EN ISO 10497	Essais des appareils de robinetterie -- Exigences de l'essai au feu
NF EN 98-332	Règles de distance entre réseaux enterrés et règles de voisinage entre les réseaux et les végétaux.
ISO 14313	Industries du pétrole et du gaz naturel - Systèmes de transport par conduites - Robinets de conduites
CEI 61508	Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité
CEI 61511	Sécurité fonctionnelle – Systèmes instrumentés de sécurité pour le domaine de la production par processus
API 6D	Adoption de la norme ISO 14313 relative au transport du pétrole et du gaz naturel par pipeline
API 598	Méthode de test Hydraulique: les exigences relatives aux essais de pression, à l'inspection et aux examens complémentaire sur les robinetteries
API 6FA	Sécurité Feu: exigences de tests et d'évaluation de la performance des robinetteries selon les spécifications API 6A et 6D, lorsqu'ils sont exposés à des conditions d'incendie bien définis.
ANSI 70-2 2006	Classes d'étanchéité pour les vannes de régulation et procédures d'essais spécifiques pour déterminer la classe appropriée

B3 : Guides GESIP de référence

Date	**Référence**	Libellé
26-juin-08	**Rapport N° 2006/04**	Pose de canalisations à l'air libre
19-sept.-08	**Rapport N° 2008/01**	Guide méthodologique pour la réalisation d'une étude de sécurité concernant une canalisation de transport (hydrocarbures liquides ou liquéfiés, gaz combustibles et produits chimiques)
16-janv.-08	**Rapport N° 2006/05**	Profondeurs d'enfouissement et modalités particulières de pose et de protection de canalisation à retenir en cas de difficultés techniques
8-nov.-07	**Rapport N° 2007/02**	Conditions de pose du dispositif avertisseur et mesures de substitution applicables
16-juil.-08	**Rapport N° 2007/07**	Accessoires non standards hors du champ du décret N° 99-1046 d4application de la directive 97/23/EC
16-nov.-07	**Rapport N° 2006/02**	Mise en œuvre d'un SIG
18-déc.-08	**Rapport N° 2008/02**	Canalisations de transport : Dispositions compensatoires
24-oct.-07	**Rapport N° 2007/01**	Méthodologie pour la réalisation d'un plan de surveillance et d'intervention sur une canalisation de transport (PSI)
16-juil.-08	**Rapport N° 2007/06**	Guide épreuve initiale avant mise en service
24-oct.-07	**Rapport N° 2006/03**	Dispositions techniques relatives à l'arrêt temporaire ou définitif d'exploitation ou du transfert d'usage d'une canalisation de transport
4-mai-09	**Rapport N° 2007/04**	Surveillance, maintenance et réparations des canalisations de transport
16-juil.-08	**Rapport N° 2007/09**	Normes canalisations
1-août-98	**Rapport n° 97/09**	Guide méthodologique pour la réalisation d'une étude d'impact pour canalisation de transport (Hydrocarbures /Gaz / Produits Chimiques) (Remplace le rapport 96/04)
6-janv-11	**Rapport 2010/01**	Guide méthodologique « canalisations de moins de 500 m² de surface projetée au sol »

Notes :

- Ces guides professionnels ont fait l'objet d'une reconnaissance par l'Etat pour l'application de l'AMF.
- Cheminements dans des espaces labellisés, protégés : démarche en cours GESIP – ATEN pour préciser les processus à suivre.
- Le GESIP met en place dans le cadre de la démarche « plan de modernisation » une base de données « retours d'expériences » pour enregistrer les événements se produisant sur les canalisations de transport → renseignement obligatoire pour les transporteurs de biogaz.

B4 : Guides RSDG de référence

15-déc.-02	**RSDG 1**	Règles techniques et essais des canalisations de distribution de gaz:
15-déc.-02	**RSDG 2**	Capacité technique et compétence des opérateurs de réseau de distribution de gaz combustibles
30-juin-03	**RSDG 3.1**	Soudage des canalisations et branchements en acier
30-juin-03	**RSDG 3.2**	Soudage des canalisations et branchements en polyéthylène (PE)
15-déc.-02	**RSDG 4**	Voisinage des réseaux de distribution de gaz avec les autres ouvrages
15-déc.-02	**RSDG 5**	Canalisations à l'air libre ou dans les passages couverts, ouverts sur l'extérieur
30-juin-03	**RSDG 6**	Organes de coupure et sectionnement des réseaux
30-juin-03	**RSDG 7**	Organes de protection de branchement
15-déc.-02	**RSDG 8**	Cartographie des réseaux de distribution de gaz
30-juin-03	**RSDG 9**	Interventions de sécurité en cas d'incident ou d'accident mettant en cause la sécurité
29-juin-06	**RSDG 10- Rev1**	Odeur du gaz distribué
30-juin-03	**RSDG 11**	Travaux en charge
15-déc.-02	**RSDG 12**	Identification in situ des canalisations de distribution de gaz
15-déc.-02	**RSDG 13.1**	Protection cathodique des canalisations en acier
15-déc.-02	**RSDG 13.2**	Canalisations en acier non protégées cathodiquement
2-déc.-05	**RSDG 14 Rev1**	Surveillance et maintenance des réseaux de distribution de gaz combustibles
5-janv.-05	**RSDG 15 Rev1**	Mise hors exploitation et abandon des équipements de réseau
9-juin-08	**RSDG 16-1**	Réseaux de distribution de gaz de 2ème catégorie
9-juin-08	**RSDG 16-2**	Réseaux de distribution de gaz de 3ème catégorie

Notes :
Ces guides ont fait l'objet d'une reconnaissance par l'Etat pour l'application de l'arrêté du 13 juillet 2000 modifié.

B5 : autres documents de références sur les canalisations de biogaz

- Risques sanitaires du biogaz, AFSSET, 2008 / Annexe 16 : Tableau de composition des différents biogaz, I. Zdanevitch (INERIS), C. Leroux, H. Modelon.
- Etude comparative des dangers et des risques liés au biogaz et au gaz naturel - rapport d'étude N° 46032, INERIS, 2006.
- Guide de pose et d'utilisation des canalisations en Polyéthylène
- Etude INERIS 03/2010 et étude risques gaz/biogaz 2006
- Etude SOLAGRO- ATEE- ADEME n° 0275052 Le transport du biogaz par canalisation, Pratiques et réglementations en France et en Europe Juillet 2003
- Etudes GRDF : guide soudage
- Guide travaux de proximité piloté par GRDF, guide qui devrait être finalisé début 2011
- STRPE, Guide de pose et d'utilisation des canalisations en PE,
- GrDF, Cahier des charges fonctionnel du contrôle des caractéristiques du biogaz injecte
- Lars-Eric Janson « Plastics Pipes for Water Supply and Sewage Disposal »
- INERIS, Les principales exigences de sécurité du transport de biogaz par canalisations dans le cadre de la réglementation française Programme DRA-DRC-93 « Risques liés aux procédés de méthanisation de la biomasse et des déchets », opération C, Rapport Final, RAPPORT D'ÉTUDE 11/03/2010, N° DRA-10-104107-00247A

Annexe C Traitement du biogaz

Elimination de l'eau

Le biogaz contient de l'eau à des teneurs variables en fonction de la température. A 35°C, le biogaz contient 5% d'eau. Celle-ci doit être éliminée avant l'injection du biogaz dans le réseau de distribution. Afin de retirer l'eau du biogaz, différentes méthodes sont proposées basées sur la condensation de l'eau ou le séchage du gaz. En plus de l'eau, d'autres impuretés comme la poussière ou la mousse sont aussi éliminées. Ces types de traitement peuvent s'appliquer à différents stades de l'enrichissement du biogaz selon le type de procédé de valorisation : la technique du lavage à l'eau ne nécessite aucun séchage avant l'enrichissement, en revanche la technique d'adsorption nécessite le séchage du biogaz avant l'étape d'enrichissement. En règle générale, l'eau est normalement condensée avant que le gaz ne subisse une compression.

- **Elimination de l'eau par condensation**

Cette méthode est basée sur la séparation de l'eau condensée où les gouttes d'eau sont capturées puis éliminées. Des techniques manuelles ou automatiques sont utilisées pour retirer l'eau comme :

- l'utilisation d'antibuée (demister) constitué d'un treillis métallique avec des micropores ;
- l'utilisation d'un séparateur cyclonique utilisant une force de centrifugation équivalente à plusieurs centaines de G ;
- l'utilisation de collecteurs d'humidité dans lesquels la condensation de l'eau se fait par expansion du gaz.

- **Elimination de l'eau par séchage**

Cette méthode est basée sur le séchage du biogaz englobant plusieurs techniques comme :

- la réfrigération du gaz qui se sursaturera en eau dans des échangeurs thermiques afin de séparer l'eau condensée du gaz. Cette méthode ne peut diminuer le point de rosée que jusqu'à 0,5-1,0 °C à cause de problèmes de congélation sur la surface des échangeurs. Normalement, à l'entrée, le point de rosée est entre 3°C jusqu'à saturation. L'eau condensée peut être collectée avec un antibuée équipé de micropores.
- le séchage utilisant les propriétés de certains dessicants tels que la silice, l'alumine activée ou le tamis moléculaire qui fixent ou adsorbent les molécules d'eau et assèchent l'air comprimé. Les sécheurs à tamis moléculaire sont ceux qui permettent d'atteindre les points de rosée les plus bas. Ces sécheurs sont le plus souvent constitués de deux colonnes. Le gaz est injecté dans une colonne remplie de dessicants dans laquelle le point de rosée peut atteindre -10 ou -20 °C. La régénération du dessicant peut être effectuée par balayage d'air sec ou par apport de chaleur dans la colonne « en repos ». Le niveau de point de rosée obtenu dépend essentiellement de la qualité de la régénération et du temps de contact entre le biogaz et l'adsorbant. Le Tableau 2 suivant indique les paramètres de certaines usines où un traitement de séchage basé sur l'adsorption est utilisé.
- Les unités de séchage utilisant le glycol, le tri- éthylène glycol ou des sels hygroscopiques qui fixent l'eau. Le point de rosée atteint est entre -5 et -15 °C. Le glycol employé est pompé dans une unité de régénération qui s'effectue en chauffant jusqu'à 200 °C.

Le sel, remplissant un réacteur, réagit avec le gaz introduit par le bas et se dissout à fur et à mesure qu'il fixe l'eau. A la fin, le sel est retiré du réacteur et n'est pas régénéré.

Tableau 2 : Paramètres de certaines usines pour l'élimination de l'eau par adsorption

Paramètre	Unité	Procédé	Exemples d'usines	
Location			Kristianstad	Ellinge
Capacité	Kg/h	100-10000	1-1,5	1-1,5
Entrée Point de rosée	℃	-20 à saturation	Saturé à 10- 20	Saturé à 10-20
Sortie Point de rosée	℃	-30 à -70	-45 jusqu'à -60	-3 0 jusqu'à -60
Conditions du procédé Température Pression	 ℃ bar	 Ambiante Ambiante à 260	 Ambiante 8-10	 Ambiante 7-10

Elimination du sulfure d'hydrogène

Les protéines et autres composés soufrés produisent du sulfure d'hydrogène durant la digestion. Les teneurs en H_2S dans le biogaz provenant de déchets animaliers peuvent atteindre 1000 à 1400 ppm. Ce composé (ainsi que les mercaptans) peut être éliminé *in situ* dans le digesteur, du biogaz avant traitement ou durant le procédé d'épuration.

- **Elimination du H_2S in situ par précipitation**

Cette technique se base sur la formation de sels de sulfure de fer dans le digesteur. La réaction de précipitation du fer s'écrit comme suit :

$2\ Fe^{3+} + 3S^{2-} \rightarrow 2\ FeS + S$

$Fe^{2+} + S^{2-} \rightarrow FeS$

Le sulfate de fer est ajouté sous forme de chlorure ferreux ou ferrique selon les cas et la concentration de H_2S est diminuée jusqu'à des teneurs entre 100-150 ppm dans le flux gazeux à la sortie. Le Tableau 3 suivant indique les paramètres de certaines usines où ce traitement est utilisé. Ce type de traitement nécessite peu d'investissement (opération, suivi et maintenance) sauf si les déchets organiques à fermenter contiennent des quantités importantes de soufre.

Tableau 3 : Elimination in situ du sulfure d'hydrogène dans plusieurs usines de production de biogaz

Paramètre	Unité	Procédé	Exemples d'usines			
Location			Linkoping Biogaz	Laholm Biogaz	Kalmar Biogaz	North West Scania Waste Treatment Co.
Capacité	m^3 H_2S/an	Non spécifique	100-10000	100-10000	100-10000	100-10000
Entrée (H_2S)	ppm	500-300000	*In situ*	*In situ*	*In situ*	*In situ*
Sortie (H_2S)	ppm	50-150	50-100	100-150	115-140	15-35
Conditions du procédé		Conditions normales	Digesteur 40℃	Digesteur 38℃	Digesteur n.a	Digesteur 36℃

- **Utilisation des oxydes et hydroxydes de métaux**

Cette technique consiste à remplir un réacteur circulaire avec des oxydes de fer, hydroxydes de fer ou des oxydes de zinc. Un mélange d'oxydes de fer peut être aussi utilisé (SulfaTreat). Le biogaz est ensuite injecté dans le réacteur par le haut. Cette réaction est endothermique et la température de la réaction doit être comprise entre 25 °C et 50 °C. La réaction de régénération est exothermique et de l'eau est nécessaire afin de refroidir le solide dont la température dépend de la concentration de H_2S dans le biogaz. La réaction est la suivante :

$Fe_2O_3 + 3\ H_2S \rightarrow 2\ Fe_2S_3 + 3\ H_2O$

La régénération du solide s'effectue en utilisant l'oxygène :

$Fe_2S_3 + 3\ O_2 \rightarrow 2\ Fe_2O_3 + 6\ S$

Normalement, deux réacteurs sont utilisés en parallèle. Quand le premier est en train d'épurer le biogaz, le deuxième se fait régénérer. Cette méthode est peu coûteuse et facile à

maintenir. Cependant les inconvénients sont : la grande quantité de chaleur générée et l'efficacité de la méthode diminue si le biogaz contient une grande quantité d'eau. Le Tableau 4 suivant indique les paramètres d'une usine où ce traitement est utilisé.

Tableau 4 : Paramètres d'une usine pour l'élimination du sulfure d'hydrogène utilisant le SulfaTreat

Paramètre	Unité	Procédé	Exemples d'usines
Location			Laholm Biogaz
Capacité	m^3 H_2S/h	0-5	0-0,5
Entrée (H_2S)	ppm	50-2500	50-3000
Sortie (H_2S)	ppm	0-10	0-15
Conditions du procédé - Pression - Température	 bar ℃		 1050 30
Coûts de l'opération	k€/an		6

- **Oxydation biologique à l'air**

La quantité de H_2S dans le biogaz peut être réduite significativement en ajoutant 5-10% d'air (avec une pompe) au biogaz dans une unité de nettoyage après la production du biogaz (AD-NETT, 2000; U.K.Environment Agency et Scottish Environment Protection Agency, 2004). Cette méthode est basée sur une oxydation aérobie biologique du H_2S en soufre par des bactéries spécifiques (*Thiobacillus*). Afin de développer ces bactéries dans le système, une surface mouillée remplie de digestat liquide est nécessaire. Le procédé suit la réaction suivante :

$2\ H_2S + O_2 \rightarrow 2\ S + 2\ H_2O$

Les résultats obtenus à ce jour sont très prometteurs. Les teneurs en H_2S sont réduites de 2000-3000 ppm à 50-100 ppm équivalents à une efficacité de traitement entre 80-99 % (Hagen et al., 2001). Cependant les teneurs du H_2S restant dans le biogaz sont assez élevées et nécessitent un traitement secondaire avant d'injecter le biogaz dans le réseau. Le coût de maintenance et d'opération de cette méthode est très faible et pas de produits chimiques ou équipements spécifiques sont nécessaires. L'inconvénient majeur est l'ajout d'air dans le système qui pourra réduire l'efficacité de l'enrichissement du biogaz de l'étape suivante.

- **Adsorption sur du charbon actif**

Le sulfure d'hydrogène peut être adsorbé sur du charbon actif. Cette réaction d'adsorption est catalytique et le charbon réagit comme catalyseur. Souvent le charbon est imprégné d'iodure de potassium ou d'acide sulfurique afin d'accélérer la vitesse de la réaction qui est la suivante :

$2\ H_2S + O_2 \rightarrow 2\ S + 2\ H_2O$

L'oxygène est nécessaire pour la réaction et est le plus souvent ajouté comme air. Cependant si les teneurs en H_2S sont faibles, les quantités d'air ajoutées sont minimes. Le charbon se régénère utilisant un gaz inerte et le soufre est vaporisé puis liquéfié après refroidissement. La régénération demande un équipement compliqué et est donc très souvent non effectuée. Le Tableau 5 suivant indique les paramètres d'une usine où ce traitement est utilisé. Le charbon actif fixe en même temps l'eau et le CO_2.

Tableau 5 : Paramètres d'une usine pour l'élimination du H_2S par adsorption sur du charbon actif

Paramètre	Unité	Procédé	Exemples d'usines
Location			North West Scania Waste Treatment Co.
Capacité avec régénération	m^3 biogaz/h	0-5000	15
Entrée (H_2S)	ppm	50-2000	15-35
Sortie (H_2S)	ppm	10-100	0-2
Conditions du procédé - Température - Régénération	 °C °C	 Ambiante 400-500	 Ambiante Non

- **Autres techniques**

D'autres techniques peuvent être aussi utilisées pour épurer le H_2S. Ces techniques se basent sur de l'adsorption liquide utilisant des solutions. Cependant ces techniques nécessitent des quantités importantes d'eau et des coûts élevés pour régénérer l'adsorbant. On distingue :

- l'adsorption chimique utilisant une solution diluée de NaOH. La soude réagit avec le sulfure d'hydrogène pour former le sulfite de sodium. Le sel ainsi formé ne peut pas être recyclé.
- l'adsorption chimique utilisant une solution de chlorure de fer. La formation d'un précipité à la fin de cette réaction complique le procédé puisqu'il faut le retirer du réacteur.
- l'adsorption chimique dans un système fermé ou la phase d'adsorption est suivie par la régénération comme le procédé de Gluud où l'épuration du H_2S s'effectue en utilisant une solution de $Fe(OH)_3$ et le Fe_2S_3 formé est régénéré par l'oxygène de l'air.

On peut citer d'autres techniques plus sophistiquées comme :

- la séparation membranaire utilisant une membrane semi-perméable pour éliminer le H_2S et non pas le CO_2 ou le CH_4 ;
- le traitement biologique utilisant des bactéries spécifiques capables d'oxyder le H_2S qui doit subir au préalable une première étape d'absorption dans une phase liquide ;
- les tamis moléculaires.

- **Evaluation des techniques**

Le Tableau 6 compare les différentes techniques pour l'élimination du H_2S du biogaz. Afin d'avoir un gaz de haute qualité, des techniques basées sur une absorption chimique doivent être appliquées. Dans ces cas là, le traitement du H_2S est combiné à celui du CO_2.

Tableau 6 : Comparaison des différentes techniques pour épurer le biogaz du H_2S

Techniques de Traitement	1	2	3	4	5	6	7
Oxydation a l'air	+	+	+	+	+	+	++
Ajout *in situ* de fer	+	+	+	+	+	+	+
Oxydes de fer	+	+	+	+/-	+	+/-	+/-
Charbon actif	-	+/-	+/-	+/-	+	+/-	+/-
Absorption chimique (NaOH)	+/-	+	+/-	+/-	+	+/-	+/-
Absorption chimique (solution de fer)	+/-	+	+/-	+/-	+	+/-	+/-
Absorption chimique (système fermé)	+/-	+	+/-	+/-	+	+/-	+/-
Séparation membranaire	-	-	-	-	+	+	-
Traitement biologique	-	+/-	+/-	+/-	+	+	+/-
Filtres moléculaires	-	+/-	+/-	+/-	+	+/-	+/-

Légende :

1- Application à une petite échelle (+ = oui)
2- Application à une grande échelle (+ = oui)
3- Simplicité (+ = simple)
4- Opération et maintenance (+ = faible)
5- Traitement H_2S dans le gaz < 250 ppm (+ = oui)
6- Impact environnemental (+ = faible)
7- Coûts (+ = faible)

atee ASSOCIATION TECHNIQUE ENERGIE ENVIRONNEMENT Club Biogaz

A T E E
47 avenue Laplace
94117 Arcueil CEDEX

Tél. 01 46 56 91 43
Fax 01 49 85 06 27
www.atee.fr