



RAPPORT D'ÉTUDE
N° 28658

21 / 02 / 2005

**Assistance technique dans la transposition de
la directive sur le contrôle des accidents
majeurs mettant en cause des canalisations –
DRA 15**

**Opération B : Mesures compensatoires pour
contrôler les accidents dus aux agressions par
travaux de tiers**

INERIS

*maîtriser le risque |
pour un développement durable |*

Assistance technique dans la transposition de la directive sur le contrôle des accidents majeurs mettant en cause des canalisations – DRA 15

Opération B : Mesures compensatoires pour contrôler les accidents dus aux agressions par travaux de tiers

DIRECTION DES RISQUES ACCIDENTELS / UNITÉ "ÉVALUATION DES RISQUES"

Client : Ministère de l'Économie, des Finances et de l'industrie

Liste des personnes ayant participé à l'étude : C.BOUISSOU, S.CHAUMETTE, S.DESCOURRIERE

PREAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalents qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	C.BOUISSOU, S.CHAUMETTE, S.DESCOURRIERE	R. FARRET	B. FAUCHER
Qualité	Ingénieurs Direction des Risques Accidentels	Responsable de l'Unité Évaluation des Risques Direction des Risques Accidentels	Directeur Direction des Risques Accidentels
Visa	Signé	Signé	Signé

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	7
1.1 Contexte.....	7
1.2 Présentation du projet	7
1.2.1 OBJECTIFS DU PROJET.....	7
1.2.2 Démarche du projet	8
1.2.3 Présentation détaillée des opérations.....	8
1.2.4 Collaborations dans le cadre du projet	9
1.3 Introduction au présent rapport	10
2. GLOSSAIRE.....	11
3. DEFINITION ET ACCIDENTOLOGIE.....	13
3.1 Définitions	13
3.1.1 Travaux de tiers.....	13
3.1.2 Mesures compensatoires.....	14
3.2 Accidentologie	15
3.2.1 La part des travaux de tiers dans l'accidentologie	15
3.2.1.1 Données de l'EGIG (European Gas Incident Group).....	16
3.2.1.2 Données de Gasunie.....	17
3.2.1.3 Données du CONCAWE	17
3.2.1.4 Données de Gaz de France	18

3.2.2 Typologie des accidents relatifs à des travaux de tiers.....	19
3.2.2.1 Données de BG Transco	19
3.2.2.2 Données de l'EGIG.....	21
3.2.2.3 Données de Gaz de France	23
3.2.2.4 Données de la CONCAWE.....	24
3.2.2.5 Données BG Transco sur la nature des travaux.....	25
3.3 Conclusions.....	27
4. RÉGLEMENTATION RELATIVE AUX TRAVAUX DE TIERS.....	29
4.1 Réglementation française.....	29
4.2 Réglementation européenne	32
4.2.1 Benchmark réglementaire (JRC).....	33
4.2.2 Etude comparative des réglementations européennes sur les agressions par travaux de tiers (TNO)	34
4.3 Revue des principales normes européennes	35
4.4 Conclusion.....	37
5. ÉTAT DE L'ART SUR LES MESURES COMPENSATOIRES	39
5.1 Généralités et classification des mesures compensatoires	39
5.2 Choix du tracé de la canalisation.....	40
5.2.1 Etude HSE à partir des données BG Transco	40
5.2.2 Etude Gasunie	41
5.3 Mise en place d'un tube avec une épaisseur supérieure à celle requise par les règles de conception.....	43

5.3.1 Etude HSE à partir des données BG Transco	44
5.3.2 Etude HSE à partir des données EGIG	45
5.3.3 Etude Gaz de France.....	45
5.4 Enfouissement de la canalisation à une profondeur supérieure à la profondeur issue de la réglementation.	48
5.4.1 Etude HSE à partir des données BG Transco	49
5.4.2 Etude HSE à partir des données EGIG	50
5.4.3 Etude Gasunie.....	51
5.5 Mise en place d'une protection mécanique autour ou au-dessus du tube...54	
5.6 Repérage de l'ouvrage	57
5.7 Surveillance du sol	57
5.7.1 Etude British Gas relative à la surveillance aérienne.....	59
5.7.2 Etude de la base de données BG Transco.....	60
5.8 Information et vulgarisation des tiers.....	62
5.9 Nouvelles techniques	63
5.9.1 Détection de chocs	63
5.9.2 Veille satellitaire.....	64
5.10 Conclusion	65
6. CONCLUSION.....	67
7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	71
8. LISTE DES ANNEXES	75

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

La directive 96/82/CE dite Seveso II exige que les exploitants d'installations industrielles mettant en œuvre des produits dangereux adoptent une Politique de Prévention des Accidents Majeurs et un Système de Gestion de la Sécurité, afin de prévenir les accidents majeurs.

Une approche analogue à celle de la directive Seveso II est envisagée pour les ouvrages de transport par canalisations, à travers une future directive "Canalisations".

Le Département "Atmosphères explosives et canalisations" du Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie (MinEFI) a sollicité l'INERIS pour lui apporter une assistance technique dans la transposition possible de cette future directive "Canalisations".

L'INERIS a répondu à cette sollicitation en proposant un projet d'étude et d'assistance technique, dont l'objectif est de développer une démarche d'identification de scénarios d'accidents appliquée à l'évaluation des risques sur les canalisations de transport, et à leur gestion.

1.2 PRÉSENTATION DU PROJET

1.2.1 OBJECTIFS DU PROJET

Il est important pour les gestionnaires des risques de pouvoir évaluer le niveau de risque d'une canalisation de transport autrement qu'à travers la mesure d'un potentiel de danger (débit de transit de la matière dangereuse, distances d'effets du scénario le plus pénalisant ...). En particulier, il est nécessaire d'améliorer la connaissance de l'influence des actions engagées par les transporteurs pour maîtriser les risques de leurs ouvrages, et notamment les risques liés aux travaux de tiers.

L'objectif principal du projet est d'apporter au MinEFI des éléments techniques permettant d'évaluer le niveau de risque d'une canalisation de transport, en tenant compte des mesures compensatoires mises en œuvre par l'exploitant.

1.2.2 Démarche du projet

Dans sa définition en 2001, le projet comportait initialement les opérations suivantes :

- Opération a : Analyse d'Accidents et Retour d'expérience.
- Opération b : Veille sur les meilleures techniques disponibles en terme de dispositifs de sécurité.
- Opération c : La gestion de la Sécurité.
- Opération d : Caractérisation de la vulnérabilité d'une zone.
- Opération e : Méthode d'évaluation des mesures de réduction des risques.
- Opération f : Assistance pour la transposition de la directive "Canalisations".

Afin de rendre le contenu technique du projet plus lisible, les opérations ont été réorganisées comme suit dans le courant de l'année 2002 :

- Opération A : Analyse d'accidents, retour d'expérience et comparaison du risque.
Cette opération est la continuité de l'opération a prévue initialement.
- Opération B : Veille sur les mesures compensatoires et évaluation de leur influence.
Cette opération regroupe les opérations b, c, d et e prévues initialement.
- Opération C : Connaissance de l'état de l'art technique, réglementaire et normatif.
Cette opération n'était pas identifiée initialement, mais elle s'avère importante pour la réalisation du projet.
- Opération D : Méthodes pour la réalisation d'études de sécurité de canalisations.
Cette opération remplace l'opération f prévue initialement, qui ne peut être réalisée car la directive "Canalisations" n'est pas parue à ce jour.

1.2.3 Présentation détaillée des opérations

Opération A : Analyse d'Accidents, retour d'expérience et comparaison du risque

Cette opération vise à :

- Etablir les tendances et les enseignements des accidents ayant impliqué des canalisations de transport.

- Comparer ces accidents avec des données en provenance des autres modes de transport de marchandises dangereuses et des Installations Classées.

Opération B : Veille sur les mesures compensatoires et évaluation de leur influence

Cette opération a pour objectif de :

- Connaître les mesures compensatoires utilisées en France, en Europe et dans le monde.
- Proposer une méthode d'évaluation de leur influence sur la base des méthodes existantes.

Opération C : Connaissance de l'état de l'art technique, réglementaire et normatif

Cette opération vise à acquérir des connaissances sur les aspects techniques, réglementaires et normatifs propres aux canalisations de transport au niveau français et européen.

Opération D : Méthodes pour la réalisation d'études de sécurité de canalisations

Cette opération a pour but de :

- Connaître les méthodes et les outils utilisés dans le cadre de la réalisation des études de sécurité relatives aux canalisations de transport en France et en Europe.
- Proposer un avis sur certains aspects de ces méthodes.

1.2.4 Collaborations dans le cadre du projet

Les collaborations envisagées dans le cadre de ce projet sont de plusieurs types avec :

- des spécialistes français et européens des canalisations de transport et de leur sécurité,
- les pouvoirs publics,
- des transporteurs,
- des sociétés spécialisées dans l'imagerie satellitaire.

1.3 INTRODUCTION AU PRÉSENT RAPPORT

L'analyse des causes d'accident montre que les agressions dues aux travaux de tiers constituent l'une des sources principales d'accidents majeurs sur les canalisations de transport de matières dangereuses, en France et en Europe de l'Ouest [4].

Afin de limiter les risques d'accident majeur dus à ce type d'agressions, les opérateurs mettent en œuvre des barrières de sécurité appelées "mesures compensatoires".

Un travail de recherche sur les mesures compensatoires a été entrepris pour répondre aux questions suivantes :

- Quelles sont les caractéristiques des accidents dus aux travaux de tiers ?
- Qu'est-ce qu'une mesure compensatoire ?
- Quelles sont les principales mesures compensatoires mises en œuvre actuellement (France, Europe, monde) ?
- Existe-t-il des évaluations de l'efficacité de ces mesures compensatoires (retour d'expérience, essais ...) ?
- Quelles sont les perspectives en terme de mesures compensatoires ?

Pour répondre à ces questions :

- des entretiens avec des transporteurs et des spécialistes ont été réalisés,
- l'INERIS a participé à des congrès et des formations techniques,
- l'INERIS a participé à l'élaboration du rapport GESIP n° 2004/03 relatif aux dispositions compensatoires consécutives à une évolution de l'environnement entraînant un changement de catégorie [1]
- Une étude bibliographique de la littérature existante sur le sujet a été menée.

2. GLOSSAIRE

BG	British Gas
CONCAWE	CONservation of Clean Air and Water in Europe
DICT	Déclaration d'intention de commencement de travaux
DR	Demande de Renseignement
EGIG	European Gas Incident Group
EPRG	European Pipeline Research Group
GDF	Gaz de France
GESIP	Groupe d'Etude et de Sécurité des Industries Pétrolières et Chimiques
HSE	Health and Safety Executive
IGE	Institution of Gas Engineers
JRC	Joint Research Center
MinEFI	Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie
PMS	Pression Maximale de Service
TNO	Netherlands Organisation for Applied Scientific Research
UE	Union Européenne

3. DEFINITION ET ACCIDENTOLOGIE

3.1 DÉFINITIONS

3.1.1 Travaux de tiers

Les travaux de tiers concernent tous les travaux réalisés à proximité des canalisations de transport et susceptibles d'endommager les dites canalisations.

A noter que le décret n° 91-1147 du 14 octobre 1991 [2], définit les travaux effectués au voisinage des ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transports d'hydrocarbures liquides ou liquéfiés, de transport de gaz combustibles ou de produits chimiques de la façon suivante :

- 1. Tous travaux ou opérations exécutés à moins de 15 mètres de ces ouvrages, et notamment :*
 - 1. Exécution de terrassements pour construction ou modification de barrages, plans d'eau, canaux ou fossés, voies ferrées, routes, parkings, ponts, passages souterrains ou aériens, fosses, terrains de sport ou de loisirs, fondations de bâtiments, de murs, de clôtures ou d'autres ouvrages ;*
 - 2. Création, entretien, reprofilage ou dragage de cours d'eau navigables ou non et de canaux, étangs ou plans d'eau de toute nature ;*
 - 3. Ouverture, exploitation de mines, de carrières à ciel ouvert, de décharges publiques ou non ;*
 - 4. Travaux de pose, déplacement ou enlèvement de canalisations, drains, branchements enterrés de toute nature et interventions diverses sur ces ouvrages ;*
 - 5. Fouilles, forages, fonçages horizontaux, défonçages, enfoncements par battage ou tout autre procédé mécanique de piquets, pieux, palplanches, sondes perforatrices ou tout autre matériel de forage ;*
 - 6. Circulation hors voirie de véhicules pesant en charge plus de 3,5 tonnes au total, emprunts ou dépôts de matériaux ;*
 - 7. Pose d'éléments d'ancrage ou de haubanage aériens ou souterrains ;*

8. Travaux de génie agricole tels que drainages, sous-solages, curage de fossés ;

9. Plantations d'arbres et désouchages effectués à l'aide de moyens mécaniques ;

10. Travaux de démolition.

II. Travaux et opérations exécutés à moins de 40 mètres de ces ouvrages dans l'un ou l'autre des cas suivants :

1. Lorsqu'ils comportent l'emploi d'explosifs ou sont susceptibles de transmettre des vibrations auxdits ouvrages ;

2. Lorsqu'ils entraînent des fouilles, des terrassements ou des sondages atteignant une profondeur de 5 mètres.

III. Tous travaux d'injection ou de consolidation du sol exécutés à moins de 50 mètres d'un ouvrage.

IV. Tous les travaux et opérations exécutés à moins de 75 mètres de ces ouvrages lorsqu'ils concernent des projets de construction assujettis à la réglementation relative aux installations classées présentant des risques d'incendie ou d'explosion ou à la réglementation relative aux établissements recevant du public.

3.1.2 Mesures compensatoires

Des mesures compensatoires peuvent être définies comme des moyens¹ tant techniques qu'organisationnels mis en œuvre pour limiter la fréquence d'occurrence ou la gravité d'un scénario d'accident donné.

¹ Pour les installations fixes, on appelle ces moyens des barrières.

Le guide GESIP relatif à la réalisation d'une étude de sécurité concernant une canalisation de transport [3] indique notamment :

Les mesures compensatoires concernent les dispositions prises aux stades de la conception, de la construction et de l'exploitation de l'ouvrage.

Les mesures prises au stade de l'exploitation sont de deux types :

- les mesures d'ordre technique ou technologique (ex. équipements ou accessoires particuliers)
- les mesures d'organisation de la prévention (qui correspondent aux besoins à prendre en compte dans le plan de surveillance) ou de protection en cas d'accident (qui fournissent les besoins à prendre en compte dans le plan d'intervention).

Dans le présent document, nous n'aborderons que les mesures compensatoires relatives aux scénarios d'accidents ayant pour origine une agression par des travaux de tiers lors de l'exploitation. Les mesures compensatoires telles que la protection contre la corrosion ou la détection de fuite ne seront pas abordées.

Le projet d'arrêté réglementant la sécurité des canalisations de transport de gaz combustible, d'hydrocarbures liquides ou liquéfiés et de produits chimiques définit, dans sa version du 24 mai 2004, non pas des mesures compensatoires mais des dispositions compensatoires de la façon suivante :

Des aménagements (balisage renforcé, pose de dalles béton...), des dispositions constructives (sur profondeur, surépaisseur, changements de tubes...) ou des mesures d'exploitation (surveillance renforcée, réduction de la pression maximale de service...) destinés à diminuer le risque.

3.2 ACCIDENTOLOGIE

3.2.1 La part des travaux de tiers dans l'accidentologie

Relativement aux agressions extérieures, le rapport d'opération a « Recueil de l'accidentologie des canalisations de transport de matières dangereuses » de mai 2002 [4] mentionne dans ses conclusions que :

- Les six grandes catégories de causes sont : les agressions externes ou activités tierces, la corrosion, les défauts de construction ou les défaillances mécaniques / de matériel, les mouvements de terrains ou les risques naturels en général, les erreurs opérationnelles, et enfin les autres causes et les causes inconnues ;

- L'agression externe ou activité tierce est la cause principale pour 40 à 50% des accidents avec des fuites de gaz et est à égalité avec la corrosion pour les canalisations de liquides dangereux (20 à 30%). Elle est aussi la principale responsable des défaillances de canalisations de gaz de faibles diamètres (inférieurs à 16 pouces). Pour des diamètres plus importants, l'agression externe et la corrosion sont d'un niveau équivalent.

Les principales données relatives aux travaux de tiers trouvées dans la littérature sont données dans les paragraphes suivants. Ces données représentent un éclairage différent et plus approfondi du rapport précédent qui n'avait pas pour but particulier de s'intéresser aux travaux de tiers.

3.2.1.1 Données de l'EGIG (European Gas Incident Group)

L'EGIG représentant huit réseaux majeurs en Europe totalise une expérience de $1,98 \times 10^6$ km-an (taux cumulé d'exposition des réseaux²) pour des canalisations terrestres sur la période 1970-1997. La longueur du réseau EGIG est estimée à 99 700 km en 1995. Près de 50% du réseau présente un diamètre compris entre 5 et 16 pouces, et 20% du réseau présente un diamètre supérieur à 30 pouces.

Le présent paragraphe synthétise les résultats d'une exploitation des données relatives aux accidents/incidents recensés par l'EGIG entre 1970 et 1997 pour les canalisations de PMS supérieure à 15 bars.

Les causes d'accident sont réparties comme suit (Données extraites de [5]).

Cause d'accident	Nombre d'accident pour 1 000 km par an	% du nombre total d'accident
Travaux de tiers	0,29	50
Défaut mécanique	0,11	19
Corrosion	0,082	14
Risques naturels	0,034	6
Autre	0,033	6
Erreur opératoire	0,026	5
Total	0,575	100

Tableau 1 : répartition des causes d'accident, EGIG

² L'exposition du réseau sur un intervalle de temps donnée est la distance cumulée du réseau dans cet intervalle de temps.

Les travaux de tiers représentent environ 50 % des accidents.

Le défaut mécanique résulte d'une contrainte trop importante pour le système : il peut être lié à une mauvaise qualité du matériau ou un défaut de construction.

Les risques naturels les plus importants sont essentiellement les mouvements de terrain.

3.2.1.2 Données de Gasunie

Gasunie possède et exploite le réseau de transport de gaz naturel aux Pays-Bas. Le réseau est constitué de plus de 10 000 km de canalisations en acier, dont la majorité est en service depuis plus de 30 ans. Plusieurs départements de Gasunie ont collecté des informations sur les dommages sur leur réseau pour un usage spécifique lié à leur activité. En 1995, ces différentes sources d'informations ont été intégrées dans une base de données unique pour la prévention des dommages aux canalisations.

L'analyse de la base de données a été menée sur la période de 1975 à 1994.

La base indique que la majorité des dommages résultent d'agressions par travaux de tiers. La répartition des accidents est la suivante (extrait de [6]) :

- 68 % : agressions de tiers
- 9 % : corrosion
- 11 % : autre
- 12 % : inconnu

3.2.1.3 Données du CONCAWE

La CONCAWE recense les accidents impliquant des canalisations de transport d'hydrocarbures en Europe de l'Ouest.

Le présent paragraphe synthétise les résultats d'une exploitation des données de la CONCAWE sur les trente dernières années relativement aux agressions par travaux de tiers [7].

La base de données fait état de 132 épandages liés aux travaux de tiers dont :

- 100 de façon accidentelle,
- 10 de façon volontaire (malveillance),
- 22 dues à des travaux antérieurs ayant causé un défaut dont la dégradation dans le temps a conduit à une fuite.

Les causes d'accident sont réparties comme suit :

Cause d'accident	% du nombre total d'accident				% du volume net total épandu
	1971-1980	1981-1990	1991-2000	1971-2000	
Travaux de tiers	41	38	41	40	48
Défaut mécanique	31	22	30	28	30
Corrosion	16	24	20	20	16
Erreur opératoire	7	12	8	9	4
Risques naturels	5	3	2	3	2

Tableau 2 : répartition des causes d'accident, CONCAWE

Les agressions par travaux de tiers constituent ainsi la première cause de fuite (40 % des épanchages signalés entre 1971 et 2000), avec le volume de fuite le plus important (48 % du volume total répandu).

3.2.1.4 Données de Gaz de France

Gaz de France exploite environ 30 000 km de canalisation de gaz en France. L'entreprise recense les incidents et accidents depuis 1970 (date de la création de sa base de données). Sur l'ensemble du réseau de transport de Gaz de France de PMS supérieure à 15 bars, la fréquence d'occurrence d'un incident avec fuite est, à fin 2001, de $4,1 \cdot 10^{-4} \text{ (km.an)}^{-1}$.

La répartition des causes des incidents entre 1970 et 2001 est la suivante (extrait de [8]) :

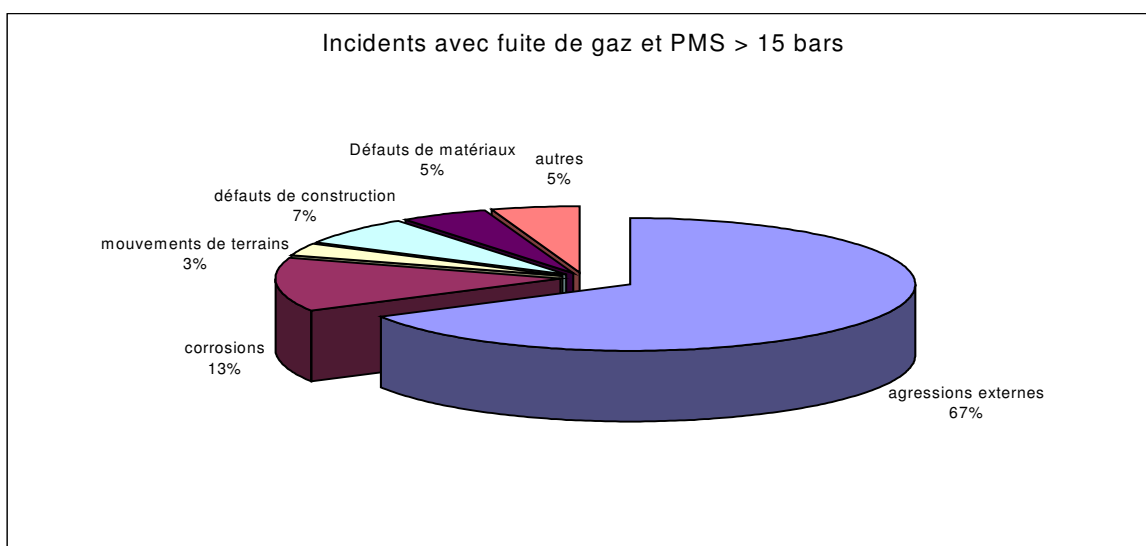


Figure 1 : répartition des causes d'incidents, Gaz de France

Les données de Gaz de France montrent que les agressions externes représentent la majorité des causes d'incidents.

3.2.2 Typologie des accidents relatifs à des travaux de tiers

Les accidents relatifs aux travaux de tiers ou aux agressions externes peuvent être de natures différentes allant de la griffure à la rupture totale de la canalisation.

3.2.2.1 Données de BG Transco

Entre 1970 et 1997, la base de données de BG Transco a enregistré **564** incidents dus à des travaux par agression de tiers, dont **32** ont abouti à un rejet non intentionnel de gaz sur les canalisations de PMS supérieure à 7 bars (extrait de [9]).

Dommmages	Nombres d'accidents
Perte – Rupture	10
Perte – Fuite	22
Dommmage grave	81
Dommmage léger	378
Revêtement	70
Inconnu	3
Total	564

Tableau 3 : répartition des accidents en fonction des dommmages

L'expérience totale calculée, relative à cette base de données, est de 457 254 km.an.

La base de données de BG Transco a par ailleurs été interrogée pour définir la répartition des accidents ayant provoqué une fuite en fonction du diamètre de canalisation. Cette répartition permet de calculer une fréquence de défaillance pour chaque classe de diamètre.

Classe de diamètre	Diamètre moyen	Expérience d'exploitation	Nombre de défaillances	Fréquence de défaillance
[mm]	[mm]	[km.an]		[1000 km.an] ⁻¹
0-100	100	22985	5	0,218
125-250	187	83985	15	0,180
300-400	350	84220	8	0,095
450-550	500	69864	3	0,043
600-700	650	83494	0	-
750-850	800	24342	1	0,041
900-1000	950	72985	0	-
1000+	1050	15817	0	-
Total	-	457254	32	0,070

Tableau 4 : nombre de défaillances en fonction du diamètre, BG Transco

La base de données permet aussi de répartir les différents accidents en fonction des dommages causés.

Classe de diamètre [mm]	Diamètre moyen [mm]	Classification des dommages [1000 km.an] ⁻¹			Total [1000 km.an] ⁻¹
		Petite fuite	Fuite	Rupture	
0-100	100	0.044	0.087	0.087	0.218
125-250	187	0.072	0.06	0.048	0.18
300-400	350	0.024	0.071	-	0.095
450-550	500	0.029	-	0.014	0.043
600-700	650	-	-	-	-
750-850	800	-	-	0.041	0.041
900-1000	950	-	-	-	-
1000+	1050	-	-	-	-

Tableau 5 : répartition des dommages en fonction du diamètre, BG Transco

Les tableaux précédents montrent que la base de données n'est pas forcément exhaustive et qu'il y a un certain nombre de lacunes. Ces lacunes peuvent être comblées en faisant une régression linéaire avec les données existantes afin de prédire ces données manquantes. La courbe suivante compare les résultats de la régression linéaire (predicted) avec les résultats de la base de données (actual).

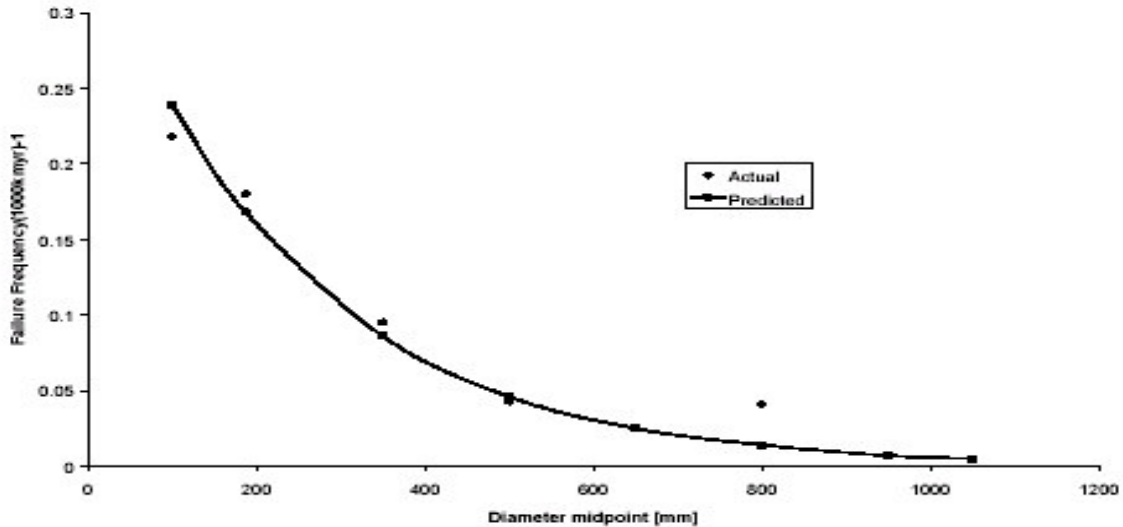


Figure 2 : Comparaison entre données obtenues par régression linéaire et données actuelles, BG Transco

3.2.2.2 Données de l'EGIG

Une analyse de la vulnérabilité des canalisations en fonction de leur diamètre et du dommage observé a été menée à partir de la base de données de l'EGIG (voir tableau ci-dessous extrait de [9]).

La perforation correspond à un diamètre de fuite inférieur à 2 cm.

La brèche correspond à un diamètre de fuite supérieur à 2 cm mais inférieur au diamètre de la canalisation.

La rupture correspond à un diamètre de fuite supérieur au diamètre de la canalisation.

Diamètre (mm)	Nombre d'accident pour 1 000 km par an			
	Perforation	Brèche	Rupture	Total
0 à 100	0,231	0,314	0,157	0,702
125 à 250	0,086	0,252	0,071	0,409
300 à 400	0,055	0,105	0,031	0,191
450 à 550	0,018	0,018	0,025	0,061
600 à 700	-	0,009	0,009	0,018
750 à 850	-	-	0,012	0,012
900 à 1000	-	-	-	-
Plus de 1000	-	-	-	-

- pas de données disponibles

Tableau 6 : répartition des dommages en fonction du diamètre, EGIG

Le tableau montre que pour chaque type de dommage, la fréquence d'accident diminue quand le diamètre augmente. Cela peut s'expliquer par une augmentation, avec le diamètre, de l'épaisseur du tube, mais les données n'ont pas été exploitées dans le but de vérifier cette hypothèse.

D'autre part, on constate que pour un même diamètre, la brèche est plus fréquente que la perforation, et que la rupture, sauf pour les canalisations de diamètres compris entre 450 et 550 mm.

3.2.2.3 Données de Gaz de France

A partir du retour d'expérience sur leur réseau de 1970 à 2001 (extrait de [8]), Gaz de France établit le tableau suivant représentant les probabilités d'occurrence des incidents par type de dommage et en fonction du diamètre de canalisation (toutes causes confondues).

Les incidents sont répartis de la manière suivantes :

- Perforations limitées, diamètre de fuite inférieur à 40 mm
- Perforations importantes, diamètre de fuite supérieur à 40 mm mais inférieur à 115 mm
- Brèches ou rupture, diamètre de fuite supérieur à 115 mm.

Diamètre	Expérience	Nombre d'incident [10 ⁻⁴ km.an] ⁻¹			
[mm]	[km.an]	Perforations limitées	Perforations importantes	Brèches rupture	Total
D<100	40 037	9.24	1.5	1.5	12.24
100<D<150	114 445	3.67	0.96	0.52	5.16
150<D<200	146 086	4.59	1.37	0.62	6.57
200<D<400	191 617	2.04	0.5	0.42	3.03
400<D<600	105 742	1.23	0	0.66	1.89
D>600	89 829	0.22	0	0.11	0.33
Total	687 756	2.91	0.7	0.54	4.14

Tableau 7 : répartition des dommages en fonction du diamètre, Gaz de France

Ce tableau montre que globalement plus le diamètre augmente plus la probabilité d'occurrence d'un incident diminue.

3.2.2.4 Données de la CONCAWE

Une analyse de la vulnérabilité des canalisations en fonction de leur diamètre a été menée à partir des données CONCAWE. Elle montre que les canalisations de petit diamètre sont plus vulnérables aux agressions par travaux de tiers. Notamment, les canalisations de diamètre inférieur à 8 pouces (ou 200 mm) sont trois fois plus vulnérables que la moyenne, alors que les canalisations de diamètre supérieur à 750 mm le sont dix fois moins.

Les agressions par travaux de tiers ont été analysées de façon détaillée en fonction de la nature de l'activité et des travaux ayant occasionné les dommages (voir tableau ci-dessous extrait de [7]). Le volume moyen net de produit épandu est également reporté. Il est à noter que le volume de terrain à nettoyer après une fuite est du même ordre que le volume de produit épandu, sauf pour l'activité de construction de canalisation où il est très important (250 m³ environ).

Activité	Nombre de fuites en fonction de la nature des travaux						Volume net moyen épandu (m ³)
	Labourage	Tranchée	Bulldozer	Forage	Autre	Total	
Construction de route	2	2	6	-	-	10	100
Autre industrie	3	2	1	7	2	15	50
Travail souterrain	3	23	5	-	-	31	60
Agriculture	20	6	2	-	2	30	125
Maintenance de canalisation	-	2	-	-	1	3	-
Construction de canalisation	-	3	1	2	2	8	5
Autre	-	1	1	-	1	3	40

Tableau 8 : nombre de fuite en fonction de la nature des travaux, CONCAWE

L'agression de la canalisation résulte le plus souvent de l'une des deux situations suivantes :

- Le responsable des travaux ignore la présence de la canalisation (environ 65 % des cas) ;
- Le responsable des travaux manque d'attention ou de qualification (environ 35 % des cas).

3.2.2.5 Données BG Transco sur la nature des travaux

Dans ce paragraphe est étudiée l'influence sur le nombre d'accidents avec fuite des trois paramètres suivants (extrait de [9]) :

- le type de machine utilisé sur le chantier,
- le type d'activité,
- la méthode de détection.

Type de Machine	Nombre total d'accidents	Nombre d'accidents avec fuite
Pelleteuse (back acter)	165	3
Bull Dozer (bull dozer blade)	4	2
Excavateur (digger)	137	6
Dragueur (dragline)	4	-
Poseur de drain (drain layer)	9	1
Laboureur (plough)	11	3
Foreur (power drill)	21	9
Racloir (scraper)	4	1
Pointe (spike)	6	-
Rails (tracks)	6	1
Trancheuse (trencher)	10	2
Autres	60	4
Inconnu	110	0
Rien	7	-
Total	564	32

Tableau 9 : répartition des accidents en fonction des engins, BG Transco

Le tableau précédent montre que les pelleteuses et les excavateurs sont les principaux responsables des accidents avec 54 % du nombre d'accidents. Par contre le nombre d'accident avec fuite ne représente que 28 % du nombre total. Par contre les accidents causés par les foreuses qui ne représentent que 4% des accidents sont plus aptes à causer des dommages importants à la canalisation. Les accidents causés par des foreuses représentent 28% des accidents avec fuite.

Nature des travaux	Nombre total d'accidents	Nombre d'accidents avec fuite
Pose de câble	16	-
Construction	46	-
Démolition	6	-
Drainage	158	9
Labour	7	-
Travaux gaz	96	8
Autres	49	4
Autres services	40	4
Routes	30	5
Semence	38	1
Vandalisme	3	-
Inconnu	69	-
Total	564	32

Tableau 10 : répartition des accidents en fonction de la nature de travaux

Le drainage est la principale activité ayant conduit à un accident sur une canalisation. Cependant le tableau précise pas l'expérience³. Pour les activités dont le nombre d'accidents est suffisant le rapport entre accidents avec fuite et accidents est compris entre 3 et 10 %.

3.3 CONCLUSIONS

De manière générale, les travaux de tiers ou les agressions externes représentent la majorité des accidents (30 à 70 % suivant les sources) conduisant à une fuite sur une canalisation et ce quel que soit le produit transporté. Les principales conclusions, sur la typologie des accidents causés par l'agression de tiers sont les suivantes :

³ L'exposition du réseau sur un intervalle de temps donnée est la distance cumulée du réseau dans cet intervalle de temps.

- Les dommages occasionnés par l'agression de tiers sont pour une grande partie réduits à une fuite de faible ou de moyenne ampleur. Pour les hydrocarbures et les produits chimiques liquides, la rupture totale de la canalisation est peu souvent atteinte. Alors que pour les gaz, les données de l'EGIG montre que dans 15 à 50 % des cas, en fonction du diamètre, l'agression par des tiers conduit à une rupture de la canalisation.
- Quel que soit le produit transporté, la vulnérabilité d'une canalisation décroît avec son diamètre. Plus le diamètre de la canalisation est petit, plus le nombre de fuite ou de rupture par kilomètre est élevé.
- Les engins qui occasionnent le plus de dégâts aux canalisations sont les pelleteuses et les excavateurs. Les travaux de drainage sont les travaux qui ont conduit au plus grand nombre de dommage à des canalisations.
- Les données de la CONCAWE montre que l'accident fait plus souvent suite à l'ignorance de la présence d'une canalisation par les tiers qu'au manque d'attention lors de travaux.

4. RÉGLEMENTATION RELATIVE AUX TRAVAUX DE TIERS

4.1 RÉGLEMENTATION FRANÇAISE

Les canalisations de transports sont soumises, selon le produit transporté, à des règlements de sécurité. Il s'agit principalement des règlements récents suivants :

- **Arrêté du 11 mai 1970** ([10]): Règlement de sécurité des ouvrages de transport de gaz combustible par canalisation.
- **Arrêté du 6 décembre 1982** ([11]) portant réglementation technique des canalisations de transport de fluides sous pression autres que les hydrocarbures et le gaz combustible.
- **Arrêté du 21 avril 1989** ([12]) fixant la réglementation de sécurité pour les pipelines à hydrocarbures liquides ou liquéfiés.

Les travaux de tiers ainsi que la mise en place de mesures compensatoires spécifiques par rapport à ces sources d'agression sont très peu abordés dans ces règlements de sécurité. On trouvera ci-après les quelques éléments mentionnés dans les dits règlements :

- L'article 21 de l'arrêté du 11 mai 1970 s'attache particulièrement aux travaux de tiers susceptibles d'être générés au niveau d'ouvrages souterrains voisins : *"Lorsque les canalisations sont posées dans le sol au voisinage d'ouvrages souterrains, tels que des conduites ou câbles de toute nature, des dispositions particulières doivent être prises en vue d'éviter les détériorations qui pourraient être provoquées [...] par des travaux auxquels ils donnent lieu"*.
On retrouve la même approche, bien que beaucoup moins explicite vis à vis des travaux de tiers dans l'article 14 de l'arrêté du 6 décembre 1982 : *"Le constructeur ou le réparateur doivent prendre toutes les dispositions rendues nécessaires par la proximité de lignes électriques, d'ouvrages souterrains, de voies de communication ou de zones habitées"*.

- L'article 24 de l'arrêté du 11 mai 1970, bien que ne mentionnant pas nommément la protection des canalisations vis à vis des travaux de tiers, indique que *"toute canalisation enterrée dans le domaine public et sans gaine doit être signalée par un dispositif avertisseur disposé à au moins 20 cm au-dessus de la canalisation"*.
On retrouve la même approche dans l'article 1.7.1 de l'arrêté du 21 avril 1989 : *"La canalisation est placée dans un ouvrage de protection :*
- *Pour la traversée de voie ferrée*
- *Pour les traversées des autoroutes et voies à grande circulation [...].*
[...] Lorsque la traversée se fait dans un ouvrage de protection, il est procédé à la mise en place d'une galette de béton d'un moins 0,10 mètre d'épaisseur ou d'un dispositif avertisseur (grillage ou équivalent) placé à 0,20 mètre au dessus de la canalisation. Dans tous les cas, la canalisation reçoit un revêtement renforcé".
- L'article 34 de l'arrêté du 11 mai 1970, bien que ne mentionnant pas un risque particulier d'agression par travaux de tiers, indique que *"tout ouvrage de transport doit être muni des [...] bornes de repérage ou dispositifs équivalents fixant l'emplacement de la canalisation"*. De la même façon, l'article 5.4 de l'arrêté du 21 avril 1989 indique que *"Le tracé de la canalisation est matérialisé sur le terrain par des bornes et balises"*.
- L'article 35 de ce même arrêté indique de plus que *"le transporteur est tenu d'établir et de maintenir à jour des plans faisant connaître le tracé effectivement suivi [...]. Un exemplaire de ces plans doit être transmis [...] à la Direction Départementale de l'Équipement, [...] Société Nationale des chemins de fer français, au préfet et au maire"*. Il en est de même pour l'article 24 de l'arrêté du 6 décembre 1982 qui indique que *"l'utilisateur est tenu d'établir et de maintenir à jour des plans faisant connaître le tracé effectivement suivi, avec l'indication [...] des points fixes, visibles de l'extérieur, par rapport auxquels est repérée la canalisation"* ainsi que pour l'article 5.4 de l'arrêté du 21 avril 1989 qui indique que *"le transporteur remet aux mairies des communes traversées par la canalisation et aux administrations désignées par le service de contrôle, des plans renseignés du tracé de la canalisation [...]. Il fournit toutes indications sur ses propres services de sécurité à alerter en cas d'incident, ou de travaux à proximité de la canalisation"*.
- L'article 1.2 de l'arrêté du 21 avril 1989 aborde les risques générés par les travaux agricoles de sous-solage ainsi que l'augmentation de la profondeur d'enfouissement comme mesure compensatoire en indiquant que *"dans les zones [...] où le sous-solage est pratiqué, le service du contrôle peut porter la profondeur normale d'un mètre à une valeur comprise entre 1,20 mètres et 1,50 mètres"*.
A l'inverse cet article laisse la possibilité d'enfouir la canalisation à une plus faible profondeur si aucune agression externe n'est à craindre : *"Lorsque la nature ou l'utilisation du sol évite à la canalisation des agressions extérieures, la profondeur normale peut être réduite jusqu'à 0,40 mètre [...]"*.

- L'article 5.4 de l'arrêté du 21 avril 1989 indique que les canalisations de transport doivent faire l'objet d'une surveillance afin notamment de prévenir les conséquences d'actions de tiers : *"Une surveillance visuelle et locale est exercée tout le long de la canalisation afin [...] de prévenir les conséquences d'actions de tiers"*.

Deux textes réglementaires sont plus particulièrement relatifs à la prévention des risques générés par l'exécution de travaux de tiers à proximité d'ouvrages de transport. Il s'agit du décret du 14 octobre 1991 ([13]), relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution ainsi que l'arrêté du 16 novembre 1994 ([14]) pris en application des articles 3, 4, 7 et 8 du décret.

Ces textes imposent que :

- Chaque exploitant d'un ouvrage de transport ou de distribution (canalisations de transport incluses) établit et met à jour des plans de territoires communaux sur lesquels apparaît la zone qui englobe tous les points du territoire situés à moins de 100 m de cet ouvrage. Cette zone est appelée "Zone d'implantation de l'ouvrage" et chaque plan d'un territoire communal de ce type est appelé "Plan de zonage des ouvrages". Ces plans doivent être déposés aux mairies des communes concernées par la zone d'implantation de l'ouvrage.
- Toute personne envisageant la réalisation de certains travaux, susceptibles d'agresser un ouvrage de transport ou de distribution situé à proximité, sur le territoire d'une commune se renseigne auprès de la mairie de cette commune sur l'existence de tels ouvrages et adresse une DR (demande de renseignement : formulaire fourni en annexe A) à chacun des exploitants d'ouvrages qui ont obligation de communiquer les coordonnées de la personne ou de l'organisme chargé de recevoir ces différentes demandes.

L'objet de cette demande est d'obtenir dès le stade de l'élaboration d'un projet de travaux, des renseignements relatifs à l'existence éventuelle d'ouvrages situés à proximité des travaux envisagés afin que ceux-ci puissent être exécutés en toute sécurité.

- Les exploitants destinataires des DR répondent dans un délai d'un mois à compter de la date de réception de la demande.
- Les entreprises chargées de l'exécution des travaux adressent une DICT (déclaration d'intention de commencement de travaux : formulaire fourni en annexe B) à chaque exploitant. Cette déclaration doit être reçue par les exploitants dix jours, jours fériés non compris, au moins avant la date de début des travaux.

- Les exploitants doivent alors leur répondre afin que la réponse soit reçue au plus tard la veille de la date de début des travaux. Si les travaux sont effectués à proximité d'ouvrages, les exploitants, en accord avec l'exécutant des travaux, définissent les mesures à prendre pendant les travaux pour s'assurer de l'intégrité des ouvrages.
A noter que l'exécutant des travaux a obligation de rédiger une consigne écrite pour formaliser ces mesures auprès de son personnel.
- Les exploitants des ouvrages doivent aussi communiquer aux mairies des communes concernées par la zone d'implantation de l'ouvrage, les références de l'organisme à contacter en cas d'urgence, s'il existe.

Enfin, le projet d'arrêté en date du 24 mai 2004 réglementant la sécurité des canalisations de transport de gaz combustible liquides ou liquéfiés et de produits chimiques qui abrogera en totalité ou en partie les règlements de sécurité antérieurs aborde les travaux de tiers à proximité d'une canalisation de transport en renvoyant aux textes réglementaires spécifiques listés ci-dessus et en imposant au transporteur la conservation, pendant au moins cinq ans, des dossiers d'instruction des DICT ainsi que la mise en place d'un dispositif avertisseur lors de la construction de nouvelles canalisations de transport.

4.2 RÉGLEMENTATION EUROPÉENNE

A l'heure de la rédaction de ce rapport, il n'existe pas, à proprement dit, de réglementation européenne dans le domaine des canalisations de transport. Cependant, des études comparatives sur les réglementations propres à chaque pays membre de l'Union Européenne ont été menées. Certaines contiennent des informations relatives à la prévention des agressions par travaux de tiers dans les différents pays. Il s'agit notamment des études suivantes :

- Benchmark réglementaire pour le contrôle des accidents majeurs impliquant des canalisations : questionnaire envoyé aux autorités compétentes des états membres de l'UE et analyse des réponses (document établi par G. Papadakis, pour le compte du JRC / MAHB [15]) ;
- Comparaison des réglementations européennes sur les agressions par travaux de tiers (document établi par le TNO pour le compte de l'UE [16]) ;

4.2.1 Benchmark réglementaire (JRC)

Dans le cadre de l'harmonisation des pratiques européennes en matière de contrôle des accidents majeurs technologiques, l'UE a adressé un questionnaire aux autorités compétentes des différents états membres sur les réglementations nationales en vigueur relatives à la sécurité des canalisations de transport de matières dangereuses. Une analyse des réponses a été réalisée.

Dans cette analyse, un certain nombre d'informations relatives au contrôle des agressions par travaux de tiers ont été recensées.

Il a notamment été demandé aux états membres leur position quant à la mise en place d'un système d'information, qui obligerait :

- l'opérateur à fournir des informations sur le tracé exact de ses canalisations,
- les tiers à utiliser ce système avant tous travaux d'excavation à proximité d'une canalisation, afin de connaître son tracé exact,
- les propriétaires, utilisateurs et occupants des terrains où passent une canalisation à connaître son tracé exact sans avoir à les demander.

Les gestionnaires de ce système (opérateurs ou autres) auraient le devoir de fournir les informations et l'assistance aux tiers réalisant des travaux d'excavation.

La position des états membres quant à ce système (reçues en 1998 et 1999) ont été synthétisées dans le tableau ci-dessous, qui montre :

- si des dispositions existent déjà dans la réglementation nationale,
- quel est leur niveau de détail,
- si des nouvelles mesures sont envisagées.

	Autriche	Belgique	Allemagne	Danemark	Espagne	France	Finlande	Grande-Bretagne	Grèce	Italie	Irlande	Pays-Bas	Suède	Portugal
Dispositions dans les lois nationales		✓	✓	-	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✓	-	✓	..?
Plus ou moins détaillées		📁	✓	-	📁	📁	📁		📁	📁	📁	-	📁	📁
Mesures envisagées	✓	✗	✗	-	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗	-	✗	✗

✓ OUI

✗ NON



Les données concernant la mise en place du système d'information sont insuffisantes par rapport aux propositions de l'UE.



Les propositions de l'UE sont couvertes partiellement par les dispositions nationales (pas d'exigences particulières pour la mise en place d'un système d'information).

- La réponse de l'état ne permet pas d'établir sa position sur le sujet.

A la lecture de ce tableau, il apparaît que :

- La plupart des états membres disposent, dans leur réglementation, d'éléments concernant un système d'information des tiers sur la présence des canalisations de transport de matières dangereuses ;
- Seule la réglementation allemande est conforme aux propositions de l'UE concernant ce système d'information. Les autres pays estiment répondre de façon partielle ou insuffisante à ces propositions ;
- La plupart des états membres n'envisagent pas de mettre en œuvre de nouvelles mesures relatives à ce système d'information.

4.2.2 Etude comparative des réglementations européennes sur les agressions par travaux de tiers (TNO)

Le TNO a réalisé une étude comparative des mesures prises par rapport au contrôle des agressions par travaux de tiers dans plusieurs pays membres de l'Union Européenne.

Cette étude présente deux tableaux qui sont repris intégralement en annexe C.

Le premier tableau concerne les canalisations de gaz. Les principales mesures compensatoires prises par l'exploitant ainsi que les actions à faire par les tiers avant de commencer des travaux sont présentées pour 7 pays européens.

Le second tableau est relatif aux canalisations d'hydrocarbures liquides. Les données présentées dans ce tableau sont, la présence ou non d'une mesure spécifique : la présence d'un centre unique d'appel, les principales actions de l'exploitant et les réglementations concernant les responsabilités en cas d'incident ou d'accident sur la canalisation.

Pour les canalisations de gaz, il paraît que les mesures les plus couramment évoquées sont le repérage de la canalisation par des balises et des bornes et la surveillance de la canalisation. Les travaux de tiers sont contrôlés par l'exploitant et les tiers doivent signaler tous travaux avant de commencer dans la majeure partie des pays. Dans un seul pays, le Pays-Bas, un centre d'appel unique est mis en place au niveau national.

Pour les canalisations de transport d'hydrocarbures liquides, les mesures les plus couramment évoquées sont la surveillance du pipeline et l'information aux tiers, mairies, propriétaires terriens, secours, industrie. La présence d'un numéro d'appel unique est a priori plus répandue que pour les canalisations de gaz mais reste limitée. La responsabilité en cas de dommage est très variable selon les pays.

En règle générale, ces tableaux sont assez inhomogènes et il n'est pas forcément aisé de faire des comparaisons entre pays et entre produits transportés. Cependant, que ce soit pour les canalisations de gaz ou d'hydrocarbures liquides, le repérage de la canalisation est la mesure la plus répandue.

4.3 REVUE DES PRINCIPALES NORMES EUROPÉENNES

Les travaux de tiers ainsi que la mise en place de mesures compensatoires spécifiques par rapport à ces sources d'agression sont abordés dans les normes européennes suivantes :

- **Norme NF EN 1594 (Mai 2000) [17]** : Norme européenne relative aux systèmes d'alimentation en gaz (naturel) : Canalisations pour pression maximale de service supérieur à 16 bar – prescriptions fonctionnelles.
- **Norme EN 14161 (Avril 2003) [18]** : Industries du pétrole et du gaz naturel – Système de transport par conduites (ISO 13623:2000 modifiée).

La norme NF EN 1594 mentionne dans son article 5.2 que "*les mesures possibles permettant de garantir la sécurité lors de la conception, de la construction et de l'exploitation sont [...]*"

- *Il est recommandé de définir une zone de surveillance, afin de surveiller les travaux des tiers en vue d'assurer l'intégrité de la canalisation.*
- *La canalisation doit être à une profondeur supérieure à celle susceptible d'être atteinte par les activités agricoles/horticoles normales réalisées dans la zone. [...]*
- *Des protections mécaniques complémentaires peuvent diminuer les risques de dommage causés par l'activité des tiers. [...].*
- *Il est recommandé que le tracé des canalisations soit indiqué par des systèmes de repérage tels que des bornes ou balises.*
- *La sécurité des canalisations peut être améliorée par la fréquence des actions de surveillance."*

La norme EN 14161 mentionne notamment que "*les facteurs à prendre en compte lors du choix du tracé comprennent [...] les activités des tiers*" (article 6.2.1.1) et qu' "*il convient d'identifier et d'évaluer les activités des tiers le long du tracé de la conduite en consultant lesdites parties*" (article 6.2.1.5).

Cette même norme dispose d'un article propre aux travaux de tiers (article 6.8.1) qui traite de façon très générale des protections à mettre en œuvre en indiquant que "*les exigences de protection doivent être établies comme partie intégrante de l'évaluation de sécurité*" des conduites.

Elle donne malgré tout des exemples de protection en mentionnant que "*La protection des conduites à terre comprend le recouvrement, une plus forte épaisseur des parois, les bornes et grillage avertisseurs, les protections mécaniques, la maîtrise de l'accès à la conduite ou une combinaison de ces mesures.*"

Elle est un peu plus précise en ce qui concerne le repérage en indiquant qu' "*il convient que les bornes soient érigées au croisement des routes, des voies ferrées, des rivières et des canaux ou en tout autre endroit pour permettre aux autres utilisateurs de la zone d'identifier l'emplacement des conduites. Il convient de prendre en considération l'utilisation du grillage avertisseur pour les conduites à terre enterrée.*"

A noter que des exemples d'activités à prendre en compte sont fournis par la norme dans ce même article. Il s'agit des activités comprenant "*les autres utilisateurs du sous-sol, la circulation, les cultures, les drainages, la construction de bâtiment et les travaux sur la voie publique, les voies ferrées, les voies fluviales et les exercices militaires.*"

Enfin, la norme préconise d'enfouir les canalisations enterrées à des profondeurs minimales selon l'emplacement et précise d'une part que "*l'épaisseur de la couverture ne doit pas être inférieure à la profondeur de culture habituelle*" en ce qui concerne les activités agricoles ou horticoles et laisse d'autre part, la possibilité d'enterrer les canalisations à des plus faibles profondeurs que celles préconisées à condition "*qu'un niveau similaire de protection soit prévu par des méthodes alternatives*".

4.4 CONCLUSION

La réglementation française ainsi que les principales normes françaises et européennes abordent la gestion des risques générés par les activités de tiers sur les canalisations de transport sous trois aspects principaux :

- La mise en place de mesures compensatoires techniques pour limiter le risque d'agression des canalisations (tracé de la canalisation, sur-profondeur d'enfouissement, dalle béton, grillage avertisseur, sur-épaisseur, bornage..).
- La mise en place de mesures informatives pour que les travaux réalisés à proximité des canalisations soient déclarés auprès des exploitants des ouvrages concernés.
- La surveillance des canalisations plus ou moins renforcée selon les risques.

D'une manière générale, la mise en place de mesures compensatoires techniques est laissée au choix de l'exploitant qui pourra réaliser pour ce faire une évaluation de la sécurité de la canalisation. On peut cependant noter qu'un certain nombre de mesures compensatoires sont suggérées.

En ce qui concerne la réalisation de travaux à proximité des canalisations de transports, la réglementation française impose d'une part, aux exploitants d'ouvrage de fournir des informations relatives au tracé de leur ouvrage auprès des mairies concernées, et d'autre part, aux entreprises chargées de l'exécution des travaux de se renseigner sur la présence éventuelle d'un ouvrage et de prendre contact avec les divers exploitants d'ouvrages par l'intermédiaire de formulaires types (DR et DICT).

Enfin, relativement à la surveillance des canalisations, celle-ci est abordée dans plusieurs normes et règlements sans pour autant expliciter les moyens à mettre en œuvre.

5. ÉTAT DE L'ART SUR LES MESURES COMPENSATOIRES

5.1 GÉNÉRALITÉS ET CLASSIFICATION DES MESURES COMPENSATOIRES

Ce chapitre a pour but de présenter des mesures compensatoires par rapport aux travaux de tiers qui sont soit couramment utilisées chez les transporteurs soit en cours de développement.

Ces mesures compensatoires concernent les dispositions prises tant aux stades de la conception et de la construction qu'au stade de l'exploitation de l'ouvrage. Elles sont de nature soit technique, soit organisationnelle.

Les mesures compensatoires retenues dans le présent document sont les suivantes :

- choix du tracé de la canalisation,
- mise en place d'un tube avec une épaisseur supérieure à celle requise par les règles de conception,
- enfouissement de la canalisation à une profondeur supérieure à la profondeur issue de la réglementation,
- mise en place d'une protection mécanique autour ou au-dessus du tube,
- repérage de l'ouvrage,
- surveillance du sol,
- information et vulgarisation des tiers,
- nouvelles techniques (détecteurs de chocs, veille satellitaire).

Les mesures compensatoires permettant de réduire la gravité d'un accident potentiel (renforcement des moyens de détection de fuite, ajout de vannes de sectionnement, réduction de la pression d'exploitation...) ne sont pas intégrées dans le présent document car elles sont mises en œuvre selon le type d'environnement et non selon le type de cause pouvant être à l'origine d'un accident.

A noter que la majeure partie de ces mesures compensatoires sont décrites dans le rapport GESIP n° 2004/03 [1].

Un paragraphe est dédié à chaque mesure compensatoire. Ces paragraphes sont composés d'une partie descriptive des mesures compensatoires ainsi que lorsqu'ils existent, des éléments permettant d'apprécier la performance de ces mesures.

5.2 CHOIX DU TRACÉ DE LA CANALISATION

Le choix du tracé de la canalisation doit éviter dans la mesure du possible de traverser des zones où il y a potentiellement plus de risques d'agression générée par des tiers comme a priori le sont les zones à forte densité de population.

Cependant, en zone rurale, existent d'autres types d'agressions que ceux que l'on rencontre en zone urbaine, comme notamment ceux générés par les travaux agricoles. De plus, la détection de travaux non déclarés semble moins aisée.

Relativement aux travaux de tiers, il n'est pas a priori si facile d'estimer le gain, excepté en terme de conséquences d'un tracé en zone rurale par rapport à un tracé en zone urbaine. Malgré cela, les études réalisées par le HSE (Health & Safety Executive) à partir des données BG Transco (extrait de [9]) et par Gasunie (extrait de [6]) tendent à démontrer qu'il y a un gain, même s'il est relativement minime, à choisir un tracé en zone à faible densité de population.

Les deux paragraphes suivants présentent succinctement les résultats de ces deux études.

5.2.1 Etude HSE à partir des données BG Transco

Cette étude fournit une fréquence d'accidents avec fuite ou rupture en fonction de la localisation de la canalisation (cf. tableau suivant).

Localisation	Longueur de canalisation [km]	Expérience [km.an]	Nombre d'accidents	Fréquence de défaillance [1000 km.an] ⁻¹
Milieu rural	16 156	386 398	22	0,057
Banlieue	1 580	40 664	9	0,221
Ville	34	761	1	1,314
Inconnu	1338	29431	0	-

Tableau 11 : fréquence d'accident en fonction de la localisation, BG Transco

La donnée relative à la fréquence de défaillance en ville (en italique) traduit le manque de robustesse de l'analyse statistique menée sur un nombre d'accidents très faibles, puisque dans cette catégorie, un seul accident conduit à estimer une fréquence probablement sur-estimée.

Le tableau montre que la fréquence de défaillance en banlieue est 4 fois plus grande qu'en milieu rural.

Dans la pratique, il convient de remarquer que la profondeur d'enfouissement et l'épaisseur de la canalisation sont eux aussi fortement liées à la localisation.

5.2.2 Etude Gasunie

Gasunie a étudié l'influence de la densité de population sur la fréquence d'impact. Pour cela, la densité de population a été recensée dans un cercle de 10 hectares autour de la canalisation. Si le nombre de personnes présentes dans cette aire est inférieur à 2,5, la canalisation est classée en zone rurale. Si le nombre de personnes présentes est supérieur à 2,5, la canalisation est classée en zone urbaine ou suburbaine.

Pour les activités indépendantes de la profondeur (mise en œuvre de pieux, battage, forage...), une fréquence d'impact de la canalisation a été calculée :

Pour les zones urbaine ou suburbaine $6,2 \cdot 10^{-4} \text{ km}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$

Pour les zones rurales $1,7 \cdot 10^{-4} \text{ km}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$

Pour les activités dépendantes de la profondeur (pose de câble, activité de drainage, nettoyage, creusement et dragage de fossé, labourage, mouvement de terrain, activités de construction...), les résultats sont donnés par le graphe

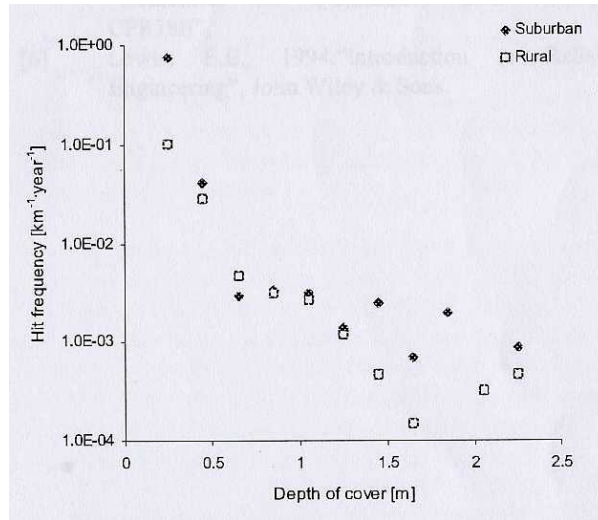


figure 3 : fréquence d'impact (hit frequency) en fonction de la profondeur d'enfouissement (depth of cover), Gasunie

D'après le graphe il est possible de dire que la fréquence d'impact suit une distribution exponentielle décroissante.

Si on appelle F la fréquence d'impact et d la profondeur d'enfouissement, les relations suivantes peuvent être définies pour des diamètres allant de 0,4 à 2 m pour les travaux dépendant de la profondeur :

$$F_{suburbain}(d) = e^{-1,8.d-3,8} \text{ km}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$$

$$F_{rural}(d) = e^{-3,0.d-3,0} \text{ km}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$$

Pour des diamètres inférieurs à 0,4 m et supérieurs à 2 m, l'incertitude sur les données est trop grande pour pouvoir définir une relation.

Enfin, en additionnant les fréquences relatives aux activités dépendantes et indépendantes de la profondeur d'enfouissement, on obtient les formules suivantes :

$$F_{suburbain}(d) = 6,2 \cdot 10^{-4} + e^{-1,8.d-3,8} \text{ km}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$$

$$F_{rural}(d) = 1,7 \cdot 10^{-4} + e^{-3,0.d-3,0} \text{ km}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$$

Le tableau suivant permet d'évaluer à partir de ces formules l'écart entre ces fréquences selon la profondeur d'enfouissement.

Profondeur (m)	Fsuburbain (km ⁻¹ .an ⁻¹)	Frural (km ⁻¹ .an ⁻¹)	Fsuburbain/Frural
0,6	8,22. 10 ⁻³	8,40. 10 ⁻³	1,0
0,8	5,92. 10 ⁻³	4,69. 10 ⁻³	1,3
1	4,32. 10 ⁻³	2,65. 10 ⁻³	1,6
1,2	3,20. 10 ⁻³	1,53. 10 ⁻³	2,1
1,4	2,42. 10 ⁻³	9,17. 10 ⁻⁴	2,6
1,6	1,88. 10 ⁻³	5,80. 10 ⁻⁴	3,2
1,8	1,50. 10 ⁻³	3,95. 10 ⁻⁴	3,8
2	1,23. 10 ⁻³	2,93. 10 ⁻⁴	4,2

Tableau 12 : Fréquence de défaillance en fonction de la profondeur et de la localisation

Le tableau montre que la fréquence d'impact en milieu suburbain est de 1 à 4 fois plus grande qu'en milieu rural selon la profondeur d'enfouissement.

Le tableau montre aussi que la fréquence d'impact varie en fonction de la profondeur d'enfouissement. Passer d'une profondeur d'enfouissement de 1 m à une profondeur de 2 m divise par 4 en milieu suburbain et par 9 en milieu rural la fréquence d'impact. Cette mesure est détaillée dans le paragraphe 5.4.

5.3 MISE EN PLACE D'UN TUBE AVEC UNE ÉPAISSEUR SUPÉRIEURE À CELLE REQUISE PAR LES RÈGLES DE CONCEPTION

L'épaisseur d'un tube est définie selon des règles de conception liées à la nature du produit, la pression d'exploitation, le diamètre du tube, la nature de l'acier et l'environnement traversé.

L'épaisseur minimale e du tube est donnée par la formule :

$$e = \frac{D}{2.S.CS} . P$$

où

P est la pression de calcul

S est la contrainte transversale correspondant à la pression de calcul

CS est le coefficient de sécurité fonction du produit transporté et de la nature de l'environnement. Ce coefficient est fixé par la réglementation

D est le diamètre

La mise en place d'un tube ayant une épaisseur supérieure à celle définie selon les règles de conception exposées ci-dessus, permet d'augmenter la résistance de ce tube à un impact externe comme le démontrent les études réalisées par le HSE (extrait de [9]) à partir des données BG Transco et à partir des données EGIG (European Gas Pipeline Incident data Group) et par Gaz de France (extrait de [19]). Les résultats de ces études sont présentés dans les paragraphes suivants.

5.3.1 Etude HSE à partir des données BG Transco

L'IGE (Institution of Gas Engineers) donne les épaisseurs minimales des tubes pour les pipelines de transport. Ces valeurs ont servi de référence à l'étude réalisée par HSE.

La base de données de BG Transco a été étudiée pour déterminer l'influence d'une surépaisseur sur la fréquence de défaillance des tubes.

Le tableau suivant montre la fréquence de défaillance due aux agressions de tiers, selon que l'épaisseur du tube est inférieure ou supérieure à l'épaisseur minimale fournie par l'IGE.

Classe de diamètre [mm]	Epaisseur minimale [mm]	Epaisseur [mm]				
		$\leq 4,8$	$4,8 < e \leq 6,4$	$6,4 < e \leq 7,9$	$7,9 < e \leq 9,5$	$e > 9,5$
		Fréquence de défaillance [1000 km.an] ⁻¹				
≤ 150	4,8	0,425	0,083	-	-	-
$150 < D \leq 450$	6,4		0,212	0,087	0,049	-
$450 < D \leq 600$	7,9			-	-	-
$600 < D \leq 900$	9,5				-	0,01
$900 < D \leq 1050$	11,9					-
$1050 < D$	12,7					-

Tableau 13 : fréquence de défaillance en fonction de l'épaisseur et du diamètre, BG Transco

■ : non pertinent car une canalisation de ce diamètre a forcément une épaisseur supérieure.

Le tableau ci-dessus montre que la fréquence de défaillance diminue avec l'augmentation de l'épaisseur.

Cependant, il convient de remarquer que les données sont peu fournies pour les canalisations dont le diamètre excède 450 mm. Il n'est donc pas possible de se prononcer à partir de ces données sur l'efficacité d'une surépaisseur pour les canalisations de ces diamètres.

5.3.2 Etude HSE à partir des données EGIG

Une analyse de la fréquence d'accidents issus de travaux de tiers en fonction de l'épaisseur a été menée. Elle fait l'objet du tableau suivant :

Epaisseur (mm)	Nombre d'accident pour 1 000 km par an			
	Perforation	Brèche	Rupture	Total
0 à 5	0,130	0,315	0,170	0,615
5 à 10	0,029	0,098	0,043	0,170
10 à 15	-	0,022	-	0,022

- valeur non disponible

Tableau 14 : fréquence de défaillance en fonction de l'épaisseur, EGIG

L'épaisseur d'un tube est reliée notamment au diamètre du tube. Les données utilisées dans cette étude ne donnaient pas d'information quant au diamètre du tube et si l'épaisseur retenue était ou non supérieure à l'épaisseur minimale issue des standards. Néanmoins, on peut conclure que l'augmentation de l'épaisseur du tube diminue la probabilité d'avoir une défaillance suite à des travaux de tiers.

5.3.3 Etude Gaz de France

Gaz de France a réalisé des études concernant la résistance des canalisations aux dommages externes.

Ces travaux s'appuient sur les travaux de l'EPRG (European Pipeline Research Group) qui définissent la force nécessaire pour percer une canalisation.

$$F_{ponction} = 0,232(L_{dent} + l_{dent})(t.UTS)^{1,087}$$

où

L_{dent} est la longueur de la dent de l'excavateur (mm)

l_{dent} est la largeur de la dent de l'excavateur (mm)

t est l'épaisseur du tube (mm)

UTS est la limite d'élasticité (MPa)

La force maximale déployée par l'excavateur est reliée avec sa masse par

$$F_{max} = 14,2m_{excavateur}^{0,928}$$

Les dimensions des dents sont corrélées avec sa masse par la relation suivante :

$$(L_{dent} + l_{dent}) = 29,4m_{excavateur}^{0,4}$$

Il est alors possible de normaliser les deux forces en les divisant par $(L_{dent} + l_{dent})$

$$F_{ponction_normalisée} = 0,232(t.UTS)^{1,087}$$

$$F_{max_normalisée} = 0,483m_{excavateur}^{0,528}$$

En cas de ponction, les dimensions de la fuite dépendent des dimensions de la dent. Si la fuite est trop importante, elle dégénère en rupture.

Le but de l'étude de Gaz de France est de faire une estimation de la probabilité d'endommagement des canalisations en développant une méthode statistique basée sur les caractéristiques de la canalisation et la masse de l'engin excavateur.

Pour la canalisation les caractéristiques étudiées sont le diamètre, l'épaisseur du tube et la limite d'élasticité.

La figure suivante présente la répartition en masse des excavateurs en milieu rural et urbain. Une distribution Beta permet de représenter correctement cette répartition.

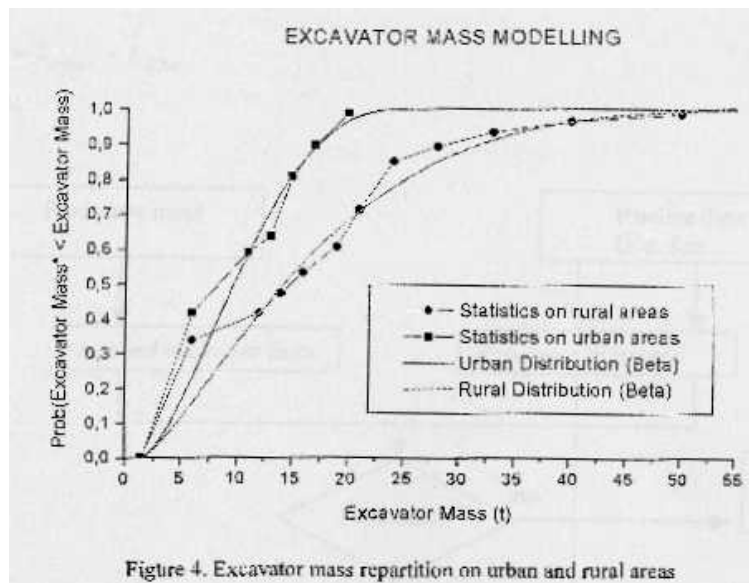


figure 4 : Répartition des masses des excavateurs en milieu rural et urbain, Gaz de France

L'agression par un excavateur peut mener à trois scénarios : défaut stable sans fuite (damage), fuite de gaz (leak) et rupture de la canalisation (break). Les probabilités d'occurrence de ces trois scénarios sont complémentaires.

Le schéma suivant montre l'organigramme de défaillance.

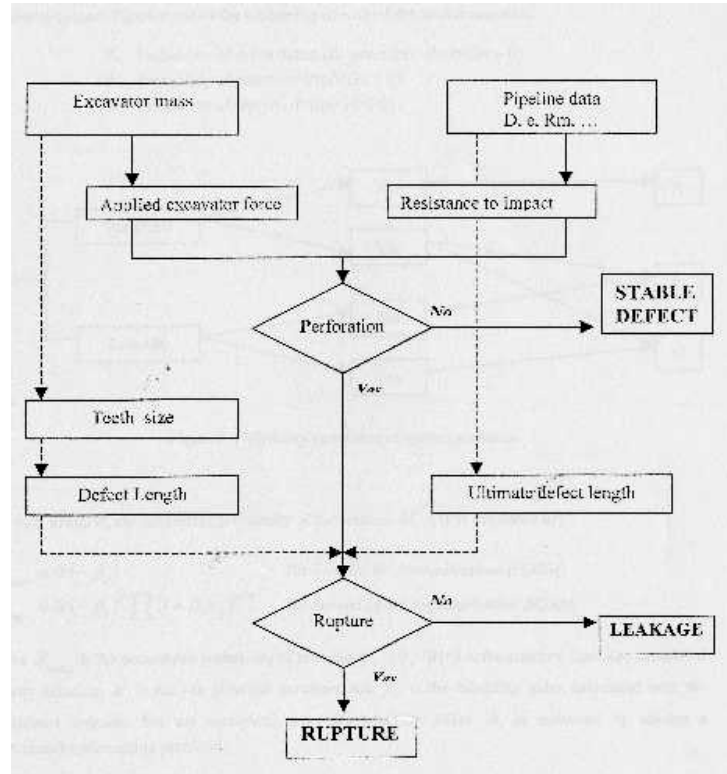


figure 5 : Organigramme de défaillance, Gaz de France

A partir de cet organigramme, Gaz de France a développé une méthode permettant de calculer les différentes probabilités en définissant deux seuils : un seuil de limite de fuite lorsque la force de ponction atteint la force de résistance de la canalisation et un seuil de limite de rupture lorsque la dimension de la fuite atteint la longueur critique. Cette méthode est comparée avec la méthode de Monté-carlo qui aurait pu être utilisée pour faire ces simulations.

Les résultats obtenus avec cette méthode sont exposés dans le tableau et la figure suivants.

Pipeline thickness (mm)	6	8	10
Probability of damage (MC)	0.276	0.552	0.795
Probability of damage (FORM)	0.278	0.552	0.794
Probability of leak (MC)	0.100	0.368	0.205
Probability of leak (FORM)	0.101	0.369	0.206
Probability of rupture (MC)	0.623	0.079	0.000
Probability of rupture (FORM)	0.621	0.079	0.000

Tableau 15 : Probabilité de défaillance en fonction de l'épaisseur, Gaz de France

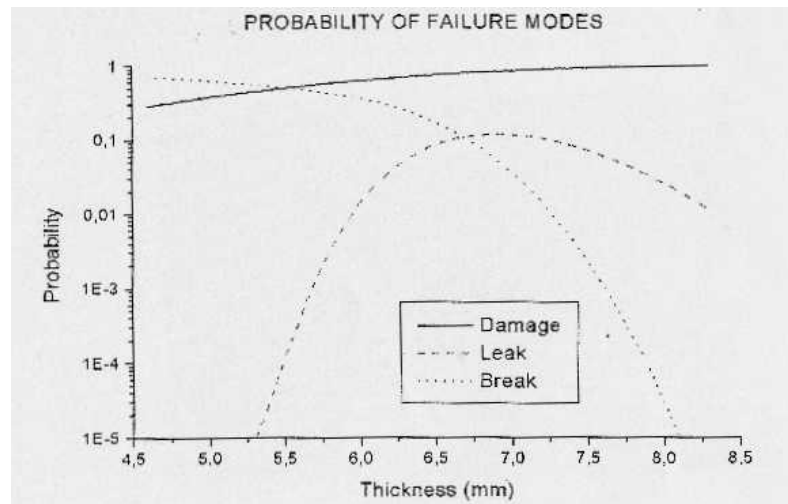


Figure 6 : Répartition des dommages simples, fuites et ruptures en fonction de l'épaisseur, Gaz de France

Le tableau montre qu'en cas d'agression externe, la probabilité d'avoir soit une fuite, soit une rupture, diminue avec l'augmentation de l'épaisseur des canalisations.

La figure montre, quant à elle, sans surprise, que pour des épaisseurs de canalisation importantes, la probabilité d'avoir une fuite en cas d'agression externe est plus importante que celle d'avoir une rupture de canalisation alors qu'inversement pour de faibles épaisseurs, la probabilité d'avoir une rupture de canalisation est supérieure à celle d'avoir une simple fuite.

5.4 ENFOUISSEMENT DE LA CANALISATION À UNE PROFONDEUR SUPÉRIEURE À LA PROFONDEUR ISSUE DE LA RÉGLEMENTATION.

En France, la profondeur d'enfouissement minimale des canalisations de transport est régie par des exigences réglementaires (0,8 m ou 1 m selon la date de construction de la canalisation).

Plus une canalisation est enterrée profondément et moins elle est susceptible d'être atteinte par des travaux de tiers, sachant que la plupart des engins sont limités à des profondeurs inférieures à 1 mètre.

La sur-profondeur d'enfouissement peut être obtenue soit en creusant plus, soit en ajoutant un merlon. Cette mesure contrairement aux précédentes peut être introduite en cours d'exploitation.

Des études relatives à l'impact de la profondeur d'enfouissement d'une canalisation sur la fréquence de dommages par travaux de tiers ont été réalisées par le HSE à partir des données BG Transco et EGIG (extrait de [9]) et par Gasunie (extrait de [20]). Elles confirment le gain apporté par la profondeur d'enfouissement en ce qui concerne les risques d'agression par des travaux de tiers.

5.4.1 Etude HSE à partir des données BG Transco

Différentes études ont été menées au fil des ans par BG Transco sur l'influence de la profondeur d'enfouissement vis-à-vis des dommages causés par les travaux de tiers.

Selon Knight et Klieve, à partir de 3 pieds (91 cm), la profondeur d'enfouissement n'a plus d'influence vis-à-vis des travaux de tiers.

En 1981, Neuville a approfondi la question. Ses conclusions sont que l'influence de la profondeur d'enfouissement sur les travaux de tiers est significative. En augmentant la profondeur de 3 pieds (91 cm) à 4 pieds (1,22 m), le risque est réduit de 38 %. Augmenter cette profondeur de 3 à 5,25 pieds (1,6 m), réduit le risque de 64 %.

Fearnehough et Corder en 1989, en étudiant les bases de données, ont montré que 50% des accidents dus à des travaux de tiers concernent les 30% de canalisations enfouies à moins de 1,05 m et que, augmenter la profondeur de 1,1 à 2 m réduit la fréquence de dommages liés à des travaux de tiers d'un facteur 6. Il est intéressant de noter que dans une étude BG ([21]) datant de 1995, Corder indique en conclusion de l'étude que la fréquence des dommages générés par des travaux de tiers est réduite par un facteur 10 en augmentant la profondeur d'enfouissement de 1,1 à 2,2 mètres.

L'influence de l'épaisseur suite à l'analyse de la base de données de BG Transco est donnée dans le tableau suivant.

Epaisseur de couverture [m]	Expérience [km.an]	Nombre de défaillances	Fréquence de défaillance [1000 km.an] ⁻¹
<0,91	90 120	16	0,178
0,91- 1,22	237 437	13	0,55
>1,22	79 261	3	0,038
Inconnu	50 436	0	-

Tableau 16 : fréquence de défaillance en fonction de l'épaisseur de couverture, BG Transco

Sans grande surprise, le tableau montre que la fréquence de défaillance diminue lorsque la profondeur d'enfouissement augmente.

De manière générale, il convient de prendre en compte que les canalisations sont enfouies plus profondément dans les lieux où le risque d'impact par un engin de travaux est plus important. Le tableau suivant montre ainsi, l'influence de la profondeur d'enfouissement sur la fréquence de défaillance pour différentes localisations.

Epaisseur de couverture [m]	Fréquence de défaillance [1000 km.an] ⁻¹		
	Rural	Banlieue	Urbain
<0,91	0,171	0,326	4,944
0,91- 1,22	0,047	0,135	-
>1,22	0,013	0,033	-

Tableau 17 : Fréquence de défaillance en fonction de l'épaisseur et de l'environnement, BG Transco

Les résultats obtenus confirment la tendance précédente. Quelle que soit la localisation, le fait d'augmenter la profondeur réduit la fréquence de défaillance. Ce tableau montre aussi qu'en zone urbaine ou en banlieue le risque de défaillance due à des travaux de tiers est accru. L'influence de la localisation du pipeline est approfondie dans le paragraphe 5.2.

5.4.2 Etude HSE à partir des données EGIG

Une analyse de la fréquence d'accidents issus de travaux de tiers en fonction de la profondeur d'enfouissement de la canalisation a été menée. Elle fait l'objet du tableau suivant :

Profondeur [cm]	Nombre de défaillances	Fréquence de défaillance (1000 km.an) ⁻¹	Facteur de réduction de la fréquence de défaillance
0 à 80	103	0,743	3,3
80 à 100	248	0,232	1,0
Plus de 100	120	0,156	0,7

Tableau 18 : Fréquence de défaillance en fonction de la profondeur, EGIG

Cette étude amène à la conclusion que l'augmentation de la profondeur d'enfouissement diminue la probabilité d'avoir une défaillance suite à des travaux de tiers.

A noter cependant que la réglementation française actuelle imposant une profondeur d'enfouissement supérieure ou égale à 1 mètre, cette étude ne permet pas d'évaluer le gain en terme de fréquence d'incident apporté par une profondeur d'enfouissement encore plus élevée.

5.4.3 Etude Gasunie

Gasunie a étudié l'influence de la profondeur d'enfouissement sur la fréquence des dommages attribués à des travaux de tiers.

Pour cela, les situations accidentelles recensées dans la base de données de Gasunie suivantes ont été retenues :

- travaux de tiers comme origine,
- connaissance de la profondeur d'enfouissement de la canalisation.

La figure suivante montre la répartition du nombre de dommages générés par des travaux de tiers sur les canalisations en fonction de la profondeur.

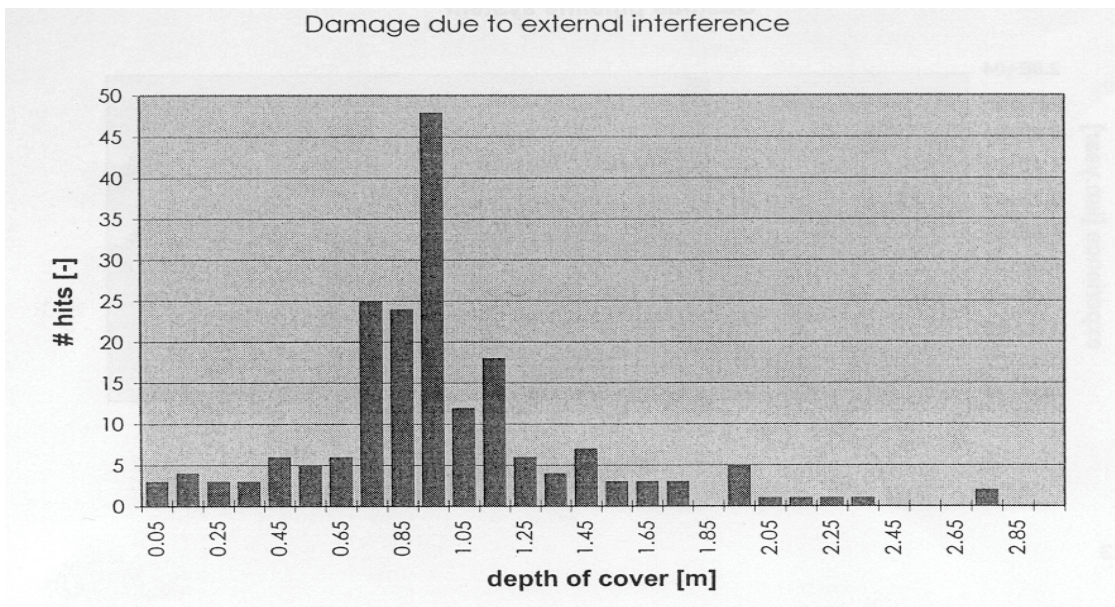


Figure 7 : nombre d'impacts en fonction de la profondeur, Gasunie

Afin d'estimer la relation entre profondeur d'enfouissement et fréquence des dommages générés par des travaux de tiers, Gasunie a évalué la distribution de la profondeur d'enfouissement sur l'ensemble du réseau de canalisations de transport des Pays Bas.

La figure suivante indique la répartition de la profondeur sur l'expérience du réseau.

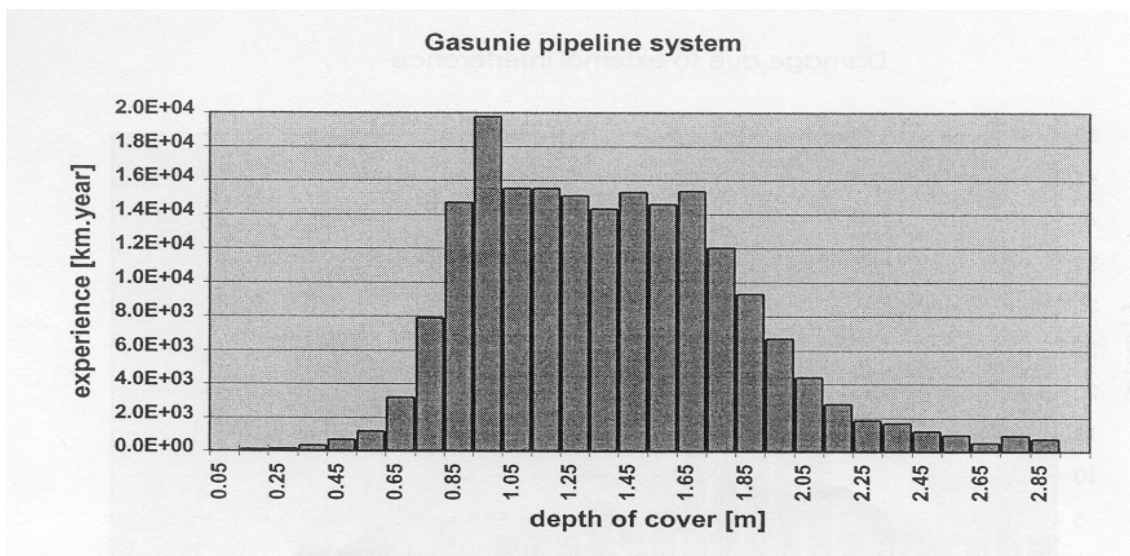


Figure 8 : Expérience en fonction de la profondeur d'enfouissement, Gasunie

En combinant les deux analyses précédentes, on déduit une fréquence de dommages en fonction de la profondeur.

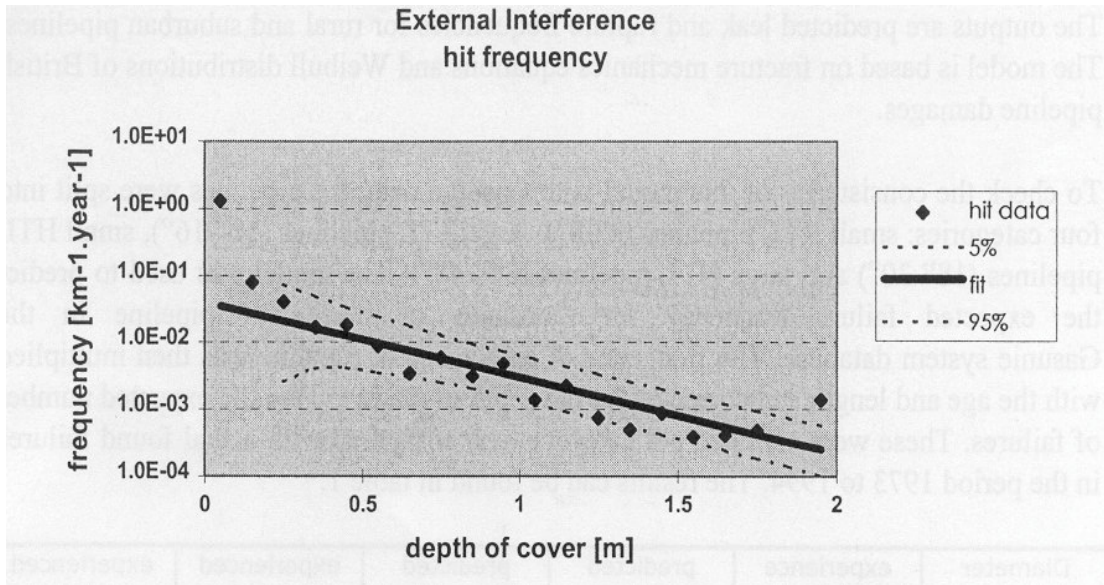


Figure 9 : Fréquence de défaillance en fonction de la profondeur d'enfouissement, Gasunie

Il ressort de cette analyse que la fréquence des dommages causés par des travaux de tiers est réduite d'un facteur de 10 tous les 88 cm de couverture supplémentaire.

5.5 MISE EN PLACE D'UNE PROTECTION MÉCANIQUE AUTOUR OU AU-DESSUS DU TUBE.

Une protection mécanique de la canalisation permet de protéger les canalisations des agressions externes et ainsi limite la fréquence d'accident sur la canalisation.

Les protections mécaniques peuvent être de deux types :

- protection (enterrée) mécanique du tube : dalle béton, piédroit, plaque acier, fourreau...
- protection aérienne de l'ouvrage : barrière de protection, grillage de limitation d'accès d'une zone

Les protections mécaniques du tube sont dans la plupart des cas utilisées avec une bande ou un grillage avertisseur de couleur qui permet de visualiser la canalisation.

La protection mécanique est dans l'ensemble efficace surtout lorsque la protection mécanique est combinée avec la mise en place de bande ou grillage avertisseur. Il peut être mis en place à n'importe quel moment de l'exploitation de la canalisation de transport.

Il faut cependant noter que :

- les protections mécaniques rendent l'accès au pipeline plus délicat et le contrôle externe du revêtement plus difficile ;
- les protections mécaniques ne peuvent être appliquées que sur des distances courtes ;
- les terres labourées ou cultivées nécessitent une profondeur d'enfouissement des ouvrages enterrés souvent supérieure à 0,6 m. De telles protections peuvent de ce fait ne pas être compatibles avec les cultures ;
- la charge supplémentaire relative à la protection mécanique doit être prise en compte.

Nous présentons dans la suite la synthèse d'une étude menée par British Gas (extrait de [21]) relative à l'évaluation du facteur de réduction de risque engendré par la pose de protections mécaniques.

British Gas a imaginé et réalisé une série d'essais mettant en œuvre différents engins excavateurs de chantier et différents moyens de protection de la canalisation. La démarche a été d'enterrer une canalisation et de demander à des opérateurs non informés de la présence de la canalisation de creuser une tranchée d'une profondeur supérieure à la profondeur de la canalisation. Pour s'assurer de la réalité de la simulation, le lieu a été choisi soigneusement et les environs de la canalisation enterrée ont été transformés pour ressembler à un chantier de construction. Une agence de contractuels a été engagée pour embaucher des équipes d'excavation (conducteurs et superviseurs) et ordonner aux équipes le creusement de la tranchée. L'instruction était de creuser une tranchée profonde pour les fondations d'un silo. L'agence devait s'assurer que les différentes équipes d'excavation retenues n'étaient pas au courant du but réel de l'excavation et étaient de provenances géographiques relativement éloignées pour minimiser les contacts entre elles et éviter les éventuelles interférences. Une nouvelle équipe a été choisie pour chaque test, en faisant attention à ce que l'équipe n'ait pas l'habitude d'utiliser les engins excavateur de 15-26 tonnes utilisés pour le chantier pour toute la série de tests.

La plupart des essais ont été observés à l'aide de caméras cachées pour voir la réaction des équipes d'excavation lors du contact avec la mesure compensatoire ou la protection. Les résultats des 53 essais sont présentés dans le tableau suivant :

Type de protection	Nombre d'essais	Résumé des résultats
Pas de protection.	2	La canalisation est endommagée dans les deux cas.
Bande avertisseuse sur la canalisation.	5	La canalisation est endommagée dans trois cas.
Dalle béton de trois mètres de large au-dessus de la canalisation.	16	La canalisation est endommagée dans trois cas.
Dalle béton marquée avec des bandes jaunes de trois mètres de large couplée avec une bande avertisseuse.	15	La canalisation n'est pas endommagée.
Dalle d'acier marquée de bandes jaunes de trois mètres de large couplée avec une bande avertisseuse.	15	La canalisation n'est pas endommagée

Tableau 19 : Résultats des essais de BG, sur la protection mécanique de la canalisation

Ce tableau donne un aperçu de l'efficacité de certaines mesures compensatoires.

En particulier, il est montré que les bandes avertisseuses ne présentent pas une protection certaine lorsqu'elles sont utilisées seules, en isolation, alors qu'elles semblent extrêmement efficaces lorsqu'elles sont combinées avec un autre système de protection.

L'explication vient du comportement de l'équipe d'excavation. Utilisée en isolation seule, la bande avertisseur n'est pas "sentie" par l'engin d'excavation et peut passer inaperçue. L'ajout d'une barrière supplémentaire de protection mécanique pousse le conducteur ou le superviseur à arrêter de creuser et à chercher ce qui est en contact avec l'engin. Sans bandes avertisseuses, la décision d'arrêter ou de continuer de creuser est prise de manière non uniforme et peut parfois conduire à un endommagement de la canalisation. Au contraire, la présence d'une bande avertisseuse placée près de la barrière de protection lors de la prospection arrête immédiatement les travaux ou au moins accroît la vigilance.

Pour résumé, les essais montrent que la présence d'une dalle béton ou de métal dans le sol ne signifie pas forcément, pour les conducteurs d'engins, la présence d'une canalisation ; la combinaison avec un système avertisseur (marqueur de couleur par exemple) est en revanche beaucoup plus efficace (sur les 30 essais réalisés avec la combinaison d'une dalle et d'un système avertisseur, la canalisation n'a jamais été endommagée).

5.6 REPÉRAGE DE L'OUVRAGE

Le repérage du tracé d'une canalisation par la mise en place de bornes, de balises et/ou de plaques signalétiques permet d'avertir toute personne ayant l'intention de réaliser des travaux à proximité d'un ouvrage, de l'existence de celui-ci.

Un certain nombre de normes et règlements préconise ou impose la mise en place de ce repérage sans pour autant donner de règles quant à leur positionnement permettant de s'assurer de son efficacité par rapport au but recherché.

Il n'existe pas, à notre connaissance, d'étude européenne, qui permet d'évaluer l'efficacité d'un tel dispositif, d'autant plus que celui-ci est présent le long du tracé de la majeure partie des canalisations et qu'il peut être très différent d'une canalisation à une autre.

Il semble malgré cela que le renforcement d'une telle signalisation serait à même de diminuer la probabilité que des travaux non déclarés soient réalisés à proximité d'un ouvrage.

Il reste cependant difficile de définir, d'une part, quel serait le repérage idéal et d'autre part, si le seul renforcement de ce repérage serait suffisant pour diminuer notablement le risque d'agression externe par travaux de tiers. Ce renforcement ne serait pas réellement efficace s'il était par exemple couplé avec une sensibilisation et une vulgarisation des riverains et/ou des entités susceptibles de réaliser ces travaux.

5.7 SURVEILLANCE DU SOL

La surveillance du sol est une méthode basée sur une inspection visuelle du voisinage de la canalisation, destinée à détecter préventivement tout risque d'agression due à l'environnement humain ou naturel (cette méthode ne se limite pas à la détection des travaux de tiers non déclarés).

Elle peut aussi servir à détecter un début de fuite avant que celle-ci ne prenne des proportions dommageables (dégagement gazeux, apparition de givre, coloration d'un point d'eau...)

La surveillance du sol est réalisée en utilisant les moyens suivants seuls ou combinés en fonction de la configuration du terrain, de la proximité de voie de circulation, de la longueur des ouvrages :

- surveillance par "marchage" (certaines sociétés utilisent aussi les services de résidents connaissant le tracé des canalisations),
- surveillance par point d'observation,
- surveillance aérienne : avion ou hélicoptère.

La surveillance du sol permet notamment de déceler les travaux à proximité tels que par exemple :

- travaux de génie civil, de voirie et réseaux divers,
- plantations et constructions privées,
- tranchées,
- drainages,
- labours profonds,
- récurages de canaux, rivières et fossés,
- implantations de lignes aériennes ou enterrées de télécommunications ou de transport d'électricité, etc...

La surveillance de la canalisation est une action menée par tous les transporteurs ou exploitants de canalisations mais les méthodes et les fréquences de surveillance ne sont pas standardisées et sont très différentes d'un transporteur à un autre.

La surveillance aérienne permet de parcourir la canalisation sur des longues distances en peu de temps mais n'est pas possible pour toutes les conditions météorologiques en particulier lorsqu'il y a des nuages. Elle n'est pas possible sur toutes les canalisations qui peuvent être cachées par des arbres par exemple. Elle permet de rappeler aux personnes habitant près des canalisations la présence de la canalisation si l'avion ou l'hélicoptère employé comporte la mention "pipeline" visible depuis le sol. De plus, une fréquence de survol très régulière est rapprochée nécessite un investissement important.

La surveillance au niveau du sol permet une surveillance directe et rapprochée de la canalisation (zone de servitude encombrée, travaux à proximité...) mais nécessitent des moyens humains importants. Certains transporteurs font appel aux riverains pour cette tâche. Il convient de signaler que toutes les parties de la canalisation ne sont pas forcément accessibles.

La surveillance par point d'observation ne donne qu'une vision partielle de la canalisation, cette méthode est un intermédiaire entre la surveillance aérienne et la surveillance par "marchage".

Il est à noter que la surveillance par point d'observation peut être limité dans des zones difficiles d'accès et que la surveillance aérienne peut être limité en cas de présence de "zones d'ombres" (forêt par exemple) et de zones interdites de survol (agglomérations, proximité d'aéroport...).

Il existe à notre connaissance peu d'études relatives à l'évaluation de la performance de cette mesure compensatoire et cette évaluation semble a priori difficile tant les pratiques sur le terrain sont diverses. On peut cependant se référer aux deux études de British Gas présentées dans les paragraphes suivants.

5.7.1 Etude British Gas relative à la surveillance aérienne

British Gas a réalisé une étude ([21]) qui s'est attachée à évaluer le facteur de réduction du risque d'agression par des travaux de tiers selon la fréquence des survols de la canalisation (surveillance aérienne).

Un modèle numérique a été élaboré par BG, son but est d'estimer l'effet d'un changement de fréquence de survol sur le risque d'agression par des travaux de tiers. Le modèle associe la fréquence des dommages résultant de travaux de tiers non détectés ainsi que la fréquence des travaux de tiers détectés. La détermination de la proportion des travaux restant non détectés a été réalisée par une analyse probabiliste pour chaque intervalle de surveillance à partir d'une distribution de durées de travaux. Cette analyse a été menée pour une zone test du réseau British Gas.

Cette étude indique que même si les résultats sont à affiner, on peut conclure que l'augmentation de l'intervalle de surveillance aérienne est une mesure coûteuse pour atteindre une réduction incertaine de la fréquence de dommage.

5.7.2 Etude de la base de données BG Transco

BG Transco (extrait de [9]) a recensé les méthodes de détection des dommages ayant pour origine des travaux de tiers. Le tableau suivant en donne la synthèse.

Moyens de détections	Nombre total d'accidents	Nombre d'accident avec fuite
Patrouille aérienne	29	-
Patrouille terrestre	138	-
Autre	130	8
Police	2	2
Public	14	3
Exploitant local	150	16
Inspection en ligne	13	-
Surveillance « Pearson »	63	-
Inconnu	25	3
Total	564	32

Tableau 20 : nombre d'accidents avec et sans fuite en fonction de la détection, BG Transco

L'inspection en ligne est une technique utilisée pour inspecter les conditions d'une canalisation pendant qu'elle est en service. Elle est capable de mesurer et d'enregistrer la position, la nature et l'importance de défauts suspects du revêtement externe de la canalisation

La surveillance "Pearson" est une méthode permettant de tester l'intégrité de la protection apportée par le revêtement de la canalisation à partir d'une surveillance de surface.

Ce tableau permet de donner une information quant à la proportion des différents moyens de détection des dommages ayant pour origine les travaux de tiers mais ne permet pas d'évaluer quelle réduction du risque apportent les moyens mis en œuvre par les transporteurs.

Cependant, il est intéressant de constater que l'exploitant de l'ouvrage a identifié environ 27 % des dommages et détecté 50 % des fuites générées par des travaux de tiers, et les surveillances aériennes et terrestres ont identifié 30 % des dommages et aucune fuite.

Enfin, l'étude de BG Transco indique qu'un nombre considérable de travaux de tiers ne sont pas détectés par les survols d'hélicoptère du fait de la faible durée de ces travaux, dans leur majeure partie inférieur à 2 semaines.

5.8 INFORMATION ET VULGARISATION DES TIERS

Les campagnes d'information et de sensibilisation visent à réduire le nombre de chantiers non déclarés et donc le nombre d'agression de la canalisation mais aussi à sensibiliser les personnes aux risques potentiels générés par la canalisation ainsi qu'à la conduite à tenir en cas d'évènements inhabituels à proximité de la canalisation.

Il est important de noter, en se référant au paragraphe 4.1, que la réglementation française en vigueur impose aux exploitants des canalisations de transport un certain nombre d'actions d'information à réaliser. Il s'agit principalement de la fourniture de plans communaux d'implantation de la canalisation aux mairies concernées par le tracé de l'ouvrage.

Cette même réglementation impose à toute personne envisageant la réalisation de certains travaux, susceptibles d'agresser un ouvrage de transport ou de distribution situé à proximité, de se renseigner auprès de la mairie de la commune concernée sur l'existence de tels ouvrages et d'adresser une DR ou une DICT selon l'état d'avancement du projet de travaux.

Certains exploitants de canalisations, sur l'ensemble de leurs ouvrages ou au niveau de points particuliers, renforcent volontairement les actions d'information et de vulgarisation en ayant pour objectif de diminuer le nombre de chantiers non déclarés à proximité de leurs ouvrages. Les démarches réalisées, c'est à dire contenu du ou des messages passés ainsi que personnes visées : personnes isolées, groupes de personnes, entreprises, institutions, administrations... sont très variables d'un exploitant à un autre et il n'existe pas, à notre connaissance, de retour d'expérience probant.

A noter cependant qu'il existe parmi ces exploitants, un certain nombre d'entre eux qui suivent le ratio *nombre de chantiers non déclarés et détectés sur nombre total de chantiers*, répertoriés à partir des DICT. Cela semble être un bon indicateur de performance.

Il existe cependant trois difficultés dans la mise en place d'actions d'information :

- **Qui doit réaliser ces actions d'information ?** Est-ce que cela doit être totalement à la charge de l'exploitant de l'ouvrage ou est-ce que cela doit-il être pris partiellement en charge par les pouvoirs publics, notamment pour s'assurer que les personnes qui envisagent la réalisation de travaux à proximité d'une canalisation, se renseignent bien auprès de la mairie de la commune concernée et adressent bien une DR ou une DICT selon l'état d'avancement du projet de travaux, conformément à la réglementation en vigueur.

- **Qui doit-on informer ?** Doit on informer les propriétaires, les locataires, les exploitants des terrains, les riverains, les entreprises de Travaux Publics, les mairies, les collectivités locales, les DDASS, DDE, DDAF, les ERP, les industries à risques situées à proximité ?
- **Quel message doit on faire passer et par quel moyen ?**

Toutes ces interrogations montrent à quel point il est difficile sans étude particulière d'évaluer l'impact de telles actions sur la fréquence de dommages générés par des travaux de tiers.

Enfin pour clore ce paragraphe, il est intéressant de faire mention de l'existence dans certains pays européens d'un centre d'appel unique, géré par les transporteurs, qui permet d'informer tout demandeur envisageant la réalisation de travaux, de la présence de canalisations de transports dans le voisinage des travaux envisagés.

En France, il existe deux sites Internet ayant une cette fonction :

- Le premier (www.dictplus.com) est national et géré par EDF et Gaz de France. Il permet de connaître la liste des exploitants des ouvrages EDF et/ou Gaz de France situés à proximité des travaux envisagés ainsi que de générer des DR et DICT envoyées directement aux exploitants des ouvrages concernés.
- Le deuxième (www.canafb.fr) est local (région de l'Etang de Berre) et géré par les transporteurs. Il permet de connaître la liste des exploitants de canalisations de transport hormis les canalisations d'eau et les réseaux de distribution publique de gaz exploités par Gaz de France dans toutes les communes du pourtour de l'Etang de Berre.

De plus, à l'heure actuelle, la plupart des sites Internet des transporteurs ont une partie réservée aux travaux à proximité des canalisations. On y retrouve souvent le tracé de la canalisation et la liste des communes traversées ainsi que les démarches à suivre pour réaliser les travaux.

5.9 NOUVELLES TECHNIQUES

5.9.1 Détection de chocs

Il existe actuellement des technologies qui permettent de détecter et de localiser les chocs subis par une canalisation. A notre connaissance, il existe deux techniques différentes (extrait de [1]) :

- Système de détection de chocs par une méthode acoustique. La mise en œuvre d'un tel système nécessite l'installation de capteurs acoustiques sur la tuyauterie. Le spectre acoustique enregistré par chaque capteur est retransmis à une unité de traitement et d'analyse du signal. Une alarme est générée lorsqu'une anomalie sur un spectre est détectée. La sensibilité, la précision sur la localisation de la fuite et la réactivité, temps de détection du choc dépendent des caractéristiques du fluide, des conditions de transport et d'installation du système (distance entre capteurs...). Un tel système peut fonctionner sur des gaz et des liquides.
- Technique de surveillance de canalisation par fibre optique utilisable sur tous pipelines jusqu'à 60km de long. Une fibre optique est installée au contact de la canalisation, ce qui nécessite d'excaver les canalisations existantes. Ce système est en mesure de détecter tous mouvements autour de la canalisation dus à des fouilles, mouvements de sol, agressions diverses.

Faute de retour d'expérience suffisant, il n'est pas possible actuellement de connaître le réel gain apporté par la mise en œuvre de ces techniques par rapport à la fréquence de dommages dont l'origine seraient des travaux de tiers.

5.9.2 Veille satellitaire

La faisabilité d'une surveillance par satellite fait l'objet d'un rapport indépendant [22].

Ce sujet fait l'objet d'un programme européen en cours, « PRESENSE » (pipeline Remote, SENSing for Safety and the Environnement) coordonné par Advantica technologies qui consiste à la mise en place d'un système de surveillance des canalisations, par images satellitaires utilisant des techniques optiques et Radars. www.presense.net.

Les conclusions, à l'heure actuelle, sont que la technologie est prometteuse mais qu'elle n'est pas encore totalement adaptée et que son coût de mise en œuvre est très important [23].

Dans ce paragraphe, il est possible de mentionner aussi le suivi des engins de chantiers par GPS. La cabine de l'excavateur est équipée d'une antenne GPS, d'une unité de traitement qui compare le tracé de la canalisation à la position de l'engin, et d'une alarme pour prévenir l'opérateur de la proximité d'une canalisation ;

5.10 CONCLUSION

Le présent chapitre a décrit les principales mesures compensatoires permettant, a priori, de diminuer la fréquence d'occurrence d'agressions sur les canalisations par travaux de tiers et a essayé d'évaluer, à partir d'études faites par d'autres organismes ou transporteurs européens, le gain apporté par chaque mesure.

Il ressort de cette étude les points suivants:

- La mise en place de mesures de compensatoires permet de réduire de manière plus ou moins significative la fréquence d'impact sur la canalisation
- Il existe peu de données relatives à l'efficacité des mesures compensatoires ;
- La plupart des mesures ne sont pas appliquées seules, ce qui augmente la difficulté d'évaluer leurs efficacités ;
- Il semble important de mettre en place plusieurs de ces mesures pour atteindre une réelle efficacité ;
- Le retour d'expérience ainsi que les diverses études réalisées permettent de conclure que certaines mesures compensatoires ont une réelle efficacité (sur-profondeur d'enfouissement, protection mécanique de l'ouvrage). Cependant, il n'est pas possible aujourd'hui de conclure sur l'efficacité des autres mesures compensatoires ;

Pour les mesures compensatoires d'ordre organisationnel (surveillance, information, vulgarisation), il est difficile, à ce jour, de fournir des règles de bonne pratique tant les pratiques sur le terrain sont diverses.

6. CONCLUSION

De manière générale, les travaux de tiers ou les agressions externes représentent la majorité des accidents conduisant à une fuite sur une canalisation et ce quel que soit le produit transporté.

Pour limiter les risques liés aux agressions externes, les transporteurs mettent en place des barrières de sécurité appelées mesures compensatoires qui peuvent être regroupées sous trois aspects principaux :

- La mise en place de mesures compensatoires techniques pour limiter le risque d'agression des canalisations (tracé de la canalisation, sur-profondeur d'enfouissement, dalle béton, grillage avertisseur, sur-épaisseur, bornage et balisage..).
- La mise en place de mesures informatives pour que les travaux réalisés à proximité des canalisations soient déclarés auprès des exploitants des ouvrages concernés.
- La surveillance des canalisations plus ou moins renforcée selon les risques.

La présente étude a été menée en deux temps : l'aspect réglementaire des mesures compensatoires et le calcul de leur efficacité.

Dans un premier temps, l'étude des différentes réglementations et normes a été réalisée pour voir comment sont abordées les mesures compensatoires. La réglementation ainsi que les principales normes françaises et européennes abordent la gestion des risques générés par les activités de tiers sur les canalisations de transport. Cependant, la mise en place de mesures compensatoires techniques est laissée au choix de l'exploitant qui pourra réaliser pour ce faire une évaluation de la sécurité de la canalisation. On peut noter qu'un certain nombre de mesures compensatoires sont cependant suggérées.

En ce qui concerne la réalisation de travaux à proximité des canalisations de transports, la réglementation française impose d'une part, aux exploitants d'ouvrage de fournir des informations relatives au tracé de leur ouvrage auprès des mairies concernées, et d'autre part, aux entreprises chargées de l'exécution des travaux de se renseigner sur la présence éventuelle d'un ouvrage et de prendre contact avec les divers exploitants d'ouvrages par l'intermédiaire de formulaires types (DR et DICT).

Enfin, relativement à la surveillance des canalisations, celle-ci est abordée dans plusieurs normes et règlements sans pour autant expliciter les moyens à mettre en œuvre.

Dans un second temps, les principales mesures compensatoires permettant a priori de diminuer la fréquence d'occurrence d'agressions sur les canalisations par travaux de tiers sont décrites. Nous avons tenté d'effectuer une évaluation de leur influence à partir d'études faites par d'autres organismes ou transporteurs européens.

De manière générale, il ressort de cette étude bibliographique les points suivants:

- La mise en place de mesures compensatoires permet de réduire de manière plus ou moins significative la fréquence d'impact sur la canalisation ;
- Il existe peu de données relatives à l'efficacité des mesures compensatoires ;
- La nature des travaux et des engins utilisés a une influence sur la probabilité d'avoir un impact avec fuite ;
- La plupart des mesures ne sont pas appliquées seules, ce qui augmente la difficulté d'évaluer leurs efficacités ;
- Il semble important de mettre en place plusieurs de ces mesures pour atteindre une réelle efficacité ;
- Le retour d'expérience ainsi que les diverses études réalisées permettent de conclure que certaines mesures compensatoires ont une réelle efficacité (sur-profondeur d'enfouissement, protection mécanique de l'ouvrage). Toutefois, il n'est pas possible aujourd'hui de conclure sur l'efficacité des autres mesures compensatoires.

Cependant, pour les mesures techniques étudiées, l'étude des différentes sources bibliographiques fait ressortir les points suivants:

- La fréquence d'impact en milieu rural est 1 à 4 fois inférieure à la fréquence d'impact en milieu urbain.
- La mise en sur-profondeur permet de diminuer la fréquence d'impact d'un facteur de 2 à 9 pour une sur-profondeur d'un mètre.
- Une sur-épaisseur du tube diminue la fréquence d'impact d'un facteur de 2 à 5. Cependant, la sur-épaisseur n'est pas toujours clairement définie dans les études.
- La mise en place d'une dalle béton ou d'une plaque acier couplée à une bande avertisseuse a permis lors d'essais faits pas BG de ne pas impacter la canalisation dans les 30 cas d'étude.
- La plupart des études sont basées sur la fréquence d'impact ou taux de défaillance et il n'est pas possible d'évaluer l'influence de la mesure sur la taille de brèche.

Pour les mesures compensatoires d'ordre organisationnel (surveillance, information, vulgarisation...), il est difficile, à ce jour, de fournir des règles de bonne pratique tant les pratiques sur le terrain sont diverses. L'étude de ce point mérite d'être approfondie

7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Rapport GESIP n° 2004/03 Edition 1er novembre 2004
Canalisations de transport : Dispositions compensatoires consécutives à une évolution de l'environnement entraînant un changement de catégorie.
- [2] Décret n° 91-1147 du 14 octobre 1991 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution.
- [3] Rapport GESIP n° 96/08 Edition 03/12/97
Guide méthodologique pour la réalisation d'une étude de sécurité concernant une canalisation de transport (Hydrocarbures / Gaz / Produits Chimiques).
- [4] Assistance technique dans la transposition de la directive sur le contrôle des accidents majeurs mettant en cause les canalisations (DRA-15) – Rapport partiel d'opération a – Recueil de l'accidentologie des canalisations de transport de matières dangereuses.
INERIS, Mai 2002
- [5] HSE Contract research report n° 82/1994
Risk from hazardous pipelines in the United Kingdom
- [6] E. Jager & all, 2002
Estimating failure rates of gas transmission pipelines from collected non-failed damage data, depth of cover and population density
- [7] CONCAWE, Report n° 1/02, February 2002
Western european cross-country oil pipelines 30-year performance statistics.
- [8] Gaz de France
Artère de Maine Normandie – Canalisation Cherré – IFS – Concession de transport de gaz n°48 – Demande d'avenant n°1 – Pièce n° 6 – Etude de sécurité
Octobre 2002
- [9] HSE Contract research report n° 372/2001
An assessment of measures in use for gas pipelines to mitigate against damage caused by third party activity

- [10] Arrêté du 11 mai 1970 : Règlement de sécurité des ouvrages de transport de gaz combustible par canalisation
- [11] Arrêté du 6 décembre 1982 portant réglementation technique des canalisations de transport de fluides sous pression autres que les hydrocarbures et le gaz combustible
- [12] Arrêté du 21 avril 1989 fixant la réglementation de sécurité pour les pipelines à hydrocarbures liquides ou liquéfiés.
- [13] Décret du 14 octobre 1991, relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution.
- [14] Arrêté du 16 novembre 1994 pris en application des articles 3, 4, 7 et 8 du décret 14 octobre 1991, relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution
- [15] G.A Papadakis
Regulatory Benchmark for the control of major accident hazards involving pipelines
- [16] TNO report MEP – R 97/279, July 1997
Control of Third Party Interference as a cause of pipeline leakage
- [17] Norme NF EN 1594 (Mai 2000) : Norme européenne relative aux systèmes d'alimentation en gaz (naturel) : Canalisations pour pression maximale de service supérieur à 16 bar – prescriptions fonctionnelles.
- [18] Norme EN 14161 (Avril 2003) : Industries du pétrole et du gaz naturel – Système de transport par conduites (ISO 13623:2000 modifiée).
- [19] G. Wolvert, A. Mohamed and M. Pendola
Probabilistic approach applied on pipeline resistance to external damage
Proceedings of the 25th ESReDA Seminar, Paris, France, November 17-18, 2003
- [20] E. Jager & all, 1998
Assessing the integrity of a pipeline system by using an accident database and statistical analysis
Proceedings of the ESReDA Seminar on Accident Databases, Antwerpen, 16-17 November 1998

- [21] I Corder, British Gas, C502/0196/95, 1995
The application of risk techniques to the design and operation of pipelines
- [22] Assistance technique dans la transposition de la directive sur le contrôle des accidents majeurs mettant en cause les canalisations (DRA-15) - Faisabilité de la surveillance des canalisations de transport par imagerie satellitaire, INERIS, décembre 2002.
- [23] HSE research report n° 056, 2002
Appraisal of pipeline surveillance by high resolution satellite, volume I, A costbenefit study of satellite surveillance

8. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation précise	N°pages
A	Demande de Renseignements (DR) - non reproduit	2
B	Demande d'Intention de Commencement des Travaux DICT non reproduit	2
c	Synthèse de l'étude comparative des réglementations européennes sur les agressions par travaux de tiers (TNO)	5

ANNEXE A

Demande de renseignements (DR)

ANNEXE B

Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux (DICT)

ANNEXE C

**Synthèse de l'étude comparative des
réglementations européennes sur les
agressions par travaux de tiers (TNO)**

Pays	Prévention au niveau du pipeline	Actions des tiers souhaitant réaliser des travaux
Belgique	<p>Inspections régulières (surveillance par des marcheurs, des voitures ou aérienne) et procédures de maintenance (Décret Royal du 24 Janvier 1991)</p> <p>Repérage du tracé de la canalisation par des bornes de signalisation (Décret Royal du 24 Janvier 1991)</p>	<p>Avant de commencer toute opération d'excavation, le tiers est obligé de consulter toutes les compagnies publiques fournissant des utilités. Par ailleurs des précautions supplémentaires doivent être prises pour les travaux dans la zone de protection afin d'assurer la sécurité et la pérennité du transport de l'utilité (Décret Royal du 21 Septembre 1988)</p>
France	<p>Les opérations d'excavation et les autres travaux à proximité des canalisations sont contrôlés par le personnel de la compagnie de transport de gaz</p>	<p>Toutes les activités qui tendent à réaliser des travaux souterrains doivent être signalés à tous les concessionnaires du terrain (Décrets du 14 Octobre 1991 et du 16 Novembre 1994)</p>
Allemagne	<p>Repérage de la canalisation par des bornes de signalisation</p> <p>Inspections régulières (surveillance par des marcheurs, des voitures ou aérienne)</p> <p>Définition de distances de protection (DVGW G 463)</p>	<p>Pour des mouvements de terrain au voisinage d'une canalisation une enquête est obligatoire (DVGW GW 315)</p>
Grande-Bretagne	<p>Inspection/surveillance (surveillance par des marcheurs, des points d'observation ou aérienne) (Recommandations de l'IGE/TD/1)</p> <p>Contrôle de tous les travaux de tiers</p>	
Italie	<p>Repérage du tracé de la canalisation par des bornes de signalisation</p> <p>Inspections régulières (surveillance par des marcheurs, des voitures ou aérienne)</p> <p>Les opérations d'excavation et les autres travaux à proximité des canalisations sont contrôlés strictement un contrôleur de la compagnie de transport de gaz</p>	

Pays	Prévention au niveau du pipeline	Actions des tiers souhaitant réaliser des travaux
Pays-Bas	<p>Existence d'un centre d'appel unique (KLIC)</p> <p>Repérage du tracé de la canalisation par des bornes de signalisation</p> <p>Les travaux sont évoqués avec les parties prenantes avant leur début</p> <p>Les travaux à proximité des canalisations de transport de gaz sont contrôlés par le personnel de la compagnie de transport de gaz</p> <p>Surveillance régulière (marcheurs, voitures ou aérienne) pour découvrir les travaux de tiers non déclarés à proximité des canalisations</p>	<p>Toutes les activités de forage, d'excavation et de construction doivent être signalées à la KLIC</p>
Espagne	<p>Les tracés des canalisations sont repérés</p> <p>Inspections régulières (surveillance par des marcheurs, des voitures ou aérienne)</p> <p>Des opérateurs de la compagnie de transport de gaz contrôlent chaque chantier mené le long de la canalisation et dans son environnement</p>	<p>Chaque interférence importante avec une canalisation doit être signalée au Ministère de l'Industrie</p>

Pays	Système d'appel unique	Actions de l'exploitant du pipeline	Responsabilité légale de l'exploitant du pipeline
Italie	Non	<p>Les actions typiques de l'exploitant inclut une surveillance aérienne fréquente et une surveillance sur le terrain par la route</p> <p>Communication annuelle pour rappeler aux autorités l'existence du pipeline</p>	Pas de législation spécifique en place. Dans le cas d'un dommage causé par un tiers, chaque partie doit prouver qu'il a pris toutes les précautions nécessaires.
Pays-Bas	Oui, KLIC ⁴	<p>L'exploitant effectue des surveillances régulières aérienne, routières et pédestres.</p> <p>Plusieurs pipelines sont dans des couloirs multi-usagers bien définis</p>	L'existence de KLIC donne la responsabilité au tiers pour tout dommage à condition que les informations fournies soient correctes.
Norvège	Non	Les autorités locales, la police, les sapeurs-pompiers et les secours sont informés des détails du tracé du pipeline.	Pas d'information disponible
Espagne	Non	<p>Surveillance régulière (aérienne, routière et pédestre)</p> <p>Autorités locales et polices tenus informés des détails du tracé du pipeline</p> <p>Tracé du pipeline identifié par des marqueurs avec un numéro de téléphone que les entreprises d'excavation peuvent appeler pour avoir des informations</p> <p>Plan d'urgence en association avec les autorités locales (« comunidades autonomas »)</p>	Pas de législation spécifique disponible. En cas de dommage causé par un tiers, chaque partie doit prouver qu'il a pris toutes les précautions nécessaires.

⁴ Un service d'appel unique compréhensif est mis en place par le centre d'information des câbles et pipeline (KLIC). Les excavateurs appellent le KLIC qui prévient l'exploitant ou le propriétaire du pipeline qui donne les détails à l'excavateur. Cette requête prend 3 jours.

Pays ⁵	Système d'appel unique	Actions de l'exploitant du pipeline	Responsabilité légale de l'exploitant du pipeline
Belgique	Oui, Système '100' ⁶	L'exploitant informe toutes les mairies situées le long du pipeline des détails le concernant L'exploitant informe la police, les sapeurs-pompiers, le SAMU et le système '100'	L'exploitant est légalement tenu responsable des conséquences des accidents/incident causé par des tiers. Il doit prouver qu'il y pris toutes les précautions nécessaires pour éviter d'être responsable des conséquences financières des dommages causés par le tiers.
Danemark	Non	Surveillance régulière (patrouille aérienne et routière) Les propriétaires terriens et les autorités sont informés du tracé du pipeline	Pas de législation spécifique dans les lois danoises, le tiers est responsable des dommages causés
France	Oui, service minitel ⁷	Surveillance régulière (patrouille aérienne et pédestre) Efforts coordonnés de publicité pour tenir informer les industries et le public de l'existence du pipeline : brochures, posters, panneau de sécurité...	Il existe une législation spécifique qui demande de déclarer tous les travaux d'excavation à proximité d'un pipeline

⁵ Seul les pays ayant un réseau de pipeline conséquent sont inclus. Les pays n'ayant pas un réseau significatif n'ont d'informations disponibles.

⁶ Le système '100' permet de centraliser les alertes, l'appel est ensuite connecté au centre de secours local le plus proche. L'exploitant garde les centres de secours informés des détails sur le pipeline. Les entreprises excavatrice doivent se renseigner sur les détails du sous-sol à la mairie et doit informer l'exploitant avant de commencer les travaux. C'est une exigence légale.

⁷ L'administration publique a initié un service central au niveau national pour informer les entreprises excavatrice de la localisations des pipelines et de l'adresse de l'exploitant ou du propriétaire du pipeline. Connue comme service minitel.

Pays	Système d'appel unique	Actions de l'exploitant du pipeline	Responsabilité légale de l'exploitant du pipeline
Allemagne et Autriche	Non	<p>Les licences d'exploitation nécessitent une surveillance fréquente du tracé du pipeline : patrouille aérienne, routière et pédestre)</p> <p>Le tracé du pipeline sont identifiés par des marqueurs avec le numéro de téléphone de la compagnie d'exploitation</p> <p>Des communications aux autorités et au public leur rappellent l'existence du pipeline</p> <p>Plan de secours d'urgence effectué en association avec l'administration locale, la police et les sapeurs-pompiers.</p>	<p>- Une législation spécifique existe, elle demande au tiers excavateur d'informer l'exploitant du pipeline avant de commencer tout travaux. Une procédure d'agrément doit être mise en place.</p>
Grande-Bretagne	Oui, Susiephonie ⁸	<p>L'exploitant doit s'assurer que le tracé du pipeline est bien identifié et effectue une surveillance régulière : patrouille aérienne, routière et pédestre.</p> <p>Le service public et les industriels riverains sont informés des caractéristiques du pipeline (Esso et autres ont un programme d'information au public)</p> <p>Les autorités locales et les centres de secours sont informés du tracé du pipeline et des plans de secours.</p>	<p>Pas de législation spécifique en place, le cas est traité par le droit commun et jugé au cas par cas en fonction des précautions prises par les parties concernées.</p> <p>L'exploitant peut être accusé « under the environment Act » en cas de rejet ou de pollution par des hydrocarbures</p>

⁸ Susiephone (susie= Standard Utilities Service Information for Excavators) 'Téléphoner avant de creuser' prévient le service pour les excavateurs dans les régions de Lothian et de Strathclyde.

