

RAPPORT D'ÉTUDE
N° 78578

septembre 2006

Guide de classement en zones ATEX

Réservoirs de stockage de GPL

Guide de classement en zones ATEX

Réservoirs de stockage de GPL

Client : TOTALGAZ

Liste des personnes ayant participé à l'étude : L.DUPONT

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	L.DUPONT	M.DEMISSY	B. FAUCHER
Qualité	Ingénieur Unité Sécurité des Procédés Direction des Risques Accidentels	Responsable de l'Unité Sécurité des Procédés Direction des Risques Accidentels	Directeur Direction des Risques Accidentels
Visa			

TABLE DES MATIERES

1. BUT DU DOCUMENT	5
2. RAPPELS SUR LA RÉGLEMENTATION ATEX	7
3. PRODUITS COMBUSTIBLES MIS EN ŒUVRE	11
3.1. Le GPL : caractéristiques physiques	11
3.2. Risques d'inflammation et mélanges explosifs.....	11
3.3. Tension de vapeur	12
3.4. Dilatation thermique	14
4. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS	15
4.1. Réservoirs aériens	15
4.1.1. Réservoirs aériens sans vaporiseur.....	16
4.1.2. Réservoirs aériens avec vaporiseur.....	17
4.2. Réservoirs enterrés	17
5. ACCIDENTOLOGIE	19
6. IDENTIFICATION DES SCÉNARIOS DE FUITE À RETENIR SELON LA RÉGLEMENTATION ATEX	21
6.1. Choix de l'orifice de fuite pour le dimensionnement du zonage / Sélection des scenarios les plus appropriés	21
6.2. Distinction entre volume explosif dangereux et volume explosif « non dangereux »	21
7. CLASSEMENT EN ZONES APPLICABLES AUX RESERVOIRS	23
7.1. Réservoirs aériens	23
7.1.1. clapets de remplissage et jauges point haut.....	23
7.1.2. fuites au niveau des canalisations (vannes, brides, joints, raccords...) ...	23
7.1.3. soupapes de sécurité.....	25
7.1.4. Soupapes d'expansion thermique (ou de dilatation)	26
7.2. Les réservoirs enterrés.....	26
7.3. tableau de synthese des zones ATEX.....	27
8. CHOIX D'APPAREILS ADAPTES	29
9. BIBLIOGRAPHIE	33

1. BUT DU DOCUMENT

Les dispositions de la réglementation ATmosphère Explosive (ATEX), issues des directives européennes 1999/92/CE du 16/12/99 et 94/9/CE du 23/03/94, sont transposées en droit français et applicables depuis le 1er juillet 2003.

Ces dispositions fixent les prescriptions minimales de sécurité et de protection de la santé pour les travailleurs susceptibles d'exposition au risque d'ATEX et les exigences essentielles de sécurité pour les appareils et systèmes de protection destinés à être utilisés en ATEX. L'une de ces principales exigences est le classement en zones à risques d'explosion.

Le présent guide a été établi afin de proposer un classement en zones pour les différents réservoirs de stockage de GPL de TOTALGAZ.

Ce guide a été établi à l'aide des informations fournies par TOTALGAZ.

Des fiches de synthèse résumant les classements en zones des différentes installations sont fournies avec ce guide.

2. RAPPELS SUR LA REGLEMENTATION ATEX

La directive 99/92/CE donne les « prescriptions minimales visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphères explosives ». Elle relève de la directive cadre 89/391/CEE sur l'amélioration de la santé et de la sécurité des travailleurs au travail.

On entend par atmosphère explosive « un mélange avec l'air, dans les conditions atmosphériques, de substances inflammables sous forme de gaz, vapeurs, brouillards ou poussières, dans lequel, après inflammation, la combustion se propage à l'ensemble du mélange non brûlé ».

La directive 1999/92/CE a été transposée en droit français avec la parution des deux décrets au JORF n°303 du 29 décembre 2002 et des trois arrêtés conjoints du 8 et 28 juillet 2003 :

- le **décret n°2002-1553** du 24 décembre 2002 relatif aux dispositions concernant la prévention des explosions applicables aux lieux de travail et modifiant le chapitre II du titre III du livre II du code du travail ;
- le **décret n°2002-1554** du 24 décembre 2002 relatif aux dispositions concernant la prévention des explosions que doivent observer les maîtres d'ouvrage lors de la construction des lieux de travail et modifiant le chapitre V du titre III du livre II du code du travail ;
- l'**arrêté du 8 juillet 2003** complétant l'arrêté du 4 novembre 1993 relatif à la signalisation de sécurité et de santé au travail ;
- l'**arrêté du 8 juillet 2003** relatif à la protection des travailleurs susceptibles d'être exposés à une atmosphère explosive ;
- l'**arrêté du 28 juillet 2003** relatif aux conditions d'installation des matériels électriques dans les emplacements où des atmosphères explosives peuvent se présenter et le **circulaire DRT n°11 du 6 août 2003** commentant cet arrêté.

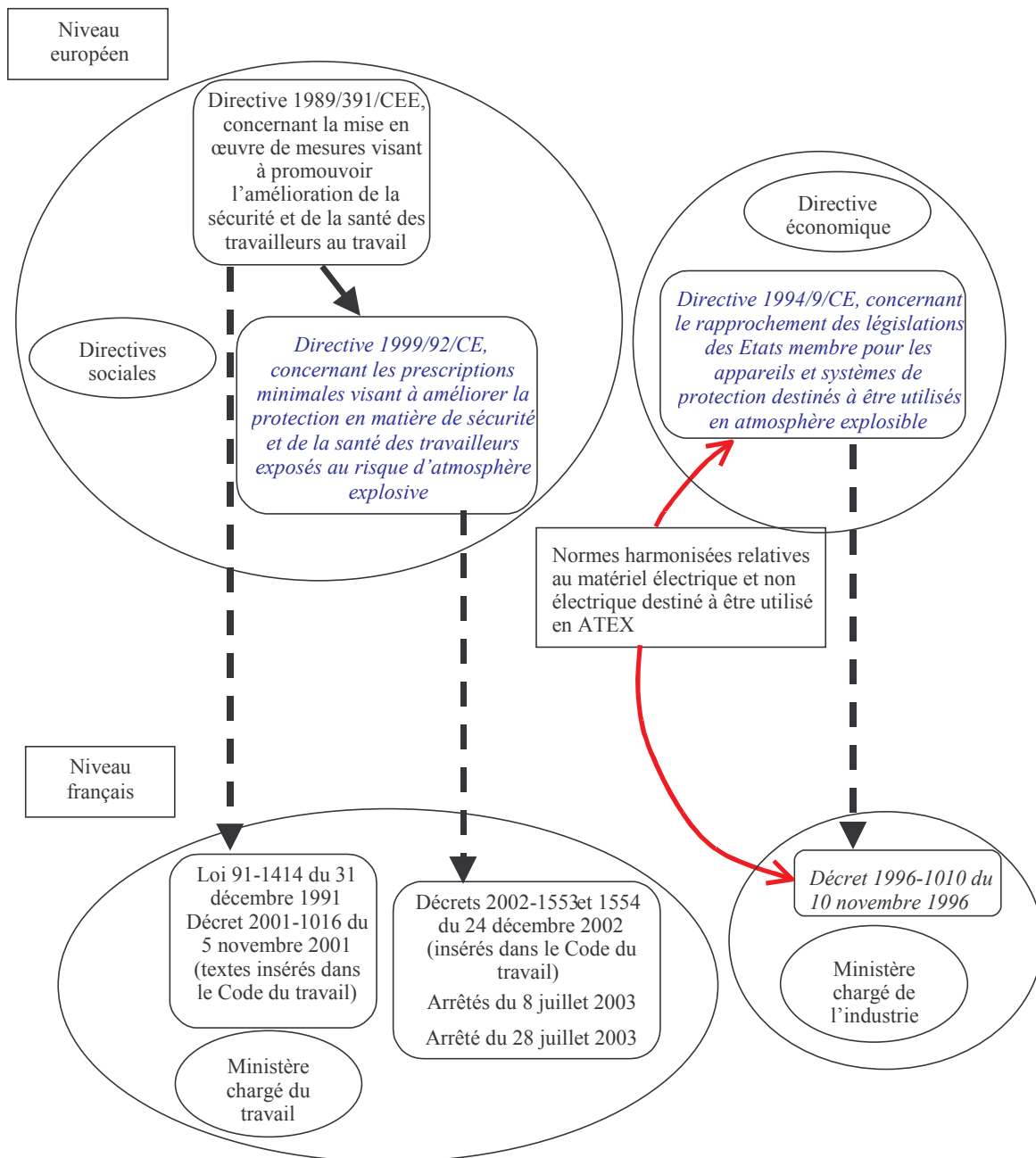


Figure 1 : Schéma présentant le contexte réglementaire de l'application des nouvelles exigences en matière de risques d'explosion d'ATEX

La réglementation ATEX impose à l'employeur d'évaluer s'il y a risque d'explosion et, si ce risque existe, de prendre des mesures techniques et organisationnelles pour :

- empêcher la formation d'atmosphères explosibles ou, si cela n'est pas possible,
- prévenir leur inflammation ou, en cas d'impossibilité,

- réduire les effets de l'explosion à un niveau suffisant pour que les travailleurs n'en subissent pas de préjudice.

L'employeur est tenu de classer ces emplacements à risque d'explosion et d'y installer les appareils adaptés. **Cette exigence s'applique à tous les appareils qu'ils soient électriques ou non électriques.**

Un document relatif aux risques d'explosion reprenant tous ces points doit être établi et tenu à jour.

Par ailleurs les travailleurs appelés à travailler dans ces zones doivent avoir reçu une formation.

Le décret est d'application obligatoire depuis début juillet 2003. Les installations nouvelles à partir de cette date doivent répondre à la directive et le matériel installé après cette date dans les zones explosibles doit être conforme à la directive ATEX 94/9/CE concernant la construction des matériels destinés à être utilisés en atmosphère explosive. En dehors de ces zones définies, le matériel peut être du matériel standard.

Les matériels déjà installés dans les zones à risque d'explosion avant le 01/07/2003 n'ont pas à être conformes à la directive 94/9/CE mais doivent répondre aux prescriptions minimales fixées dans la directive 1999/92/CE.

Pour les atmosphères explosives constituées de gaz et vapeurs inflammables, les définitions des zones données par la directive sont les suivantes :

Zone 0

Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeurs ou de brouillard est présent en permanence ou pendant de longues périodes ou fréquemment.

Zone 1

Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeurs ou de brouillard est susceptible de se présenter occasionnellement en fonctionnement normal.

Zone 2

Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeurs ou de brouillard n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal ou, si elle se présente néanmoins, n'est que de courte durée.

Ces définitions sont reprises, pour les gaz et vapeurs, dans la norme NF EN 60079-10 qui spécifie le classement des zones dangereuses dans lesquelles des risques dus à des gaz ou vapeurs inflammables peuvent apparaître afin de permettre le choix et l'installation corrects de matériel utilisable dans de telles zones dangereuses.

Il est à noter que la réglementation demande la signalisation, lorsque cela est nécessaire, des emplacements à risque d'explosion par le panneau suivant :



3. PRODUITS COMBUSTIBLES MIS EN ŒUVRE

Les produits combustibles mis en œuvre dans les réservoirs sont des gaz de pétrole liquéfiés (GPL). Il s'agit alors de mélanges de compositions variables en fonction des différents réservoirs de propane et de butane.

Les caractéristiques du propane, du butane et du GPLC composé de 50 % de butane et de 50 % de propane sont recensées dans le Tableau 1.

3.1. LE GPL : CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Le GPL est un gaz à température et pression ambiante. Pour son usage, il est stocké à l'état de liquide pressurisé. Dans sa forme liquide, sa densité est environ de 560 kg/m³. En cas de fuite, il se vaporise rapidement. **Le volume occupé par les vapeurs de GPL est alors 250 fois supérieur à celui occupé par le liquide qui en est à l'origine.**

A l'instar du gaz naturel, le GPL est odorisé. Sa détection olfactive est possible à des teneurs de l'ordre de 20% de sa limite inférieure d'explosivité (soit environ 0,4%vol dans l'air).

3.2. RISQUES D'INFLAMMATION ET MELANGES EXPLOSIFS

Le tableau comparatif ci-dessous rassemble les caractéristiques importantes relatives au risque d'explosion du GPLC, du propane et du butane¹.

	GPLC	Propane	Butane
Etat physique à la température ambiante	Liquide et/ou gazeux selon la pression		
Classement au titre de la réglementation française du travail	Extrêmement inflammable	Extrêmement inflammable	Extrêmement inflammable
Domaine d'explosivité (vol. %)	1,9 – 9,5	2,2 – 10	1,8 – 8,8
T ébullition (à 1013 hPa) (°C)	> - 43	> - 43	0
Energie Minimale d'Inflammation (mJ)	Non disponible	0,26	Non disponible
Densité de vapeur ou de gaz (air = 1) à 15°C	1,4 – 1,55	1,85	2,5
Température d'auto-inflammation spontanée (°C)	> 400	> 400	> 400

Tableau 1 : Inflammabilité et explosivité comparées du GPLC, du propane et du butane

¹ Fiche de Données de Sécurité du GPLC, du propane et du butane, CFBP/UFIP, date de mise à jour : 27/01/2003

Ce tableau indique notamment que :

- Le GPL est explosif en mélange avec l'air dès lors que sa concentration volumique atteint moins de 2%. Ce faisant, de faibles fuites en milieu fermé peuvent éventuellement occasionner de grands volumes explosifs,
- Sa densité de vapeur (accrue si le gaz en fuite est froid du fait de l'effet de détente) rend propice son accumulation au niveau du sol,
- Enfin, son énergie minimale d'inflammation (à l'instar de tous les gaz inflammables) rend aisée l'inflammation de ses mélanges avec l'air (étincelle électrostatique, électrique ou mécanique).

La formation d'un mélange explosif GPL / air peut résulter :

- d'une fuite sous forme gazeuse : le mélange explosif se forme alors dans le jet gazeux turbulent du fait de l'entraînement d'air frais,
- d'une fuite biphasique liquide /gaz : le mélange explosif se forme dans le jet et au-dessus de la phase liquide après que le gaz vaporisé se soit mélangé avec l'air. Aux conditions de pression et de températures ambiantes, il faut s'attendre à une vaporisation particulièrement rapide et quasi instantanée du GPL.

En milieu confiné, l'explosion d'un nuage de vapeurs de GPL se caractérise par un front de pression pouvant atteindre 8 bar². Un front de flamme accompagne ce front de pression.

En milieu non confiné (milieu extérieur ou enceinte de très grand volume par rapport au volume de gaz), les effets de pression sont moindres. En revanche, la flamme peut, du fait de son expansion volumique, blesser des personnes (brûlures) dans un volume jusqu'à 8 fois supérieur à celui occupé avant inflammation par le mélange explosif.

Ces caractéristiques sont communes aux gaz et vapeurs inflammables.

3.3. TENSION DE VAPEUR

Le GPL est un **mélange** de propane et de butane liquéfiés, dans des proportions de 50 % - 50 % environ³. Lorsque le GPL est stocké, deux phases sont présentes : une phase liquide en équilibre avec sa phase gaz. Les courbes de tension de vapeur ci-après illustrent notamment la pression d'équilibre du GPL en fonction de la température de la phase liquide stockée.

² NFPA 68 – Guide for venting of deflagrations

³ La proportion des deux constituants peut varier en fonction des pays et en fonction de la saison.

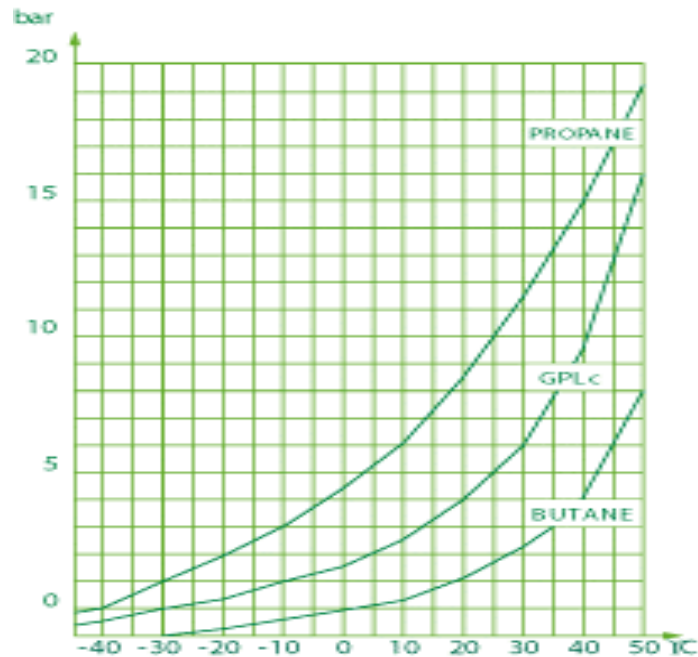


Figure 2 : Courbes de tension de vapeur du propane, du butane et du GPLC
(Données CFBP)

A titre d'exemple, pour une température de 20°C, la pression de GPLC dans un réservoir sera de l'ordre de 4 bar, celle de propane sera de 8,5 bar et celle de butane sera de 1 bar.

Une baisse de température s'accompagne d'une baisse de pression. Une augmentation de température s'accompagne d'une montée de la pression dans le réservoir.

Nous remarquons que pour une température supérieure à 40°C, la pression d'ouverture de la soupape d'un stockage de propane (16 bar) est atteinte.

La tension de vapeur d'un hydrocarbure croît rapidement avec l'élévation de sa température. Le GPL n'échappe pas à cette règle. En conséquence, l'échauffement d'un réservoir qui le contient (incendie à proximité,...) **s'accompagne d'une élévation rapide de la pression interne de ce dernier.**

Outre l'accroissement de la tension de vapeur du GPL, la pressurisation d'un réservoir peut également être liée, en cas de remplissage excessif, à la **dilatation thermique du GPL**. L'un ou l'autre de ces phénomènes peut, s'il n'est pas maîtrisé, conduire à l'éclatement ou au BLEVE⁴ du réservoir.

⁴ « Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion ». Le BLEVE se produit lorsque le réservoir qui contient un liquide surchauffé est rapidement dépressurisé. Dans ces conditions, le liquide soumis à la pression atmosphérique se trouve dans des **conditions** thermodynamiques instables. Il subit alors une nucléation à cœur qui s'accompagne de sa vaporisation explosive.

Le mélange atmosphérique formé d'air et de vapeurs inflammables peut ensuite s'enflammer (boule de feu) et engendrer des effets thermiques.

Tous les calculs de cette étude seront donc réalisés en considérant le propane qui a les caractéristiques les plus contraignantes en ce qui concerne les risques de formation d'ATEX (tension de vapeur la plus élevée notamment).

3.4. DILATATION THERMIQUE

Lorsque la température du GPL liquide croît, le volume qu'il occupe croît également suivant la courbe présentée ci-après :

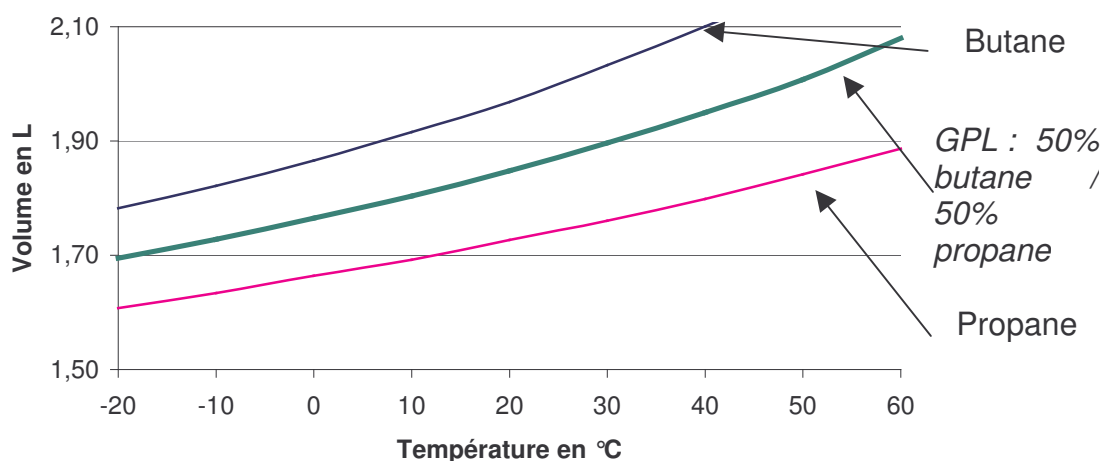


Figure 3 : Variation du volume occupé par 1 kg de produit en fonction de sa température

Sur cet intervalle de 80 °C, nous pouvons retenir un accroissement volumique

moyen du GPLC de : $\left(\frac{2,1}{1,7} - 1 \right) \div 80 = 2,9 \cdot 10^{-3} / ^\circ\text{C}$

A titre d'exemple, l'accroissement de volume de 50 litres de GPL qui s'échauffe de 25 °C est de : $2,9 \cdot 10^{-3} \times 50 \times 25 = 3,6$ litres.

Tel qu'indiqué dans le paragraphe précédent, sa dilatation dans un volume fermé offrant un ciel gazeux réduit s'accompagne (à défaut de mesure de sécurité) de la pressurisation pneumatique du réservoir. Cette pressurisation peut conduire à l'éclatement de ce dernier dès lors que sa pression d'épreuve est dépassée. La limitation du remplissage à 85% du volume total permet de s'affranchir de ce risque **dans les conditions de variation de températures habituelles.**

4. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS

Les réservoirs et leurs équipements sont décrits en détail dans le document « Etude des zones ATEX »⁵ rédigé par TOTALGAZ.

4.1. RESERVOIRS AERIENS

Les différentes caractéristiques possibles des réservoirs aériens sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Réservoirs aériens			
Capacité (kg)	Capacité (m³)	Vaporiseur	Soupapes de sécurité
500	1,142	Non	1 soupape
1000	2,236 à 2,3	Non	
1750	4	Non	
3200	7,3	Non	
5000	10,4 à 12	Oui / Non	2 soupapes 1''1/4 ou collecteur
6700	14,3 à 16,36	Oui / Non	Collecteur 3'' / 2 soupapes
12500	28,8 à 30,5	Oui / Non	Collecteur 3'' / 2 soupapes
25000	45 à 52	Oui / Non	5 soupapes 2'' ou collecteur
30000	56 à 59,9	Oui / Non	Collecteur 3'' / 3 soupapes
35000	68,75 à 70	Oui / Non	Collecteur 3'' / 3 soupapes
50000	99 à 102	Oui / Non	Tubulure DN80 ou DN100+1collecteur+ 4soupapes

Tableau 2

⁵ « Etude des zones ATEX », Dossier préparatoire, 20/04/2006. TOTALGAZ.

4.1.1. RESERVOIRS AERIENS SANS VAPORISEUR

Les principaux organes équipant les réservoirs aériens sont représentés sur la Figure 4 ci-dessous :

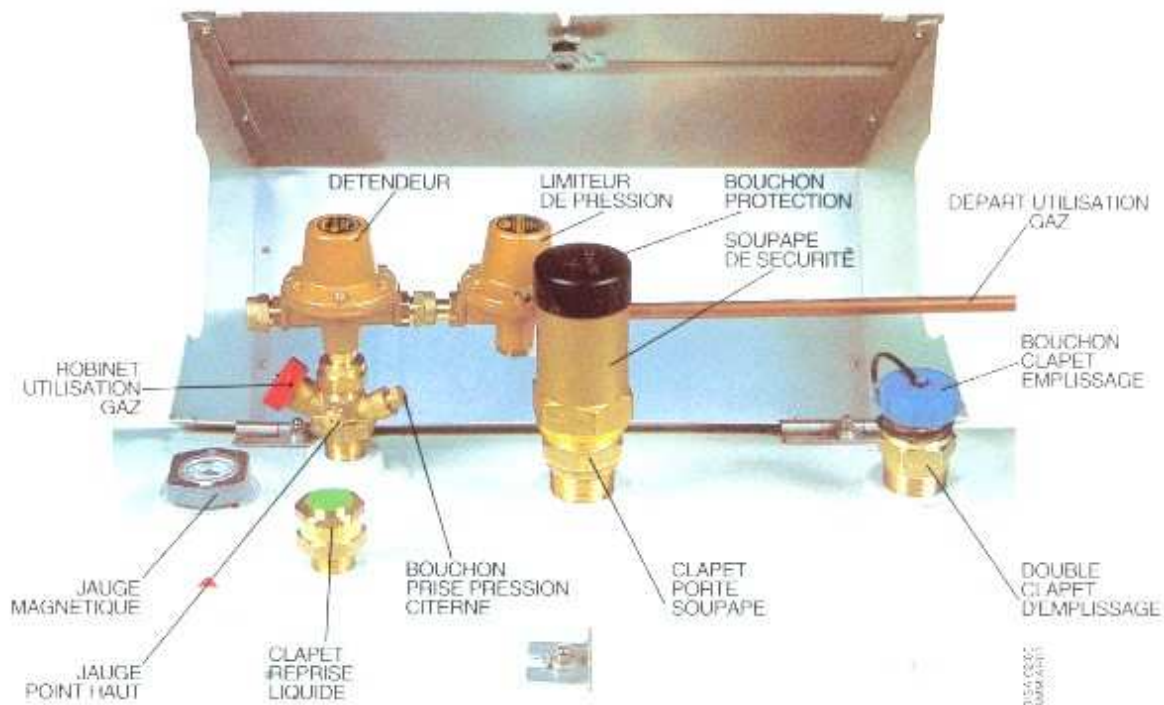


Figure 4 : Organes des réservoirs aériens

En amont du détendeur, la pression du GPL correspond à celle du réservoir, c'est à dire une pression en général comprise entre 3 et 7 bar. En aval du détendeur, la pression de distribution est de l'ordre de 1,5 bar. Le limiteur de débit a pour fonction de remplacer le détendeur en cas de défaillance ; il est taré à 1,75 bar.

Les principaux équipements de sécurité sont les suivants :

- la jauge point haut (tarée à 85 % du volume du réservoir) correspond au niveau maximal de chargement à ne pas dépasser. C'est une indication sûre pour le chauffeur afin d'éviter un excès de remplissage,
- la jauge magnétique permet au client de suivre visuellement sa consommation de gaz et au chauffeur, de le renseigner sur le niveau de remplissage du réservoir lorsqu'il effectue une opération de dépotage en clientèle,
- la soupape de sécurité a pour rôle de limiter la pression régnant à l'intérieur du réservoir à une valeur compatible avec la sécurité des personnes et des biens ; l'augmentation de la pression peut avoir plusieurs origines :
 - remplissage de réservoir ne tenant pas compte du niveau maximal,
 - augmentation anormale de la température du produit (incendie à proximité).
- Le limiteur de pression : il a pour rôle de limiter le débit de gaz en cas de rupture accidentelle de la canalisation.

4.1.2. RESERVOIRS AERIENS AVEC VAPORISEUR

Certains réservoirs sont susceptibles d'être équipés d'un vaporiseur. Celui-ci sert alors à maintenir une pression constante dans le réservoir en permettant le passage du GPL de l'état liquide à l'état gazeux par échauffement et réduction de la pression à un niveau proche de la pression atmosphérique (0,96bar).

L'apport calorifique nécessaire à la vaporisation du GPL liquide est fourni par des résistances électriques.

Le vaporiseur peut être muni d'une soupape d'expansion thermique équipée d'un porte soupape.

Les autres équipements du réservoir sont alors les mêmes que ceux décrits au paragraphe précédent.

4.2. RESERVOIRS ENTERRES

Les réservoirs enterrés sont situés sous la surface du sol et sont recouverts par de la terre. Ils sont équipés d'un revêtement spécial, d'une protection cathodique et d'un système d'ancrage. Certains sont équipés de soupape de sécurité et d'autres de clapets de décharge (grande majorité). Leurs capacités sont limitées à 3,2 t inclus.

Leurs différents équipements sont situés en partie haute du réservoir, à l'intérieur d'un capot non étanche à l'eau affleurant la surface du sol ; lorsque le stockage est situé dans un ERP, il est verrouillé.

Les différentes caractéristiques possibles des réservoirs aériens sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Réservoirs enterrés	
Capacité (kg)	Capacité (m ³)
1000	2,236 à 2,3
1400	3
1750	4
3200	7,3

Tableau 3

Les organes équipant les réservoirs enterrés sont proches de ceux équipant les réservoirs aériens. Les réservoirs enterrés sont en plus munis d'un bornier de contrôle de la protection cathodique situé dans le capot. Cette protection cathodique permet de protéger le réservoir contre les courants vagabonds présents dans le sol.

Les organes sont représentés sur la Figure 5 ci-dessous :

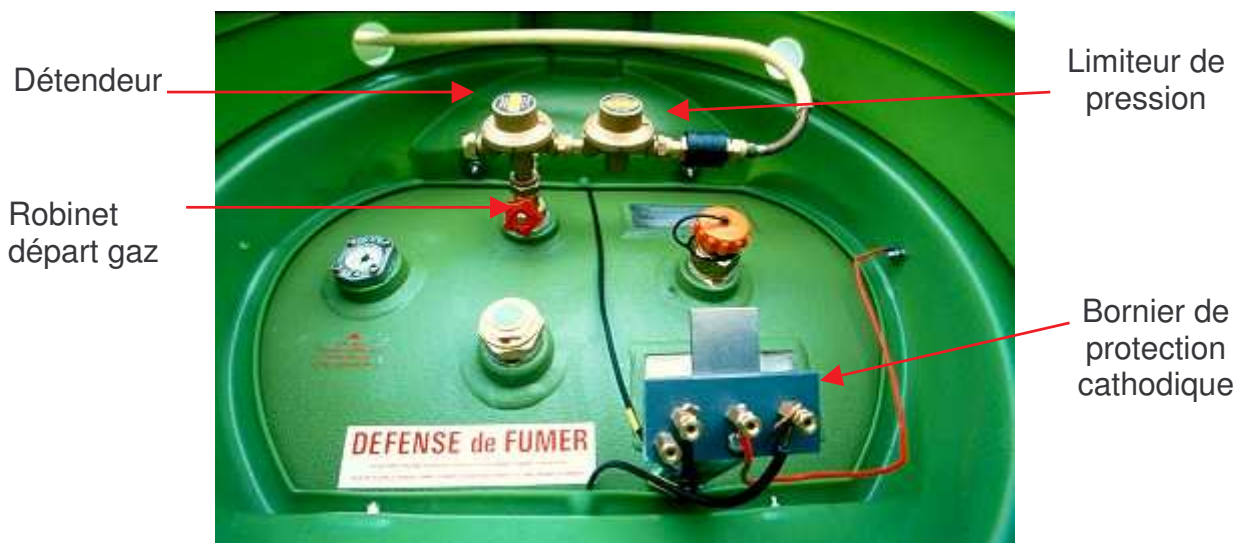


Figure 5 : Organes des réservoirs enterrés

Le réservoir enterré est doté d'un robinet départ gaz équipé d'un clapet de décharge (taré à 14 bar) qui remplace la soupape de sécurité et d'un double clapet d'emplissage avec un arrêt automatique de remplissage à 85%.

5. ACCIDENTOLOGIE

La plupart des accidents répertoriés dans la littérature concernent les réservoirs de véhicules. Les réservoirs de stockage sont impliqués dans un nombre d'accidents beaucoup plus restreints.

Les principaux phénomènes susceptibles de se produire sont les suivants :

Phénomène
1 - Fuite en phase gazeuse sans inflammation
2 - Feu torche (ou le feu de nappe)
3 - Explosion de gaz ou de vapeurs
4 - BLEVE d'une capacité
5 - Epanchage liquide sur le sol

Phénomènes retenus pour la classification des accidents

Il est à noter que les phénomènes 1 et 5 peuvent être des événements (phénomènes) précurseurs de 2 ou 3 alors que le feu torche (ou de nappe) peut être l'événement précurseur de 4 (BLEVE). Ainsi, une fuite de produit (liquéfié ou non) inflammable peut s'enflammer bien après l'épandage. La figure ci-dessus reprend les différents phénomènes impliqués.

Une liste non exhaustive d'accidents impliquant du GPL provenant de la base de données ARIA du BARPI est fournie en annexe. Ces accidents concernent des réservoirs de stockage de GPL, mais également des centres de transfert.

Ces événements mettent en évidence que les fuites de GPL répertoriées, enflammées ou non, proviennent principalement des éléments suivants :

- fuites lors du remplissage (mauvais raccordements des flexibles),
- fuites sur les canalisations de transfert au niveau des brides ou des joints,
- ruptures de canalisations ou de flexibles,
- déclenchements des soupapes de sécurité (échauffement du réservoir ou dysfonctionnement de la soupape).

Il est rappelé ici que dans une étude ATEX, les scénarios à retenir sont ceux qui correspondent à des dysfonctionnements raisonnablement prévisibles et non pas à des scénarios d'accidents majeurs.

On gardera également à l'esprit que les fuites susceptibles de produire des accumulations de gaz en milieux confinés peuvent s'avérer particulièrement dangereuses. C'est le cas de l'explosion survenue en 2006 à MARSAMAY LA COTE dans une station service pour laquelle des vapeurs d'essences se sont répandues dans un intervalle laissé par tassement du sable normalement présent entre la partie supérieure d'une cuve et la dalle en béton qui la recouvre.

6. IDENTIFICATION DES SCENARIOS DE FUITE A RETENIR SELON LA REGLEMENTATION ATEX

6.1. CHOIX DE L'ORIFICE DE FUITE POUR LE DIMENSIONNEMENT DU ZONAGE / SELECTION DES SCENARIOS LES PLUS APPROPRIES

Le choix de la dimension de l'orifice de fuite sur lequel va reposer le dimensionnement de la zone ATEX (zone 2) peut s'opérer par le biais d'approches diverses :

- Une approche forfaitaire pour laquelle on considère une fraction de la section de la canalisation (1%) au titre de l'orifice de fuite,
- Une approche forfaitaire basée sur des guides de bonnes pratiques tel que le guide IP15⁶ qui, pour l'industrie pétrolière, préconise de retenir une section de fuite de 1 mm² (soit un orifice de fuite de 1,13 mm de diamètre),
- Une approche basée sur le retour d'expérience de TOTALGAZ,
- Ou encore une approche plus pragmatique mais plus laborieuse basée sur l'étude des pièces de jonction, leurs modes de défaillance et les débits de fuite associés.

Sur la base des quelques approches considérées et notamment de l'approche forfaitaire, il est approprié de retenir les données produites à partir des **orifices circulaires de fuite de 1 mm de diamètre**.

6.2. DISTINCTION ENTRE VOLUME EXPLOSIF DANGEREUX ET VOLUME EXPLOSIF « NON DANGEREUX »

Le texte ci-dessous est extrait du « Guide de bonne pratique à caractère non contraignant en vue de la mise en œuvre de la Directive 1999/92/CE du Parlement Européen et du Conseil concernant les prescriptions minimales visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphères explosives », Commission Européenne, Avril 2003.

« Lorsque l'existence d'une atmosphère explosive potentielle est établie, sa dangerosité dépendra de son volume en liaison avec l'effet destructeur d'une inflammation éventuelle. En règle générale, on peut cependant partir du principe qu'une explosion a des effets destructeurs importants dès qu'une atmosphère explosive dangereuse est présente. Il y a des exceptions à cette règle lorsqu'il s'agit de manipuler de très petites quantités, par exemple en laboratoire. Selon le mode opératoire et les conditions locales, il convient d'apprécier si la quantité escomptée d'atmosphère explosive est dangereuse.

⁶ « Area classification code for installations handling flammable fluids – Model code of safe practice” – part 15, The Institute of Petroleum, 2nd edition, 2002

Exemples :

1. Une atmosphère explosive d'un volume de plus de dix litres présente en quantité constante dans des locaux fermés est toujours considérée comme dangereuse, indépendamment des dimensions du local.

2. Il est possible de procéder à une évaluation approximative en appliquant la règle empirique selon laquelle les atmosphères explosives présentes dans un local fermé sont dangereuses lorsque les quantités sont supérieures à un dix millième de son volume, soit, par exemple, pour un local de 80 m³, une atmosphère explosive de 8 litres. Cela ne signifie cependant pas qu'il faille qualifier tout l'espace comme emplacement dangereux; seule la partie du local où une atmosphère dangereuse est susceptible de se former doit être considérée comme emplacement dangereux. ...»

Il faut néanmoins noter que la transcription en droit français de la directive ne retient par le caractère non dangereux d'une atmosphère explosive. Toutefois, ce guide de bonne pratique européen apporte des arguments en faveur du non-classement d'une atmosphère explosive au motif que son inflammation n'entraînera pas d'effet sur le personnel.

Dans le cas du procédé étudié, nous retiendrons qu'il est installé dans un environnement qui peut être considéré comme ouvert compte tenu de l'absence de confinement qui pourrait favoriser l'accumulation de gaz inflammable.

En outre, nous retiendrons en première approche **qu'un volume explosif de moins de 10 litres, dans les conditions rappelées ci-dessus, ne présente pas de caractère dangereux.**

7. CLASSEMENT EN ZONES APPLICABLES AUX RESERVOIRS

Une atmosphère explosive peut se former lors du mélange de vapeurs de GPL (gazeux à pression atmosphérique) et d'air. L'atmosphère est explosive dès lors que la concentration de vapeurs de GPL est comprise entre 1,8 et 9,5% volumique dans l'air.

7.1. RESERVOIRS AERIENS

Les différents événements susceptibles de conduire à la formation d'une ATEX sont décrits ci-dessous.

7.1.1. CLAPETS DE REMPLISSAGE ET JAUGES POINT HAUT

A la fin d'une opération de remplissage, de faibles quantités de GPL peuvent être dégagées dans l'atmosphère, lors de la déconnexion du pistolet : ces quantités sont estimées à quelques cm³. Les volumes d'ATEX ainsi formés ne sont donc pas susceptibles de former une ATEX dangereuse et ne peuvent donc pas être à l'origine d'une zone ATEX.

Pour éviter les risques de surremplissage du réservoir, une jauge point haut dans le réservoir permet d'effectuer le remplissage à 85 % en complément de la jauge magnétique.

Le temps d'ouverture d'une jauge point haut ne dépasse pas quelques minutes au maximum. Les quantités de gaz dégagées sont donc également très faibles et ne justifient pas un classement en zone ATEX (Volumes d'ATEX inférieurs à 10 litres).

7.1.2. FUITES AU NIVEAU DES CANALISATIONS (VANNES, BRIDES, JOINTS, RACCORDS...)

Le GPL mis en œuvre à l'intérieur des réservoirs et des équipements associés n'est pas au contact de l'air en fonctionnement normal.

Le principal risque de formation d'une ATEX est donc lié à des défauts d'étanchéité de brides, vannes ou joints provoquant une fuite de gaz ou de liquide vers l'extérieur.

La fuite peut alors être gazeuse, diphasique ou liquide selon l'endroit où elle se produit.

Quel que soit le cas, le débit de fuite dépend de la pression en amont de l'orifice de fuite, ainsi que de la section de l'orifice de fuite.

Pour des orifices de fuite correspondant à la mauvaise étanchéité d'un joint, les simulations montrent qu'une fuite de liquide serait instantanément vaporisée au niveau de la brèche.

La fuite serait alimentée de façon durable tant qu'elle n'a pas été détectée.

Les vapeurs de GPL étant plus lourdes que l'air, elles sont susceptibles de s'accumuler dans les parties basses.

Les réservoirs aériens étant situés à l'extérieur, les risques d'accumulation en milieu confiné ne sont pas à craindre.

- En amont du détendeur, la pression dépend de la température à l'intérieur du réservoir et peut donc atteindre, dans la situation la plus défavorable, 17 bar, pression de tarage de(s) soupape(s) de sécurité. Cette pression peut être atteinte, dans le cas du propane, pour une température de 45°C à l'intérieur du réservoir.

En aval du détendeur, la pression est maintenue à 1,5 bar sur tout le réseau.

- Au cours de la fuite, le gaz contenu dans l'installation est déchargé dans l'air ambiant sous forme d'un jet.

Le mélange dans l'air du gaz inflammable issu d'un jet dépend de la turbulence de ce jet, qui dépend elle-même de la vitesse d'éjection. Celle-ci varie avec la masse volumique et la pression du gaz. Lorsque cette pression est supérieure à environ 2 bars abs, le jet est hypercritique et très turbulent. Le mélange du gaz avec l'air a alors lieu essentiellement à l'intérieur du jet.

Si la pression est inférieure à 2 bars, alors le jet devient subsonique, mais il reste très turbulent tant que la pression est peu inférieure à 2 bars absolus. **Les jets susceptibles de se produire en cas de fuite dans ces installations sont donc subsoniques turbulents.**

En milieu ouvert, on atteint au bout d'un délai inférieur à la seconde, un état stationnaire pour lequel le volume de l'ATEX devient constant.

En l'absence d'obstacle, l'ATEX résultant du mélange de GPL déchargé dans l'air en cas de fuite présente les caractéristiques géométriques suivantes en régime stationnaire :

- sa forme est celle d'un fuseau allongé,
- il s'agit d'un volume de révolution, ayant pour axe de révolution, la perpendiculaire au plan de l'orifice de fuite.

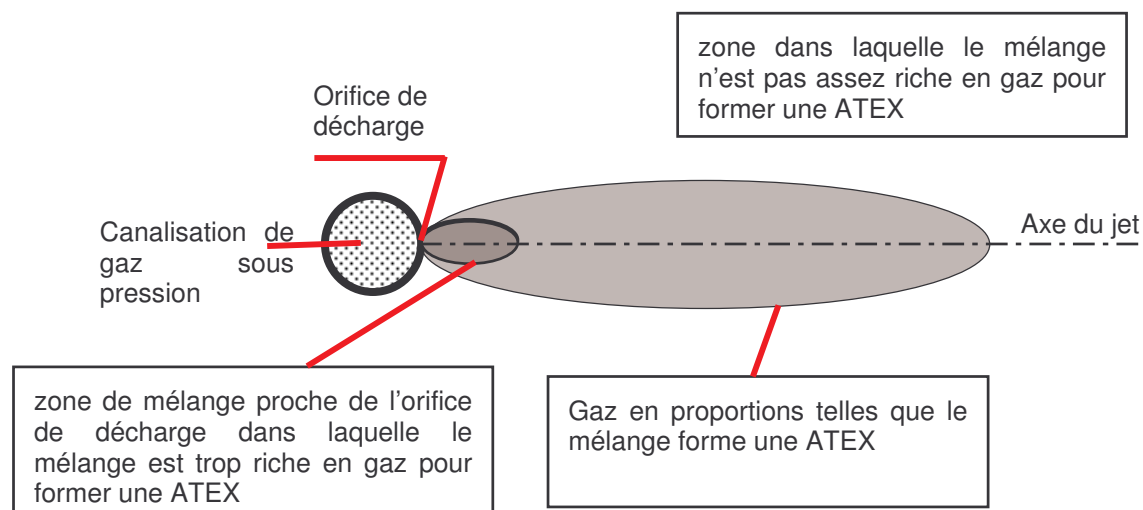


Figure 6 : Schéma en coupe présentant l'allure et la localisation des zones de mélange de gaz et d'air, pour une décharge en champ libre.

La concentration en gaz sur l'axe du jet décroît selon une fonction hyperbolique. Perpendiculairement à cet axe, la concentration en gaz décrit une courbe de Gauss.

- En supposant constante la pression à l'intérieur de la canalisation, le volume de l'ATEX est indépendant de la durée de la fuite. En effet, la dilution du gaz par l'air entraîné est continue et il ne se produit ni accumulation de gaz, ni augmentation du volume de l'ATEX au cours de la durée de la fuite.
- En considérant un orifice de fuite circulaire de 1 mm de diamètre (cf. § 6.1), les volumes d'ATEX susceptibles de se former en fonction de la pression à l'intérieur des installations sont données dans le tableau ci-dessous.

	Pression de propane		
	1,5 bar	10 bar	17 bar
Distance à la LIE	19 cm	46 cm	59 cm
Volume d'ATEX	54,6 mL	0,76 L	1,7 L

Tableau 4 : Volumes d'ATEX formés en fonction de la pression en cas de fuite de propane à travers un orifice de 1 mm de diamètre

Les volumes d'ATEX susceptibles de se former lors de telles fuites sont donc très faibles. De plus, les installations étant situées à l'extérieur, l'ATEX ne peut pas s'accumuler. L'inflammation d'un tel volume d'ATEX n'aura donc pas de conséquence importante.

Ce type de fuite en amont comme en aval du détendeur n'est donc pas à l'origine de la formation d'une ATEX dangereuse.

7.1.3. SOUPAPES DE SECURITE

Une soupape de sécurité est chargée de libérer le gaz en cas de surpression interne anormale.

Les soupapes équipant les réservoirs sont situées au-dessus de ceux-ci. Elles sont connectées au niveau de la phase gazeuse.

Le retour d'expérience des professionnels de la distribution de GPL s'appuie sur l'exploitation de données relatives à 1 000 000 réservoirs installés en clientèle et montre que :

- les soupapes de sécurité ne sont pas amenées à s'ouvrir de manière inopinée au cours du stockage de GPL,
- pour qu'une ouverture se produise, il faut qu'une cause extérieure survienne, qui provoque un échauffement important du réservoir,
- par forte chaleur, et en particulier lors des deux récentes périodes de canicule estivale, l'échauffement des réservoirs n'a jamais été suffisant pour provoquer la moindre ouverture de soupape,

- les seuls échauffements qui ont été suffisants pour provoquer l'ouverture de la soupape sont ceux qui ont résulté d'un feu à proximité (feu de forêt ou de broussailles par exemple).

Il ressort donc que l'ouverture de la soupape est un événement de très faible probabilité qui est provoqué par une cause accidentelle ou en tout cas de nature très particulière ; comme, par ailleurs, la flamme de l'incendie constitue une source d'inflammation très probable de l'ATEX qui se forme lors de l'ouverture de la soupape, **il ne nous paraît pas pertinent en définitive d'identifier une zone ATEX à proximité d'une soupape de sécurité.**

7.1.4. SOUPAPES D'EXPANSION THERMIQUE (OU DE DILATATION)

De même que dans le cas des soupapes de sécurité, les soupapes d'expansion thermiques ne peuvent se déclencher qu'en cas de dysfonctionnement : fermeture des deux vannes aux deux extrémités d'une canalisation et/ou augmentation de la température. Ce type d'événement ne survient également que rarement.

Les quantités susceptibles d'être présentes dans une canalisation sont relativement faibles, de l'ordre de quelques litres, mais le GPL est alors sous forme liquide.

L'ouverture d'une soupape va alors être à l'origine du rejet de quelques mL de GPL. Le GPL est alors vaporisé immédiatement et le volume d'ATEX formé peut donc être de quelques litres au maximum.

L'INERIS propose alors de considérer qu'une soupape d'expansion thermique est à l'origine d'une zone 2 enveloppe de 0,5 m de rayon.

7.2. LES RESERVOIRS ENTERRES

Les éléments susceptibles d'être à l'origine d'un dégagement de GPL sont les mêmes que ceux identifiés dans le cas des réservoirs aériens.

Ces éléments, notamment le clapet d'emplissage et la jauge point haut, débouchent dans un environnement confiné et le gaz libéré peut alors s'accumuler dans la zone située à l'intérieur du capot et peut engendrer ainsi, la formation d'une ATEX.

De plus, le capot n'étant pas totalement étanche, nous considérons qu'une ATEX est également susceptible de se former à proximité de celui-ci.

L'INERIS propose donc de classer en zone 2 la zone située à l'intérieur du capot ainsi qu'une demi-sphère de rayon 1 m au-dessus de celui-ci, à l'extérieur.

7.3. TABLEAU DE SYNTHÈSE DES ZONES ATEX

Les différentes zones ATEX identifiées sont synthétisées dans les tableaux ci-dessous.

Réservoirs aériens avec vaporiseur

Zone	Type de zone ATEX	Dimension de la zone ATEX
Soupape d'expansion thermique	Zone 2	Sphère de rayon 0,5 m

Réservoirs aériens sans vaporiseur

Zone	Type de zone ATEX	Dimension de la zone ATEX
-	-	-

Réservoirs enterrés

Zone	Type de zone ATEX	Dimension de la zone ATEX
Intérieur du capot	Zone 2	Intérieur du capot
Autour du capot	Zone 2	Demi-sphère de rayon 1 m

Ces zones sont représentées sur des fiches de synthèse fournies avec ce guide.

8. CHOIX D'APPAREILS ADAPTES

La maîtrise des sources d'inflammation requiert notamment que du matériel électrique et non électrique approprié soit utilisé dans les différentes zones ainsi recensées. A chaque zone correspond une catégorie de matériel tel que résumé dans le tableau ci-dessous :




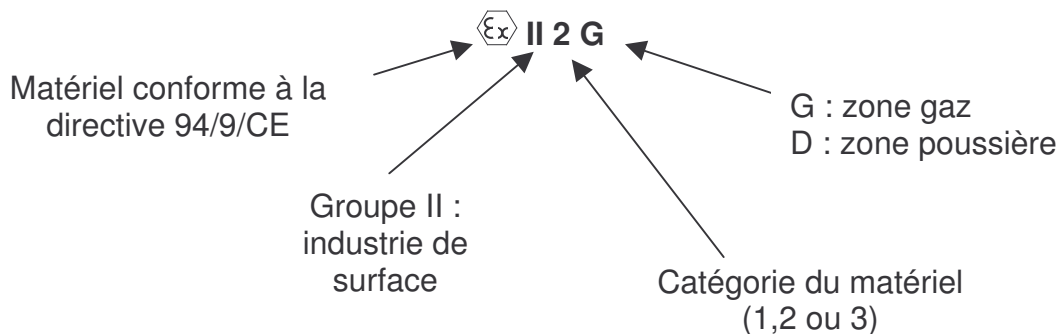
Présence d'une atmosphère explosive	Zone associée	Catégorie d'appareil appropriée	Exemple de marquage
Permanente	0	Cat. 1	CE  II 1 G
Occasionnelle en fonctionnement normal	1	Cat. 2 (ou 1)	CE  II 2 G (ou 1 G)
Potentielle en cas de dysfonctionnement	2	Cat. 3 (ou 2 ou 1)	CE  II 3 G (ou 2 G ou 1 G)

Tableau 5 : Equivalence zone / catégorie de matériel

Cette catégorie sera mentionnée sur le marquage du matériel, qui respectera les règles suivantes :



La lettre G qui figure sur le marquage indique qu'il s'agit d'un appareil⁷ destiné aux atmosphères explosives formées à partir d'un gaz inflammable ou d'une vapeur émise par un liquide inflammable ou encore d'un aérosol formé à partir d'un liquide inflammable⁸. Le numéro (1, 2 ou 3) fait référence à la « catégorie » d'appareil utilisé. Aux trois catégories d'appareils correspondent des niveaux de protection différents.

⁷ Par appareils, on entend les machines, les matériels, les dispositifs fixes ou mobiles, les organes de commande, l'instrumentation et les systèmes de détection et de prévention qui, seuls ou combinés, sont destinés à la production, au transport, au stockage, à la mesure, à la régulation, à la conversion d'énergie et à la transformation de matériau et qui, par les sources potentielles d'inflammation qui leur sont propres, risquent de provoquer le déclenchement d'une explosion (Directive 94/9/CE).

⁸ La lettre D figure à la place de la lettre G pour les atmosphères explosives poussiéreuses (« Dust »).

Le chiffre romain II fait référence aux industries de surface en opposition aux mines grisouteuses pour lesquelles le chiffre I est retenu. Enfin, le marquage est complété par le mode de protection retenu (voir Tableau 6) ainsi que la classe de température de l'équipement (voir Tableau 7).

On distingue différentes classes de température qui correspondent à la température de surface maximale de l'appareil. Ces températures maximales sont à comparer, pour les gaz, à la température d'auto-inflammation⁹ du produit. Il faut veiller à ce que la température maximale de l'équipement ne dépasse pas les 2/3 de la valeur de la température d'auto-inflammation.

Catégorie	Niveau de protection	Principe	Exemples de modes de protection possibles
Cat. 1	Niveau de protection très élevé	Si un seul mode de protection est utilisé, le niveau de sécurité reste assuré même en présence de deux défauts indépendants Si deux modes de protection sont utilisés, le niveau de sécurité reste assuré en cas de défaillance d'un des mode de protection	Sécurité intrinsèque (ia)
Cat. 2	Niveau de protection élevé	Appareil qui ne présente pas de source d'inflammation en fonctionnement normal ni en présence d'un défaut quelconque	Sécurité intrinsèque (ib) Enveloppe antidéflagrante (d) Sécurité augmentée (e) Remplissage pulvérulent (q)...
Cat. 3	Niveau de protection normal	Appareil qui en service normal n'engendre ni arc, ni étincelle ni surfaces chaudes susceptibles de provoquer une inflammation ou une explosion	Selon la conception de l'appareil. Il s'agit par exemple de transformateurs, de boîtes de raccordement, de moteurs asynchrones à cage d'écureuil ¹⁰ ...

Tableau 6 : Distinction des différentes catégories d'appareils

⁹ C'est la température minimale à laquelle une inflammation spontanée se produit par chauffage, dans des conditions d'essais spécifiques, et en absence de toute source d'inflammation auxiliaire.

¹⁰ Par opposition, les matériels ci après créent des étincelles en service normal : les interrupteurs, les moteurs asynchrones à courant continu, les alternateurs, les fusibles, les prises de courant sans verrouillage spécialement conçu.

Classe	Température maximale de surface
T6	85 °C
T5	100 °C
T4	135 °C
T3	200 °C
T2	300 °C
T1	450 °C

Tableau 7 : Classes de température pour les équipements

La température d'auto-inflammation du GPLC étant de l'ordre de 450 °C, la température de surface des appareils utilisés ne doit pas dépasser 300 °C. **La classe de température T2 est donc adaptée à la mise en œuvre du GPLC.**

En France, les dates d'application pour les **équipements de travail** sont les suivantes :

- Equipements de travail existants (avant le 26/07/2003), totalement conformes à la réglementation en vigueur jusqu'au 26/07/2003 (matériels pour ATEX) : statu quo, les équipements restent en place ;
- Equipements de travail existants (avant le 26/07/2003), non totalement conformes à une directive : les prescriptions minimales visant à améliorer la protection des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphères explosives (section 2 de l'arrêté du 8 juillet 2003) sont applicables depuis le 26 juillet 2003 ;
- Nouveaux équipements de travail mis en service après le 26 juillet 2003: les équipements doivent être conformes à la section 2 (prescriptions minimales) ainsi qu'à la section 3 de l'arrêté du 8 juillet 2003 (équipements conformes au décret n°96-1010).

Les délais d'application pour les **lieux de travail** sont les suivants :

- Lieux de travail existants avant le 26/07/2003 : les prescriptions minimales doivent être satisfaites au plus tard le 26/07/2006 ;
- Nouveaux lieux de travail mis en service après le 26/07/2003 : les prescriptions minimales sont applicables dès la mise en service ;
- Extensions, transformations après le 26/07/2003 : les prescriptions minimales sont applicables dès la mise en service.

9. BIBLIOGRAPHIE

- ◆ Guide de bonnes pratiques à caractère non contraignant en vue de la mise en œuvre de la Directive 1999/92/CE. Elaboré à la demande de la commission européenne, il existe en version française janvier 2003
- ◆ Norme NF EN 60079-10, juillet 1997 : matériel électrique pour atmosphère explosive gazeuse Partie 10 : classement des régions dangereuses
- ◆ Norme NF EN 1127-1 : Atmosphères explosives prévention et protection contre l'explosion partie 1 : notions fondamentales et méthodologie
- ◆ Réglementation ATEX Evaluation analytique des risques, Jacques Chaineaux et Agnès Janès, les Techniques de l'Ingénieur, SE 3250
- ◆ Les mélanges explosifs gaz et vapeurs, poussières, liquides, solides, INRS, ED 335, mise à jour 1994
- ◆ API (American Petroleum Institute) Recommended Practice 505, 1st Edition, November 1997.
- ◆ Dossier préparatoire de TOTALGAZ du 20/04/2006 : Etude des zones ATEX.
- ◆ Sites internet :

www.legifrance.gouv.fr

www.journal-officiel.gouv.fr

www.ineris.fr

www.inrs.fr

www.europe.eu.int/comm/enterprise/atex

www.cfbp.fr

ANNEXE
ACCIDENTOLOGIE

N°29409

10/03/2005

FRANCE - 41 - OUCQUES

51.2A - Commerce de gros de céréales et aliments pour le bétail

Peu avant 15h30, une fuite de gaz enflammée se produit sur un réservoir de propane de 100 m³ dans un silo céréalier. A la suite d'opérations de maintenance, le gazage (remise en gaz) est en cours (11 m³ transférés) lorsqu'une explosion dans la capacité provoque un feu-torche (flammes de quelques mètres) sur la bride du trou d'homme en partie supérieure. Environ 55 pompiers se rendent sur site, ainsi que des spécialistes de la société propriétaire de la citerne. Les pompiers utilisent des rideaux d'eau en protection, mais rencontrent des difficultés d'approvisionnement en eau. Le dispositif de refroidissement fixe du réservoir est actionné également avec difficultés le branchement se situant sous le réservoir : la rampe d'arrosage fixe n'était pas raccordée au réseau. Les pompiers complètent le dispositif par une lance canon. L'électricité est coupée sur le site. Les secours évacuent, par précaution, le collège situé à 200 m ainsi que la population (3 à 500 personnes selon les secours), dans un rayon de 500 m. La circulation est interrompue sur la RD 924 et réservée aux secours. La stratégie adoptée est de laisser brûler le gaz s'échappant du réservoir (débit estimé à 400 kg/h) tout en maintenant le refroidissement de la cuve. Le feu s'éteint après combustion du gaz vers 20 h. La capacité est inertée à l'eau dans la soirée. Le dispositif des secours est levé vers 22h30 : les riverains peuvent regagner leur logement et la circulation est rétablie. Selon les premiers éléments de l'enquête, la remise en gaz était effectuée avec un torchage : dans ce cas, le GPL remplissant la cuve repousse le mélange air / vapeurs de gaz vers la tuyauterie de soutirage en phase gaz reliée à la torche. Une procédure cadre globalement la réalisation de cette opération. L'incident s'est produit lors de l'allumage de la torche par un des opérateurs de la société de maintenance.

N° 28018

16/09/2004

FRANCE - 74 - SERVOZ

55.1A - Hôtels touristiques avec restaurant

Peu avant 9h, une fuite de propane se produit sur un réservoir enterré (1 400 kg) situé dans la cour d'un hôtel en centre ville. Un périmètre de sécurité est établi. Les secours évacuent une école de 140 enfants et 6 adultes, 7 personnes de l'hôtel et 3 chalets, soit 158 personnes au total. L'accès à la poste est interrompu. Compte-tenu des risques d'explosivité révélés par les mesures faites, le périmètre de sécurité est maintenu jusqu'à l'arrivée du spécialiste GPL. La fuite se situe au niveau d'un écrou, sur la tête de la citerne; la jauge indique 10 % de la capacité. La fuite partiellement colmatée, les secours décident de dépoter le produit résiduel et utilisent une torchère pour brûler le reste de gaz.

N° 27779

16/08/2004

FRANCE - 74 - VALLEIRY

50.5Z - Commerce de détail de carburants

Dans une station-service d'autoroute, un flash a lieu le 15 août vers 17 h lors du remplissage d'un réservoir embarqué dans un camping-car (à motorisation diesel) provenant d'Italie. Le conducteur qui effectuait la manœuvre est hospitalisé grièvement brûlé. Le poste est mis en sécurité électrique par arrêt coup de poing et un périmètre de sécurité est mis en place. Selon les premiers éléments, la bouche de remplissage de ce réservoir annexe se situait sous la carrosserie à côté d'une aération et nécessitait de se baisser au ras du sol pour effectuer le branchement. Le flash a brûlé le conducteur sur le haut du corps. Le véhicule n'est que peu endommagé : traces entre l'orifice de remplissage et la grille d'aération. Le véhicule est dégagé par ses propriétaires. Les secours ou autres ne détectent aucune anomalie à ce stade des faits. Le même jour vers minuit 30, les pompiers interviennent dans la station-service à la suite d'un départ de feu apparu en partie basse de l'appareil de distribution GPL. Ils mettent en évidence une petite fuite à cet endroit de l'appareil (entre vanne manuelle sur canalisation et électrovanne) et ferment la vanne d'arrivée de gaz, ce qui stoppe la fuite. La société d'autoroute décide de fermer l'aire par mesure de précaution, les installations n'ayant que très peu souffert des événements survenus. Une inspection de la DRIRE le lendemain conduit à proposer la reprise de l'exploitation de la station dans un premier temps sous certaines réserves et après permission des experts judiciaires : purge des canalisations de liaison et campagne de contrôle des teneurs en gaz (résultats dûment tracés), consignation des vannes sur le réservoir en position fermée, contrôles réguliers temporairement visant à détecter une éventuelle fuite rémanente. En fonction des éléments actuellement disponibles, le fait que les 2 événements (flash et incendie) soient liés n'est pas avéré.

N° 26396

12/10/2003

FRANCE - 88 - LA BRESSE

YY.OZ - Activité indéterminée

A la suite d'un mauvais raccordement des pressostats d'un vaporisateur équipant un réservoir de 60 m³, la surchauffe du produit entraîne une montée en pression du réservoir, l'ouverture des soupapes et une fuite de GPL. Les pompiers maîtrisent la fuite.

N° 26385
07/07/2003
FRANCE - 54 - HEILLECOURT
YY.OZ - Activité indéterminée

Lors d'un échange de réservoir de GPL, une fuite liquide se produit au niveau du pousse clapet de reprise de la phase liquide. Les pompiers font évacuer la zone et arrosent le réservoir de manière à créer un bouchon de glace susceptible de colmater la fuite.

N° 24999
05/07/2003
TURQUIE - 00 - ANKARA
50.5Z - Commerce de détail de carburants

Plusieurs explosions et un très violent incendie ravagent une station service dans le centre de la ville : le bilan fait état de 3 morts, personnes décédées quelques jours plus tard de leurs blessures, et de 189 blessés dont 4 grièvement touchés. La station service est située non loin d'une salle de mariage où se trouvaient alors 300 personnes dont certains ont pu évacuer les lieux dès la première explosion. Cependant, la plupart des blessés recensés font partie des invités du mariage. Le bâtiment sera détruit par la suite. 17 véhicules sont également détruits ainsi qu'un immeuble voisin. 100 habitations sont endommagées. Les pompiers maîtrisent l'incendie en 1 h. Selon les premiers éléments, la fuite initiale de GPL se serait produite à la suite de la rupture du flexible utilisé pour le transfert du gaz liquéfié de la citerne (capacité max : 20 à 25 m³, remplie environ à la moitié) vers un réservoir fixe, enterré et de capacité 10 m³ (?), de la station : il semble que les 2 raccords (vanne de vidange et flexible) n'étaient pas compatibles. Le nuage ainsi généré s'est enflammé (étincelle due à un frottement métallique, chute de l'embout du flexible ?) et a explosé (UVCE). Une autre explosion survient puis une 3ème : la plus importante correspond au BLEVE de la citerne du camion qui survient 10 min après le début de l'accident et provoque l'ouverture sur place de la citerne et un violent incendie qui s'étend aux bâtiments voisins. Dès le début, les pompiers interviennent avec des extincteurs à poudre, de l'eau et de la mousse mais leur action ne semble pas avoir été efficace. Les dégâts constatés sembleraient dus essentiellement aux effets thermiques de l'incendie, les effets des ondes de choc consécutives aux explosions restant circonscrits dans des zones proches (bris de vitres sur les bâtiments voisins). Selon les premiers éléments, il semble que le propriétaire (ou le gérant ?) n'était pas sensibilisé aux questions de sécurité : le personnel assurant les transferts n'était pas formé, la société à laquelle appartenait le camion ne faisait pas partie des fournisseurs contractuels, les équipements du camion n'étaient pas conformes, la station n'avait ni dispositifs de sécurité ni instructions.

N° 17647

25/04/2000

ROYAUME-UNI - 00 - BIRTLEY

40.2C - Distribution de combustibles gazeux

Un réservoir est en cours de vidange dans une unité de stockage et remplissage de bouteilles de gaz (GPL). Une grosse fuite s'enflamme sur la canalisation de transfert. Le personnel déverse une grande quantité d'eau pour éviter la propagation du sinistre. Une explosion se produit ensuite. Les murs de l'installation sont soufflés. Dans l'accident, un employé est décédé, apparemment d'une crise cardiaque, 2 autres sont légèrement brûlés. Une zone de 800 m de long est bouclée mais les usines voisines ne seront pas évacuées.

N° 19520

25/01/2000

FRANCE - 76 - SAINT-ETIENNE-DU-ROUVRAY

01.1D - Horticulture ; pépinières

Dans une unité stockant du GPL, une fuite de propane se produit sur un réservoir d'une capacité de 6,5 t. 8 personnes sont évacuées et un périmètre de protection de 100 m est mis en place. Le bac est muni en fond d'une vanne de vidange, elle-même fermée par une bride pleine. Selon les premiers éléments, le démontage aurait mis en évidence un joint défectueux au niveau de cette bride (dimension non adaptée à la bride).

N° 18562

04/01/2000

PAKISTAN - 00 - MALL NAU

60.1Z - Transports ferroviaires

L'explosion d'un réservoir cylindrique de GPL dans une gare provoque un incendie. Attisé par des vents violents, le feu s'étend à des boutiques et à des bureaux le long de la rue. D'autres réservoirs de gaz, utilisés par des particuliers ou des commerces, pris dans l'incendie explosent à leur tour. Le courant est aussitôt coupé dans le secteur. Les secours, pompiers et armée, mettent 4 h pour maîtriser le sinistre. Un court-circuit serait à l'origine de l'incendie dont la propagation a également été facilitée par la présence de nombreuses constructions en bois. Les dégâts s'élèvent à plusieurs millions. Les commerçants, les passants et les touristes ont été évacués à temps ; aucune victime n'est à déplorer.

N° 11649

14/09/1997

INDE - 00 - WISHAKHAPATNAM

23.2Z - Raffinage de pétrole

Dans la zone de stockage d'une raffinerie, l'explosion d'un nuage de gaz provenant d'une canalisation de GPL et suivie d'un incendie affectant 11 réservoirs tue 22 personnes et nécessite l'évacuation de plus de 70 000 riverains. Plusieurs dizaines de personnes (15 selon une source, 31 employés selon une autre) sont blessées. L'incendie ravage des installations portuaires et d'autres unités pétrolières. Une douzaine d'entreprises est fermée lorsque la chaleur fait exploser des réservoirs.

N° 8316

10/03/1996

ITALIE - 00 - TREVISE

51.5A - Commerce de gros de combustibles

Dans un établissement de stockage et d'embouteillage de GPL, une fuite de propane survient durant le dépotage d'une citerne routière de 35 m³ vers un réservoir fixe. L'alarme est donnée. Alors que les pompiers se préparent à disperser le nuage avec les lances à eau, une explosion détruit les bureaux de l'établissement. La partie supérieure de la citerne s'ouvre et une petite boule de feu se forme. La chaleur provoque l'explosion d'une citerne routière de 12 m³ et détruit du matériel appartenant aux pompiers. Un fragment de la citerne endommage le toit d'un bâtiment et atterrit à 500 m. Trois employés et 10 pompiers sont blessés, l'un des employés décède 4 jours plus tard. 250 personnes du voisinage sont évacuées durant 24h.

N° 13002

23/02/1992

COREE DU SUD - 00 - KWANGJOO

40.2C - Distribution de combustibles gazeux

Dans un établissement distribuant du GPL, un camion chargé de 30 t de gaz, arrêté devant le réservoir à remplir sur une aire en pente, se met en mouvement et heurte le réservoir. L'ensemble prend feu et le réservoir s'ouvre sous l'effet d'un arrosage intense (déluge) pour le refroidir. Le gaz explose. Seize personnes sont blessées et 20000 riverains situés dans un rayon de 2,5 km sont évacués. La défaillance du conducteur du camion, l'absence de mur de protection autour du réservoir fixe et la médiocrité du système déluge sont à l'origine de l'accident et de son ampleur. Des procédures d'urgence et de maintenance et des distances de sûreté seront instituées.

N° 1836

01/04/1990

AUSTRALIE - 00 - SYDNEY

40.2C - Distribution de combustibles gazeux

Un incendie se déclare dans un dépôt de gaz associé à un centre emplisseur de GPL comprenant notamment les stockages suivants : 5 réservoirs aériens (cigares de capacités 3x220 m³, 1x220 m³, 1x55 m³) contenant respectivement 160 m³, 148 m³, 148 m³, 88 m³, 31 m³ de gaz ; des réservoirs aériens de petites capacités (cigares), des camions-citernes déjà chargés. Le site est entouré d'entrepôts et de bâtiments. Quelques habitations sont présentes dans un rayon de 500 m, ainsi qu'une route. Le jour de l'accident, un incendie se déclare vers 21 h sur le site mais il n'est pas combattu immédiatement. Du fait du week-end, il n'y avait pas de personnel dans l'installation. Le trafic de l'aéroport de Sydney, situé à 2 à 3 km, est aussitôt interrompu. A 22h05, le réservoir contenant 160 m³ de gaz bleve et se trouve projeté à 300 m dans la rivière voisine, détruisant au passage un bâtiment industriel non occupé à ce moment. L'explosion provoque le déplacement du réservoir voisin de 50 cm sur son socle sans le renverser. L'ensemble du site est en feu. A 22h33, un camion-citerne de 40 t bleve à son tour.

A 23h00, les autorités décident d'évacuer les riverains dans un rayon de 2km en les prévenant par diffusion de messages vocaux. Des incompréhensions (langue du message non parlée par toute la population locale) créent une situation de panique. Environ 10 000 personnes auraient été évacuées. 300 sauveteurs sont mobilisés. L'incendie perdure jusqu'à 5 h du matin, moment où le gaz finit de brûler. Plusieurs vannes étaient restées ouvertes, l'incendie s'est donc propagé par les tuyauteries à l'ensemble des réservoirs connectés. Les pompes alimentant le réseau incendie étaient en panne. De nombreux bleve de petites bouteilles (une centaine) surviennent mais les autres gros réservoirs ne subiront pas de bleve. Le coût des dommages est évalué entre 20 et 25 MF (soit 3,5 M€). Le sinistre a causé d'importants dégâts par onde de choc et effets thermiques dans un rayon de 200 m. L'onde de choc est ressentie à 3 km. Des analyses effectuées sur le socle en béton du réservoir qui a blevé montrent que le réservoir a subi une élévation de température équivalente à celle d'une exposition à 900 °C pendant 2h. La formation d'un nuage explosible à partir d'une fuite sur une tuyauterie serait à l'origine de l'incendie. La source d'ignition pourrait être due au passage d'une voiture ou à une étincelle d'origine électrique. L'exploitant évoque un acte de malveillance.

N° 48

13/05/1988

ITALIE - 00 - SANT'ANGELO LECORE

51.5A - Commerce de gros de combustibles

A la fin d'une opération de chargement d'une unité de remplissage de GPL, une soupape d'un réservoir enterré reste ouverte et entraîne une fuite de longue durée : 8 t de produit sont relâchées sans inflammation. Le trafic routier est interrompu dans un rayon de 3 km. Le risque d'effet domino étant très important dans la zone (autres réservoirs de GPL), l'éclairage public est éteint et 50 personnes sont évacuées. La fuite est stoppée par transfert du GPL.

N° 135

21/03/1988

ROYAUME-UNI - 00 - KINGS RIPTON / CAMBRIDGE

00.0Z – Particuliers

Lors du remplissage de l'un des 4 réservoirs domestiques de GPL d'un particulier, une fuite se produit et s'enflamme violemment. Un BLEVE se produit sur le réservoir, avec projection d'un fragment à 25 m transperçant le réservoir d'une maison voisine. Les 3 autres réservoirs sont évacués de leur contenu par la soupape, sans dommage. Une maison est détruite ainsi que 2 garages et les vitres de 3 maisons voisines.

N° 10070

26/03/1980

PAYS-BAS - 00 - ENSCHEDE

45.1A - Terrassements divers, démolition

Dans une zone urbaine où de nombreux chantiers (immeubles et maisons en construction) sont présents, une pelleteuse déplace un réservoir contenant 1,5 m³ de GPL. Celui-ci chute lors de l'opération et sa soupape est cisailée (suite au choc) au niveau de la bride. Environ 110 kg de propane s'échappent (déduit à posteriori de la taille de la brèche). Un brouillard blanc se forme et se répand vers des immeubles en construction. Le nuage s'enflamme 30 s après sur un chauffe-eau d'un immeuble et explose. Le VCE génère d'importants dégâts (effets thermiques/de surpression/missiles). De nombreuses constructions (dont une partie d'un bâtiment industriel en briques et tôles ondulées) s'effondrent. Des voitures sont endommagées et des vitres sont brisées jusqu'à 300 m.

N° 6934

06/02/1977

ETATS-UNIS - 00 - BOYNTON BEACH

60.1Z - Transports ferroviaires

A la suite du déraillement d'un train de marchandise, un wagon de propane enfonce le muret de rétention d'un stockage de 4 réservoirs de GPL. La citerne explose, se brise et la plus grosse partie est catapultée à 130 m. Un incendie se déclare, s'étend à l'ensemble du convoi ainsi qu'à des habitations et des commerces dans lesquels deux personnes sont brûlées vives. Les pompiers devant le manque d'informations concernant les produits transportés redoutent de nouvelles explosions. 1,5 h plus tard, un BLEVE détruit une citerne d'isobutane. Il se forme une boule de feu de 100 m de diamètre visible à plus de 40 km. L'incendie est finalement maîtrisé 2 jours plus tard.

N° 28500

22/12/1975

FRANCE - 71 - MACON

51.5A - Commerce de gros de combustibles

Une explosion se produit un lundi matin à la reprise du travail dans un dépôt de GPL équipé d'un hall d'emplissage. Selon la configuration des lieux, l'installation électrique se situe dans l'atelier d'entretien qui contient également les compresseurs d'air, à environ 70 m du bâtiment d'emplissage. Les liaisons avec le local sont assurées via un caniveau souterrain recouvert de dalles béton. Le hall d'emplissage est équipé en particulier d'un dispositif de récupération de produit dans les bouteilles (suite à surremplissage ou pour remplacement du robinet) composé d'un réservoir (1 m³), maintenu en dépression par les compresseurs GPL, dans lequel s'écoule le produit via une tuyauterie en acier terminée par un flexible. Cette dernière comporte un robinet à boisseau conique (ancien, doute sur l'étanchéité). Selon l'analyse de l'exploitant, le vendredi avant l'accident, le flexible s'est rompu et le butane contenu dans le réservoir s'est écoulé pendant le week-end via la brèche. Il s'est répandu sur le sol, compte-tenu de la température voisine de 0°, le gaz est resté en phase liquide, pour atteindre le caniveau dans lequel il a cheminé, jusqu'au local électrique.

Le lundi matin, à la remise en service du centre, l'enclenchement des contacteurs a provoqué l'explosion et l'incendie qui a suivi a été rapidement maîtrisé avec un extincteur à poudre. Sur les 15 personnes se trouvant dans l'atelier au moment de l'accident, 8 sont légèrement blessées dont 2 hospitalisées pour quelques jours. Les dégâts matériels se situent dans le local entretien : tableau électrique détruit, murs du bâtiment déformés, toiture soufflée. A la suite de l'accident, l'exploitant propose d'isoler les buses ou caniveaux contenant les gaines électriques à leurs 2 extrémités, à l'aide par exemple de bouchons de plâtre, de manière à éviter la propagation de gaz vers les locaux susceptibles de provoquer une inflammation.

N° 28504

16/09/1974

FRANCE - 57 - HAUCONCOURT

23.2Z - Raffinage de pétrole

Un flash suivi d'un incendie et d'une explosion se produit dans un centre emplisseur de GPL. Le hall se découpe en plusieurs zones : un carrousel d'emplissage des bouteilles de 13 kg de propane, une zone d'emplissage des bouteilles de 35 kg, une zone d'épreuve, un poste de palettisation, une cabine de peinture. Le bâtiment est équipé de 2 ventilateurs (2 000 m³/h chacun), asservis à l'arrivée du produit. Le remplissage s'effectue via une pince qui, une fois placée au droit de l'orifice du robinet de la bouteille, déclenche une séquence pneumatique (branchement pince, ouverture robinet bouteille, ouverture vanne à gaz puis une fois le remplissage fini, fermeture simultanée vanne à gaz et robinet bouteille, débranchement pince). Le jour de l'accident, à 16h55, une bouteille de 13 kg se renverse à la sortie du carrousel: le préposé au branchement des pinces arrête la rotation, le chef d'équipe tente de redresser la bouteille qui provoque un " flash ", le robinet de la bouteille étant resté ouvert: lui-même et 2 autres employés sont brûlés au visage et sur le corps. Un autre actionne l'arrêt d'urgence du site qui entraîne alors la mise en action des sirènes, la coupure de l'électricité (sauf éclairage), la fermeture des vannes sur sphères, des vannes à l'arrivée au carrousel et au poste 35 kg mais aussi l'arrêt des compresseurs d'air et des ventilateurs. Sur perte d'air, les pinces d'emplissage " s'ouvrent " lentement, provoquant un nouveau rejet de propane. Le nuage s'enflamme, l'incendie se propage à la cabine de peinture. Le même phénomène se produit au poste 35 kg où le gaz explose. Une partie de la toiture et du bardage du hall est soufflée. A 17h20, l'incendie est éteint. Selon l'exploitant, les pinces fonctionnent sur pression d'air i.e. l'arrêt des compresseurs n'a permis qu'un décrochement lent de la pince avec coupure différée de l'arrivée de produit; idem pour les vannes à gaz et les robinets des bouteilles : le gaz rejeté s'est accumulé dans l'atelier, l'évacuation vers l'extérieur n'étant plus possible du fait de l'arrêt des ventilateurs. La source d'ignition pourrait être due à un choc métallique (pince/ bouteille ou bouteille/ charpente de la chaîne) ou à l'électricité statique. Les mesures prises sont notamment la mise en place d'un réservoir d'air visant à augmenter l'autonomie des pinces, l'alimentation électrique séparée des compresseurs et des ventilateurs (maintenues sur arrêt auto), des exercices pour le personnel.

N° 1

04/01/1966

FRANCE - 69 - FEYZIN

23.2Z - Raffinage de pétrole

La raffinerie mise en service en 1964 traite 1,7 Mt/an de pétrole. Sa zone de stockage de GPL comprend 12 850 m³ (capacité théorique 13 100 m³) d'hydrocarbures sous pression dans 10 sphères de propane ou de butane. Les sphères sont au plus proche à 22,50 m de l'autoroute A7. Un aide opérateur prélève un échantillon lors d'une purge sur une sphère de propane de 1 200 m³ remplie à 60 %. Après plusieurs incidents, une procédure opératoire stricte avait été établie pour purger les sphères (ouverture de la vanne supérieure, puis progressivement de la vanne inférieure sans jamais l'ouvrir à fond). A 6h40, l'aide opérateur manœuvre dans le mauvais ordre les vannes en série qui givrent et se bloquent. Une fuite de propane génère un nuage inflammable qui dérive lentement jusqu'à l'autoroute. Des voitures le traversent sans conséquences. Mais à 7h15, une voiture arrêtée à 100 m du point de fuite sur le CD4 longeant l'autoroute allume le nuage ; son chauffeur grièvement brûlé décèdera ultérieurement. Un violent chalumeau apparaît sous la sphère 1 min plus tard. Les secours de la raffinerie, de Vienne et de Lyon arrivés entre 7 h et 8h30, essaient de refroidir les sphères voisines et d'éteindre la torchère géante qui prend une nouvelle ampleur après l'ouverture des soupapes de sécurité sur le haut de la sphère. Celle-ci explose brutalement vers 8h45 (1er BLEVE) en faisant 13 victimes. La boule de feu culmine à 400 m de hauteur et atteint 250 m de diamètre. Une sphère voisine de propane explose à son tour à 9h40 (2ème BLEVE) sans faire de victimes. Le bilan humain est lourd : 18 morts dont 11 sapeurs pompiers et 84 blessés sur 158 personnes présentes. D'importants dommages matériels sont observés : inflammation des réservoirs voisins et ouverture de plusieurs sphères de stockage, missiles dus aux BLEVEs retrouvés à plus de 700 m dont l'un de 48 t à 325 m, immense cratère à la place des 2 sphères, 8 000 m³ (1 500 t) de produits pétroliers perdus. Le souffle de l'explosion est perçu jusqu'à Vienne (16 km au sud) et 1 475 habitations ont été atteintes. Des responsabilités pénales sont retenues envers l'aide opérateur et l'agent de sécurité pour méconnaissances des consignes. Le Directeur du site est également mis en cause. En matière civile, des dommages et intérêt sont retenus. Cette catastrophe entraîne de profondes réformes de la réglementation et de l'administration chargée du contrôle des installations classées.

N° 6870

28/05/1959

ETATS-UNIS - 00 - MC KITTRICK

YY.0Z - Activité indéterminée

Un BLEVE détruit un réservoir de stockage de GPL alors que l'on vient, 10 minutes plus tôt, de procéder à sa purge d'eau. Un fragment de 4 t est projeté à plus de 700 m ; 35 min plus tard, 6 réservoirs principaux sont à leur tour détruits par des BLEVE. 2 personnes sont blessées.

N° 6879
12/03/1959
ETATS-UNIS - 00 - BRINKLEY
YY.OZ - Activité indéterminée

Le chauffeur d'un camion-citerne de GPL déplace son véhicule en oubliant de déconnecter le tuyau de transfert. Le gaz s'enflamme et provoque la destruction par BLEVE de 3 réservoirs de propane de moins de 60 m³. Une personne est tuée et les dommages matériels sont considérables.

N° 6848
08/01/1957
CANADA - 00 - MONTREAL
YY.OZ - Activité indéterminée

Une sphère de GPL (Butane) dont les capteurs de niveau étaient défectueux est sur-remplie à la suite d'une succession d'erreurs concernant l'estimation de la quantité de produit à introduire. Dans un délai de 30 minutes, la sphère se rompt (BLEVE). 15 minutes plus tard, 2 autres BLEVE détruisent les 2 sphères voisines. Les fragments de réservoirs sont projetés dans un rayon de 300 m. Une personne est tuée au cours de l'accident.

N° 6835
22/10/1956
ETATS-UNIS - 00 - COTTAGE GROVE
23.ZZ - Raffinage de pétrole

Dans une raffinerie, à la suite de la rupture d'un niveau à glace, un BLEVE détruit un réservoir de stockage de GPL dans une unité de F.C.C (craquage catalytique). 12 personnes sont tuées et 40 blessées. L'installation est détruite.

N° 14249
24/07/1952
ETATS-UNIS - 00 - KANSAS CITY
YY.OZ - Activité indéterminée

Une fuite se produit au niveau de la soupape d'un réservoir de GPL. Le nuage formé est allumé par un véhicule voisin et explose (VCE). Deux personnes sont tuées.

N° 6727
17/12/1932
ETATS-UNIS - 00 - DETROIT
ZZ.OZ - Origine inconnue

Une explosion se produit à la suite de la rupture d'un tuyau provisoire de 50 mm connecté à un réservoir de stockage de 83 m³ de GPL. Aucune victime n'est à déplorer.

LISTE DE DIFFUSION

Nom	Adresse/Service	Nb
B. FAUCHER	Dossier maître	1
CLIENT	Totalgaz	3
M.DEMISSY/ R.LODEL	DRA	1
A. ACCORSI	DRA	1
DOC	DOC	1
DVM	DVM	1
L.Dupont	DRA	1

TOTAL 9

PERSONNES AYANT PARTICIPE A L'ETUDE

Travail	Nom	Qualité	Date	Visa
Rédacteur	A. Accorsi	Ingénieur		
Vérificateur				
Approbateur	Bruno Faucher	Directeur Risques Accidentels		

 **Fin du Complément non destiné au client** 