

RAPPORT D'ÉTUDE
N° DRA-08-85166-00650B

04/09/2008

Influence des enseignements tirés d'accidents impliquant des stockages de GPL dans l'évolution des guides de bonnes pratiques à l'étranger

Programme INERIS EAT DRA 71 : Evaluation des risques des systèmes industriels - Opération B.1.1

INERIS

Influence des enseignements tirés d'accidents impliquant des stockages de GPL dans l'évolution des guides de bonnes pratiques à l'étranger

Programme Etude & Recherche DRA 71
Opération B1.1

Client : MEEDDAT/SEI/BARPI

Liste des personnes ayant participé à l'étude : S. LIM

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 équivalent 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.

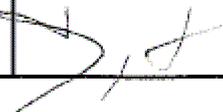
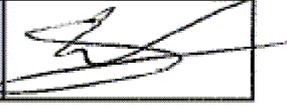
	Rédaction	Relecture	Vérificateur	Approbation
NOM	S. LIM	L. DUPONT	M.-A. KORDEK	S. CHAUMETTE
Qualité	Responsable d'affaires Direction des Risques Accidentels	Responsable de l'Unité Procédés Energies Propres et Sûres Direction des Risques Accidentels	Responsable Appui à l'Administration Direction des Risques Accidentels	Responsable du Pôle Analyse et Gestion Intégrée des Risques Direction des Risques Accidentels
Visa				

TABLE DES MATIERES

1. GLOSSAIRE	5
2. INTRODUCTION	7
2.1 Contexte de l'étude	7
2.2 Champ de l'étude	7
2.3 Structure du rapport	7
3. GÉNÉRALITÉS SUR LES SITES GPL	9
3.1 Contexte économique du GPL en France	9
3.2 Différents types de sites GPL en France.....	9
3.3 Stockages industriels de GPL	10
4. RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR LES ACCIDENTS IMPLIQUANT DES STOCKAGES DE GPL	11
4.1 Les accidents majeurs marquants du secteur des GPL	11
4.1.1 Feyzin (France).....	11
4.1.2 San Ixuatepec, Mexico, (Mexique), 19/11/1984.....	13
4.1.3 Izmit (Turquie), 28/07/2002.....	14
4.1.4 Texas City (Etats-Unis), 30/05/1978	14
4.2 Conclusions et séquences accidentelles génériques	16
5. PRÉSENTATION DE GUIDES DE BONNES PRATIQUES POUR LA PRÉVENTION DES ACCIDENTS IMPLIQUANT DU GPL	19
5.1 Source d'informations.....	19
5.2 API 2510 et 2510A	20
5.2.1 Présentation de l'API et du processus de mise à jour des référentiels	20
5.2.2 Structure de l'API 2510	21
5.2.3 Structure de l'API 2510A	22
5.2.4 Points marquants des API 2510 et 2510A	24
5.3 NFPA 58.....	24
5.3.1 Origines et développement de la NFPA 58.....	25
5.3.2 Structure de la NFPA 58.....	26
5.3.3 Points marquants de la NFPA 58	27
5.4 Cas de l'Allemagne	28

5.4.1 Cas des capacités de stockage supérieures à 200 tonnes	28
5.4.2 Présentation du TRF 1996	29
5.4.3 Structure du TRF 1996	29
5.4.4 Points marquants du TRF 1996	30
5.5 Code of Practice 1	30
5.5.1 Présentation de la LP Gas Association.....	30
5.5.2 Codes of Practice.....	31
5.5.3 Code of Practice 1 – Part 1 et Part 4	32
5.5.4 Points marquants du CoP 1 – Part 1 et 4.....	32
6. ANALYSE DES GUIDES DE BONNES PRATIQUES	33
6.1 Analyse comparée des aspects couverts par les guides	33
6.2 Influence des accidents du passé impliquant du GPL	33
6.3 Prévention des fuites de GPL.....	40
6.4 Prévention et protection vis-à-vis de l'incendie et réservoirs sous talus.....	40
6.5 Cas des capacités de stockage servant de capacité de transport.....	42
7. CONCLUSIONS.....	43
8. ANNEXE	45

1. GLOSSAIRE

API	American Petroleum Institute
ARIA	Analyse, Recherche et Information sur les Accidents
ATEX	ATmosphères EXplosives
BARPI	Bureau d'Analyse des Risques et des Pollutions Industrielles
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion
CoP	Code of Practice
DOT	Department of transportation (Etats-Unis)
DRA	Direction des Risques Accidentels (INERIS)
DVFG	Deutscher Verband Flüssigas e.V
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V
GPL	Gaz de Pétrole Liquéfié
HSE	Health and Security Executive
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
LPG	Liquified Petroleum Gas
LPGA	Liquified Petroleum Gas Association
NFPA	National Fire Protection Association
TRF	Technische Regeln Flüssigas

2. INTRODUCTION

2.1 CONTEXTE DE L'ETUDE

Le Programme EAT- DRA 71 (« Evaluation des risques des Systèmes industriels ») a pour objectif de renforcer et de partager une expertise sur les systèmes industriels à risques, mais également prévoit de développer ou de donner un avis sur les outils et/ou méthodes permettant de les évaluer dans le contexte réglementaire actuel.

Ce programme, issu de la fusion des programmes EAT-DRA 34, EAT-DRA 36 et EAT- DRA 37, s'articule autour de 3 opérations :

- Opération A : Systèmes industriels à risques
- Opération B : Retour d'expérience (ex-EAT DRA37)
- Opération C : Méthodes d'évaluation

La présente étude s'inscrit dans la sous-opération B1 « Expertise des bonnes pratiques en matière de sécurité industrielle » et plus particulièrement dans la tâche B1.1 sur les règles de sécurité pratiquées dans des secteurs industriels ou des procédés de fabrication. Elle vise à présenter les règles de sécurité recommandées dans des référentiels et guides de bonnes pratiques à l'étranger.

L'un des secteurs d'activité identifié dans le cadre de cette tâche est celui du GPL, à savoir les installations ayant des activités de stockage, de chargement et de déchargement de GPL (dépôts, relais vrac et centres remplisseurs).

En effet, le GPL, d'abord considéré comme un sous-produit de l'Industrie pétrochimique sans valeur ajoutée, est devenu récemment (début du 20ème siècle) un vecteur énergétique reconnu (combustible et carburant). Cet engouement pour le GPL s'est accompagné d'évolutions technologiques pour la conception, la construction ou encore l'exploitation de ces installations. Les accidents majeurs qui ont marqué l'industrie du GPL ont permis cette amélioration des techniques et mesures d'exploitation et de sécurité.

L'objet de ce rapport est de faire ressortir ces bonnes pratiques en matière de sécurité au travers de référentiels européens sur le GPL.

2.2 CHAMP DE L'ETUDE

Le champ de l'étude couvre les sites de stockage de GPL ainsi que les opérations de chargement et de déchargement de GPL.

2.3 STRUCTURE DU RAPPORT

Le présent rapport s'emploiera à :

- Chapitre 3 : Décrire brièvement les installations d'un site générique de stockage, de chargement et de déchargement de GPL,

- Chapitre 4 : Rappeler les accidents majeurs impliquant des installations de GPL et les principaux enseignements tirés et identifier sur la base de l'accidentologie relative au GPL, les phénomènes dangereux et les scénarios-types associés au GPL,
- Chapitre 5 : Présenter les stratégies de sécurité qui ont été retenues dans différents référentiels étrangers et l'impact d'accidents sur l'évolution de ces référentiels.

La recherche bibliographique menée a conduit à examiner des référentiels américains (API, NFPA) et européens (Allemagne, Grande-Bretagne).

3. GENERALITES SUR LES SITES GPL

3.1 CONTEXTE ECONOMIQUE DU GPL EN FRANCE

Le marché du GPL comprend le marché du combustible (pour l'usage domestique, agricole et industriel) et celui du carburant.

Les ventes en 2005 de GPL en France ont été de l'ordre de 2,7 millions de tonnes, soit environ 3% de la consommation d'énergie en France (30 kg par personne et par an), représentant le second plus grand marché en Europe après l'Italie.

Pour donner un ordre de grandeur, la production mondiale de GPL a été en 2005 de 223 Mt et la consommation européenne totale a été de 17 Mt (hors pétrochimie).

A l'échelle mondiale, les GPL proviennent :

- des champs de gaz naturel : pour plus de 60 %
Les champs de gaz naturel sont composés à 90 % de méthane. Les 10 % restants se répartissent entre 5 % de Propane et 5 % d'autres gaz dont le butane.
- du raffinage du pétrole brut : pour moins de 40 %
Les GPL représentent entre 2 et 3 % de l'ensemble des produits obtenus lors des opérations de raffinage. Selon sa provenance, une tonne de pétrole brut donne 20 à 30 kg de GPL.

Des informations complémentaires sont présentées en Annexe 1.

3.2 DIFFERENTS TYPES DE SITES GPL EN FRANCE

Au niveau réglementaire, on définit trois types d'installations industrielles stockant du GPL :

- les installations non classées comprenant jusqu'à 6 t de GPL,
- les installations soumises à déclaration comprenant entre 6 et 50 t de GPL,
- les installations soumises à autorisation lorsqu'elles comprennent plus de 50 t de GPL.

Une autre différenciation peut être faite en fonction du type d'activités mises en jeu pour les stockages dits industriels, généralement soumis à autorisation :

- les dépôts assurant un stockage massif de GPL,
- les relais vrac où sont chargés les camions-citernes alimentant les réservoirs en clientèle,
- les centres emplisseurs où sont remplies les bouteilles.

3.3 STOCKAGES INDUSTRIELS DE GPL

Les activités d'un stockage industriel de GPL sont le conditionnement, le stockage et la distribution de GPL.

Les stockages « primaires » ou « massifs », réceptonnent le GPL en provenance des raffineries ou de champs de gaz par voie routière, ferroviaire, maritime ou par canalisation.

Puis le GPL est transporté vers d'autres dépôts, dits « secondaires » ou « **relais vrac** », par wagons-citernes, par camions, par voie maritime ou encore par canalisation depuis une raffinerie voisine. Le relais vrac permet d'approvisionner en GPL par camions la clientèle de proximité, constituée essentiellement de particuliers et d'industriels.

Le conditionnement des bouteilles de gaz a lieu dans les **centres emplisseurs**.

La distribution se fait essentiellement par voie routière depuis les relais vrac pour assurer l'emplissage des citernes individuelles et depuis les centres emplisseurs pour acheminer les bouteilles vers les points de vente.

Certains dépôts GPL peuvent assurer le double rôle de relais vrac et de centre emplisseur.

Les matériels de distribution de GPL sont constitués [source : CFBP] :

- de bouteilles à gaz, de 3 à 35 kg,
- de réservoirs « petit vrac », de 200 à 6000 kg,
- de réservoirs « moyen vrac » de 6 à 50 tonnes,
- de stockages industriels de 100 à 5000 m³ (de 190 kg à 9,4 t),
- de réseaux de distribution par canalisations.

Selon le CFBP, sur les plus de 900 000 réservoirs fixes présents en France, on dénombre 230 000 réservoirs enterrés depuis 1990.

Certains de ces matériels sont standards pour la profession, d'autres sont spécifiques à certains distributeurs.

Pour donner des éléments de comparaisons, on dénombre :

- 1 300 000 réservoirs en Italie.
- 430 000 réservoirs en Allemagne.
- 300 000 réservoirs en Angleterre.

4. RETOUR D'EXPERIENCE SUR LES ACCIDENTS IMPLIQUANT DES STOCKAGES DE GPL

En 1910, M. Stukeman, ingénieur travaillant à la raffinerie Riverside Oil Company (Virginie, Etats-Unis), parvient à limiter l'évaporation des essences minérales extraites du gaz naturel - conservées dans des bacs à ciel ouvert - en récupérant leurs vapeurs et en les liquéfiant. Très rapidement, l'utilisation des GPL s'étend. En 1932, la France est le premier pays européen à utiliser les GPL pour un usage domestique. Et en 1979, ils sont autorisés comme carburant.

Le GPL a donc une longue histoire, marquée par des progrès technologiques mais également par des accidents majeurs qui ont notamment fait évoluer les techniques et pratiques autour du GPL. On peut citer entre autres la catastrophe de Feyzin (1966), celle de San Juan Ixuatepec au Mexique (1984) ou encore celui d'Izmit en Turquie (2002).

La survenue de ces incidents et accidents est fortement liée aux caractéristiques physico-chimiques du GPL, qui est un gaz inflammable et explosif. Les phénomènes dangereux à craindre sont :

- un feu torche et le feu de nappe,
- une explosion de gaz ou de vapeurs,
- et le BLEVE d'une capacité.

Dans les sous-chapitres suivants, quelques accidents majeurs parmi ceux qui ont marqué l'industrie du GPL ainsi que l'analyse de l'accidentologie seront présentés.

4.1 LES ACCIDENTS MAJEURS MARQUANTS DU SECTEUR DES GPL

4.1.1 FEYZIN (FRANCE)

4.1.1.1 RESUME

La raffinerie de Feyzin, 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 en position ouverte.

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 mise en cause.

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 méconnaissance 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.

4.1.1.2 ENSEIGNEMENTS

Cet accident a généré un nombre important d'enseignements, notamment sur :

- L'opération d'échantillonnage en partie basse du réservoir : accessibilité des vannes d'échantillonnage et commande de la position de la vanne avec un dispositif d'écrou pour bloquer la vanne dans la position souhaitée.
- Les cuvettes de rétention : redimensionnement par rapport aux critères de l'époque.
- Les soupapes : Résistance de la sphère à la pression de tarage des soupapes en cas de surchauffe et préconisation d'un refroidissement en partie haute du réservoir.
- Refroidissement des capacités : manque de ressource en eau + renforcement des dispositifs fixes de refroidissement et absence d'un point de commandement unique pour les secours externes.

Cet accident a entraîné une modification profonde de la réglementation pour les installations pétrolières notamment vis-à-vis :

- Du classement des hydrocarbures liquides et liquéfiés,
- De la définition des zones dangereuses ou à risques,
- Des règles d'implantation et des distances de séparation/sécurité entre installations et à l'extérieur,
- Des règles de conception et dimensionnement des cuvettes de rétention,
- Des équipements des stockages de GPL (ligne de purge, soupapes),
- Des moyens de lutte contre l'incendie (extinction et refroidissement).

Voir fiche sur www.aria.ecologie.gouv.fr

4.1.2 SAN IJUATEPEC, MEXICO, (MEXIQUE), 19/11/1984

4.1.2.1 RESUME

A environ 5h35 le 19 novembre 1984, un incendie majeur et une série d'explosions catastrophiques ont lieu sur le terminal PEMEX GPL à San Juan Ixhuatepec, Mexico.

Trois raffineries approvisionnent le site tous les jours en GPL. Parce que la veille le site était quasiment vide, il se faisait alors approvisionner par une raffinerie à 400 km de là. Deux grandes sphères et 48 cylindres étaient lors remplis à 90% et quatre petites sphères étaient à 50% pleines.

La salle de contrôle ainsi qu'une station de pompage remarquent une chute de pression. Une canalisation de 8" entre une sphère et une série de cylindres s'est rompue. Cependant, les opérateurs ne parviennent pas à identifier la cause de la chute de pression. La fuite de GPL dure alors depuis 5 à 10 minutes lorsque le nuage de gaz, estimé à une surface de 200 m x 150 m à 2 m de haut se dirige vers une torchère. Le nuage s'enflamme générant une forte surpression. Plusieurs incendies se déclarent. Les opérateurs du site essaient alors de gérer la situation. Un employé finit par déclencher le bouton d'arrêt d'urgence.

Environ 15 minutes après le début de la fuite, un premier BLEVE a lieu. Durant l'1h30 qui suit, une série de BLEVE se produit.

L'importance des quantités impliquées, la rapidité du développement de l'accident, la proximité des habitations (les plus proches sont à 100 m environ des réservoirs) et le type de construction expliquent la gravité du bilan : officiellement 600 morts et 7 000 blessés, 39 000 personnes évacuées et 4 000 sauveteurs impliqués.

4.1.2.2 ENSEIGNEMENTS

Les défaillances identifiées lors de l'analyse de l'accident concernent la sécurité globale du site dont l'aménagement du site et les mesures en sécurité.

- Aménagement du site : positionnement des réservoirs trop proches et proximité des habitations,
- Isolement : absence de moyens d'isolement d'urgence,
- Moyens de lutte contre l'incendie : le réseau d'eau incendie du terminal a été rendu inopérant par le premier BLEVE. De même, le système de pulvérisateurs d'eau était inadéquat,
- Détection de fuite : absence de système de détection de gaz et donc d'arrêt d'urgence automatique,
- Intervention des secours / contrôle de la fuite : le trafic très perturbé par l'évacuation des habitants a gêné l'arrivée des secours,
- Le BLEVE peut intervenir quelques minutes seulement après l'allumage du nuage inflammable lorsqu'un feu torche impacte la paroi du réservoir non en contact avec le gaz liquéfié,

4.1.3 IZMIT (TURQUIE), 28/07/2002

4.1.3.1 RESUME

Une explosion suivie d'un incendie se produit dans un centre emplisseur de gaz vers 8h un dimanche matin, lors du chargement d'un semi-remorque. Seuls le chauffeur et un garde sont présents sur le site. Le nuage résultant de la fuite aurait explosé suivi par un premier BLEVE quelques minutes plus tard (camion) puis 4 autres (capacité de 115 m³), par la suite. Un certain nombre de bouteilles, prises dans l'incendie, ont également explosé et été projetées à l'extérieur du hangar. Le sinistre s'étend très rapidement à 7 maisons voisines. Les autorités demandent à 5000 riverains d'évacuer leur logement, par précaution. Les pompiers, aidés d'avions militaires et d'hélicoptères, luttent pendant 3 h avant de maîtriser le sinistre. Le bilan provisoire de 2 blessés (le gardien légèrement brûlé, le chauffeur du camion citerne grièvement blessé) semblerait s'être alourdi dans les jours suivants (un mort).

Le site est limitrophe de la plus grande raffinerie du pays, qui n'a pas été menacée. Selon l'exploitant, des vitres ont toutefois été brisées sur ce site. Plusieurs sites industriels proches ont été brièvement et légèrement touchés par les flammes, sans dommage important. Les observations sur place mettent en évidence la présence de feux torches ainsi que d'importants panaches de fumée noire. Selon des témoins sur place, les effets se situeraient dans un périmètre de 100 m. Les causes de l'accident ne sont pas connues avec précision. Selon la presse, l'accident aurait occasionné des dommages d'un montant de 2,5 millions de dollars. La zone industrielle où sont implantées la raffinerie, l'entreprise gazière ainsi que d'autres usines, est très proche de quartiers habités avec une forte densité de population.

4.1.3.2 ENSEIGNEMENTS

Les défaillances identifiées lors de l'analyse de l'accident sont relatives à l'aménagement du site et à l'absence de moyens de protection :

- Aménagement du site : stockage important de cylindres et bouteilles de GPL sur une faible surface, d'où des distances d'isolement insuffisantes entre réservoirs
- Isolement : absence de vannes de fermeture automatiques côté site
- Moyens de lutte contre l'incendie : absence d'un réseau d'hydrants sur site et d'un système d'extinction du type rampe d'arrosage ou de refroidissement.

4.1.4 TEXAS CITY (ETATS-UNIS), 30/05/1978

4.1.4.1 RESUME

Vers 2h du matin, dans une zone de stockage de GCL¹ de l'unité d'alkylation d'une raffinerie (3 sphères, 4 cylindres verticaux et 5 cylindres horizontaux), une sphère de 800 m³ d'isobutane est sur-remplie (de même qu'un des cylindres verticaux) à partir d'un pipeline et se fissure le long d'une ligne de soudure.

¹ GCL : Gaz Chimiquement Liquéfié

Très rapidement la fuite s'enflamme et un feu chalumeau est allumé à la source. Moins d'une seconde après, la sphère blève et une énorme (mais dimension non connue) boule de feu se forme : la sphère se rompt en 3 morceaux principaux projetés dans 3 directions (distance maximale : 80m). La soupape est projetée à 120 m dans une unité gaz, où elle endommage un échangeur à tubes, provoquant un incendie généralisé de l'unité.

Des cylindres verticaux et horizontaux blèvent tour à tour ; 20 secondes après la première, une seconde sphère de 800 m³ d'un mélange butane-butylène (butène) BLEVE et génère une boule de feu d'environ 335 x 200 m. Des fragments sont projetés à 190 m et une soupape à 500m. Les explosions se poursuivent jusqu'à 6h.

De nombreux autres effets missiles sont constatés : certains provoquent de gros dégâts voire des effets dominos dans les autres unités ou les matériels de protection (destruction d'une réserve d'eau et d'une pompe incendie par un fragment de la 2ème sphère).

Des effets thermiques importants sont rapportés (selon un témoin, effet moins intense pour la 2ème sphère que pour la 1ère). Des vitres situées face au sinistre sont brisées jusqu'à 3,5 km. L'incendie généralisé nécessite plus de 12 h d'intervention.

Au final, seul 1 réservoir vertical cylindrique n'a pas explosé ; il sera retrouvé renversé à quelques mètres. 7 employés sont tués et 10 autres blessés. Le coût global est estimé à 100 M\$ (1986).

Le sur-remplissage de la 1ère sphère serait dû à la défaillance d'un détecteur de niveau : une indication en salle de commande est relevée bloquée à 76 % alors qu'un accroissement brusque de la pression de 16,5 à 23,5 bar a été détecté à la station de pompage du pipe. L'estimation de la pression dans la sphère pleine serait de près de 21 bar. Le mauvais fonctionnement d'une soupape serait également en cause. L'administration relève à l'époque 27 'violations' de la réglementation.

4.1.4.2 ENSEIGNEMENTS

Les défaillances identifiées lors de l'analyse de l'accident sont relatives à la défaillance des mesures de sécurité :

- Moyens de mesure et de détection : défaillance du système de jauge, des soupapes et du suivi de la pression,
- Aménagement du site : stockage important de cylindres et bouteilles de GPL sur une faible surface, d'où des distances d'isolement insuffisantes entre réservoirs.

4.2 CONCLUSIONS ET SEQUENCES ACCIDENTELLES GENERIQUES

Du retour d'expérience et de la littérature disponible sur ce thème, les principaux phénomènes dangereux suite à l'inflammation d'une fuite de GPL sont :

- ◆ Un feu torche ou un feu de nappe engendrant des effets thermiques,
- ◆ Une explosion engendrant des effets thermiques et de surpression,
- ◆ Un BLEVE occasionnant des effets thermiques (boule de feu) et mécaniques (surpression et missiles).

Les cinétiques de déroulement des phénomènes en question sont rapides voire instantanées alors que les cinétiques de la phase pré-accidentelle peuvent s'étendre sur une période un peu plus longue, de l'ordre de la dizaine de minutes. (plusieurs dizaines de minutes pour l'accident de FEYZIN).

D'après l'accidentologie, les causes de fuite à proximité du réservoir peuvent être :

- une fuite sur une vanne,
- une fuite sur une canalisation ou un flexible,
- la défaillance d'un organe de sécurité (clapet de rupture)
- un écoulement de GPL incontrôlé par ligne de purge,
- la corrosion,
- etc.

Sur la base des accidents majeurs ayant conduit à des phénomènes de BLEVE, on peut constater les défaillances suivantes (Voir Annexe 2) :

- Non isolement des réservoirs GPL : Sydney (Australie, 01/04/1990),
- Absence d'arrosage fixe : Port Newark (Etats-Unis, 07/07/1951), Montréal (Canada, 08/01/1957), Mc Kittrick (Etats-Unis, 28/05/1959), Feyzin (04/01/1966), Izmit (Turquie, 21/08/2002),
- Panne des pompes incendie : Sydney (Australie, 01/04/1990),
- Absence ou retard à l'ouverture des soupapes de sécurité : Rio de Janeiro (Brésil, 30/03/1972), Cairns (Australie, 17/08/1987).

Pour éviter et limiter ces phénomènes dangereux, plusieurs solutions techniques et organisationnelles ont été mises en place de façon à :

- réduire l'occurrence de fuites : choix des matériaux et des équipements à installer sur le réservoir,
- limiter les quantités de produit rejetées accidentellement,
- déployer au plus vite des moyens de lutte contre l'incendie afin d'éviter l'éclatement des capacités : taux d'application défini, obligation d'arrosage fixe, maillage du réseau d'eau incendie, ..

Comme nous le verrons dans le chapitre suivant, ces mesures de prévention ont été intégrées dans les bonnes pratiques de la profession.

La figure suivante présente 2 exemples de séquences accidentelles rencontrées dans l'accidentologie et aboutissant au BLEVE du réservoir.

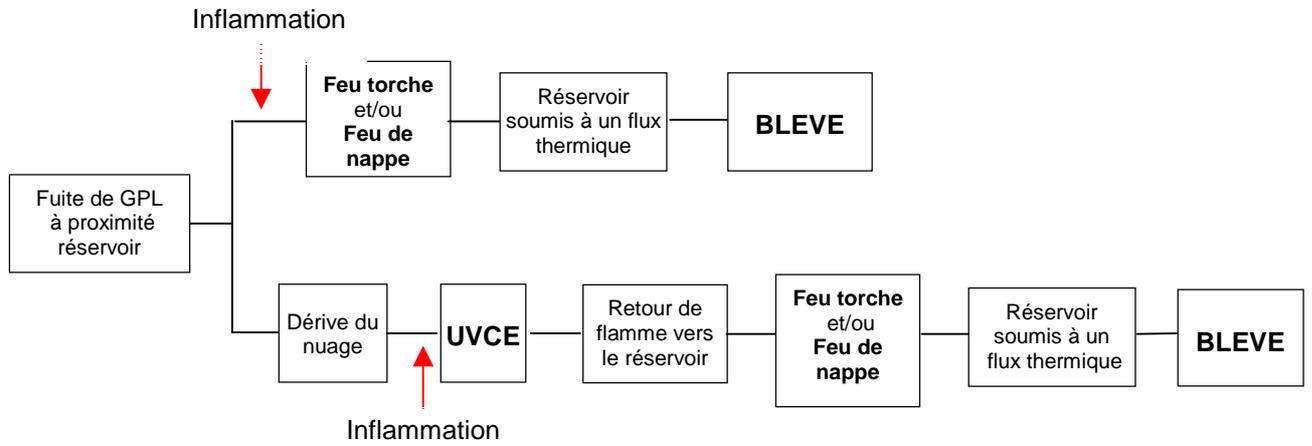


Figure 1 : Exemples de séquences accidentelles aboutissant à un BLEVE

5. PRESENTATION DE GUIDES DE BONNES PRATIQUES POUR LA PREVENTION DES ACCIDENTS IMPLIQUANT DU GPL

5.1 SOURCE D'INFORMATIONS

Les accidents majeurs du secteur du GPL, tels que ceux présentés dans le chapitre précédent, ont considérablement fait évoluer les technologies et pratiques d'exploitation.

Dès son utilisation dans les années 1930 et même jusqu'aux années 1960 avec l'accident de Feyzin en France, le phénomène de BLEVE n'est pas encore bien connu.

Les industriels ont été amenés à développer et formaliser leurs connaissances des phénomènes et à améliorer le niveau de sécurité des installations GPL que ce soit au sein de leur groupe ou au sein d'associations professionnelles.

Les réglementations nationales ont également tiré les leçons de ces accidents majeurs.

L'objet de ce chapitre est de présenter un certain nombre de guides de bonnes pratiques étrangers pour des installations manipulant et stockant du GPL et de montrer, dans la mesure du possible, l'influence du retour d'expérience dans ces guides.

Les guides de bonnes pratiques qui sont présentés ci-après sont :

- L'API 2510, 8^{ème} édition et l'API 2510A, 2^{nde} édition,
- La NFPA 58, édition 2004,
- Les normes et standards applicables aux réservoirs de GPL en Allemagne, dont le TRF 1996, Band 1, Germany relatif aux petites capacités (inférieures à 3 t),
- Code of Practice 1 – Part 1 (2004) et Part 4 (1999), LP Gas Association, Grande-Bretagne.

Ces guides émanent d'associations de professionnels.

Dans la mesure où les guides de bonnes pratiques d'associations émanent de pratiques d'industriels, nous avons contacté des groupes étrangers distributeurs de GPL, notamment dans des pays fortement utilisateurs de GPL tels que l'Espagne ou l'Italie. Cependant, les recherches et prises de contact n'ont pas abouti.

Un document de REPSOL, principale compagnie pétrolière espagnole, a toutefois été trouvé sur un site rassemblant des articles sur la sécurité industrielle. Dans cet article, REPSOL décrivait les dangers liés au GPL et les mesures principales de sécurité à prendre.

Ces mesures sont génériques et n'apportent pas d'éléments complémentaires aux informations récupérées dans les guides de bonnes pratiques américains ou allemands.

Dans les paragraphes suivants, pour chaque guide, l'association professionnelle sera succinctement présentée et la structure du guide sera décrite.

Les stratégies de sécurité seront explicitées et lorsqu'il sera fait mention de retour d'expérience, le passage sera retranscrit.

Pour chaque guide, seront présentés successivement :

- L'objet du document et les rédacteurs et la cible du document,
- brièvement la structure du document,
- les points forts et points faibles du document.

Dans la mesure du possible, le lien du guide avec le retour d'expérience sera précisé.

5.2 API 2510 ET 2510A

5.2.1 PRESENTATION DE L'API ET DU PROCESSUS DE MISE A JOUR DES REFERENTIELS

L'American Petroleum Institute (API) est une organisation nationale américaine couvrant tous les aspects liés à l'industrie du pétrole et du gaz naturel. Fondé en 1919, l'API compte plus de 400 membres, allant des grands groupes industriels aux compagnies plus petites, rassemblant autant les producteurs, raffineurs, fournisseurs, opérateurs de canalisation et transporteurs maritimes que les compagnies de service.

L'API qui a publié ses premiers standards en 1924, maintient aujourd'hui ses 500 standards et fiches pratiques couvrant tous les champs de l'industrie du pétrole et du gaz naturel : construction, inspection, sécurité, protection contre l'incendie ou encore environnement. L'API publie également des spécifications, codes et publications techniques établis sur la base de bonnes pratiques industrielles.

Pour cela, il existe plus de 700 groupes de travail et comités couvrant ces divers domaines et sujets techniques. Ils ont pour objectif de rédiger, d'améliorer et de mettre à jour ces standards et codes.

Le comité des standards API est structuré en 4 secteurs :

- Comité de standardisation des équipements et matériels pétrolifères,
- Comité de mesures du pétrole,
- Comité sur les équipements de raffineries,
- Structure regroupant le marketing, la sécurité et la protection contre l'incendie, les affaires réglementaires et scientifiques.

Les API 2510 et 2510A portent plus spécifiquement sur le GPL. Alors que l'API 2510 donne les exigences minimales pour la conception et la construction d'installations de stockage et de manipulation du GPL, l'API 2510A est centré sur les moyens de lutte contre l'incendie.

Le processus de développement des standards API, basé sur le consensus, s'efforce d'équilibrer les visions des opérateurs et des fournisseurs de matériels.

Toutefois, cette démarche de mise à jour des standards n'est pas visible dans les versions actualisées des API, dans le corps de texte des documents par exemple. Ainsi, la date de la première édition de l'API 2510A n'est pas précisée, tout comme les dates de révision de l'API 2510 qui en est à sa 8^{ème} édition. Toutefois, l'actualisation des guides se fait généralement tous les 5 ans.

5.2.2 STRUCTURE DE L'API 2510

L'API 2510, 8^{ème} édition (Mai 2001) porte sur la conception, la construction et l'implantation d'installations de stockage de GPL sur des terminaux portuaires et de canalisations, sur des sites manipulant du gaz naturel, des raffineries, des sites pétrochimiques ou des dépôts d'hydrocarbures. Le standard couvre les activités de stockage, de chargement/déchargement, les transferts par canalisation et les équipements associés.

Ce standard ne s'applique pas pour la conception ou la construction des stockages souterrains, des réservoirs enterrés ou semi-enterrés ou des stockages aériens avec coque béton².

Le document propose des bonnes pratiques d'ingénierie sur les sujets suivants :

- Sections 1, 2 et 3 : Champ du document, publications référencées et glossaire
- Section 4 : Conception des réservoirs de GPL. Les exigences auxquelles doivent répondre ces réservoirs sont rappelées (ASME Boiler and Pressure Vessel Code).
- Section 5 : Implantation et cuvettes de rétention. Cette section traite de l'aménagement d'un site GPL en terme de distance d'isolement entre différents équipements dont les bassins de rétention.
- Section 6 : Fondations et supports du stockage de GPL et des canalisations associées. L'API 2510 apporte des exigences complémentaires par rapport aux codes existants vis-à-vis des requis constructifs lors de l'installation d'un réservoir GPL (ancrage, nature du sol, conception des supports, ...).
- Section 7 : Accessoires du réservoir dont les équipements de décharge de pression et du vide. Les accessoires minimaux requis en terme d'exploitation et de sécurité sont listés.
- Section 8 : Exigences sur les canalisations. L'API spécifie les requis pour les éléments constitutifs de canalisations GPL (matériaux, raccords, vannes, soupapes, ...)
- Section 9 : Installations de chargement, de transfert de produit et de déchargement. Cette section couvre la conception et la construction des zones

² Ce guide ne s'applique donc pas pour les installations couvertes par

- la NFPA 58 et la NFPA 59,
- les réservoirs du US Department of Transportation (DOT),
- les réservoirs de moins de 2 000 gallons (7570 L),
- les sites d'utilités en gaz, les équipements d'un procédé de raffinerie ou d'une raffinerie ou d'une usine à gaz, les systèmes de transfert en aval du stockage GPL.

de transfert de GPL et aborde donc les débits de transfert, les exigences sur les équipements, la mise à la terre, les bras de chargement, etc...

- Section 10 : Protection contre l'incendie. Sont abordés divers aspects, tels que l'accès des pompiers, l'utilisation des eaux incendies, les systèmes de détection feu, l'ignifugation, la mise sous talus, les équipements électriques...
- Section 11 : Stockage réfrigéré

Ces bonnes pratiques sont présentées comme étant des pré-requis pour assurer la sécurité des installations de stockage de GPL.

5.2.3 STRUCTURE DE L'API 2510A

L'API 2510A, 2nde édition (Décembre 1996) couvre la conception, l'exploitation et la maintenance des installations de stockage de GPL du point de vue de la prévention et du contrôle des fuites, de la conception de la protection contre le feu et les mesures de maîtrise de l'incendie. Il s'agit d'un document complémentaire à l'API 2510.

Du fait des propriétés du GPL, la logique de sécurité est :

- la prévention des fuites de GPL,
- la mise à distance de toute source d'ignition,
- la dispersion de toute fuite avant inflammation.

5.2.3.1 STRUCTURE DE L'API 2510A

Le document est articulé de la manière suivante :

- Section 1 : Champ couvert par le document
- Section 2 : Philosophie de la conception d'un site GPL (bassin de rétention, réservoirs, contrôle des sources d'ignition, purge, ...) sous l'angle du risque incendie,
- Section 3 : Procédures opérationnelles. En effet, d'après le retour d'expérience, les incendies sont pour la plupart dus à une défaillance humaine, notamment lors des opérations de remplissage,
- Section 4 : Procédures de maintenance. Pour les mêmes raisons que pour les procédures opérationnelles, l'accent est porté sur les bonnes pratiques de maintenance préventive,
- Section 5 : Considérations sur la conception de la protection contre l'incendie. Les recommandations préconisées détaillent les mesures apportées dans la section 10 de l'API 2510. Les aspects abordés sont le taux d'application d'eau, les différentes méthodes d'application d'eau, la conception de l'alimentation en eau, les systèmes de détection incendie, les extincteurs portatifs, l'usage de mousse d'extinction et l'ignifugation,
- Section 6 : Contrôle de l'incendie et extinction. Cette section traite des procédures opérationnelles à mettre en œuvre pour appréhender et maîtriser un incendie, notamment pour les services de secours. Elle aborde les thèmes du diagnostic, de l'application d'eau, de l'isolement de l'alimentation en GPL et des tactiques de lutte contre la fuite de GPL et l'incendie.

5.2.3.2 ELEMENTS DE RETOUR D'EXPERIENCE DONNES DANS L'API 2510A

L'API 2510A apporte quelques éléments relatifs aux accidents passés.

Au paragraphe 1.3.2 : « La plupart des feux de GPL ont pour origine des feux mineurs qui ont pu se développer dangereusement. Il est important de noter que les feux de GPL ont souvent lieu, non pas du fait d'une défaillance du réservoir, mais du fait d'une fuite sur un joint de pompe, sur une canalisation ou d'une défaillance dans la réalisation d'une tâche. Les erreurs humaines telles que les surremplissages et les fuites de canalisations des suites d'un mauvais soutirage (eau ou échantillonnage) peuvent conduire à des fuites de GPL. Cette publication traite de la prévention et du contrôle de tels incidents et fournit de nombreuses méthodes pour l'extinction et le confinement d'incendie »,

Au paragraphe 1.4, l'API 2510A apporte des données statistiques sur les accidents touchant des stockages de GPL et note ainsi que les ruptures de réservoirs sont des événements peu probables (1 pour 100 000 réservoirs par an). L'incident le plus probable serait donc une fuite d'un équipement connexe au réservoir suivi par une inflammation pouvant mener à un flash fire, un VCE, un feu de nappe et un feu torche. Des conditions météorologiques froides ou un GPL à faible tension de vapeur favoriseraient le phénomène de feu de nappe. Si un incendie touchait un réservoir de GPL alors un BLEVE pourrait survenir avec les conséquences humaines, financières et matérielles catastrophiques que l'on connaît. Il semblerait que tous les 10 ans, 3 accidents majeurs à travers le monde implique du GPL. Ce constat les amène à dire que la probabilité d'avoir un accident majeur sur un site GPL est de 1/2000 à 1/3333 par an.

L'API 2510A avance que le suivi de ses recommandations permettrait de réduire la fréquence d'un incendie majeur sur un site de stockage de GPL de 1 réservoir sur 20 000 par an à 1 réservoir sur 100 000.

Les causes de fuite identifiées par l'API sur des sites GPL stockant et manipulant du GPL sont essentiellement :

- une fuite d'un joint d'une pompe de transfert de GPL,
- une fuite de joint sur un joint de tige de soupape et sur un joint de bride,
- une fuite lors d'un échantillonnage ou d'une purge d'eau,
- une fuite d'une canalisation de transfert due à la corrosion, à un dommage mécanique ou d'une connexion d'un tuyau fileté,
- une défaillance d'un joint d'un flexible de transfert ou d'un flexible de dépotage à l'interface entre une installation fixe et une citerne routière, un wagon-citerne ou un container maritime,
- une fuite d'un réservoir de stockage due à la corrosion,
- un surremplissage d'un réservoir conduisant à un rejet liquide par les soupapes,
- une rupture du réservoir de stockage due à un jet de flamme direct sur la paroi non mouillée.

5.2.4 POINTS MARQUANTS DES API 2510 ET 2510A

Les points forts sont :

- L'API est un organisme renommé et reconnu dans le domaine des industries pétrolières et du GPL. L'API 2510 en est à sa 8^{ème} édition. Conscient de l'importance de la lutte contre l'incendie pour les stockages GPL, l'API a édité au début des années 1990 une publication spécifique à la protection contre l'incendie.
- Ces guides s'appuient et renvoient à des standards et spécifications techniques définis par l'API mais également par d'autres organismes américains reconnus, tels que l'ASME. D'ailleurs, certaines recommandations émanant de ces guides sont reprises dans d'autres référentiels, par exemple en Grande-Bretagne et en France.
- Les guides API 2510 et API 2510A forment un document complet, couvrant plusieurs champs relatifs à la construction, l'exploitation, la maintenance et la gestion de crise en cas d'incident pour un site GPL comportant des stockages aériens, tant dans les principes à suivre que dans le détail des spécifications requises par certains équipements.
- L'API 2510 A, plus que l'API 2510 s'appuie sur le retour d'expérience des sites GPL face au phénomène de BLEVE. Les tactiques envisagées pour la lutte contre l'incendie sont, de ce point de vue, intéressantes.

Les points faibles sont :

- Les standards 2510 et 2510A sont axés sur les stockages aériens de GPL. Ils ne traitent pas des réservoirs enterrés ou sous talus.
- Les valeurs affichées, telles que les distances de séparation ou encore les spécifications techniques dans les deux documents ne sont pas justifiées.
- Les mises à jour de ces guides ne sont pas tracées dans le document. Ainsi, il n'est pas possible pour l'utilisateur de ces guides d'identifier les modifications apportées à moins de disposer des versions antérieures et d'en faire une lecture scrupuleuse.

5.3 NFPA 58

Les missions de la National Fire Protection Association (NFPA), association internationale à but non lucratif, est de réduire l'occurrence d'incendie et autres risques en rédigeant et diffusant des codes et standards, en réalisant de la formation et favorisant la recherche. La NFPA compte plus de 81 000 membres à travers le monde et plus de 80 organisations professionnelles et entreprises.

Fondée en 1896, la NFPA joue un rôle de premier plan pour la prévention de l'incendie et fait autorité sur le plan de la sécurité du public. De fait, les 300 codes de la NFPA influencent la conception, la construction et l'implantation de nombreuses installations.

L'édition NFPA 58, Liquefied Petroleum Gas Code, a été préparée par le Comité Technique sur les GPL et actée par la NFPA lors d'une réunion tenue en novembre 2003 aux Etats-Unis. Cette édition a été éditée et approuvée par

l'American National Standard le 16 janvier 2004 et remplace les anciennes versions.

5.3.1 ORIGINES ET DEVELOPPEMENT DE LA NFPA 58

Le premier standard NFPA sur les GPL a été adopté en 1932. Durant les 8 années suivantes, plusieurs standards séparés couvrant de nombreuses applications GPL ont été adoptés. En 1940, ces différents standards ont été compilés et adoptés sous la forme du NFPA 58.

La NFPA 58 est mise à jour et révisée depuis 1943.

L'édition de 2001 est une révision complète du code et inclut des modifications importantes pour rendre le code plus clair et plus aisé à utiliser. Parmi les changements notables, on peut citer le nouveau chapitre 11 « Systèmes de carburant pour moteur » afin de prendre en compte les risques liés aux réservoirs GPL embarqués sur véhicule.

L'édition 2004 met le NFPA 58 en conformité avec le NFPA Manual of Style. Les chapitres 1 à 4 sont repris des anciens chapitres 1 à 12. Les chapitres restants sont renumérotés. Le travail du Comité de rendre le NFPA 58 plus clair s'est poursuivi avec de nouveaux tableaux et des recommandations plus claires. De nouvelles exigences incluent les critères de recertification pour les bouteilles et les exigences en terme de sécurité pour les réservoirs de carburants de véhicules.

Le document précise les modifications ainsi que les parties supprimées par des signes (ligne verticale pour les paragraphes ajoutés ou modifiés et « • » entre les paragraphes restants pour les parties supprimées).

Les types de modifications dans le rapport sont :

- des précisions ou reformulations (par exemple dans des définitions d'équipements),
- des ajouts (notamment les dispositions à prendre pour les réservoirs en fin de cycle de vie, aux véhicules comportant un réservoir au GPL, aux réservoirs de petites capacités (<454kg) mais également par rapport à la mise en conformité des réservoirs vis-à-vis des nouvelles exigences, les matériaux à utiliser pour les flexibles, canalisations, brides, etc.

Des experts GPL, membres de la NFPA, soumettent leurs propositions de modifications qui sont ensuite acceptées ou pas par le comité technique par vote. Les choix retenus sont motivés et tracés dans des documents « Reports on comments ».

5.3.2 STRUCTURE DE LA NFPA 58

La NFPA 58 s'applique au stockage, à la manipulation, au transport et à l'utilisation du GPL pour les systèmes suivants :

- réservoirs, canalisations et équipements associés qui délivrent du GPL à un bâtiment pour utilisation en tant que gaz combustible,
- transport du GPL par autoroute,
- la conception, la construction, l'installation et l'exploitation de terminaux maritimes dont le rôle principal est la réception de GPL pour livrer auprès de transporteurs, de distributeurs ou d'utilisateurs, à l'exception des terminaux maritimes associés à des raffineries, des sites pétrochimiques, des sites de fabrication de gaz et pour des terminaux maritimes dont le rôle est la livraison de GPL pour des bâtiments maritimes.
- la conception, la construction, l'installation et l'exploitation de terminaux à approvisionnement par pipelines qui reçoivent du GPL de pipelines sous la juridiction du DOT, dont le rôle principal est la réception de GPL pour fourniture auprès de transporteurs, distributeurs ou utilisateurs. La prise en compte commence en aval de la dernière vanne du pipeline ou à l'entrée du manifold du réservoir.

Il s'applique à différents types de stockage : aérien, sous talus ou enterré.

Ce code ne s'applique pas aux réservoirs gélisols et aux cavernes de stockage ; aux usines à gaz, raffineries et sites pétrochimiques ; aux sites d'utilités en gaz (cf. NFPA 59) ; à certains sites chimiques ; au GPL utilisé avec de l'oxygène ; aux portions de systèmes GPL couverts par la NFPA 54 ; au transport aérien ; protection portuaire contre l'incendie ; aux équipements de réfrigération ; aux exigences du NFPA 1192 relatives aux véhicules ; aux bornes de distribution de propane régies par la NFPA 30A.

Après la description des documents de référence et la définition des termes utilisés dans le document (Chapitres 1 à 3), la structure de la NFPA 58 est la suivante :

- Chapitre 4 : Prescriptions générales portant sur la réception des équipements et systèmes GPL, l'odorisation du GPL, la notification des installations, la qualification du personnel et la contamination du GPL par l'ammoniac,
- Chapitre 5 : Equipements et appareils GPL. Ce chapitre couvre les codes et standards à suivre pour les conteneurs, les équipements connexes des réservoirs (piquages, soutirage, purge, etc.), les canalisations y compris flexibles, les vannes et soupapes hydrostatiques.
- Chapitre 6 : Installations de systèmes GPL. Cette partie aborde la localisation des réservoirs GPL sur un site avec les distances de séparation associées, l'emplacement des zones de transfert de GPL, la protection contre la corrosion, etc.
- Chapitre 7 : Transfert de GPL en phase liquide. Les aspects sécurité liés à cette opération, la mise à l'évent du GPL, les opérations de purge sont abordées dans cette partie.

- Chapitre 8 : Stockage en bouteilles en attente pour l'utilisation, la revente ou l'échange. Ce chapitre porte sur la localisation et la protection du stockage de bouteilles GPL.
- Chapitre 9 : Transport de GPL. Ce chapitre s'applique aux réservoirs et équipements associés dédiés au transport de GPL, comprenant les équipements de transfert.
- Chapitre 10 : Bâtiments et structures accueillant les installations de distribution de GPL
- Chapitre 11 : Système pour carburant moteur au GPL
- Chapitre 12 : Réservoirs réfrigérés
- Chapitre 13 : Expédition et réception par voie maritime
- Chapitre 14 : Opérations et maintenance. Ce chapitre inclut les exigences liées à l'exploitation et à la maintenance sur les dépôts vrac, les sites industriels, des systèmes réfrigérés, maritimes et d'approvisionnement par pipelines.

5.3.3 POINTS MARQUANTS DE LA NFPA 58

Les points forts sont :

- La NFPA est une association renommée et reconnue dans le secteur industriel. Le document NFPA 58 a été révisé à de nombreuses reprises. Le document est complet et couvre l'ensemble de la filière GPL.
- Les mises à jour de la NFPA 58 sont transparentes puisque les demandes de modifications ainsi que les décisions prises avec leurs justifications à ce sujet sont tracées et retranscrites dans des documents disponibles, notamment sur internet. D'autre part, les modifications, ajouts ou suppressions du standard sont annotés dans le document.
- La NFPA 58 s'applique autant aux réservoirs aériens qu'aux réservoirs sous talus ou enterrés. Elle s'appuie et renvoie à des standards et spécifications techniques existant dans le secteur du GPL.

Les points faibles sont :

- Le standard ne fait pas mention explicitement du retour d'expérience pour justifier les choix de sécurité présentés.
- Certaines pratiques américaines, encore largement employées aux Etats-Unis, ne sont plus applicables en France, notamment l'usage de flexible pour les opérations de transfert.
- Le standard NFPA 58 est un document très riche au point d'être difficile à lire.

5.4 CAS DE L'ALLEMAGNE

En Allemagne, la construction, l'exploitation et la maintenance de réservoirs GPL sont régies par des normes, standards et réglementations nationales.

5.4.1 CAS DES CAPACITES DE STOCKAGE SUPERIEURES A 200 TONNES

La base de données allemande DOSIS (<http://www.infosis.bam.de>) créée par le BAM et l'Agence Fédérale de l'Environnement fait l'état de l'art de la réglementation applicable pour diverses installations, dont celles de GPL. Les textes applicables sont classés par thème pour différentes capacités de réservoirs de GPL :

- inférieures à 3 tonnes,
- entre 3 et 30 tonnes,
- entre 30 et 200 tonnes,
- supérieures à 200 tonnes.

La base de données DOSIS précise les chapitres et paragraphes des différentes normes et standards à mettre en œuvre.

Il en ressort que la base de données DOSIS est une base de données détaillée permettant d'obtenir très aisément, selon le type d'équipement ou d'installations, les points précis des normes à appliquer.

En parcourant brièvement des extraits de ces normes, nous pouvons formuler les remarques suivantes :

- Ces normes, règles, standards apportent les principes techniques de construction, d'exploitation et de sécurité à appliquer. Ils donnent notamment des précisions lorsqu'il s'agit de contrôle périodique ou de durée de tenue au feu.
- Toutefois, ils n'abordent pas les aspects liés au retour d'expérience et ne font pas référence à des accidents du passé pour justifier de telle ou telle prescription.
- Il semblerait que la stratégie de protection contre l'incendie émise ici consisterait à mettre en place :
 - une détection incendie sur la zone de stockage ou de transfert,
 - une isolation thermique sur les réservoirs GPL,
 - une extinction de l'incendie via des extincteurs ou un arrosage via des hydrants.

Ainsi, il apparaît qu'à cette base de données des exigences réglementaires, il faut absolument ajouter la mise en œuvre de bonnes pratiques issues de professionnels. En effet, on ne pourrait restreindre la lutte contre l'incendie à l'utilisation d'extincteurs ou de lances mobiles d'incendie, surtout pour des capacités de stockage aussi importantes (200 tonnes).

5.4.2 PRESENTATION DU TRF 1996

A titre d'exemple, nous présenterons ci-après le TRF 1996, s'appliquant aux réservoirs de stockage d'une capacité inférieure à 6 tonnes en Allemagne.

Ce guide est édité par le Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V (DVGW) et par le Deutscher Verband Flüssigas e.V. (DVFG).

La DVFG (Fédération Allemande du GPL) regroupe des compagnies de production et de distribution de GPL. Elle a pour but d'améliorer les standards de sécurité relatifs au GPL et d'informer le public sur la sécurité et les avantages du GPL.

La DVGW (Association technique et scientifique allemande pour le gaz et l'eau) est une association à but non lucratif en liaison avec la réglementation en vigueur.

L'association a pour but de transmettre et promouvoir son savoir-faire sur des thèmes tels que les aspects hygiène et sécurité, l'optimisation des technologies en terme de coût, la protection de l'environnement et des ressources, la qualité, la réglementation et la standardisation, le contrôle et la certification, la formation et l'information.

Les Technische Regeln Flüssigas (TRF) regroupent des règles techniques pour le GPL basées sur les pratiques reconnues comme pertinentes.

La mise à jour de la réglementation sur les réservoirs à pression en Allemagne en mai 1989 rendait nécessaire la révision des TRF 1988. Ainsi le TRF 1996 inclut la notion d'installation et le champ couvert par les canalisations, reprend les chapitres du TRB³ 610, version novembre 1995, qui se sont avérés pertinents pour les installations aux GPL.

Le TRF 1996 prend en compte également le Règlement sur les réservoirs sous pression (TRR), en particulier le TRR 100 « Règlements de sécurité pour la construction, canalisations en matériaux métalliques », le TRR 521 « Certification de conception / Mise en place et contrôle de la pression », le TRR 531 « Audits, Contrôle de la réception d'équipement » et le TRR 532 « Audit, examens périodiques ».

5.4.3 STRUCTURE DU TRF 1996

Le document se découpe de la manière suivante :

- Chapitre 1 : Généralités
- Chapitre 2 : Construction d'une installation GPL et examen avant démarrage
- Chapitre 3 : Réservoirs de GPL
- Chapitre 4 : Bouteilles de GPL
- Chapitre 5 : Mise en place de canalisations de GPL
- Chapitre 9 : Examen et premier démarrage d'une installation GPL

³ TRB : Technische Regeln Drückbehälter (Règles Techniques pour les Equipements sous pression)

Le document comprend par ailleurs des annexes pour notamment l'examen des réservoirs et le dimensionnement des canalisations de GPL.

Les exigences relatives aux canalisations du TRF 1996 sont issues des exigences données dans les TRR⁴ 100 et TRR 521. Les exigences attendues de différents types de canalisations (en cuivre, en acier et en matière plastique) sont rappelées. Les conditions de construction et de mise en place de ces canalisations sont décrites ainsi que les moyens de protection contre la corrosion.

5.4.4 POINTS MARQUANTS DU TRF 1996

Les points forts sont :

- Le TRF 1996 s'applique autant à des réservoirs aériens qu'à des réservoirs semi-enterrés ou sous talus.
- Le document détaille les mesures générales et spécifiques de sécurité pour les réservoirs de stockage mais également pour les bouteilles de GPL.
- Il renvoie également à d'autres standards allemands sur des domaines tels que les canalisations ou les équipements sous pression.

Les points faibles sont :

- Ces règles techniques ne s'appliquent qu'aux capacités inférieures à 3 tonnes et n'indiquent pas les autres documents auxquels se reporter pour des capacités de stockage supérieures.
- Le document ne fait pas mention explicitement du retour d'expérience pour justifier les choix de sécurité présentés.
- Les choix techniques ne sont pas justifiés sous l'angle de l'expérience, qu'elle soit bonne ou mauvaise.
- Ces règles techniques ne constituent qu'un des nombreux guides à appliquer pour la construction et l'exploitation de capacités de stockages inférieures à 3 tonnes. La base de données DOSIS peut aider à identifier ces autres normes et codes.

5.5 CODE OF PRACTICE 1

5.5.1 PRESENTATION DE LA LP GAS ASSOCIATION

Fondée en 1969, la LP Gas Association (www.lpga.co.uk) représente l'industrie du GPL en Grande-Bretagne et les ventes de ces membres couvrent plus de 95% des ventes de GPL en Grande-Bretagne.

L'association a pour objectifs de :

- produire des standards techniques et de sécurité pour l'industrie (dont le Codes of Practice),
- promouvoir le GPL au grand public,

⁴ TRR : Technische Regeln Rohrleitungen

- représenter l'industrie auprès des autorités nationales compétentes et des instances européennes notamment pour la réglementation ou la certification,
- d'assurer que des formations sont disponibles et de monter ces formations,
- de réunir des informations statistiques sur les ventes pour les membres,
- diffuser des informations générales sur la sécurité.

La LP Gas Association apporte également son expérience auprès d'autorités nationales telles que le HSE et d'instances européennes pour développer et mettre à jour des procédures sûres pour l'industrie.

5.5.2 CODES OF PRACTICE

Le LP Gas Association a publié un certain nombre d'ouvrages relatifs à la conception, la construction et l'installation d'un site GPL.

Parmi eux, citons :

- LPG Technical Fundamentals (1997) : Après une présentation des caractéristiques du GPL, les différents types de stockage de GPL ainsi que la chaîne logistiques associée sont présentés. Ce document sert de base à la compréhension de ce secteur industriel
- Code of Practice 1 / Part 1 - Design, Installation and Operation of Vessels Located Above Ground (Mars 2004) : Cette édition remplace la dernière version datant de 1998. Ce document comprend 9 chapitres couvrant la localisation d'un site et les distances de sécurité, la conception des réservoirs et les équipements associés, les précautions vis-à-vis du feu, les exigences électriques, l'installation et la mise en service, la fin d'exploitation et la documentation.

Le Code maintient la structure de l'édition précédente et inclut une mise à jour technique (notamment sur la partie électrique) et réglementaire (directive ATEX)

- Code of Practice 1 / Part 3 - Examination and Inspection (Novembre 2006) : Les exigences minimales requises pour une inspection sont décrites. La révision de l'édition de 2000 a été réalisée conjointement avec le HSE.
- Code of Practice 1 / Part 4 - Buried / Mounded LPG Storage Vessels (Mars 1999) [Incorporating Amendment 1 Sep 01] : Ce document complète la partie 1 du CoP1 et a été rédigé conjointement avec le HSE. Il couvre la localisation du réservoir, les raccords, les travaux de terrassement et la protection contre la corrosion pour les stockages sous talus ou enterrés.
- Code of Practice 3 - Prevention or Control of Fire Involving LPG (Novembre 2000) : cette révision importante de l'édition de 1995 a pour but d'assister les opérateurs de GPL confrontés à un incendie ou un risque d'incendie avant l'arrivée des secours et aussi d'aider les services de secours pour gérer des incidents liés au GPL quand d'autres guides ne sont pas disponibles. Il peut aider à la préparation de politique de prévention d'accidents majeurs pour les installations classées.

5.5.3 CODE OF PRACTICE 1 – PART 1 ET PART 4

Ces deux documents abordent les thèmes suivants :

- la localisation de réservoirs GPL qu'ils soient aériens, enterrés ou sous talus, ainsi que les distances de sécurité minimales à respecter selon l'aménagement de ces réservoirs sur un site
- la conception de ces réservoirs et des équipements connexes tels que système de distribution, pompes, compresseurs, raccords, équipements d'exploitation et de sécurité (jauge, soupape, vanne de sectionnement, ...), etc.
- la protection vis-à-vis de la corrosion par revêtement avec ou sans protection cathodique pour les réservoirs enterrés ou sous talus.
- les précautions à prendre vis-à-vis du risque incendie, surtout pour les stockages aériens,
- les équipements électriques et le risque électrostatique, notamment pour les réservoirs aériens,
- l'installation et le démarrage de ces réservoirs (excavation et remblayage dans le cas des réservoirs sous talus ou enterrés),
- les procédures opérationnelles et dans les situations dégradées (fuite, incendie).

5.5.4 POINTS MARQUANTS DU CoP 1 – PART 1 ET 4

Les points forts sont :

- La LPGA est une association renommée et reconnue dans le secteur industriel.
- La version précédente des guides est rappelée. Cependant, les raisons qui peuvent se limiter à une mise à jour régulière et les modifications de ces documents ne sont pas explicitées dans le document.
- Le CoP Part 1 s'applique autant aux réservoirs aériens qu'aux réservoirs sous talus ou enterrés. Elle s'appuie et renvoie à des standards britanniques (BS) et aux guides HSE sur ce domaine.

Les points faibles sont :

- Ces documents présentent les exigences de principe en terme de fonctions et d'équipements de sécurité. Cependant, les spécifications techniques de ces équipements de sécurité sont peu détaillées. Il faut alors se reporter aux références listées dans le document.
- Ces documents ne font pas référence à des accidents du passé pour justifier les choix de sécurité présentés. Toutefois, les possibilités présentées en terme de sécurité résultent bien des retours d'une expérience de terrain de la part de professionnels.

6. ANALYSE DES GUIDES DE BONNES PRATIQUES

Dans les paragraphes suivants, nous apporterons des éléments de réflexion sur différents thèmes, suite à l'examen des différentes sources bibliographiques retenues pour cette étude.

6.1 ANALYSE COMPAREE DES ASPECTS COUVERTS PAR LES GUIDES

L'examen de ces documents nous amène à émettre les remarques suivantes :

- L'ensemble des guides et référentiels examinés porte sur les capacités de stockage de GPL. Toutefois, leur champ d'étude comporte, pour certains, des restrictions.

Ainsi, l'API 2510 couvre uniquement les réservoirs aériens de stockage alors que la NFPA 58 porte à la fois sur les réservoirs de stockage aériens et enterrés/sous talus, tout comme le CoP1 ou la réglementation allemande.

La NFPA 58 se distingue par un champ couvert encore plus large puisqu'elle s'intéresse également aux réservoirs de véhicule utilisant le GPL comme carburant ainsi qu'au transport de GPL.

- La lutte contre l'incendie est abordée dans l'API 2510/2510A et dans le CoP3, contrairement à la NFPA 58 et aux standards allemands où l'on s'arrête à la limitation des effets thermiques sur les réservoirs sans prendre en compte l'intervention des secours.

A ce titre, les API, par rapport aux autres référentiels, focalisent sur des sujets tels que les cuvettes de rétention, les conditions météorologiques, la détection incendie ou encore l'extinction automatique.

- Au niveau de la stratégie de sécurité pour le stockage, l'API et la NFPA ne semblent pas privilégier la mise sous talus ou le stockage aérien des réservoirs. En revanche, en Allemagne ou en Grande-Bretagne, cette pratique de mise sous talus semble plus répandue. Ainsi, la LP Gas Association publie un guide spécifique aux réservoirs enterrés ou sous talus (CoP 1- Part 4).
- L'ensemble des normes et standards allemands s'appliquent pour des capacités de stockage inférieures à celles généralement trouvées en France. D'ailleurs, la base de données DOSIS considère les stockages inférieurs à 3 t, les stockages entre 3 t et 30 t, ceux entre 30 t et 200 t et ceux supérieurs à 200t. Ainsi, en Allemagne, les capacités maximales exploitées sont inférieures à 500 t alors qu'en France, elles peuvent atteindre jusqu'à 2 000 à 3 000 t.

6.2 INFLUENCE DES ACCIDENTS DU PASSE IMPLIQUANT DU GPL

Les guides examinés ne permettent pas d'identifier l'influence du retour d'expérience dans les pratiques recommandées.

L'API 2510A apporte, certes, quelques éléments pertinents pour une meilleure compréhension des dispositions à mettre en œuvre pour la lutte contre l'incendie.

De même, dans le NFPA 58, les modifications sont repérées mais elles ne semblent pas majeures du point de vue de la sécurité.

Cela peut s'expliquer par le fait que les avancées scientifiques et techniques ne sont pas remises en cause par des accidents ou du moins que le retour d'expérience est insuffisant pour modifier les concepts et ajouter des contraintes sur les équipements de sécurité.

Par ailleurs, ces guides, même s'ils sont assez précis, n'abordent pas en détail les spécifications techniques des équipements liés au procédé et/ou à la sécurité. Ces documents se veulent généraux et de ce fait, font référence à des standards spécifiques pour un équipement donné.

Or, ces standards spécifiques intègrent également les expériences de terrain. Ainsi, ce travail ne saurait être considéré comme exhaustif, de par les sources bibliographiques utilisées.

D'ailleurs, à ce sujet, les dispositions organisationnelles sont rappelées rapidement dans les documents (formation, mise en place de maintenance).

Il est particulièrement intéressant de constater que les guides API 2510/2510A et la NFPA 58 traitent non seulement de la sécurisation des capacités en cas de feu mais aussi de la protection des services de secours. En effet, le retour d'expérience à ce sujet montre que les sapeurs pompiers étaient souvent les premières victimes de ces accidents (distance d'éloignement, méthode optimisée de refroidissement des capacités).

Dans le tableau suivant, pour les réservoirs de GPL aériens mais également enterrés ou sous talus, les propositions en terme de barrières techniques sont listées pour les fonctions de sécurité identifiées dans les guides examinés.

Champ couvert	API 2510 / 2510A	NFPA 58		Allemagne		CoP 1 / Part 1	CoP 1 / Part 4
Fonction de sécurité	Toutes capacités	Capacité < 7,6 m ³	Capacité > 15,2 m ³	> 200 t	(TRF 1996) Capacité < 3 t	> 75 kg, aérien	> 150 L, enterré et sous talus
Eviter et limiter le surremplissage	1 jauge (voire 2) 1 alarme niveau haut indépendant 1 jauge niveau très haut (<98%) 1 clapet anti-retour sur canalisation	1 indicateur fixe de niveau haut 1 jauge niveau	1 indicateur fixe de niveau haut 1 jauge niveau	1 jauge 1 alarme niveau haut 1 alarme niveau très haut vanne contre le surremplissage 1 clapet anti-retour	1 détection niveau 1 clapet anti-retour sur la ligne d'alimentation liquide	1 indicateur de niveau 1 détection indépendante fixe de niveau maximal de liquide (86,6% vol pour le propane et 89,9% pour le butane) OU 1 vanne d'isolement indépendante pour un niveau liquide maximal	1 indicateur de niveau 1 détection indépendante fixe de niveau maximal de liquide (87% vol pour le propane et 90% pour le butane) OU 1 vanne d'isolement indépendante pour un niveau liquide maximal
Contrôler la pression dans la capacité de stockage	Indicateur de pression sur la phase gaz		Indicateur de pression	Indicateur pression avec alarme	Mesure de la pression (manomètre)	1 manomètre connecté à la phase gaz pour les capacités > 2,2 t (5000 L d'eau) de GPL 1 indicateur de pression sur un piquage pour les capacités < 2,2 t	1 indicateur de pression sur un piquage pour les capacités > 5000 L d'eau (soit 2,2 t)
Eviter et limiter la surpression de la capacité	1 soupape au moins avec asservissement pour l'isolement du réservoir et ligne d'évent	1 soupape interne à ressort	1 soupape interne à ressort 1 soupape supplémentaire interne ou externe	1 alarme pression haute 1 alarme pression très haute 1 ou plusieurs	1 soupape avec sa ligne d'évent 1 soupape avec sa ligne d'évent sur la canalisation de	1 soupape	1 ou plusieurs soupape(s) inviolable à ressort direct ou équivalent (ligne d'évent non nécessaire)

Champ couvert	API 2510 / 2510A	NFPA 58		Allemagne		CoP 1 / Part 1	CoP 1 / Part 4
Fonction de sécurité	Toutes capacités	Capacité < 7,6 m ³	Capacité > 15,2 m ³	> 200 t	(TRF 1996) Capacité < 3 t	> 75 kg, aérien	> 150 L, enterré et sous talus
				soupapes	soutirage liquide		
Eviter l'accumulation de liquide	Equiper la ligne de purge d'une vanne à fermeture rapide pour faciliter la purge			Ligne de purge		1 purge ou autre moyen de vidanger du liquide	1 purge ou autre moyen de vidanger du liquide
Eviter une fuite de GPL sur la ligne de purge	Dispositif antigel (pour permettre une manœuvre de la ligne de purge)						
Détecter la fuite de GPL	?			Détection gaz			
Limiter la fuite de GPL	1 limiteur de débit sur la ligne liquide	1 limiteur de débit sur la ligne liquide	1 limiteur de débit sur la ligne liquide		Contrôle de l'étanchéité des connexions	1 limiteur de débit (orifice calibré de diamètre < 1,5 mm)	

Champ couvert	API 2510 / 2510A	NFPA 58		Allemagne		CoP 1 / Part 1	CoP 1 / Part 4
Fonction de sécurité	Toutes capacités	Capacité < 7,6 m ³	Capacité > 15,2 m ³	> 200 t	(TRF 1996) Capacité < 3 t	> 75 kg, aérien	> 150 L, enterré et sous talus
Isoler le réservoir	Vannes à fermeture automatique à sécurité positive en cas de feu (dans les 15 minutes) pour capacité > 35 m ³ Vannes manuelles d'isolement accessibles sur les lignes liquide et gaz Clapet anti-retour Vanne d'isolement déportée et déclenchée par fusible thermique	2 clapets anti-retour sur la ligne d'alimentation liquide et gaz 1 vanne manuelle sur la ligne gaz	2 clapets anti-retour sur la ligne d'alimentation liquide et gaz 1 vanne manuelle sur la ligne gaz 1 vanne à sécurité positive sur la ligne de soutirage gaz + limiteur de débit ou vanne de fond de cuve Vanne de fond de cuve sur la ligne liquide activée par fusible thermique Vannes internes à fermeture automatique sur activation feu + commande déportée	Vannes d'isolement commandées à distance et à fermeture rapide	1 vanne d'isolement de sécurité, en position normalement ouverte et isolant le ligne soutirage gaz sur signal du contrôle de pression lorsque la pression en amont dépasse la pression de service 1 vanne de purge de sécurité en position normalement fermée et s'ouvrant lorsque la pression excède la pression de service maximale fixée 1 vanne d'isolement principale	1 vanne manuelle d'isolement sur les piquages gaz et liquide en entrée et sortie du réservoir aussi proche que possible du réservoir : vanne à tournant sphérique pour les connections > 1 ¼ " Connections plus grandes que 3 mm de diamètre pour le liquide et 8 mm pour la vapeur protégées par un limiteur de débit, un clapet anti-retour ou une vanne d'isolement à sécurité positive à commande déportée. Clapet anti-retour (à ressort) uniquement sur la ligne de remplissage ou la ligne retour liquide Cas particulier pour les canalisations liquide d'un diamètre nominal > 25 mm	
Détecter un incendie	Détection hydrocarbures / flamme						
Limiter les effets thermiques sur une capacité	Distances d'isolement (les distances varient selon la présence	Distances d'isolement (les distances varient selon la présence	Distances d'isolement (les distances varient selon la présence	Distance de séparation Isolant thermique sur réservoir	Mesures prescriptives : Distances d'isolement	Distances d'isolement (les distances varient selon la présence	

Champ couvert	API 2510 / 2510A	NFPA 58		Allemagne		CoP 1 / Part 1	CoP 1 / Part 4
Fonction de sécurité	Toutes capacités	Capacité < 7,6 m ³	Capacité > 15,2 m ³	> 200 t	(TRF 1996) Capacité < 3 t	> 75 kg, aérien	> 150 L, enterré et sous talus
	de mur coupe-feu) Ignifugation sur certains équipements	de mur coupe-feu)	de mur coupe-feu)		Mur coupe-feu Mise sous talus ou écran thermique Ignifugation	de mur coupe-feu) Ignifugation	
Permettre l'intervention des services de secours	Accès pour les services de secours Maillage du réseau incendie Capacité suffisante en eau : quantité d'eau nécessaire pour refroidir la plus grande capacité + quantité d'eau nécessaire pour refroidir les capacités adjacentes + 3 fois 946 L/min pour le courant de refroidissement			-		Accès pour les services de secours Maillage du réseau incendie Capacité en eau correspondant à la quantité en eau nécessaire pour assurer un taux d'application d'eau de 9,8 L/m ² /min sur un réservoir pendant 1 heure	
Refroidir les réservoirs en cas d'incendie	Taux d'application de 4 à 10 L/m ² /min			Extincteurs		Taux d'application de 9,8 L/m ² /min (voire 13 L/m ² /min)	Risque moins élevé que pour les réservoirs aériens
Arrêter de la pomperie	Sur défaillance pompe, incendie ou niveau bas du			Alarme sur DP Alarme température			

Champ couvert	API 2510 / 2510A	NFPA 58		Allemagne		CoP 1 / Part 1	CoP 1 / Part 4
Fonction de sécurité	Toutes capacités	Capacité < 7,6 m ³	Capacité > 15,2 m ³	> 200 t	(TRF 1996) Capacité < 3 t	> 75 kg, aérien	> 150 L, enterré et sous talus
	stockage			haute			
Protéger contre la corrosion		Revêtement ou protection cathodique pour les réservoirs enterrés ou sous talus		Revêtement avec ou sans protection cathodique pour les réservoirs sous talus ou enterrés	-		Revêtement avec ou sans protection cathodique

6.3 PREVENTION DES FUITES DE GPL

Les fonctions identifiées sont similaires d'un référentiel à un autre : il s'agit de prévenir une fuite, la limiter si elle survient, de prévenir les sources d'inflammation, de limiter les effets thermiques sur un stockage si un incendie survient.

Pour la fonction de prévention des fuites, au-delà des bonnes pratiques de conception et d'installation de ces réservoirs, on retrouve les dispositions suivantes :

- un ou plusieurs indicateurs de niveau asservis à une alarme et à un dispositif d'isolement du réservoir pour limiter les risques de fuite suite à un surremplissage,
- pour les réservoirs enterrés ou sous talus, une protection contre la corrosion pour limiter les risques de fuite due à la corrosion,
- un ou plusieurs indicateurs de pression pouvant être asservis à une alarme et à un isolement du réservoir pour limiter les risques de surpression,
- une ou plusieurs soupapes de sécurité déchargeant vers une ligne d'évent.

Les lignes de purge font également l'objet d'une attention particulière (cf. accident de Feyzin). De manière générale, des recommandations sont prodiguées pour tous les raccords et vannes équipant le réservoir de stockage de GPL.

Dans tous les cas, la survenue d'un incident doit déclencher la mise en sécurité du réservoir (fermeture des vannes de sectionnement, isolement du réservoir et mise en sécurité des équipements connexes de type pomperie) et de l'installation en général.

6.4 PREVENTION ET PROTECTION VIS-A-VIS DE L'INCENDIE ET RESERVOIRS SOUS TALUS

Dans les différents guides et référentiels, les mesures suivantes sont proposées pour prévenir un incendie et limiter les conséquences d'agressions thermiques sur le réservoir :

- Les distances de séparation entre stockages et entre un stockage et un autre équipement. Les distances minimales de séparation pour l'ensemble des guides prennent en compte les 2 scénarios suivants :
 - un incendie survenant à l'extérieur du stockage GPL,
 - un incendie survenant sur des installations inflammables à proximité.
- La détection incendie (feu/flamme/fumée).
- L'ignifugation ou isolation thermique.

La protection thermique peut être assurée principalement de trois façons :

- placer le réservoir sous terre (réservoir enterré),
- couvrir le réservoir avec de la terre (réservoir sous talus),
- équiper le réservoir d'un système d'extinction d'incendie (déluges, rampes, ... avec le réseau d'eau adapté aux besoins).

Le CPR8-3^E (1st édition 1991), édité par les Pays-Bas, propose pour la mise sous talus de recouvrir le réservoir d'au moins 30 cm de terre (50 cm en Allemagne et 1 m en France). La protection cathodique doit maintenir un potentiel sur toute la surface à -850 mV ou une valeur plus basse (référence CuCuSO₄). Si un système « rectifier » est utilisé, le potentiel doit être inférieur à -1500 mV. Dans un sol anaérobie, le potentiel doit être de -950 mV.

D'après « Mounded LPG storage – Experience and Developments » (05/11/1987), par Donald Barber, les allemands sont les premiers à construire des stockages de GPL sous talus, notamment sous l'impulsion du Professeur Friedrich Mang de l'Université de Karlsruhe.

Cette technique de stockage a pour avantage, entre autres, de protéger le réservoir par rapport aux incendies externes et donc de limiter les moyens fixes d'extinction, de générer des distances de sécurité et une surface au sol nécessaire plus faible par rapport à des stockages aériens.

Les premières installations datent de 1959. A la date du document de D. Barber, les visites quinquennales n'avaient pas décelé de problèmes particuliers. S'agit-il de visites externes ou avec enlèvement du talus et de la protection anti-corrosion ? Les réservoirs n'avaient qu'une protection anti-corrosion monocouche et n'étaient pas équipés de protection cathodique.

Certains réservoirs sous talus sont munis en Allemagne de protection cathodique (cf. TRB 601). Ce changement de pratique pourrait provenir de l'insuffisance d'une unique protection anti-corrosion. D'ailleurs, il a été constaté sur ces premiers stockages des décollements de la sous-couche de base en bitume dus à des baisses brutales de température du réservoir. En l'absence de confirmation, nous ne pouvons garantir que l'ensemble des réservoirs de stockage GPL en Allemagne soit munis d'une protection cathodique lorsqu'ils sont mis sous talus, d'autant que le marché allemand du GPL est très fortement familial, contrairement au marché français du GPL.

D'autres pays ont également opté pour ce mode de stockage : la Grande-Bretagne, la Nouvelle-Zélande, l'Australie ou encore la Suisse.

Finalement, les critères qui guident les choix de stratégies de sécurité sont liés au contexte du marché du GPL dans ces pays, aux contraintes climatiques, au cadre réglementaire dans lequel s'inscrivent ces installations, aux pratiques de l'opérateur selon qu'il appartienne à un grand groupe ou que son entreprise soit familiale, etc.

6.5 CAS DES CAPACITES DE STOCKAGE SERVANT DE CAPACITE DE TRANSPORT

La NFPA 58 aborde le cas des capacités de transport de GPL : ces véhicules doivent répondre également aux exigences du Department of Transportation (DOT) des Etats-Unis pour le transport de matières dangereuses (49 CFR, Pats 171-180, 393, 396 et 397).

Ces capacités, selon le type d'éléments, doivent répondre à certaines exigences des sections et paragraphes de la NFPA 58 pour les installations fixes. Ainsi :

- Les capacités de transport montées sur ou faisant partie d'un véhicule de transport doivent répondre aux exigences du 5.7 de la NFPA 58 et être équipées des accessoires décrits au 5.7 de la NFPA 58.
- Les canalisations (dont flexibles), raccords et vannes doivent répondre au 5.8 de la NFPA 58, aux dispositions du DOT et à la pression de service spécifiée au 5.15.12.
- Les équipements (pompes, compresseurs, jauge, régulateurs, etc.) doivent répondre aux exigences de conception du 5.5 de la NFPA 58 et doivent être installés selon les recommandations du 6.15.
- Les extincteurs : chaque véhicule doit être équipé d'au moins un extincteur mobile.

D'autres thèmes sont abordés, tels que les protections mécaniques du véhicule de transport, les remorques routières et semi-remorques, le transport de conteneurs stationnaires d'un point à un autre sur un site ainsi que le parking et le remisage des véhicules utilisés au transport de GPL

Puis, la NFPA 58 décrit les prescriptions spécifiques au transport. A titre d'exemple, les recommandations suivantes sont apportées :

- Le flexible pour la phase liquide de plus de 1 ½ inch de diamètre (taille nominale) et le flexible pour la phase gazeuse de plus de 1 ¼ inch (taille nominale) doivent être protégés par une vanne interne qui réponde aux paragraphes 5.10.4(1) et 5.10.4(2).
- Les connecteurs flexibles utilisés pour compenser les vibrations et stress sur le système de canalisation doivent être limités à 1 m de longueur.

7. CONCLUSIONS

Dans le cadre du programme EAT-DRA 71 relatif à l'évaluation des risques des Systèmes Industriels, l'opération B1.1 de l'ex-EAT DRA 37 vise à analyser l'intégration du retour d'expérience dans l'évolution des règles de sécurité pratiquées par les industriels à l'étranger.

Différentes activités industrielles ont été identifiées et la présente étude porte sur le secteur du GPL, plus particulièrement sur les sites de stockage de GPL et sur les opérations de chargement et de déchargement.

L'objet de ce rapport est donc, à partir de guides et de référentiels existants à l'étranger, d'identifier les stratégies de sécurité retenues et d'examiner l'impact des accidents passés sur l'évolution de ces documents.

Dans un premier temps, après une brève description des types d'installations concernées par cette étude, les accidents majeurs qui ont marqué le secteur du GPL ont été présentés ainsi que les principaux enseignements qui en ont été tirés.

Ces accidents majeurs ont permis à l'industrie du GPL, relativement récente puisqu'elle s'est développée à partir des années 1930, de s'organiser face aux situations accidentelles que ce soit au niveau de la prévention qu'au niveau de la gestion de crise.

Une recherche bibliographique de référentiels étrangers, publiés par des organisations professionnelles, relatifs au GPL a conduit à examiner des référentiels américains (API 2510 et API 2510A, NFPA 58) et européens (Allemagne, Grande-Bretagne avec le Code of Practice – Part I).

L'examen de ces documents amène aux remarques suivantes :

- Les référentiels présentent diverses possibilités de stockage et donc diverses stratégies de sécurité. Toutefois, les fonctions de sécurité sont globalement les mêmes d'un référentiel à un autre. Les référentiels ne se prononcent pas en faveur d'une option technologique mais reflètent les pratiques rencontrées dans le secteur du GPL. Les guides sont homogènes dans leurs prescriptions et montrent une certaine standardisation des sites. Ainsi, il n'y a pas de voie unique pour l'exploitation et la sécurité d'un site GPL.
- Les guides examinés présentent des équipements d'exploitation et de sécurité pour les réservoirs et sites GPL, qui sont particulièrement détaillés dans les documents britanniques et américains. En Allemagne, un document de synthèse regroupant l'ensemble des normes et standards applicables manque. Toutefois, la base de données DOSIS regroupe l'ensemble de la réglementation nationale allemande en vigueur.
- La stratégie de sécurité présentée dans l'ensemble des documents est avant tout de prévenir les fuites de GPL. Si elle a lieu, il s'agit de la limiter au plus vite et de limiter les sources d'inflammation. Si la fuite s'enflamme, il s'agit de circonscrire au plus vite l'incendie pour éviter le phénomène de BLEVE.
- La maîtrise de l'incendie n'est pas vraiment abordée dans les textes allemands et dans la NFPA. En revanche, l'API et le LP Gas Association consacrent un

document particulier à cette problématique avec les équipements et les stratégies de lutte contre l'incendie.

- Les référentiels proposent les différents types de modes de stockage mais ne se prononcent pas sur le choix préférentiel d'un mode de stockage par rapport à un autre. Ainsi, la NFPA 58, les normes / standards allemands et le Code of Practice 1 couvrent les réservoirs aériens comme les réservoirs enterrés ou sous talus, tandis que l'API 2510 n'est applicable qu'aux réservoirs de stockage aériens. En effet, ce choix est guidé par différents facteurs tels que les contraintes de surface au sol, économiques, géologiques, urbaines, capacité prévue, etc...

Le marché du GPL est important en Europe et les pratiques ne sont pas forcément harmonisées d'un pays à un autre. Cela tient autant au contexte réglementaire national qu'au tissu industriel national (présence nombreuse de petits exploitants en Allemagne par rapport à la France). Toutefois, l'AEGPL a pour objectif, entre autres, de favoriser la cohérence des pratiques.

Il aurait été intéressant d'avoir accès aux référentiels des principaux industriels du secteur GPL pour voir comment ces bonnes pratiques sont intégrées, d'autant plus que ces référentiels industriels sont appliqués comme des standards dans tous les pays mais bien entendu adaptés ensuite au contexte réglementaire et local du pays dans lequel ces réservoirs sont implantés. Cependant, il ne nous a pas été possible d'obtenir ces documents internes. Et par conséquent, nous n'avons pas pu récupérer d'informations sur les retombées des choix technologiques des pays voisins, tel que l'Allemagne qui pratique la mise sous talus des réservoirs GPL depuis plus de 30 ans.

Au regard des documents examinés, il s'avère difficile de faire un lien explicite entre le retour d'expérience et le contenu de ces guides professionnels.

Dans la quasi-totalité des cas, il n'y a pas de référence explicite à un accident majeur touchant au GPL pour justifier de tel ou tel choix technologique ou d'un choix de stratégie de sécurité. Ainsi, certains guides tels que le NFPA 58 ou l'API 2510A évoquent clairement la prise en compte du retour d'expérience.

Les modifications des guides d'une version à une autre sont, par contre, très rarement précisées, excepté pour la NFPA 58 où les modifications sont tracées lors des comités de révision. Toutefois, les enseignements d'accidents passés n'apparaissent pas comme justifications aux décisions de modification.

Toutefois, il est indéniable que les nombreux accidents majeurs du GPL ont profondément impacté la profession et par conséquent, les référentiels intègrent forcément ces enseignements. On peut, à ce titre, citer les changements de pratique vis-à-vis du risque incendie pour réservoir aérien avec l'amélioration des techniques de lutte contre l'incendie, ou encore vis-à-vis du risque corrosion pour les réservoirs sous talus.

En tout état de cause, à l'exception de quelques points (comme l'arrosage asservi à la détection gaz en France), l'examen des référentiels étrangers relatifs au GPL tend à montrer que la pratique française est en ligne avec les bonnes pratiques énoncés par les organismes professionnels étrangers.

8. ANNEXE

Numéro	Titre	Nombre de pages
1	Contexte du GPL	2
2	Éléments de retour d'expérience	9

ANNEXE 1

CONTEXTE DU GPL EN FRANCE

Les tableaux suivants ont pour objectif de présenter le marché du GPL en France, notamment les sources d'approvisionnement (Tableau 1) ainsi que les moyens de distribution (Tableau 2).

(en milliers de tonnes)	Butane	Propane	Total
Production des raffineries en France	1579	732	2311
GPL extrait du gaz naturel	21	24	45
Importation de GPL *	603	1545	2148
Exportation du GPL	1283	352	1635

* dont Algérie (413), Royaume-Uni (368), Norvège (353)

Tableau 1 : Approvisionnement de la France en GPL

<i>Moyens de distribution du GPL</i>	Points de vente public de GPL carburant	Camions citernes	Wagons citernes	Citernes fixes	Bouteilles
<i>Nombre</i>	1 825	1 449	891	909 261	57 587 934

Tableau 2 : Moyens de distribution du GPL en France

Ils sont utilisés dans les marchés :

- domestiques : cuisine, eau chaude, chauffage, loisirs, bricolage
- industriels : fours de cuisson, fusion, chauffage des locaux,...
- tertiaires et artisanaux
- collectifs : chauffage d'immeubles
- agricoles : chauffage des serres, séchage de céréales...
- carburant : stockage du GPL carburant dans les stations services
- ainsi que pour le stockage du butane et du propane dans les centres remplisseurs de bouteilles et relais vrac servant au ravitaillement des réservoirs.

	Butane (en tonnes)	Propane (en tonnes)
Ventes en bouteilles	399 286	231 373
Ventes en vrac	112 875	1 843 158
Ventes pour carburant	-	247 370
Dont ventes pour véhicules routiers		138 962

Tableau 3 : Ventes de GPL en France

	Résidentiel tertiaire	Industrie	Carburant	Agriculture
Répartition (%)	61%	13%	9%	17%

Tableau 4 : Répartition des secteurs d'activités utilisant le GPL en France

ANNEXE 2

ELEMENTS DE RETOUR D'EXPERIENCE

ANALYSE ACCIDENTOLOGIQUE SUR LES STOCKAGES GPL

1. Types d'installations impliquées

L'analyse statistique des accidents de G.P.L. survenus à l'occasion d'opérations de chargement ou de déchargement concerne un échantillon de 56 événements dont la plupart provient du BARPI.

Ces événements couvrent la période 1951 à 2005. Bien que l'échantillon soit plutôt réduit en nombre, il est possible de dégager des tendances. La répartition des accidents en fonction du lieu géographique de survenance est présentée ci-dessous.

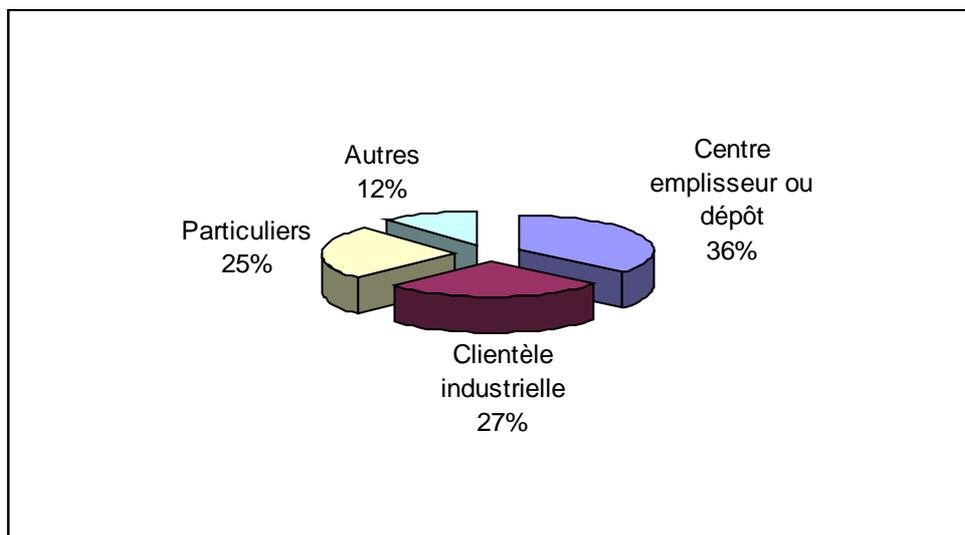


Figure a : Répartition des accidents selon leur lieu de survenance

2. Phénomènes observés

Ceux-ci ont été classés en cinq catégories :

Phénomène
Épandage liquide sur le sol
Fuite en phase gazeuse sans inflammation
Feu torche (ou le feu de nappe)
Explosion de gaz ou de vapeurs
BLEVE d'une capacité

Tableau b : Phénomènes retenus pour la classification des accidents

Il est à noter que les phénomènes 1 et 2 peuvent être des événements (phénomènes) précurseurs de 3 ou 4 alors que le feu torche (ou de nappe) peut être l'événement précurseur de 5 (BLEVE). Ainsi, une fuite de produit (liquéfié ou non) inflammable peut s'enflammer bien après l'épandage. La figure ci-dessous reprend les différents phénomènes impliqués. Le phénomène retenu dans le classement ci-dessous est le phénomène majeur constaté lors de l'accident (pour une fuite suivie d'un incendie, ce type d'accident est agrégé à la catégorie incendie).

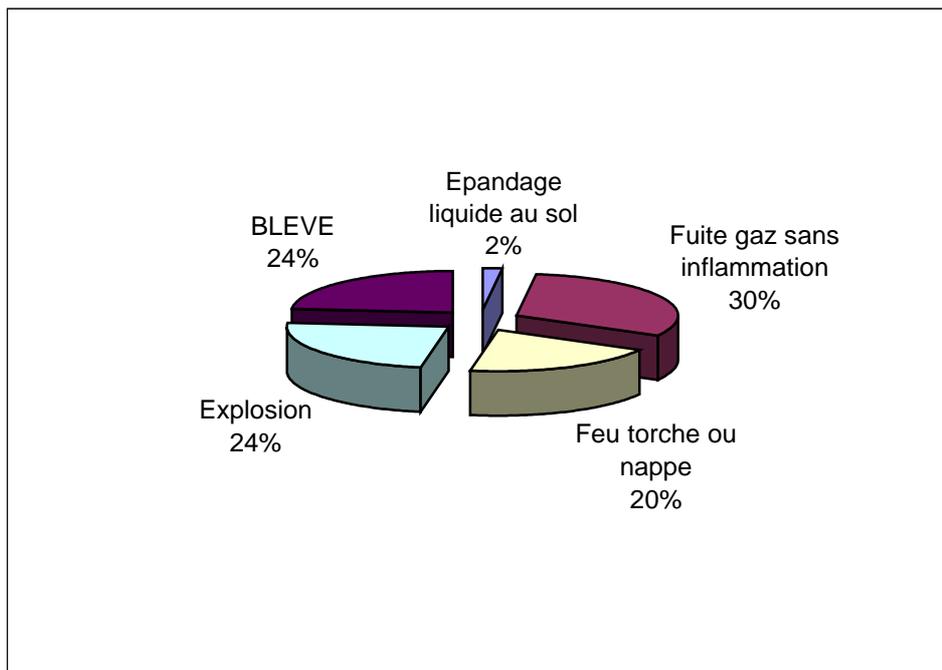


Figure c : Répartition des événements par phénomène observé

En fait, quelques cas de nappe liquide observée ont été rapportés mais en général, les descriptions précises du déroulement des phénomènes ayant conduit à des accidents graves sont très rares, ce qui justifie les précautions à prendre avec les données chiffrées.

Nous remarquons ainsi que le phénomène principal qui caractérise les accidents lors des opérations de transfert de GPL est la fuite suivie d'un allumage du nuage formé ce qui donne lieu dans la majorité des cas répertoriés (48 %) à l'apparition d'effet de surpression (24 %) ou de boule de feu (BLEVE : 24 %). Toutefois, l'inflammation ne s'est pas produite dans 32% des cas rapportés.

Les deux phénomènes incendie et explosion (y compris BLEVE), phénomènes par ailleurs régulièrement associés, représentent plus des deux tiers des accidents (68%).

Pour les cas répertoriés on notera que la fuite s'accompagne le plus souvent de la formation d'un nuage dérivant dans le sens du vent dominant. L'allumage à distance de ce nuage (distance qui peut être assez grande) est suivi d'un "retour de flamme" qui pourra amener un feu sous la (ou les) citerne(s) routière(s) ou ferroviaire(s) ou à ses abords immédiats.

Les BLEVE connus et répertoriés dans la littérature, résultent dans tous les cas présentés précédemment d'un incendie provoquant l'échauffement, la montée en pression et la rupture mécanique de la capacité. Ce phénomène concerne donc les capacités aériennes nues, c'est-à-dire celles dont l'enveloppe n'est pas (ou mal) protégée vis-à-vis des effets thermiques. A cet égard, parmi les accidents présentés, l'inadéquation des moyens de protection est régulièrement pointée et déterminante dans l'évolution des séquences accidentelles vers le BLEVE.

Les explosions de gaz combustibles sont le résultat d'une fuite de gaz suivie de l'inflammation du nuage, lequel se trouve en totalité ou pour partie dans un espace plus ou moins encombré. Un grand nombre d'essais expérimentaux ont montré que l'allumage d'un nuage de gaz en milieu libre, n'amène pas pour le cas de GPL l'apparition de surpression notable et dommageable pour l'environnement. Ce constat est confirmé par les comptes rendus d'accidents. C'est d'ailleurs, sans doute, pour cette raison de confinement partiel, que le plus grand nombre d'explosions de gaz combustible (avec apparition d'effets de surpression) concerne des unités de fabrication, qui généralement, induisent une forte densité d'équipements (donc de joints, de vannes etc...) dans un volume faible ou des fuites en clientèle lorsque le nuage a envahi une habitation par exemple... Il est à noter que, dans ces cas, l'explosion du nuage pourrait créer des désordres et des fuites sur d'autres réservoirs ou citernes mobiles sur d'autres installations ou sur les personnes (effets domino liés aux effets thermiques, de souffle, ou de projection).

On notera enfin, qu'un seul événement répertorié fait mention d'un incident n'ayant pas donné lieu à une fuite et que de rares compte rendus mentionnent la présence d'une phase liquide de GPL sur le sol (22/12/1975, Mâcon, ARIA, n° 28500 et probablement l'accident du 23/10/1989 à Le Blanc, ARIA n°948)

3. Gravité des accidents

La gravité des accidents a été appréciée de manière simple au travers de deux classes :

- accident ayant entraîné des dommages corporels,
- accidents n'ayant pas entraînés de dommages corporels.

Dans 63% des cas, les accidents n'ont pas entraîné de dommages corporels. Lorsqu'il y a eu dommages corporels (blessure ou mort d'homme), soit 20 des cas recensés, les phénomènes qui en sont la cause sont représentés dans la figure ci-après.

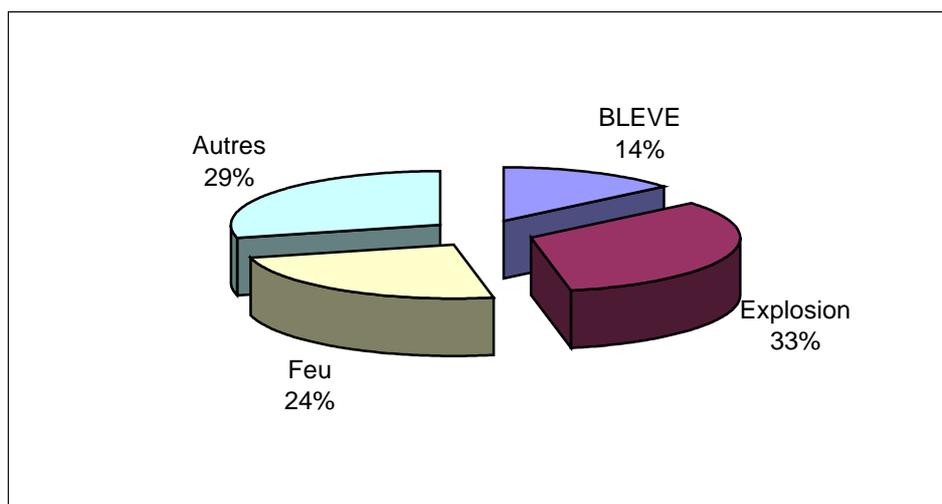


Figure d : Phénomènes entraînant des blessures ou mort d'hommes

Les feux (hors boule de feu) constituent la principale cause de dommages corporels avec 5 cas d'accidents. Les victimes sont les personnes présentes dans le nuage de gaz au moment de son inflammation. La catégorie « Autres » (6 cas) accueille principalement les accidents non renseignés quant à l'origine des dommages corporels (5 cas) et, dans le cinquième cas, de la chute de l'opérateur consécutivement à la fuite de GPL.

Au total, ces 21 accidents ont fait 435 victimes dont 31 morts et 412 blessés. A noter que deux événements ayant donné lieu à l'apparition de BLEVE représentent à eux seuls 17 morts et 333 blessés.

Cependant, les accidents survenant sur les postes de chargement ou de déchargement de GPL ne conduisent pas toujours à des pertes en vies humaines. Ainsi, le 1er avril 1990, un accident s'est produit dans une station d'embouteillage de GPL de Sydney (Australie), au cours d'une opération de transfert de produit d'une citerne routière vers un réservoir de stockage. Un incendie se déclare et conduit au BLEVE d'un réservoir cylindrique de 50 tonnes de G.P.L. et d'un camion-citerne. Environ 10 000 personnes sont évacuées, l'aéroport voisin est fermé temporairement mais aucune victime n'est à déplorer.

4. Causes des accidents

Concernant les causes et circonstances des 33 accidents présentés nous avons retenu les sept causes suivantes présentées dans le tableau ci-dessous :

Causes-circonstances
Rupture flexible
Défaillance organe citerne mobile
Défaillance organe de raccordement
Défaillance double clapet de rupture
Départ camion connecté
Erreur humaine
Autres causes dont corrosion

Tableau e : Familles de causes-circonstances considérées

Un accident, même s'il se généralise parfois à toute une zone a en général pour origine une action ou un équipement précis. Dans le cas présent, nous nous sommes donc intéressés à la nature des causes en distinguant les principales familles de causes-circonstances retenues. Leur répartition fait l'objet de la figure présentée ci-après.

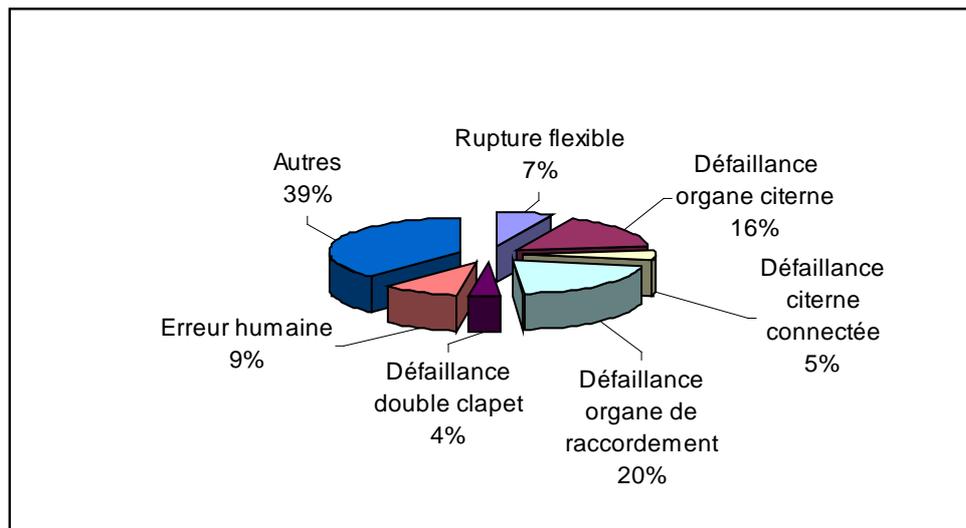


Figure f : Répartition par famille de causes-circonstances

Le classement a été réalisé en retenant l'événement précurseur. Les causes identifiées sont multiples. On remarquera cependant le nombre relativement important d'accidents (9 cas) associés à la défaillance d'organes sur citernes routières ou ferroviaires. Les défaillances d'organes de raccordement représentent 20% des cas. S'agissant des défaillances d'organes de raccordement, il est à noter que les deux des onze événements rapportés concernent les opérations de remplissage de réservoirs en clientèle pour lesquelles les organes de raccordement sont de dimensions bien inférieures (1"1/4) à celles de ceux utilisés sur site GPL (2 et 3").

L'un concerne les pratiques de vissage générant l'usure de filetages sur les deux parties d'un raccord vissé. Cette pratique, consistant à bloquer la bague côté stockage fixe à l'aide d'un marteau, a été interdite sur la raffinerie et déconseillée par l'association allemande du GPL. Une large campagne nationale a été conduite

en Allemagne montrant que nombre de ces filetages étaient usés. Dans les 6 mois qui ont suivi, la situation s'est améliorée.

L'erreur humaine, cause qui aurait pu aussi être retenue en priorité pour le départ des citernes encore connectées, concerne dans ce classement deux types d'erreurs :

- l'ouverture d'une ligne inappropriée entraînant le rejet de produit à l'atmosphère (2 accidents en Allemagne),
- l'erreur opératoire qui amène l'éclatement du flexible comme par exemple lors de l'accident de Divonnes-les-Bains ou le rejet de produit à l'occasion d'une reprise liquide sur un réservoir en clientèle (accident de Mouans Sartoux).

La représentation suivante permet, également de visualiser où interviennent certains événements initiateurs, à savoir :

- le surremplissage,
- une fuite de gaz à proximité de la sphère qui s'enflamme,
- un incendie dans le voisinage immédiat de la sphère.

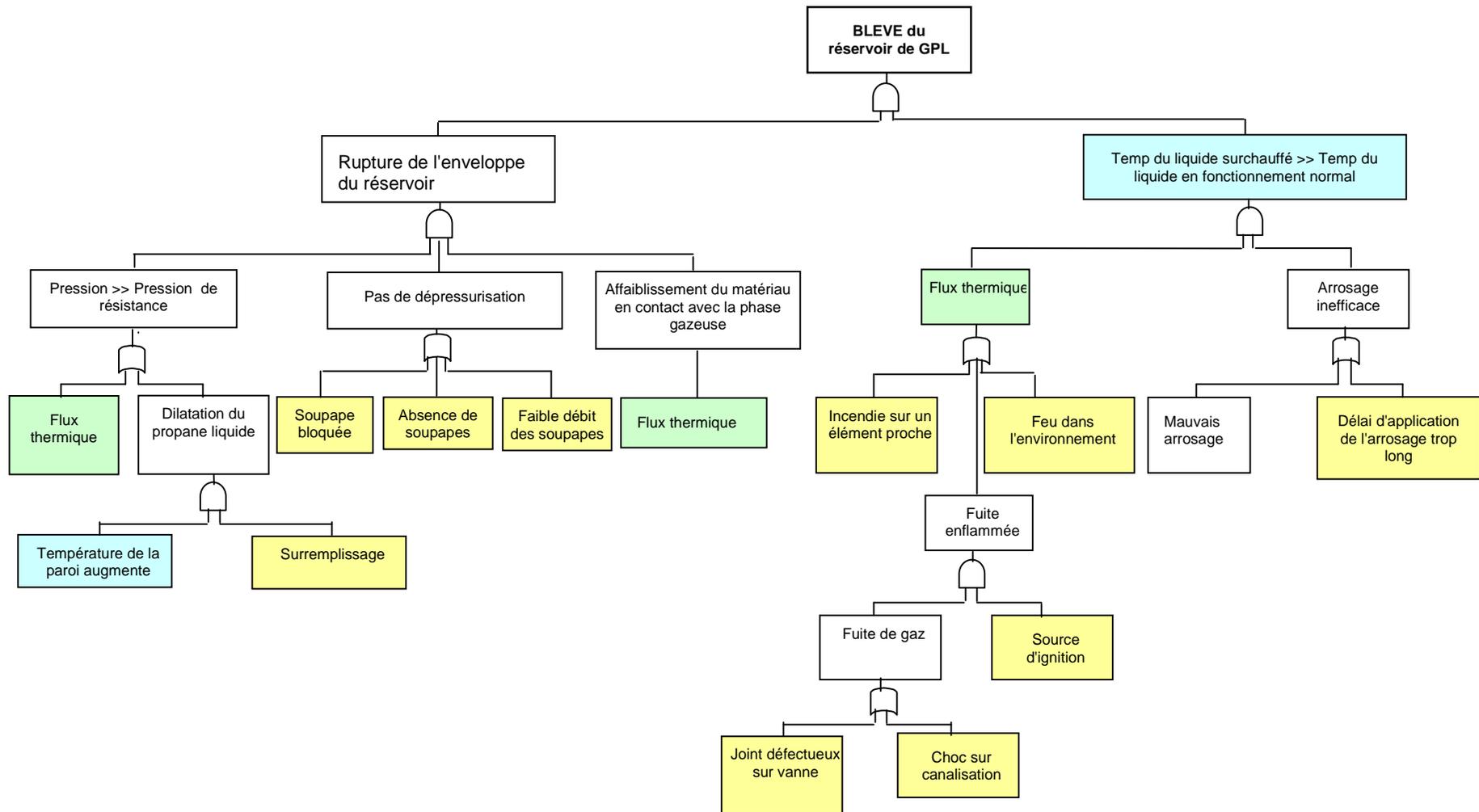


Figure g : Arbre des causes d'autres séquences accidentelles menant au BLEVE

Résumés des accidents cités dans le paragraphe 4.2 du rapport (www.aria.ecologie.gouv.fr)

Port Newark (Etats-Unis, 07/07/1951)

Dans une aire de stockage de propane, la rupture d'une tuyauterie provoque un incendie. Un défaut de fonctionnement de la vanne d'isolement interne du réservoir reliée à la canalisation du réservoir provoque son explosion 15 minutes plus tard. Les 69 autres cuves présentes sur le site explosent (BLEVE) dans les 100 minutes suivantes. L'intervention des pompiers est rendue délicate, le système de fourniture d'eau ayant été mis hors service par un projectile. 11 personnes sont blessées.

Montréal (Canada, 08/01/1957)

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.

Mc Kittrick (Etats-Unis, 28/05/1959)

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.

Rio de Janeiro (Brésil, 30/03/1972)

Vingt minutes après avoir été purgée, une sphère de GPL explose en générant un BLEVE. Un fragment de 50 t est projeté à 950 m. 37 personnes sont tuées et 53 sont blessées. Le montant des dommages s'élève à 12,3 M\$.

Cairns (Australie, 17/08/1987)

Le mardi 17 août 1987, un wagon contenant 21,95 tonnes (43,621 m³) de GPL a été déplacé vers une usine à gaz et un terminal ferroviaire à Cairns. Il est approximativement 15 h 10, lorsque l'opérateur entame les opérations de déchargement du wagon vers le stockage constitué de réservoirs aériens horizontaux. Puis, alors que l'opérateur commence à redescendre de l'échelle du wagon, le flexible de transfert phase liquide casse (ou il se produit une défaillance sur le système de couplage ou sur le joint) alimentant une fuite massive de GPL : le clapet "excès de débit" de la ligne de déchargement ne fonctionne pas. L'opérateur chute sur le sol et constate que la citerne est enveloppée par un nuage dense de GPL. L'opérateur assisté par un ajusteur d'appareil à pression courent alors vers les bureaux par donner l'alerte. Le nuage massif de vapeurs dérive pour atteindre deux installations comprenant des installations de production d'eau chaude fonctionnant au gaz en sous-sol. L'une d'elle, située à environ 45 mètres de la fuite, était en fonctionnement au moment de l'accident.

Vers 15 h 22, se produit l'inflammation du nuage sur la flamme pilote de l'installation de production d'eau chaude entraînant un UVCE. La flamme parcourt tout le nuage pour remonter jusqu'au wagon qui est totalement pris dans les flammes, créant un feu intense alimenté par la fuite en phase liquide.

Au même moment, la direction prévient les pompiers et la police et entreprend immédiatement l'évacuation de l'usine à gaz ainsi que celle du voisinage. Plusieurs tentatives infructueuses, pour utiliser le système de protection incendie, ont été menées avant l'arrivée des pompiers, l'intense radiation du feu rendant impossible la manœuvre de la vanne de la lance monitor. Les pompiers arrivent sur le site 4 minutes après l'inflammation. Au même moment, la soupape de sûreté de la citerne mobile commence à s'ouvrir et le jet de gaz libéré s'enflamme immédiatement. Les pompiers sont aux prises avec des problèmes d'alimentation en eau qui leur permettait seulement un arrosage limité pour refroidir la partie supérieure de la citerne exposée au feu.

A 15 h 31, le wagon se déchire et le réservoir éclate en plusieurs morceaux, libérant son contenu et créant ainsi une boule de feu massive (BLEVE). L'explosion du réservoir entraîne la production de fragments allant jusqu'à des distances de 300 mètres environ. Miraculeusement, personne n'a été touché par les fragments métalliques, et l'usine à gaz, le terminal GPL ainsi que les bureaux, ne sont que faiblement endommagés.

La rupture du flexible serait probablement due à l'âge (plus de 4 ans) et l'absence d'une maintenance appropriée, sous la forme de contrôles visuels mensuels et d'épreuves hydrauliques annuelles. Quant à la défaillance du clapet excès de débit, elle est probablement due à la fatigue du fait qu'ils sont exposés durant leur service à des débits de chargement/déchargement excessifs, supérieurs à ceux recommandés par le fabricant.

Sydney (Australie, 01/04/1990)

Un incendie se déclare dans un dépôt de gaz associé à un centre emplisseur de GPL comprenant notamment les stockages suivants : 5 réservoirs aériens (cylindres 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 (cylindres), 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.euro). 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 2 h. 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.

