



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.

Université M'hamed Bougara de Boumerdes.

Faculté de Sciences de l'Ingénieur.

Département Génie des procédés Industriels.

Projet de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme master

Spécialité : Hygiène et sécurité industrielle

Thème

**Analyse des risques majeurs Liée au stockage des hydrocarbures par la méthode
Nœud papillon.**

**Cas zone de stockage des GPL au niveau du centre vrac 165 NAFTAL (Sidi Arcine)
SB1**



Etudié et réaliser par :

- **CHETTABI FARID**
- **GOUIGAH IMAD**

Promoteur :

Mr ZAOUANI ZOUBIR

Nom et prénom	Grade	Signature
Mme OUSSLIMANI	Présidente de jury	
Mme KABBOUCHE	Examinatrice 1	
Mme BOUGHERARA	Examinatrice 2	

Remerciements

Je tiens à remercier ALLAH le tout puissant de m'avoir données la force, le courage et la volonté qui m'a permis de faire ce travail.

Le présent rapport a été réalisé grâce à la collaboration et au soutien d'un certain nombre de personnes à qui j'avoue ma très profonde gratitude, il s'agit particulièrement :

Monsieur M.TIBAOUI et D.HALIMI mes encadreur pour les suivit permanant qu'ils m'accordé, leurs aide et conseils pendant toute la durée de mon stage.

Mes remerciements vont aussi à monsieur H.AKSAS chef département génie des procèdes de la faculté INGM.

A mon promoteur et mon professeur Mr ZAOUANI ZOUBIR qui m'a beaucoup aidé et m'a fait aimer ce domaine je le remercie profondément aussi pour ses sacrifice durant les trois(03) ans précédentes avec le groupe MHSI.

Il me reste à remercier toutes les personnes m'ayant-directement ou indirectement, scientifiquement et/ou moralement - aidé et encouragé pendant la réalisation de ce mémoire.

Et toutes mes collègues de groupe MHSI, et mon binôme

F.CHETTABI

Je dédie ce travail

A ma Chère maman que dieu l'accueille dans son vaste paradis.....

A mon cher papa

A mes deux frères et le petit beau gosse IYAD

*A ma sœurs et sans marie, sans oubliée leurs filles ALLAA,
ASSIL et ANYA*

*A l'ensemble de mes amis d'enfance qui sont toujours
entouré de moi*

Dédicace

Je remercie le bon DIEU le tout puissant qui m'a permis d'arriver à ce but, je dédie en toute modestie ce travail.

A ma raison d'existence, ma mère et mon père ZINA et ABDELHALIM, pour tous leur sacrifice, leur amour, leur tendresse, leur soutien tout au long de mes études.

Merci infiniment et que dieu vous garde.

A ma sœur et mon frère pour leur encouragement permanent, et leur soutien moral.

A tous les membres de ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.

Je tien aussi à exprimer mes sincères remerciements à notre encadrant monsieur ZOUBIR ZAOUANI pour avoir accepté de diriger notre travail ; sa clairvoyance et ses compétences nous ont été d'une aide inestimable.

A mon binôme IMAD avec qui j'ai partagé les difficultés et les joies durant ces dernières années.

A tous mes collègues de la promotion MHSI 16.

FARID

Liste des abréviations	
Termes et définition	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Argumentation du sujet	

SOMMAIRE

Introduction.....	1
-------------------	---

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

1. historique.....	2
2. présentation de l'entreprise NAFTAL.....	2
3. Présentation de la branche GPL.....	2
4. Mission de la branche GPL.....	2
5. Présentation du centre vrac 165.....	3
6. Les installations du centre vrac 165.....	4

Chapitre II : Généralité sur les GPL et présentation de la méthode d'analyse des risques (Nœud papillon)

Partie 1 :

1. Origine du GPL.....	9
2. Définition.....	9
3. Les différents types de site de GPL	9

4. Production des GPL.....	10
4.1. La production du butane	10
4.2. Le transport de butane	10
5. caractéristiques et utilisation des GPL.....	11
6. Composition chimique du butane	11
7. les caractéristiques physico-chimiques du butane	12
8. Domaine d'utilisation	13

Partie 2 :

2.1. Notion du risque	13
2.2. Définition du risque	13
2.3. Différents risques majeurs	14
2.3.1. Risque d'explosion	14
2.3.2 Risque incendie	15
2.4. Généralité sur l'analyse des risques	17
2.5. Place de l'analyse des risques dans le système de management des risques	17
2.6. Les méthodes classiques d'analyse des risques	17
2.7. Analyse des risques par la méthode nœud papillon.....	17
2.8. La démarche de la méthode nœud papillon	18
2.9 Liste des événements redoutés centraux.....	20
2.10. Analyse par arbre	21
2.11. Positionnement des Barrières de sécurité	22
2.12. Des phénomènes dangereux	25

Partie 3 :

1. Les phénomènes des risques majeurs

3.1. UVCE	25
3.2. Feux de nappe	26
3.3. Le BLEVE	27

Partie 4 : sources d'ignitions

4.1. Identification des sources d'ignitions et d'inflammation	29
---	----

Chapitre III : Application de la méthode Nœud papillon sur la sphère SB1

Partie 1 : Description de la sphère de stockage de Butane SB1

1.1. Caractéristiques et conception de la Sphère SB1	30
a. Fiche technique de la sphère SB1	30
b. Equipements de la sphère	30

Partie 2 : application de la méthode sur la sphère SB1

1. Les scénarios d'accidents et la mise en place des barrières de Sécurité	32
2. Les barrières de Sécurité existante	44
3. Les barrières de sécurité à proposer et à renforcer	47
Conclusion	49
Recommandations.....	50
Réglementation	51
Bibliographie	52

Liste des figures

Figure	Titre	Page
Figure 01	vue aérienne du centre vrac 165	3
Figure 02	terminal pipes	4
Figure 03	sphère de stockage butane	4
Figure 04	vanne de sélection au niveau de réception	5
Figure 05	pomperies interne	5
Figure 06	bras et ilots de chargement	6
Figure 07	station d'odorisation	6
Figure 8	Salle de contrôle	7
Figure 9	processus de réception de produit (butane)	8
Figure 10	Raffinerie de pétrole	10
Figure 11	Molécule du butane	12
Figure 12	Le risque	14
Figure 13	hexagone de l'explosion	15
Figure 14	triangle de feu	16
Figure 15	Schéma représentant une séquence accidentelle	19
Figure 16	Arbre nœud papillon	21
Figure 17	Phénomène de l'UVCE	26
Figure 18	phénomène du BLEVE	27

Figure 19	Différentes étapes de l'explosion.	29
Figure 20	Schéma représentant la sphère SB1	31
Figure 21	Scénario1 une fuite de butane engendré par une rupture de joint ainsi que l'erreur humaine	33
Figure 22	Scénario 1 avec les barrières de prévention	34
Figure 23	Scénarios 2 fuite de butane engendré par une rupture de la tuyauterie	35
Figure 24	Scénarios 2 Avec barrières de prévention	36
Figure 25	Scénarios 03 une fuite de butane engendré par la malveillance humaine	37
Figure 26	Scénarios 3 avec barrières de préventions	38
Figure 27	Arbre des causes globales	39
Figure 28	Arbre des causes globales avec barrières de prévention	40
Figure 29	Arbre des événements	41
Figure 30	Arbre des événements avec barrières de protection	42
Figure 31	Schéma du nœud papillon globales	43

Liste des tableaux

Tableaux	Titre	Page
Tableau1	tous les événements redoutés centraux possible à apparaître	20
Tableau2	Les événements figurant sur le model nœud papillon	24
Tableau3	Phénomènes dangereux	25
Tableau4	Les données utiles pour construire le nœud papillon	32
Tableau5	Barrières à renforcer	47
Tableau 6	Barrières à proposer	48

Liste des abréviations

ISO: international organization for standardization

NF : Normes françaises

APR: analyse préliminaire des risques

AMDEC : Analyse des modes de défaillances de leurs effets et de leur criticité

HAZOP : HAZard and OPerability

SMR : Système de mangement des risques

GPL : Gaz pétrole liquéfié

ERC : événement redouté central

ERS : événement redouté secondaire

EI : événement initiateur

Ph D: Phénomène dangereux

UVCE : Unconfined Vapour Cloud Explosion (explosion de vapeur
En milieu confiné)

BLEVE: boiling liquid expanding vapor explosion

Flash Fire : Un flash de feu soudain

Add : Arbre des causes

ADE : Arbre des événements

PII : Plan d'intervention interne

Termes et définitions

1-Danger : Source, situation, ou acte ayant un potentiel de nuisance en termes de préjudice Personnel ou d'atteinte à la santé.

2-Risque : Combinaison de la probabilité de la survenue d'un ou plusieurs événements Dangereux ou expositions à un ou à de tels événements et de la gravité du préjudice personnel Ou de l'atteinte à la santé, que cet événement ou cette/ces exposition(s) peuvent causer.

3- Accident : Événement fortuit qui a des effets plus ou moins dommageables pour les Personnes ou pour les choses

4-Risque Majeur : Est la possibilité d'un événement d'origine naturelle ou anthropique, dont Les effets peuvent mettre en jeu un grand nombre de personnes, occasionner des dommages Importants et dépasser les capacités de réaction de la société.

5-Phénomènes Dangereux : Cause capable de provoquer une lésion physique ou une atteinte à la santé. L'expression phénomène dangereux est parfois remplacée par le mot danger. Un phénomène dangereux (ou un danger) est toujours à l'origine d'un risque.

6-Effet domino: Action d'un phénomène dangereux affectant une ou plusieurs installations D'un établissement qui pourrait déclencher un autre phénomène sur une installation ou un Établissement voisin, conduisant à une aggravation générale des effets du premier phénomène.

7-Evènement redouté centrale : Événement conventionnellement défini, dans le cadre d'une Analyse de risque, au centre de l'enchaînement accidentel. Généralement, il s'agit d'une perte de confinement pour les fluides et d'une perte d'intégrité Physique pour les solides.

- **Événement Initiateur** : Événement, courant ou anormal, interne ou externe au système, Situé en amont de l'événement redouté central dans l'enchaînement causal et qui constitue une Cause directe dans les cas simples ou une combinaison d'événements à l'origine de cette cause directe

9- Scénarios d'accidents : Enchaînement d'événements conduisant d'un événement Initiateur à un accident (majeur), dont la séquence et les liens logiques découlent de l'analyse De risque.

Argumentation du sujet

De tout les temps, les êtres humains ont été en permanence confrontés à des accidents corporels ou non, légers ou graves, à des événements et phénomènes de grande ampleur qui les ont profondément marqués.

Parmi ces accidents, ceux qui ont été les plus importants par le nombre de victimes et les dégâts causés sont appelés majeurs et sont souvent restés dans la mémoire de l'humanité, citons (1966 : explosion à la raffinerie de pétrole de Feyzin (France) ; 18 morts , 1984 : explosion d'un réservoir de gaz liquéfié au Mexique ; 6 500 morts, AZF de Toulouse 2001 ; l'explosion de Skikda,) on les appelle également catastrophes, par suite de la gravité de leurs conséquences sur les hommes et l'environnement.

Comme à chaque fois, il suffit d'une catastrophe ou d'un accident pour changer et mettre en place de nouveaux modes de gestion et de nouvelles lois.

Mais, faut-il toujours attendre qu'un accident survienne pour faire évoluer les choses ? Dans ce contexte l'anticipation des accidents s'impose et plus particulièrement pour le cas des accidents majeurs.

A cet effet, nous proposons l'utilisation de la méthode nœud papillon comme outil de prévention des risques et d'anticipation aux accidents.

Le choix de la méthode se justifie par le fait qu'elle s'intéresse à la fois, à l'identification des causes et des conséquences, ainsi qu'à la proposition et à l'allocation des moyens de prévention et de protection à déployer afin de mieux réagir en cas de survenance d'un accident.

Afin d'illustrer nos propos, nous avons choisi le Centre vrac 165 sidi Arcine qui est un Secteur d'activité dans le stockage et la distribution des hydrocarbures comme exemple d'application.

Mots clés : risques, prévention, protection, dangers, nœud papillon, Barrières.

Introduction

INTRODUCTION

Le risque industriel est un problème d'origine anthropique dont la maîtrise totale et définitive reste à rechercher. En effet, les effets des risques résultants de la modernisation et du progrès industriel ne se limitent pas à leurs seuls sites d'implantation mais touchent et menacent les lieux environnants.

La politique de prévention des risques majeurs adoptée suite aux différentes catastrophes survenues, n'a pas eu de résultats satisfaisant puisque l'urbanisation continue son étalement vers les installations industrielles. La proximité de l'habitat avec l'industrie génère des dangers qui sont dans la majorité des cas ignorés par la plupart des habitants.

L'implantation de Naftal dans un tissu à urbanisation rapide et anarchique, est un exemple concret du risque industriel majeur.

Du fait du caractère très inflammable des GPL, leur stockage génère des risques qui, dans le cas de ce type d'industrie (selon la nature et la quantité des produits stockés) peuvent avoir des conséquences très néfastes en cas d'incendie et surtout d'explosion. Ces accidents ont tous une cinétique rapide, c'est à dire qu'ils surviennent et se développent instantanément et ciblent l'Homme, l'Installation et l'Environnement : on parle alors de Risques Majeurs.

Pour cette raison et afin d'obtenir une meilleure gestion des risques, et maîtrise complète des accidents majeurs, l'Etat impose à l'exploitant dès la mise en place d'un système de maîtrise et de gestion des risques et d'une organisation proportionnée aux risques inhérents aux installations. Cette obligation repose sur deux principes fondamentaux : La surveillance des installations dangereuses tant par l'exploitant que par l'autorité publique locale. En ce qui concerne le principe de prévention ainsi que la mise en œuvre des mesures d'urgences en cas d'accidents.

Dans ce cadre, nous avons procédé à une analyse de la sphère (Sb1). Ceci afin d'évaluer qualitativement les différentes causes possibles des événements indésirables.

Nous avons élaboré des scénarios d'accidents en jouant sur la fiabilité des barrières de sécurité existante, et enfin la sécurité de cette sphère vis-à-vis de ces scénarios d'accidents.

Chapitre I

Présentation de l'entreprise

I : Présentation de l'entreprise NAFTAL et du centre vrac 165

1-historique :

NAFTAL est une société algérienne filiale de SONATRACH. Elle est chargée de la commercialisation et de la distribution des produits pétroliers sur le marché algérien.

Elle est issue de l'entreprise nationale de raffinage et de distribution des produits pétroliers.

Dénommés E.R.D.P, crée le 06 avril 1980 par le décret N° 80/100 par transfert du monopole et de biens et personnelles détenue ou gérés par SONATRACH.

EN 1987 L'ERDP a été subdivisé en deux entreprises :

-NAFTEC qui a été chargé du raffinage

-NAFTAL chargée de la commercialisation et de la distribution des produits pétroliers et dérivés.

2- présentation de l'entreprise NAFTAL :

NAFTAL est une société nationale de la commercialisation et distribution des produits pétroliers elle est composée de l'unité siège et de trois branches d'activités qui sont :

- ✚ Le siège de la société comprenant la direction Générale a Chéraga
- ✚ La branche GPL (gaz pétrole liquéfié)comprenant le siège de la branche a Mohamadia (Alger) , 20 districts , des centres vrac , des centres enfuter , des minis centres et des dépôts relais répartis sur le territoire national .
- ✚ La branche Carburants (carburant terre et aviation, Marine) comprenant le siège de la branche a dar el Beida, 10 districts carburants, des centres carburants, des centres aviation et marines sur tout le territoire national.
- ✚ La branche commercialisation comprenant le siège de la branche a Chéraga, 12districts un réseau de 694 stations de services G.D (gestion direct), des centres pneumatiques et lubrifiants et des centres bitume répartis sur tous le territoire national.

3. Présentation de la branche GPL

Crée le 15 octobre 1998, la division GPL actuellement branche GPL a été chargé des activités liées au transport, stockage, distribution, promotion et développement des GPL de l'entreprise NAFTAL sur tout le territoire national.

4. Mission de la branche :

La mission principale de la branche GPL est l'approvisionnement, le conditionnement et la distribution des GPL , plus les accessoires et emballage liés a leur utilisation .

Cette mission est prise en charge a travers les attributions principales suivantes :

- Le développement et la valorisation des GPL sous tous ses formes particulières Vrac/conditionné.

- La distribution des GPL aux utilisateurs avec les meilleures conditions de sécurité, cout, délais, et qualité en adéquation avec le cadre concurrentiel.
- La modernisation des infrastructures pour améliorer la productivité, la sécurité et la gestion
- Le développement des ressources humaines de la division GPL.
- La conception de la rentabilité comme facteur e motivation entre les différentes zones de la branche GPL afin de stimuler dans la recherche d'une plus grande efficacité.

5. Présentation du centre vrac 165

Le centre vrac s'étale sur une surface de quatre hectares dont 2.5 batie est un centre automatisé, de stockage, de distribution et de commercialisation a vocation régional alimente les wilayas du centre du pays : Alger, Boumerdes, Tizi-Ouzou, Bouira, Tipaza, Blida et Djelfa en produits Butane, propane, Butane cosmétique et en G.P.L/C.

Capacité de stockage est de 7500 tonnes.



Figure 01 : vue aérienne du centre vrac 165

6. Les installations du centre :

✓ Terminal pipes :

Il comprend l'arrivée de pipes bi-produites (butane et propane) provenant du port pétrolier d'Alger et de la raffinerie d'Alger.



Figure 02: terminal pipes

✓ Sphères de stockage :

- 05 sphères butane
- 02 sphères propane



Figure03 : sphère de stockage butane

✓ **Réception produit :**

Installation où s'opère la sélection des vannes motorisées et des gardes (manuelles) par rapport à la nature de produit (butane ou propane)



Figure04 : vanne de sélection au niveau de réception

✓ **Pomperies de transfert :**

Il existe trois (03) pomperies dans le centre vrac 165 :

- Pomperies interne
- Pomperies transfert vers CE163
- Pomperies transfert Blida
-



Figure 05 : pomperies interne

✓ **Ilots de chargement :**

Servent au chargement et au déchargement des camions citerne, on trouve :

Deux (02) ilots butane se deux (2) autres mixtes



Figure06 : bras et ilots de chargement

- ✓ **Pont bascule**
- ✓ **Parking**
- ✓ **Station d'Odorisation :**

Il y'a une conduite raccordée au pipes de réception afin d'injecter du mercaptan dans les produits butane et propane c'est ce produit qui rend le gaz reconnaissant à son odeur.



Figure 07 : station d'odorisation

✓ **Bâtiment administratif :**

Qui s'étale sur une surface de 311 m² et abrite l'administration du centre.

✓ **Salle de contrôle :**

La salle de contrôle permet la commande de toutes les vannes automatiques se trouve sur les différentes installations (sphères, pomperies, réseaux anti incendie et ilots de chargement), elle renferme des armoires électriques des tableaux synoptique et schématiques du centre et de la pomperies transfert.

Les instruments de mesures et de protection (thermostat, pressostat) sont également reliés, aussi elle renferme d'alarme, niveau du liquide, la pression et la densité.



Figure08 : Tableaux de salle de control

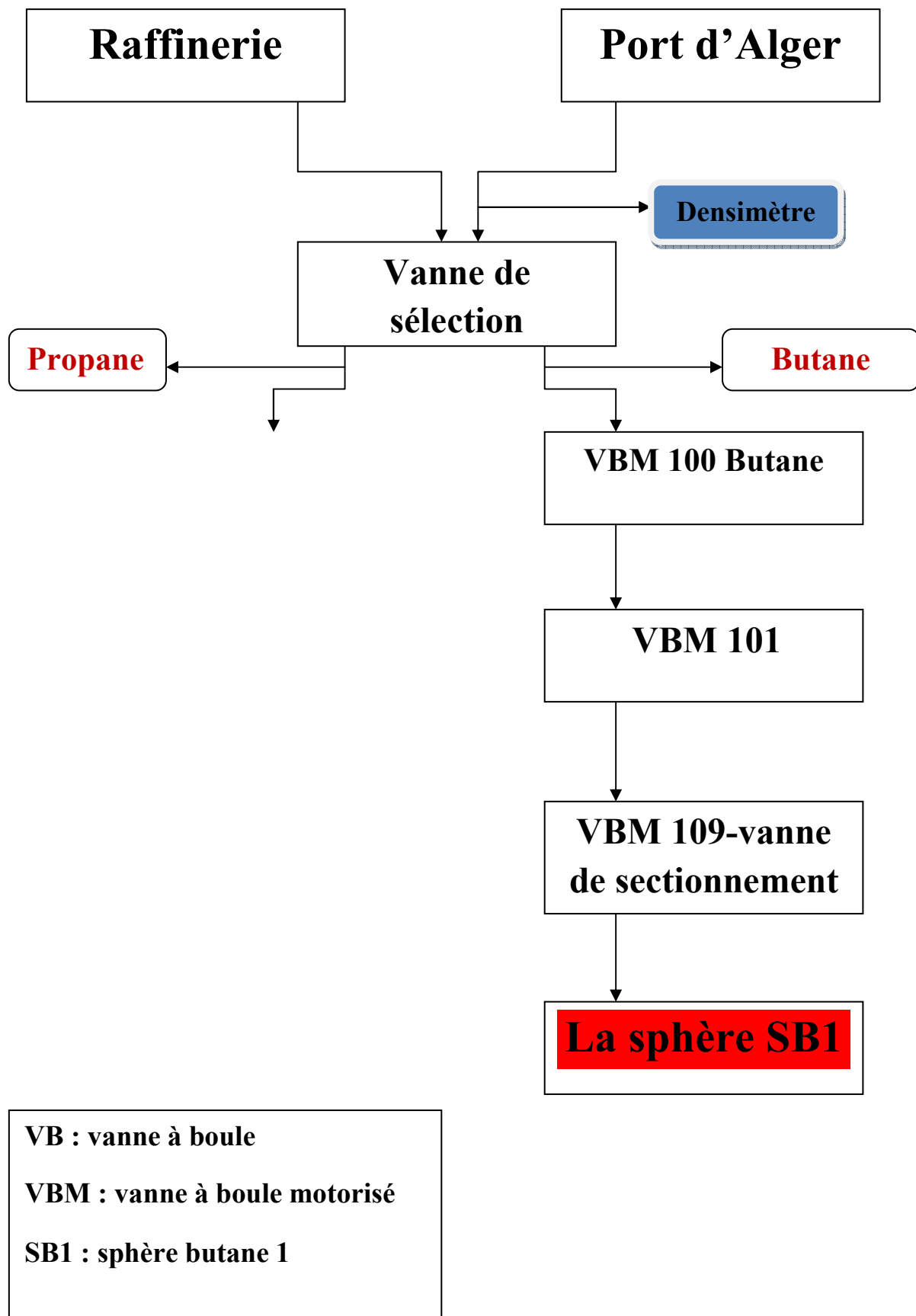


Figure 09 : processus de réception de produit (butane)

Chapitre II

**Généralité sur les GPL
et présentation de la méthode
d'analyse des risques (Nœud papillon)**

Partie 1:

1. Généralité sur les GPL :

1. Origine du GPL

Le butane et le propane, définis sous le terme général de Gaz de Pétrole Liquéfiés, sont extraits à partir de diverses sources qui peuvent être :

- du pétrole brut après raffinage comme sous produit,
- de la récupération à partir des champs gaziers,
- de la récupération à partir de la liquéfaction des gaz associés (champs pétroliers)
- comme sous produit à partir des unités de liquéfaction du gaz naturel GNL.

NB : le raffinage de 100 tonnes de pétrole brut fournit environ 4 tonnes des GPL

2. Définition

L'appellation « Gaz de Pétrole Liquéfiés » ou « GPL » peut qualifier deux gaz à l'état liquide : le propane (C_3H_8) et le butane (C_4H_{10}). Ce sont tous les deux des hydrocarbures « saturés » qui sont composés de liaisons simples d'atomes de carbone et d'hydrogène. Ils présentent l'intérêt de se liquéfier sous une pression moins forte que les autres gaz (notamment le méthane) : entre 1,5 et 7 bar, soit une pression équivalente à celle de l'eau du robinet ou à celle de l'air dans un pneu.

Plus de 60% des volumes de propane et de butane produits dans le monde proviennent de champs de gaz, le reste étant issu du raffinage du pétrole brut. L'usage des GPL est aujourd'hui largement répandu en raison de leur facilité de stockage et de transport. Leur distribution a débuté dans des bouteilles dès les années 1930 et s'est étendue avec le développement du stockage en citernes (ou « vrac ») dans les années 1960.

Les GPL sont aujourd'hui largement exploités par les industriels mais aussi par les particuliers dans leurs activités itinérantes. Mélangés, les GPL peuvent également être utilisés comme carburant pour véhicules (GPL-c).

Notons que les GPL ne doivent pas être confondus avec le GNL (Gaz Naturel Liquéfié) dont la température de liquéfaction est beaucoup plus basse.

3. Les différents types de sites de GPL

On définit trois types d'installations industrielles stockant du GPL :

- les installations non classées comprenant jusqu'à 6 tonnes des GPL,
- les installations soumises à déclaration comprenant entre 6 et 50 tonnes des GPL,
- les installations soumises à autorisation lorsqu'elles comprennent plus de 50 tonnes des GPL.

4. Production des GPL

4.1 La production de butane :

Il y a plusieurs moyens d'obtenir du butane.

✓ Le butane issu des champs gaziers :

La production mondiale de butane provient à 60% des opérations de traitement du gaz naturel. Le butane ne représente pourtant qu'une faible partie du gaz piégé dans les gisements, puisque les réserves naturelles sont composées à 90% de méthane (CH_4), à 5% de propane et à 5% d'autres gaz dont le butane. L'exploitation et l'extraction du gaz naturel emploient des méthodes très proches de celles du pétrole. La majeure partie des champs de gaz naturel, et donc de butane, a d'ailleurs été découverte à la suite de prospections sur l'or

✓ Le butane issu du raffinage des hydrocarbures :

Pour répondre à la demande des consommateurs en hydrocarbures spécifiques, il est nécessaire de raffiner le pétrole brut. Ainsi 40% de l'offre mondiale de GPL est issue des raffineries. Le raffinage se décompose en 3 étapes :



Figure 10 : raffinerie de pétrole

I- la distillation : séparation des molécules lourdes et légères, à la suite d'une évaporation du pétrole

II-la phase d'amélioration : les normes de l'UE imposent en effet de se débarrasser des molécules extrêmement polluantes issues de la séparation des molécules lourdes et légères, comme le soufre ;

III -l'augmentation de l'indice d'octane afin d'améliorer la résistance à l'auto-inflammation.

4.2. Le transport de butane

Lors de la liquéfaction du gaz naturel, le gaz naturel est fractionné pour séparer le butane des autres gaz comme le propane ou l'éthane. Plus précisément, le gaz naturel extrait d'un

gisement est acheminé par gazoducs jusqu'à une usine de traitement où il est déshydraté abaissement température au maximum, tout en empêchant la formation de l'eau par saturation. Les hydrocarbures C2 à C4, dont fait partie le butane (C_4H_{10}), sont alors extraits sous le nom de Gaz de Pétrole Liquéfié. Le système d'embouteillage permet alors de stocker ce butane sous forme liquide.

5. Caractéristique et utilisation des GPL

Deux caractéristiques qui différencient le butane et le propane, à la température ambiante, sont :

- ✓ La température d'ébullition,
- ✓ La tension de vapeur ou pression du gaz.

Les GPL ont la propriété d'être gazeux à la température ordinaire et à la pression atmosphérique, Plus la température est élevée à l'intérieur de la sphère, plus la pression des GPL augmente, ainsi un ciel gazeux doit être laissé pour permettre cette augmentation de volume sans risque de rupture de réservoirs. Ils sont très fluides à l'état liquide comme à l'état gazeux, beaucoup plus fluides que l'eau et l'air.

Les GPL n'ont aucune action corrosive sur les métaux des réservoirs qui les contiennent mais ils dissolvent certaines substances telles que les graisses, huiles et provoque un fort gonflement du caoutchouc naturel d'où les flexibles et joints sont en caoutchouc synthétiques de qualité appropriée.

L'expansion : à l'état liquide, ils ont un coefficient de dilatation important dont il faut tenir compte lors de leur stockage. Ils sont non toxiques et inodores à l'état naturel : d'après les spécifications officielles, ils doivent présenter une odeur caractéristique, c'est la raison pour laquelle les GPL sont odorisés d'une façon volontairement désagréable à base des mercaptans. Toute odeur révèle la présence d'une fuite.

En cas de fuite éventuelle de liquide en atmosphère calme, le gaz qui se forme se diffuse lentement et a tendance à séjourner au niveau du sol ou dans les points bas (1 Litre des GPL liquide se transforme en 250 Litres environ des GPL gazeux).

6. Composition chimique (butane) :

La formule du butane est le C_4H_{10} et fait partie de la famille des alcanes. Composés de carbone et d'hydrogène, le butane fait donc partie de la catégorie des hydrocarbures. Il se distingue du propane (C_3H_8) par une composition moléculaire légèrement différente. Toutefois, comme le propane, le butane a pour caractéristique d'être gazeux à pression atmosphérique et à température ambiante, mais de se liquéfier à une pression **relativement** faible. Le butane peut prendre la forme de deux isomères: le n-butane (ou butane) et le 2-méthylpropane (ou isobutane).

Le butane brûle en présence d'oxygène pour former de la vapeur d'eau et du dioxyde de carbone. Lorsque la combustion est incomplète en raison d'une présence insuffisante d'oxygène, la combustion du butane crée également du carbone ou du monoxyde de carbone. Le butane est naturellement gazeux à pression atmosphérique (1 bar) et à température ambiante. Il peut toutefois facilement être liquéfié ; il est alors qualifié de GPL. Cet état liquide permet de le manipuler, de le transporter et de le stocker dans de faibles volumes. En effet, 1 litre de butane liquide libère 239 litres de gaz (à 15 °C sous 1 bar de pression).



Figure 11 : molécule de butane

7. Les caractéristiques physico chimique du (butane) :

✓ Etat physique :

- A la pression atmosphérique : liquide a température ≤ 0 °C et, gaz a température 0 °C

✓ Couleur

- Phase liquide : limpide et incolore
- Phase gazeuse : Incolore

✓ Odeur :

- Il est inodore à l'état naturel, le produit est traité pour émettre une odeur caractéristique

✓ Masse volumique :

- (À 15°C et à pression atmosphérique normale)

A l'état gazeux il est plus lourd que l'air, 1 M³ de Butane pèse 2.44 Kg

- **Le point d'éclair** : $< -50\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ✓ **Température d'auto Inflammation** : $> 400\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ✓ **PH** : Non applicable
- ✓ **Solubilité** : peu soluble dans l'eau
- ✓ **Pression de vapeur** : (A $15\text{ }^{\circ}\text{C}$) de 1.7 bar environ

8. Domaine d'utilisation du butane :

- Les domaines d'utilisation du butane et de propane sont très nombreux et diversifiés :
- utilisation domestique (cuisine chauffage)
- utilisation pétrochimique (production d'oléfines)
- utilisation industrielle :
- climatisation et refroidissement à l'échelle industrielle
- production de carburants
- centrale électrique : combustible pour la génération électrique

Partie II :

2.1-Notion du risque :

Les installations pétrolières présentent de part leurs activités de nombreux dangers comme le caractère explosif et inflammable de ses produits et la complexité de ses systèmes, il est donc nécessaire d'évaluer les risques afin de pouvoir se prononcer sur leurs acceptabilités. Les notions de danger et de risque sont très souvent confondues, le risque étant toujours lié à l'existence d'un danger, ou d'une situation dangereuse.

2.2 Définition du risque: combinaison de la probabilité de la survenue d'un ou plusieurs événements dangereux ou expositions à un ou à de tels événements et de la gravité du préjudice personnel ou de l'atteinte à la santé que cette/ces expositions peuvent causer.

Une source de risque est généralement caractérisée par:

- **La présence d'un ou plusieurs dangers potentiels**, ou une situation réunissant tous les facteurs pouvant entraîner un accident potentiel ou engendrer un événement indésirable et compromettre la sécurité des personnes, la sûreté des installations, l'environnement :
 - produits dangereux : inflammables, explosifs, toxiques, polluants,

- réactions chimiques dangereuses : incompatibilité, corrosion, emballement, dégagement de produits toxiques, ...
- conditions opératoires : pression, température, électricité, rayonnement,
- **Un événement initiateur exposant à ce danger :**
 - modification des conditions opératoires,
 - défaillances techniques, organisationnelles ou humaines,
 - événements extérieurs inattendus.

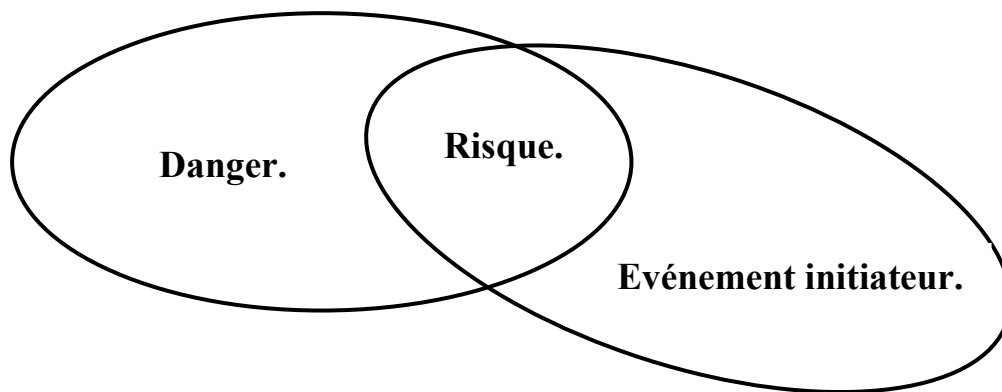


Figure 12: Le risque

2.3. Différents risques majeurs

2.3.1 Risque d'explosion :

D'après La définition, issue de la norme française ([NF EN 1127-1](#)) : une explosion est une « réaction brusque d'oxydation ou de décomposition entraînant une élévation de la température, de pression ou les deux simultanément ».

Les explosions peuvent être de plusieurs natures, notamment :

- ✓ Physique (par exemple, éclatement d'un récipient dont la pression intérieure est devenu trop importante),
- ✓ Chimique (résultant d'une réaction chimique)

Les conditions, ci-dessous, doivent être réunies simultanément pour qu'une explosion soit possible :

- ✓ La présence d'un comburant (l'oxygène de l'air),
 1. La présence d'un combustible,
 2. La présence d'une source d'ignition,
- ✓ Etat particulier du combustible, qui doit être sous forme gazeuse, d'aérosol ou de poussières en suspension
 - ✓ L'obtention d'un domaine d'explosivité (c'est-à-dire le domaine de concentration du combustible dans l'air à l'intérieur duquel les explosions sont possibles),
 - ✓ Un confinement suffisant.
- ✓ Domaines d'explosivité (source INRS)



Figure 13 : hexagone de l'explosion

2.3.2. Risque d'incendie

Un incendie est une combustion qui se développe de manière incontrôlée, en dégageant de fortes quantités de chaleur, des fumées et des gaz polluants et même toxiques.

Une combustion est une réaction chimique d'oxydation nécessitant la présence d'un combustible, d'un comburant (généralement l'oxygène de l'air) et d'une source d'énergie pour débiter la réaction

L'équation générale est :

Source
d'ignition

Combustible + comburant> gaz + fumée (résidus) + lumière + chaleur

3 conditions doivent être réunies : la présence d'un combustible, celle d'un comburant (en général, l'oxygène de l'air) et celle d'une source d'inflammation (étincelle, flamme, chaleur...).

Ce phénomène peut être schématisé par le « triangle du feu ». L'énergie de la source d'inflammation va permettre au combustible de dégager des gaz/vapeurs et de les enflammer. Il faut en effet souligner que ce sont toujours les gaz/vapeurs émis par un combustible liquide ou solide qui s'enflamment et non le produit lui-même. Par la suite, la combustion utilise 10 % de l'énergie dégagée pour s'auto-entretenir. Sans action extérieure, l'incendie s'éteindra lorsqu'il n'y aura plus de combustible.

Le développement d'un incendie est extrêmement rapide en présence de combustible car 90 % de l'énergie dégagée par la réaction de combustion va être utilisée à la propagation du phénomène, ceci par 4 **modes de transfert** :

- **la conduction** : transfert de chaleur au sein d'un même matériau,
- **la convection** : transfert de chaleur par mouvement ascendant d'air réchauffé (fumées, gaz chauds),
- **le rayonnement** : transfert de chaleur aux matériaux voisins du foyer par rayonnement électromagnétique (infrarouges),
- **le déplacement de substances déjà en combustion** : projections d'escarbilles incandescentes ou d'étincelles, écoulement d'un liquide enflammé...

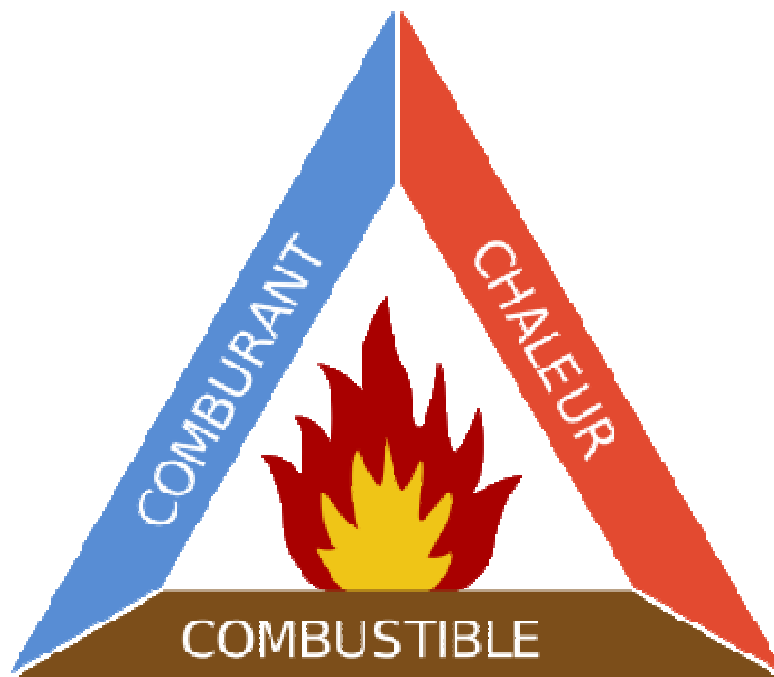


Figure 14: triangle de feu

2.4-Généralités sure l'analyse des risque :

L'analyse du risque est définie comme l'utilisation des informations disponibles pour identifier les phénomènes dangereux et estimer le risque

C'est Une démarche ayant pour but d'identifier les dangers potentiels, d'en apprécier les risques (vraisemblance, gravité) et de les gérer en cherchant des moyens pour les maîtriser.

L'analyse des risques vise à identifier les sources de dangers, permet de mettre en lumière les barrières de sécurité, permet d'estimer les risques, et de la comparer ce niveau de risque à un niveau juré acceptable.

2.5-Place de l'analyse des risques dans le système de management des risques :

L'analyse des risques joue un rôle essentiel tout au long de la vie du SMR, aussi bien lors de sa définition (le Plan du modèle PDCA), que lors de sa maintenance et de son amélioration (le Check du PDCA). En effet, la future norme ISO 31000, stipule qu'une analyse de risque doit être intégrée dans le processus d'établissement du SMR. Les objectifs du SMR sont alors fixés en vue de ramener les risques à un niveau acceptable pour l'entreprise.

L'analyse des risques intervient de nouveau en phase de supervision et de révision du SMR (La phase Check). Cette étape est nécessaire pour garantir la pérennité du SMR et son adéquation face aux évolutions de l'entreprise, aux changements d'ordre réglementaires, légaux et techniques, et à des nouvelles menaces identifiées.

2.6-Les méthodes classiques d'analyse du risque :

Les principales méthodes d'analyse des risques d'accidents sont :

- l'Analyse Préliminaire des Risques (APR).
- l'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leurs Criticité (AMDEC).
- l'Analyse des risques sur schémas type HAZOP.
- l'Analyse par arbre des défaillances.
- l'Analyse par arbre d'évènement.

2.7-Analyse des risques par la méthode nœud papillon :

Le risque est une notion complexe, souvent explicitée sous la forme du couple probabilité/gravité.

Dans de nombreux secteurs d'activité, tels que l'industrie pétrolière, il est nécessaire d'évaluer les risques afin de pouvoir se prononcer sur leurs acceptabilités. Les notions de danger et de risque sont très souvent confondues, le risque étant toujours lié à l'existence d'un danger, ou

d'une situation dangereuse. Pour les différencier, il est possible de considérer que le danger est « réel » et le risque « potentiel ».

Les installations pétrolières présentent, de par leurs activités, de nombreux dangers, l'utilisation ou la synthèse de produits inflammables ou toxiques. Une de ses conséquences dangereuses est la perte de confinement qui peut, dans certains cas, aboutir à un accident se manifestant, respectivement, par l'incendie et/ou l'explosion, dans le cas d'un produit inflammable, et par la dispersion atmosphérique..

L'objectif est de présenter une méthodologie d'analyse de risque, dite méthode du « **nœud papillon** », qui résulte de la combinaison d'un arbre de défaillances et d'un arbre d'événements, centré sur un même événement redouté.

2.8. La démarche de la méthode nœud papillon

Construction des séquences accidentelles :

A partir de l'identification et du positionnement des potentiels des dangers, un découpage fonctionnel et géographique des installations est effectué. Toutes les zones d'activité où des produits dangereux sont potentiellement présents sont indiquées. L'identification de l'ensemble des séquences accidentelles pouvant survenir au sein de la zone de stockage des GPL doit être réalisée.

Cette identification se déroule de la façon suivante

- Définition des événements redoutés centraux (ERC) en tenant compte, entre autre :

- De l'accidentologie,
- Des agressions d'origine externe, des agressions d'origine interne.

- Définition, pour chaque événement redouté central (ERC), de ses causes et de ses conséquences par l'identification et description qualitative de toutes les mesures de prévention, de limitation et de protection qui sont mises en place.

Les éléments principaux présentés dans cette analyse générique sont les suivants :

- L'événement redouté central (ERC), cet événement étant pour l'essentiel, de perte de confinement (fuite de butane).
- Un arbre des causes, un arbre d'événements.
- Un inventaire des phénomènes dangereux susceptibles d'être identifiés lors de l'analyse de risques.

Une séquence accidentelle peut être schématisée de façon élémentaire comme suit :

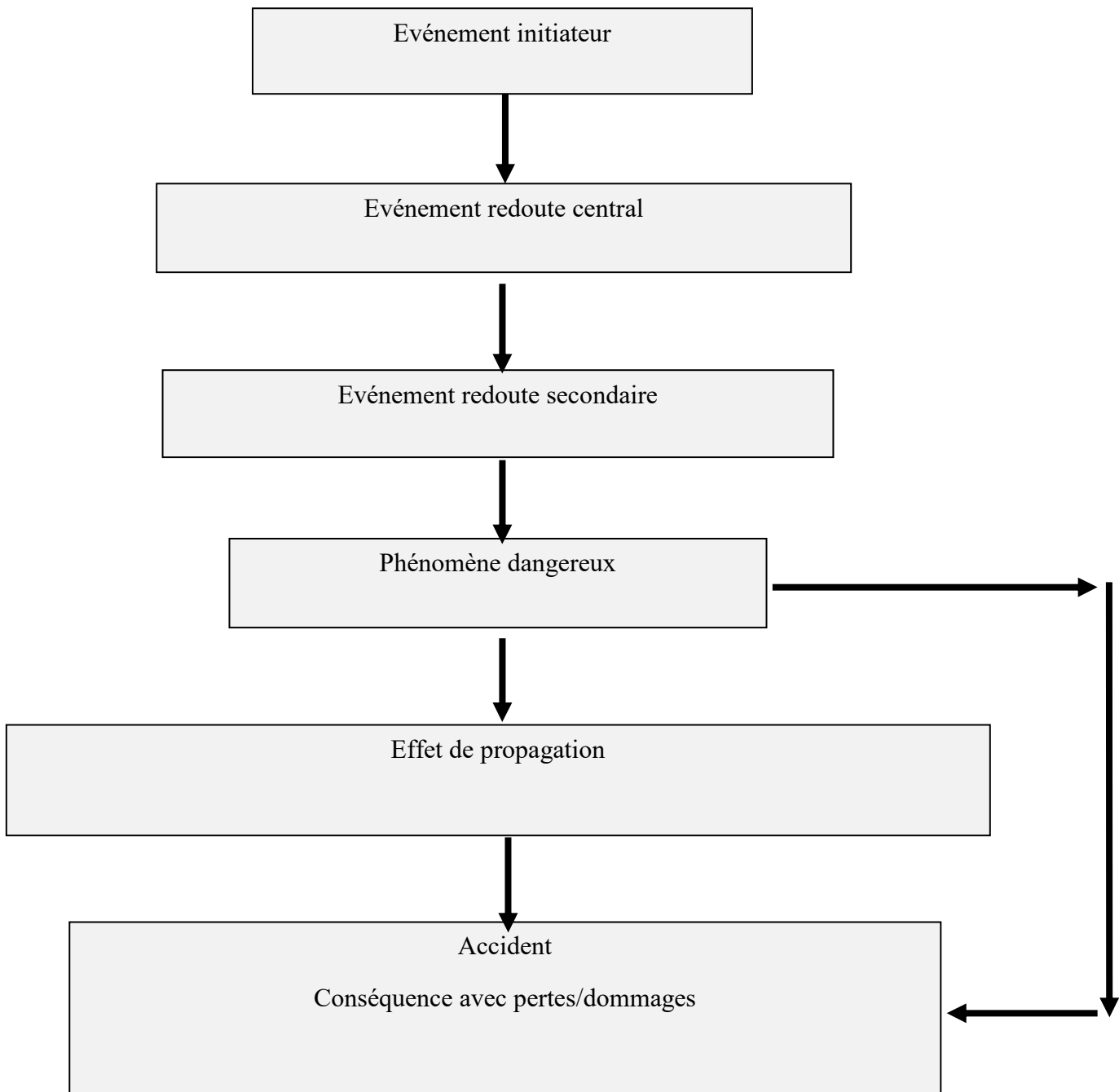


Figure 15: Schéma représentant une séquence accidentelle

-Le « nœud papillon » est une approche probabiliste d'évaluation du risque. Elle résulte de la combinaison d'un arbre de défaillances et d'un arbre d'événements, centré sur un même événement redouté.

2.9. Liste des événements redoutés centraux :

L'analyse accidentologique met en évidence les événements redoutés centraux, consécutifs ci-après aux événements initiateurs :

- les fuites sur les canalisations (tuyauteries, brides, vannes, etc.),
- les fuites sur pompe,
- les pertes de confinement des sphères,
- les ruptures des sphères,

Ces événements redoutés centraux (ERC), peuvent se résumer en deux grandes catégories : fuite/débordement ou rupture.

Tableau 1 : tous les événements redoutés centraux possible à apparaître

Fonction/emplacements géographique	Principaux équipements	Evénement redoute central
Poste de livraison (aval vanne d'interface dépôt-transporteur, y compris livraison inter-établissement)	Tuyauterie & accessoires	Fuite sur tuyauterie et accessoires (brides, vannes).
Cheminement des canalisations hors cuvette de rétention	Tuyauterie & accessoires Bride Vanne	Fuite sur tuyauterie et accessoires (brides, vannes...).
Zone de stockage	Sphère Tuyauterie & accessoires Pompe	Fuite sur le réservoir et accessoires, perte de confinement de GPL. Fuite sur tuyauterie et accessoires (brides, vanne...). Fuite sur pompe.
Sphère de stockage	Réservoir Accessoires	Fuite sur de GPL (en liquide : partie inférieure, en vapeur partie supérieure). Fuite de GPL (liquide /vapeur).
Poste de chargement /camion	Camion Bras fixe	Fuite / débordement, Rupture ou désaccouplement, fuite.

2.10. Analyse par arbre :

Combinées entres-elles, les séquences accidentelles permettent d'élaborer une représentation arborescente des faits qui conduisent à l'accident.

Cette construction dont le point focal est l'événement redouté central utilise le principe de « nœud papillon ».

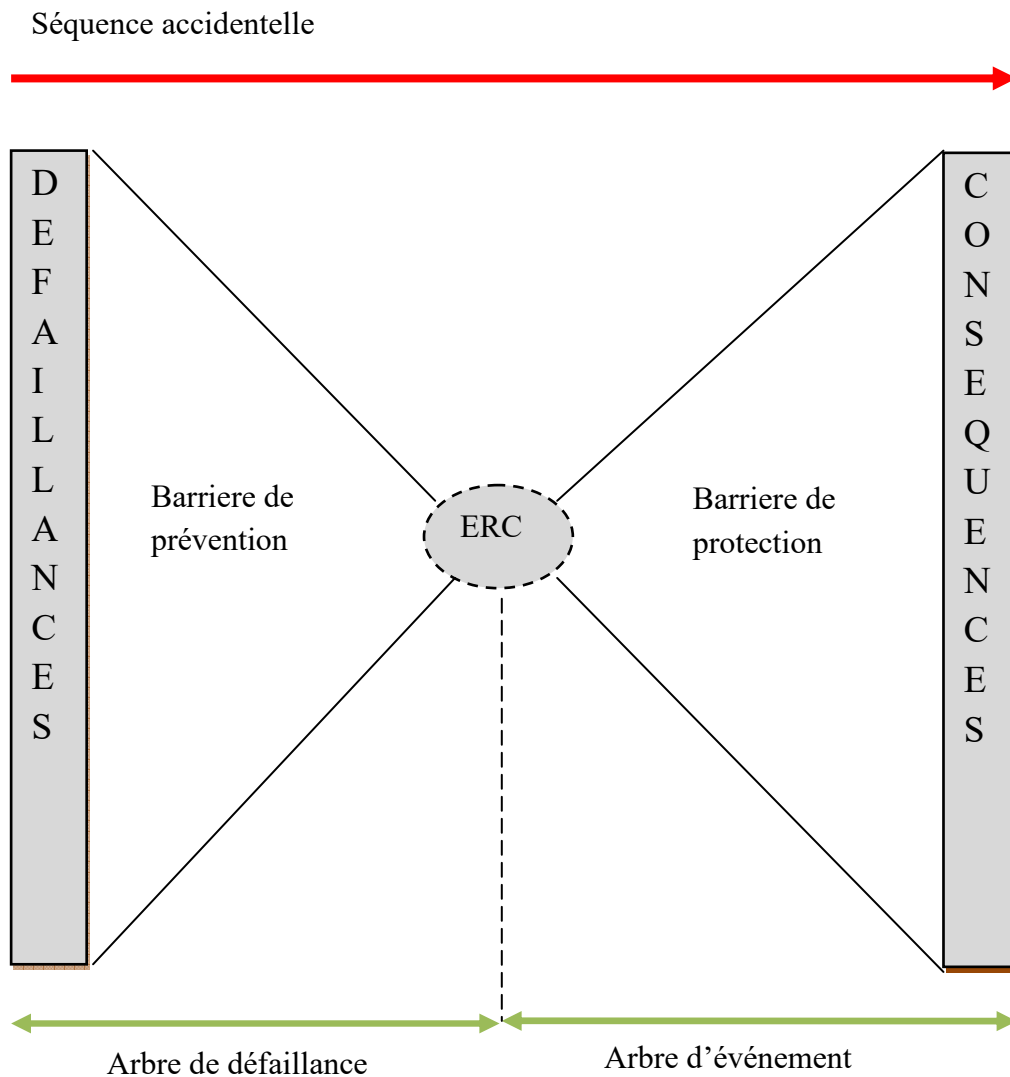


Figure 16 : Arbre nœud papillon

A partir de l'événement redouté central (ERC), une fuite de gaz (liquide et/ou vapeur), nous distinguons :

➤ **Un arbre des défaillances sur le coté gauche :**

Il rassemble les événements initiateurs (EI) ou causes qui dans certaines conditions produisent l'événement redouté central. Ces causes sont multiples, mais conduisent toujours à la libération d'un danger ou d'une énergie. Elles peuvent-être intrinsèques comme, par exemple, la corrosion ou l'érosion ; liées au procédé comme la surpression ou la dépression; en relation avec le facteur humain comme une erreur de manipulation ou une mauvaise utilisation ou imputable à une agression externe comme les conditions climatiques (neige, vent, séisme) ou un choc (collision).

➤ **Un arbre des événements sur le coté droite :**

Il regroupe les conséquences auxquelles peut conduire un événement redouté central en fonction des conditions dans lesquelles il se produit et en fonction du taux de fiabilité ou de défaillance des barrières. Les événements redoutés secondaires (ERS) comme les épandages (liquide) ou les nuages (gaz volatil) et les phénomènes dangereux associés (incendie, explosion, pollution, ...) avec leurs effets (flux thermique, surpression,...) font partie de cet arbre.

Le Nœud Papillon est un outil qui combine un arbre de défaillance et un arbre d'événement,

Le chemin qui mène d'une cause à un phénomène dangereux (et ses effets associés) constitue une séquence accidentelle.

A chaque étape de la séquence accidentelle, des fonctions de sécurité assurées par des barrières doivent être recherchées. Ces fonctions ont pour but la réduction de la probabilité d'occurrence et ou des effets et conséquences d'un événement non souhaité

2.11. Positionnements des barrières de sécurité

Les barrières positionnées sur les différentes branches sont placées de manière à empêcher que l'événement étudié ait les conséquences maximales redoutées.

Les barrières situées en amont de l'événement évitent ou réduisent son occurrence.

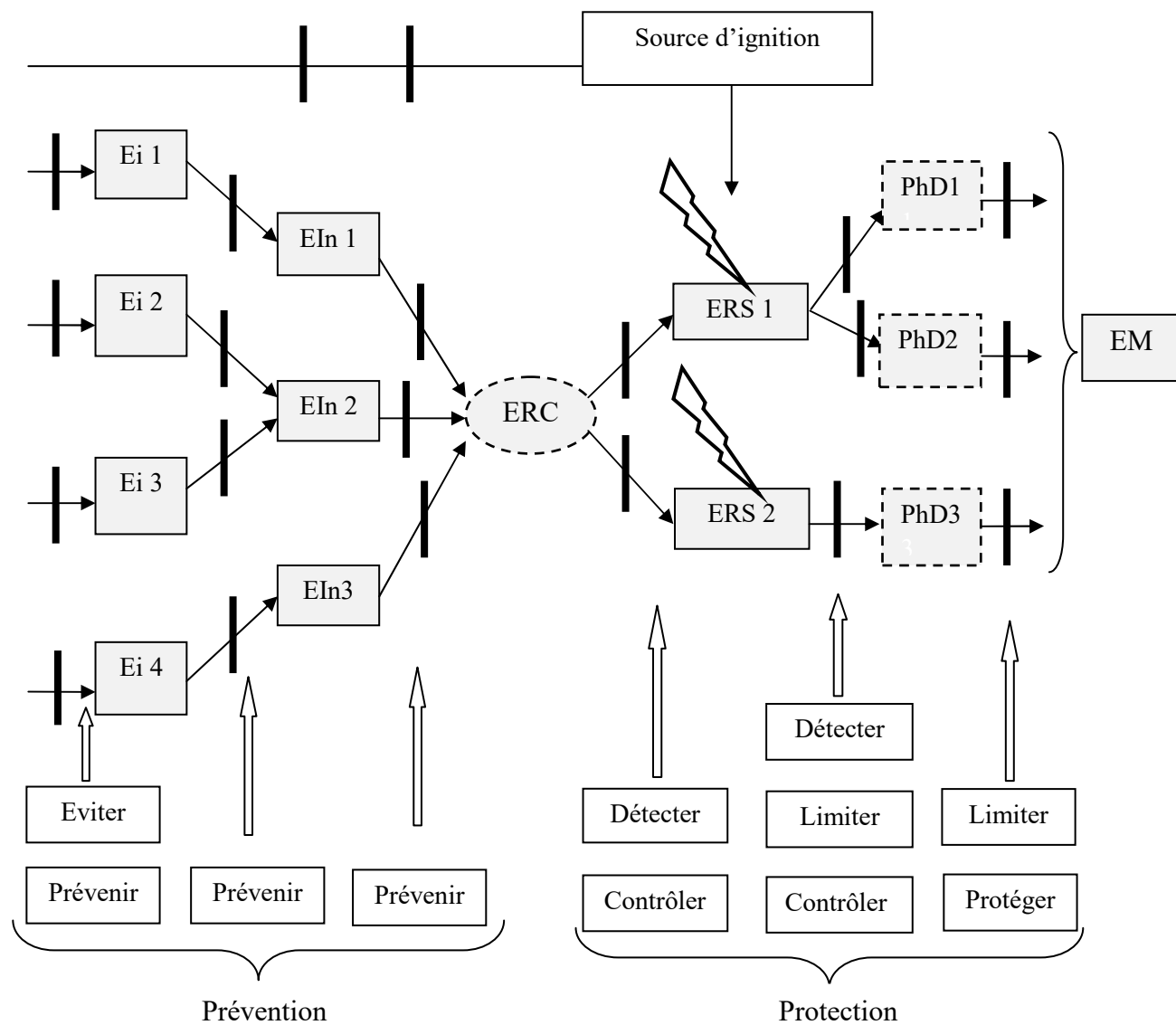
Les barrières situées en aval de l'événement redouté central en limitent les conséquences.

A gauche de l'évènement redouté central (ERC) les barrières sont dites de prévention, et à droite, de limitation ou de protection.

La sécurité repose sur trois (03) catégories de barrières de sécurité :

- Humaines,
- Techniques,
- Organisationnelles.

Le schéma ci dessous, présente et illustre un positionnement possible des différentes fonctions de sécurité par rapport à un Evénement Redouté Central (ERC), suivant le schéma conceptuel connu sous le nom de « nœud papillon ».



Ei : Evénement initiateur

ERC : Evènement Redouté Central.

PhD : Phénomène Dangereux.

⊥ : Barrière de défense

EIn : Evénement Intermédiaire.

ERS : Evènement Redouté Secondaire.

EM : Evénement Majeur.

Tableau 2 : les évènements figurant sur le modèle du nœud papillon

<i>Désignation</i>	<i>Signification</i>	<i>Définition</i>	<i>Exemples</i>
EIn	Evènement Indésirable	Dérive ou défaillance sortant du cadre des conditions d'exploitation usuelles définies.	Le surremplissage ou un départ d'incendie à proximité d'un équipement dangereux peuvent être des évènements initiateurs
EC	Evènement Courant	Evènement admis survenant de façon récurrente dans la vie d'une installation.	Les actions de test, de maintenance ou la fatigue d'équipements sont généralement des évènements courants.
EI	Evènement Initiateur	Cause directe d'une perte de confinement ou d'intégrité physique.	La corrosion, l'érosion, les agressions mécaniques, une montée en pression sont généralement des évènements initiateurs
ERC	Evènement Redouté Central	Perte de confinement sur un équipement dangereux ou perte d'intégrité physique d'une substance dangereuse	Rupture, Brèche, Ruine ou Décomposition d'une substance dangereuse dans le cas d'une perte d'intégrité physique
ERs	Evènement Redouté Secondaire	Conséquence directe de l'évènement redouté central, l'évènement redouté secondaire caractérise le terme source de l'accident	Formation d'une flaque ou d'un nuage lors d'un rejet d'une substance diphasique
Ph D	Phénomène Dangereux	Phénomène physique pouvant engendrer des dommages majeurs	Incendie, Explosion, Dispersion d'un nuage toxique
EM	Effets Majeurs	Dommages occasionnés au niveau des cibles (personnes, environnement ou biens) par les effets d'un phénomène dangereux	Effets létaux ou irréversibles sur la population Synergies d'accident
Barrières ou Mesures de Prévention		Barrières ou mesures visant à prévenir la perte de confinement ou d'intégrité physique	Peinture anti-corrosion, Coupure automatique des opérations de dépotage sur détection d'un niveau très haut...
Barrières ou Mesures de Protection		Barrières ou mesures visant à limiter les conséquences de la perte de confinement ou d'intégrité physique	Vannes de sectionnement automatiques asservies à une détection (gaz, pression, débit), Moyens d'intervention...

2.12. Des phénomènes dangereux :

Le tableau ci-dessous représente les phénomènes dangereux lié au stockage de butane (sphère SB1) à prendre en compte dans une analyse du risque Ces derniers sont toujours à examiner en fonction du contexte local et font l'objet des arbres « causes-événements ».

Tableau 03 : Phénomènes dangereux

Localisation	Phénomènes dangereux
Sphere de stockage(SB1)	Feu de nappe UVCE Flash fire BLEVE

Partie 3 :

Les phénomènes des risques majeurs

3.1. UVCE

Définition

Cet acronyme signifie "Unconfined vapor cloud explosion", ce qui signifie explosion de nuage gazeux du milieu non confiné (a l'air libre). La littérature de sécurité actuelle semble consacrer la disparition progressive du "U" transformant ainsi le mot en V.C.E.

Les différents retours d'expérience ont témoigné, en effet, de nombreux cas de "pseudo confinement" des nuages explosant librement dans l'atmosphère, liés à l'encombrement spatial (installations, bâtiments, etc.).



Figure 17: Phénomène de l'UVCE.

Dans le cas d'un gaz inflammable, tel que les GPL, cette explosion produit :

- des effets thermiques,
- des effets de pression.

La chronologie de déroulement en est relativement simple :

- ⊕ Formation d'un nuage de gaz de vapeur inflammable provoquée par une fuite, en phase liquide ou gazeuse. Ce nuage peut dériver selon des conditions météorologiques (mélange du GPL avec l'oxygène de l'air pour former un volume inflammable).
- ⊕ Allumage de ce nuage sur un point chaud, flamme ou étincelle. La vitesse de flamme sera éminemment variable en fonction des concentrations (taux de mélange) et des obstacles. Elle pourra être extrêmement lente dans les zones de haute "concentration" en combustible, proches de la L.S.E., voire non explosive.
- ⊕ Enfin le cas échéant, mélange avec l'air et combustion des parties du nuage qui étaient initialement trop riche en combustible pour être inflammable.

Le vocabulaire distingue, selon les effets produits, l'UVCE du **Flash fire**, ou **Feu de nuage**. De manière générale, le terme UVCE s'applique lorsque des effets de pression sont observés, alors que le terme Flash fire est réservé aux situations où la combustion du nuage ne produit pas d'effets de pression. Cependant il s'agit dans les deux cas du même phénomène physique, à savoir la combustion d'un mélange gazeux inflammable.

3.2. Feu de nappe

Définition

Ce terme « feu de nappe » ou « feu de flaque », décrit un incendie résultant de la combustion d'une nappe de combustible liquide. Ce phénomène implique principalement la surface de la nappe en contact avec l'air.

Les dimensions et la géométrie de la nappe peuvent être tout à fait variables. Il convient ainsi de distinguer :

- Les feux de réservoir : le feu est alors contenu dans une enceinte dont la surface est déterminée par les dimensions du réservoir,
- Les feux de cuvette (de rétention) : l'extension de la nappe peut alors être limitée par une cuvette de rétention dont le dimensionnement est imposé notamment par les exigences réglementaires applicables au stockage,
- Les feux de flaque libre, en l'absence de moyens physiques prévus pour limiter l'extension de la nappe ou lorsque la cuvette de rétention n'est pas complètement envahie ; l'extension de la nappe est alors principalement fonction des caractéristiques du terrain, des conditions météorologiques et des conditions de rejet du combustible.

3.3. Le BLEVE

Définition

Le mot BLEVE est un acronyme provenant de l'anglais et signifie: « Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion ».

En français, nous pourrions traduire cette expression par « une explosion due aux vapeurs en expansion d'un liquide en ébullition ».



Figure 18: phénomène du BLEVE

Les produits concernés par le BLEVE sont :

- Des gaz liquéfiés combustibles tels que les GPL (propane, butane).
- Des gaz liquéfiés non combustibles (CO₂, N₂, O₂, Cl₂, Hélium ...), l'eau à l'équilibre liquide vapeur peut être aussi sujet au BLEVE.

Le BLEVE concerne les équipements aériens contenant ces gaz liquéfiés sous pression :

- stockages fixes : cisternes, sphères.
- engins de transport : camions, wagons, navires.
- tuyauteries.
- bouteilles d'échantillon, bouteilles petit vrac, ...

Un BLEVE survient lorsqu'il y a rupture des parois d'un contenant sous pression. Cette perte de confinement peut être due notamment à :

- l'impact d'un projectile ou à un choc (accident routier par exemple).
- l'exposition du réservoir à un incendie.
- la fatigue du réservoir.
- de la corrosion.
- une construction ou des équipements défectueux.

3.3.2 Déroulement du BLEVE :

- L'exposition de la sphère à une chaleur.
- Incendie - Montée en pression
 - Fuite sur la sphère elle-même ou sur un équipement voisin.
 - Nuage de gaz combustibles et inflammation sur un point d'ignition.
 - Feu sous la capacité sous forme de flamme.
 - Dans la sphère, la température monte, la pression augmente.
 - La pression atteint la pression de début d'ouverture des soupapes, les gaz qui s'échappent s'enflamment ou ne s'enflamment pas.
 - Le débit de chaleur dû à l'incendie apporte la chaleur latente de vaporisation au liquide dont une partie se vaporise et est évacuée aux soupapes.
 - La pression atteint au maximum 110 % de la pression de début d'ouverture.
 - La température du métal mouillé par le liquide reste à peu près constante.
 - Baisse du niveau liquide due à la vaporisation.
- Perte de la résistance mécanique - Rupture
 - La température du métal non mouillé augmente rapidement.
 - La limite élastique et la résistance à la rupture du métal diminuent.
 - formation d'une boursoufflure par étirement du métal.
 - Éclatement de la boursoufflure et rupture du réservoir avec projection de fragments.
- Explosion - Boule de feu
 - La soudaine décompression, jusqu'à la pression atmosphérique, entraîne :
 - des ondes de surpression,
 - la brusque vaporisation d'une partie du liquide sous forme d'aérosol qui s'enflamme et provoque une boule de feu.
 - La chaleur de vaporisation est apportée par les flammes et par le liquide restant dans la sphère dont la température atteint la température d'ébullition normale.
 - La boule de feu croît rapidement, s'élève dans les airs puis se fragmente et s'éteint après consommation du combustible.

La radiation de la boule de feu (250 à 300 kW/m^2) est suffisante pour enflammer tout combustible ordinaire et causer des brûlures mortelles aux personnes par effets thermiques. Par ailleurs, du liquide enflammé, retombe au sol.

L'éclatement du réservoir entraîne la projection de fragments appelés "missiles".



Figure 19 : Différentes étapes de l'explosion.

3.3.3. Conséquence du BLEVE :

Les conséquences associées à un BLEVE sont

- L'onde de surpression due à la détente de la phase gaz lors de la rupture du réservoir plus la capacité est remplie de liquide plus le volume de gaz est faible plus la surpression sera faible.
- L'onde de surpression due à la vaporisation explosive. Ce phénomène est celui qui est générateur des plus fortes surpressions.
- Boule de feu par inflammation du nuage gazeux. Le rayonnement de la boule dimensionne les effets de ce scénario. Effets missiles jusqu'à $1\ 200 \text{ m}$ pour des « missiles » de tailles importantes.

Partie 4 :

Identification des sources d'ignition des GPL :

Des sources d'inflammation :

- Surface chaude,
- Flamme et gaz chaud,
- Etincelles produites mécaniquement,
- Installations électriques,
- Courant transitoire, protection cathodique contre la corrosion,
- Electricité statique,
- Foudre,
- Rayonnement ionisant,
- Ultrasons,
- Écoulement de gaz,
- Réaction chimique.

Chapitre III

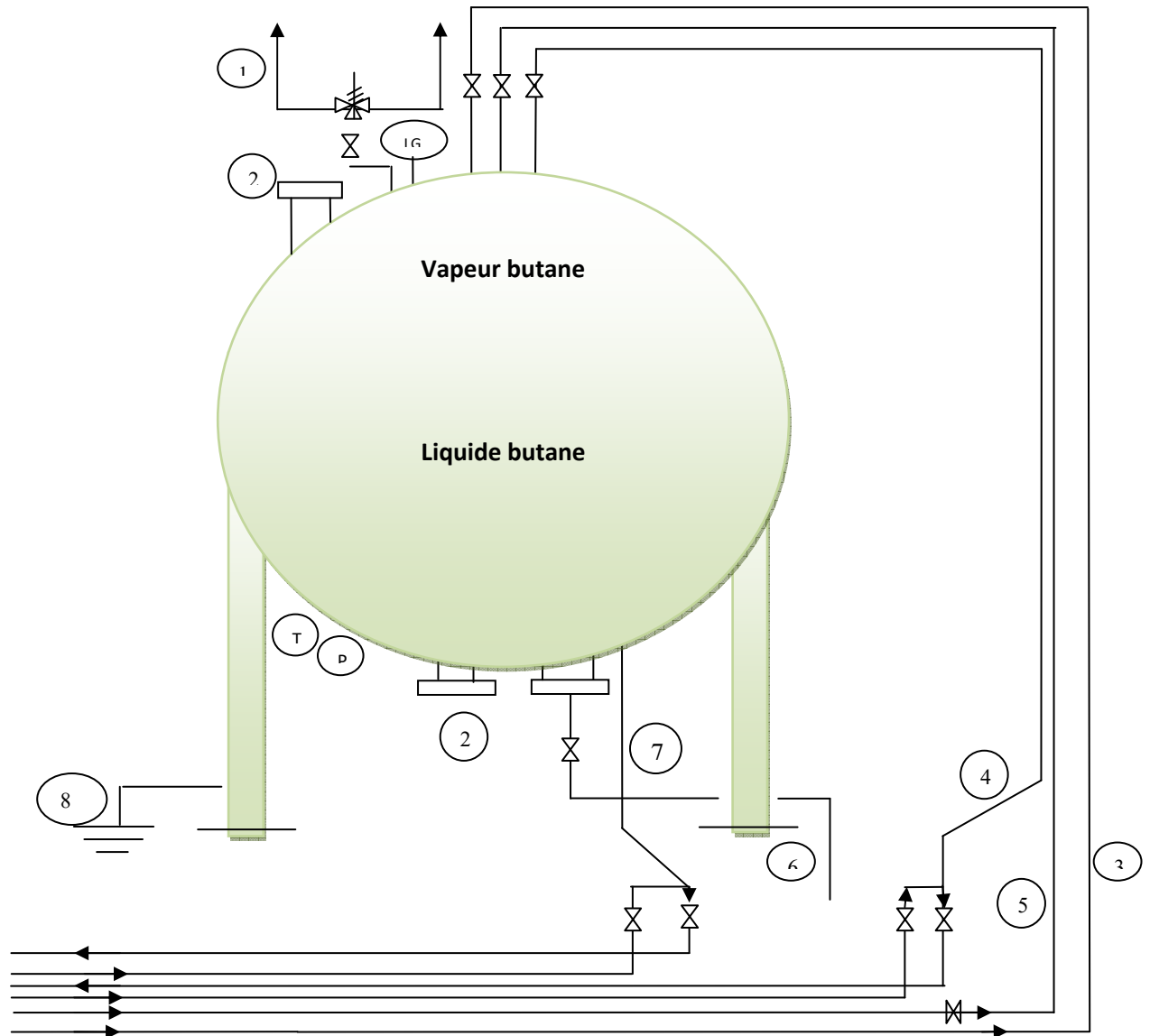
Application de la méthode Nœud
papillon sur la sphère SB1

Partie I :**1. Description de la sphère de stockage des GPL (SB1)****1.1. Caractéristiques et Conception de la sphère (SB1)****a) Fiche technique de la sphère (SB1) :**

- Type d'appareil : réservoir sphérique aérien SB1
- Année de fabrication : 1984.
- Désignation du contenu : BUTANE.
- Diamètre intérieur : $D = 16\,010\text{ mm}$.
- Capacité totale : 2148 m^3 .
- Nature du métal : Acier A283C.
- Pression d'épreuve : 26,47 bars.
- Température maxi : -50 c°
- Température mini : -10 c°

b) Equipements de la sphère SB1

1. Ligne de remplissage (alimentation).
2. Ligne de recyclage.
3. Ligne d'aspiration gaz.
4. Retour gaz.
5. Mise à la terre.
6. Soupape de sécurité.
7. Deux (2) trous d'homme : un trou en bas et l'autre en haut.
8. Un indicateur de pression.
9. Un indicateur de température.
10. Télé jaugeur avec indicateur local en haut de la sphère.
11. Une passerelle d'accès au sommet de la sphère



1 : Soupape jumelée PVS

2 : trou d'homme

3 : ligne de remplissage (alimentation)

4 : retour gaz

5 : ligne de recyclage

6 : ligne de prise échantillon

7 : ligne aspiration gaz

8 : mise à la terre



Indicateur de pression



télé jaugeur



Capteur de température



vanne pneumatique

Figure 20 : Schéma représentant la sphère SB1

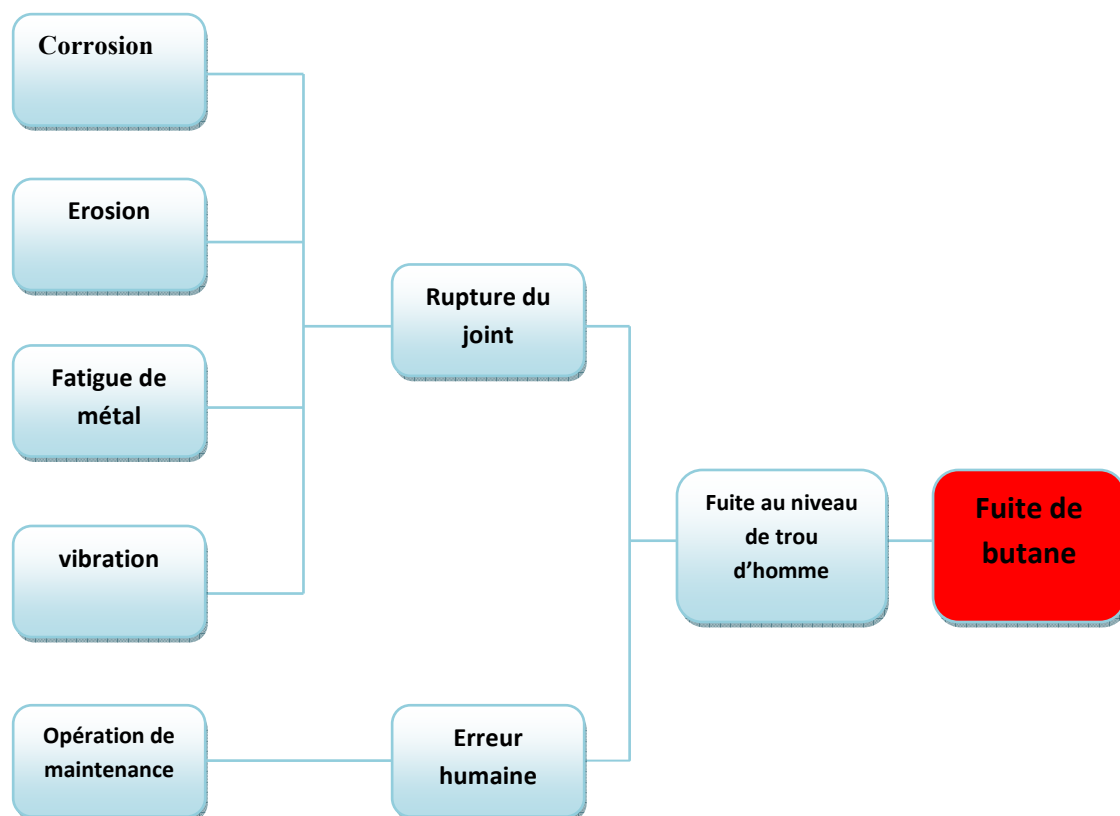
Partie 02 :**1. Application de la méthode nœud papillon sur la sphère SB1**

Voilà les données utiles pour construire le nœud papillon :

Tableau 4 : données utiles pour construire le nœud papillon

Événements initiateur	Détail/conséquence	ERC	ERS	Type de source d'ignition	Phénomène dangereux
-Corrosion -Erosion -Fatigue de métal -vibration	Rupture du joint au niveau de trou homme	Fuite de butane	formation d'une nappe		UVCE
-mauvais serrage des boulons -vanne laissée ouverte -rupture de la tuyauterie lors de désherbage - absence d'induction de sécurité	Rupture de la tuyauterie à cause de la malveillance humaine				FLASH FIRE
-Défaut au niveau de compresseur -surremplissage -augmentation de la température ambiante	Rupture de la tuyauterie engendrée par la surpression		Formation d'un nuage		BLEVE

Scénario 01: une fuite de butane (ERC), engendré par une rupture du joint ainsi que l'erreur humaine



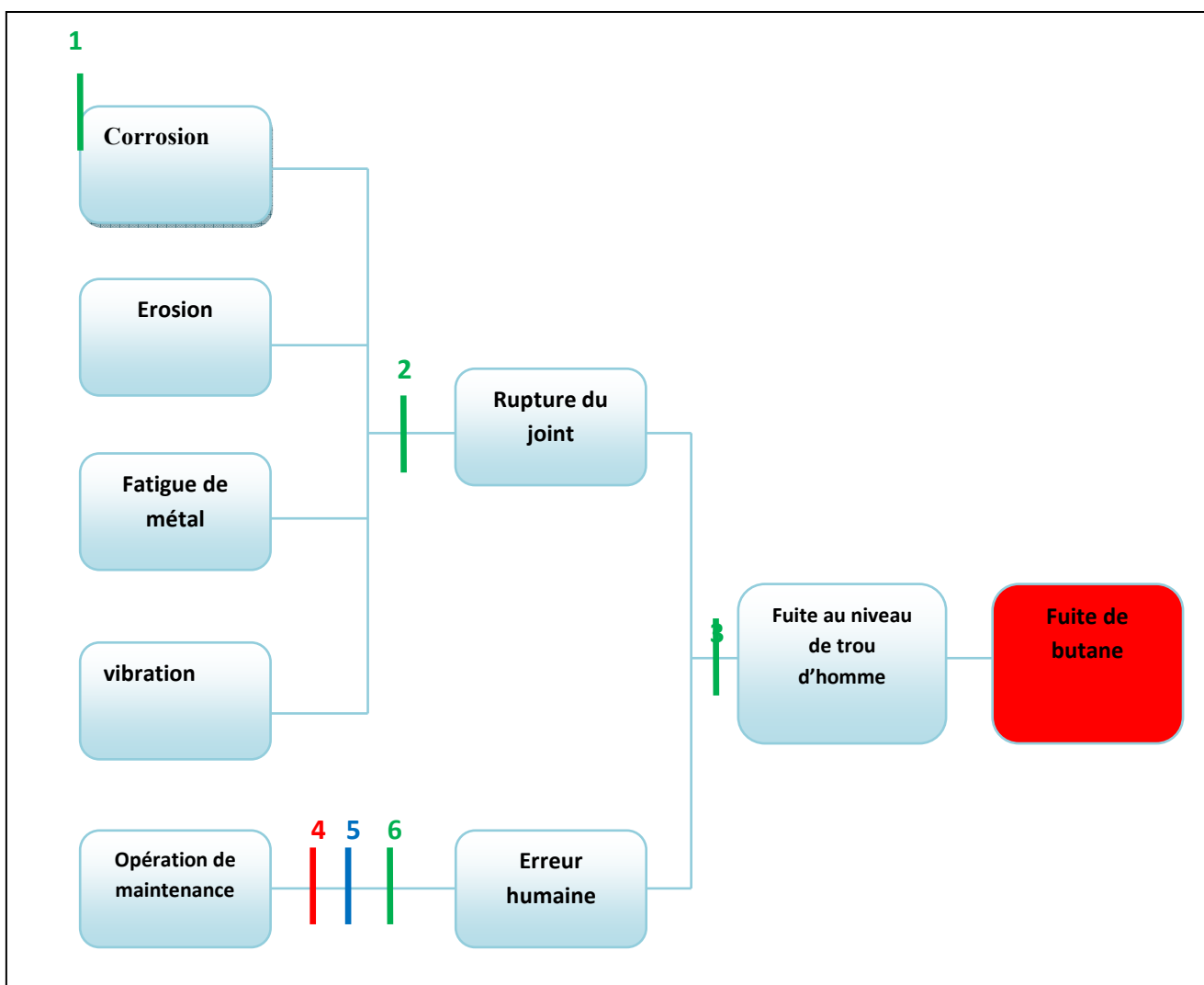
Suite au scénario ci-dessus la rupture de joint peut engendrer l'ERC par des EI tel que : la corrosion, l'érosion et la fatigue du métal ou bien l'erreur humaine aussi.

De ce fait et afin maîtriser cette ERC des barrières de sécurité préconisées ont été mise en place.

Scénario 01 avec les barrières de prévention

Guide de lecture et légende

	Barrières existante		Événement initiateur, Événement initiateur secondaire
	Barrières à renforcer		Événement redouté central (ERC)
	Barrières à proposer		



1 : Protection anti corrosion

2 : Maintenance préventives

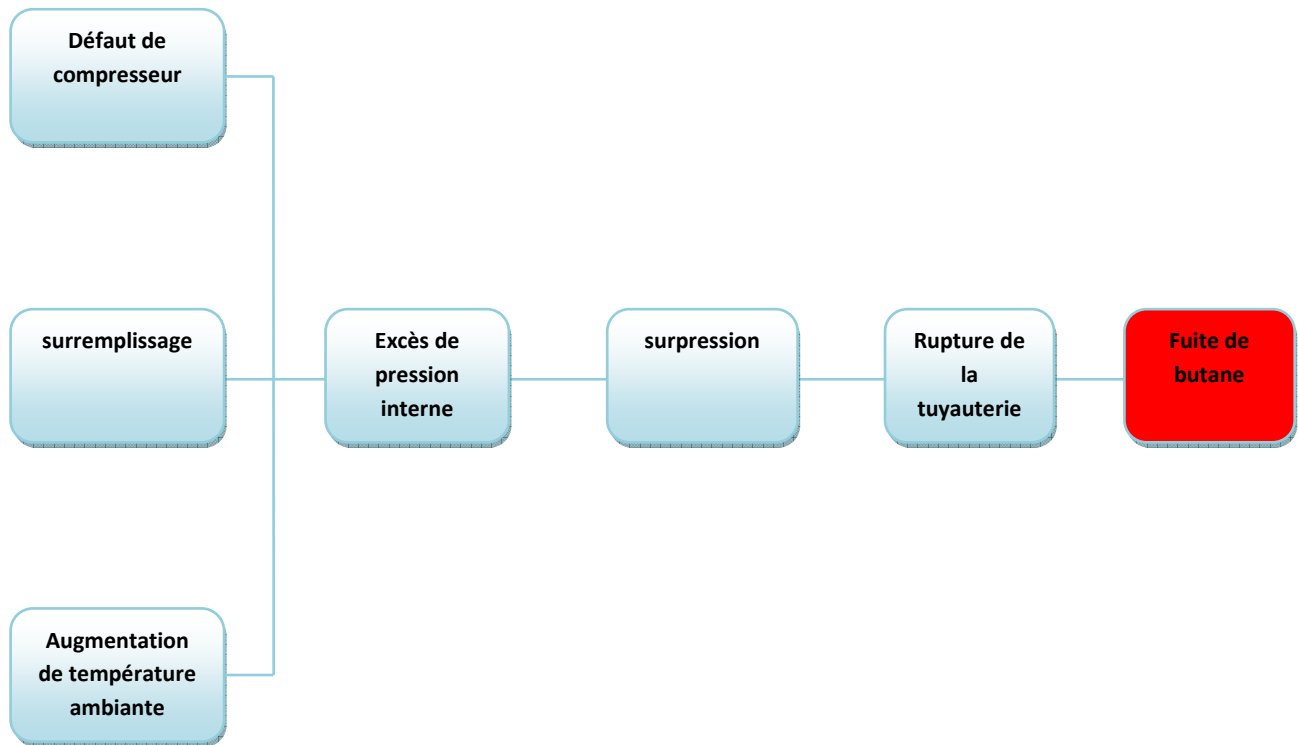
3 : Détecteur de gaz

4 : Induction en culture de sécurité

5 : Procédure opératoire

6 : Formation et sensibilisation

Scénario 02 : une fuite de butane (ERC), engendré par la rupture de la tuyauterie

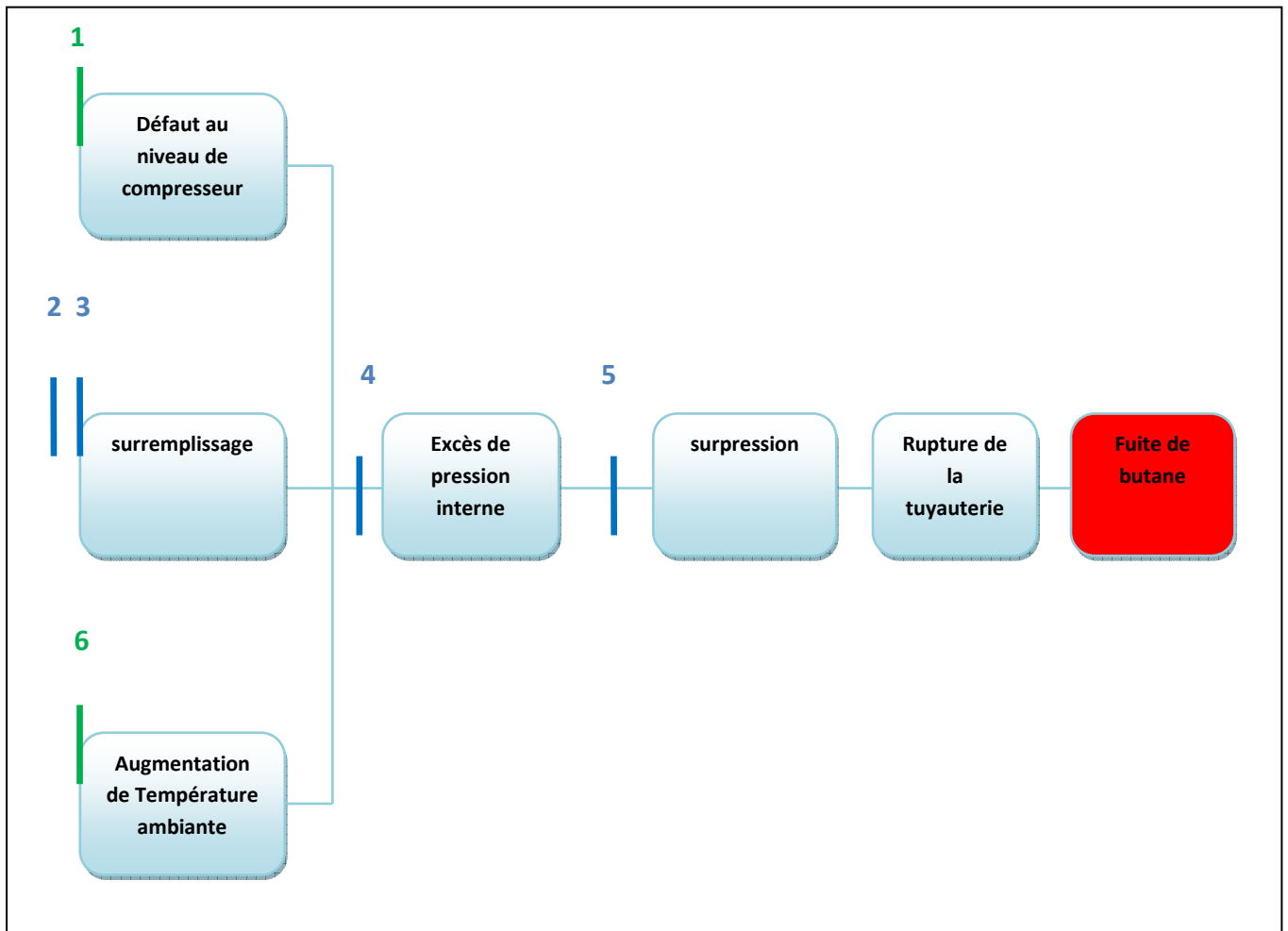
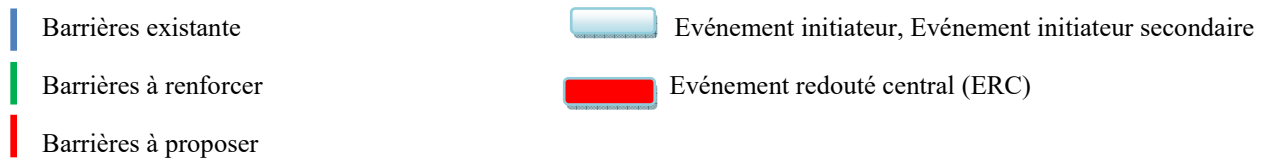


Suite au scénario ci-dessus, l'excès de la pression interne peut causer la surpression qui peut engendrer l'ERC suite à la rupture de la tuyauterie par des EI tel que: surremplissage ou l'augmentation de la température ambiante.

Afin de maîtriser l'ERC, des barrières de sécurité été mise en place.

Scénario 02 avec les barrières de prévention

Guide de lecture et légende



1 : Supervision et contrôle des installations

2 : Niveau très haut

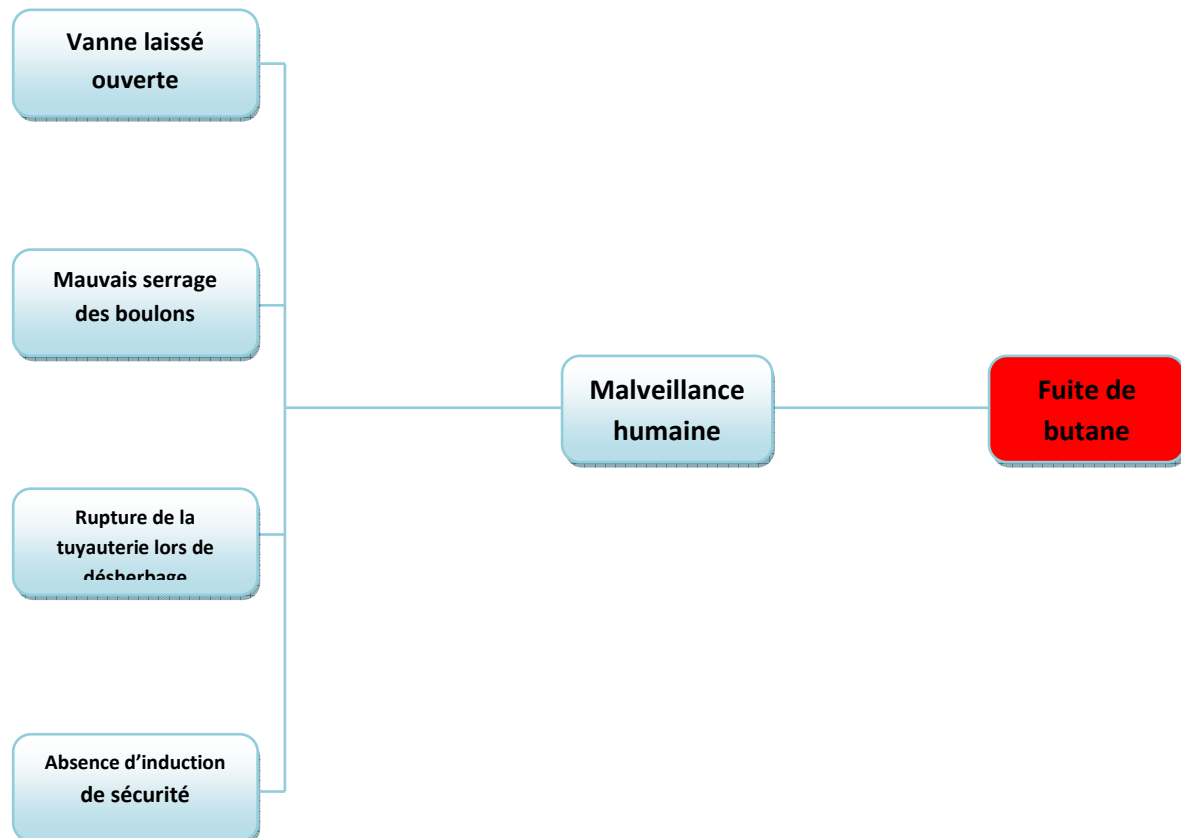
3 : Vanne doublé

4 : Couronne d'arrosage et de refroidissement

5 : Soupapes de sécurité

6 : Détecteur de température

Scénario 03 : une fuite de butane (ERC), engendré par la malveillance et la défaillance humaine

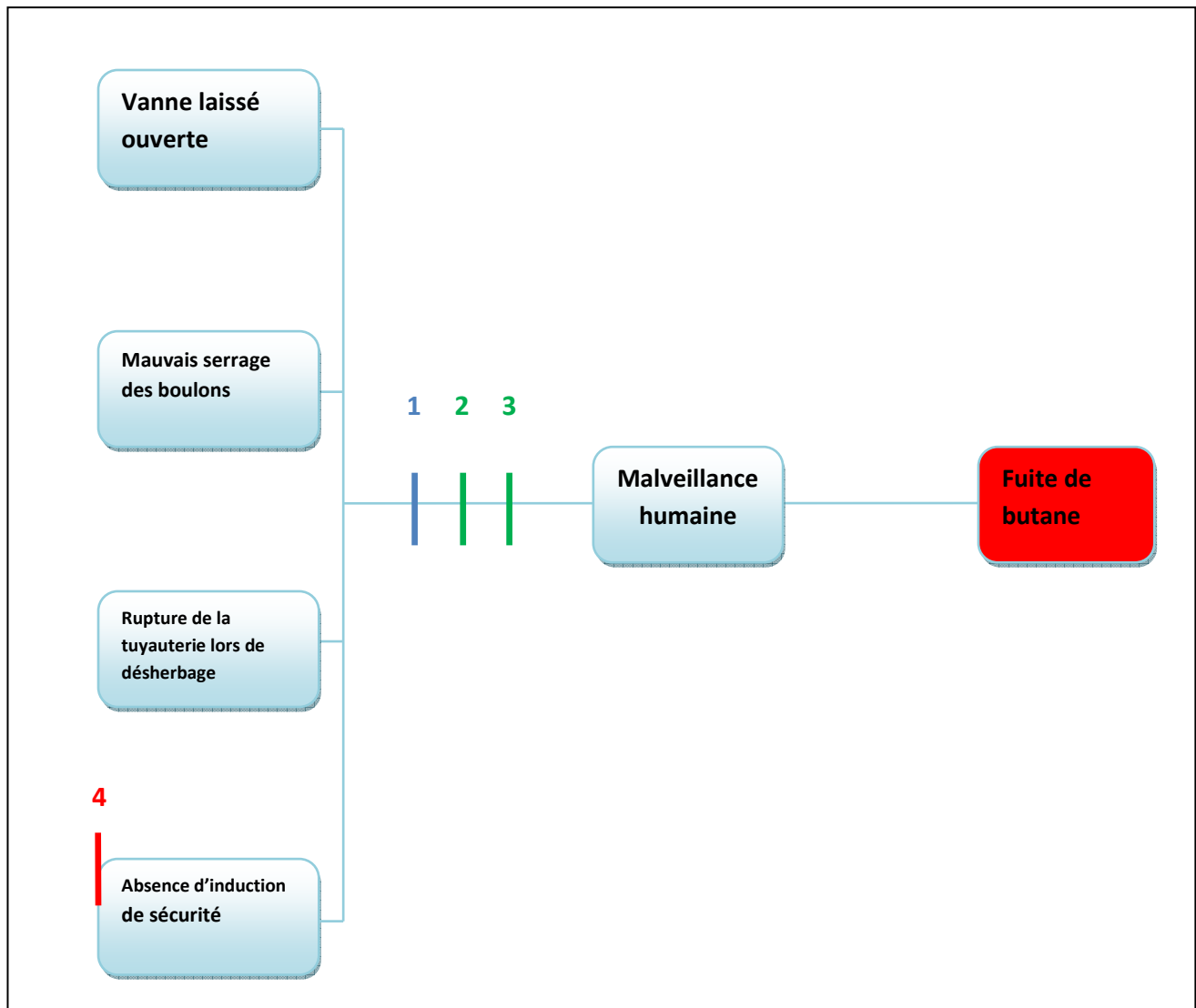


Suite au scénario ci-dessus, l'erreur humaine peut engendrer l'événement redouté centrale (fuite de butane) par des EI tel que : la rupture de la tuyauterie lors de désherbage.

Afin de maîtriser cette ERC des barrières de sécurité on été mise en place.

Scénario 03 avec les barrières de prévention**Guide de lecture et légende**

	Barrières existante		Événement initiateur, Événement initiateur secondaire
	Barrières à renforcer		Événement redouté central (ERC)
	Barrières à proposer		

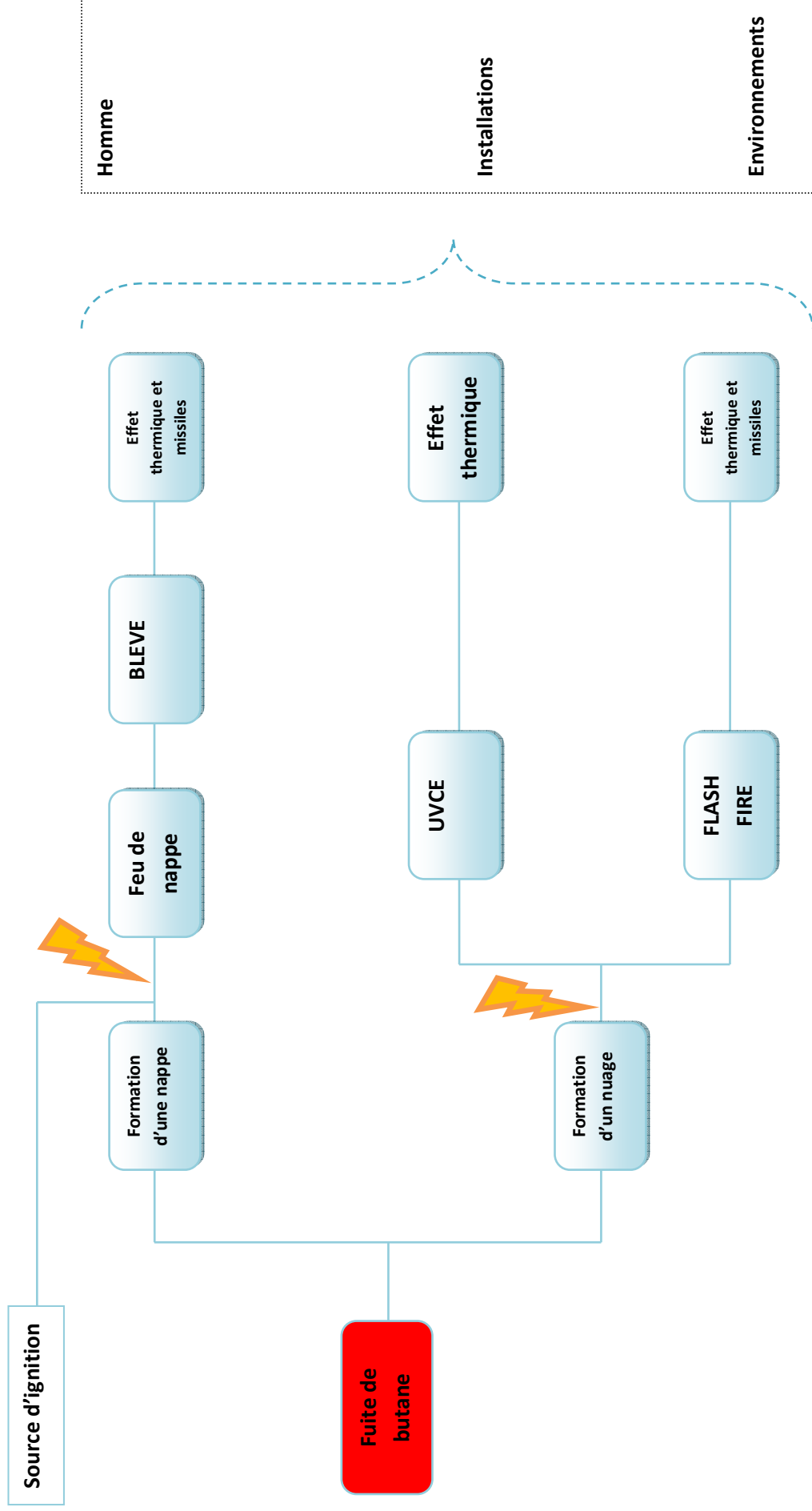


1 : Amélioration des conditions de travail

2 : Procédure opératoire

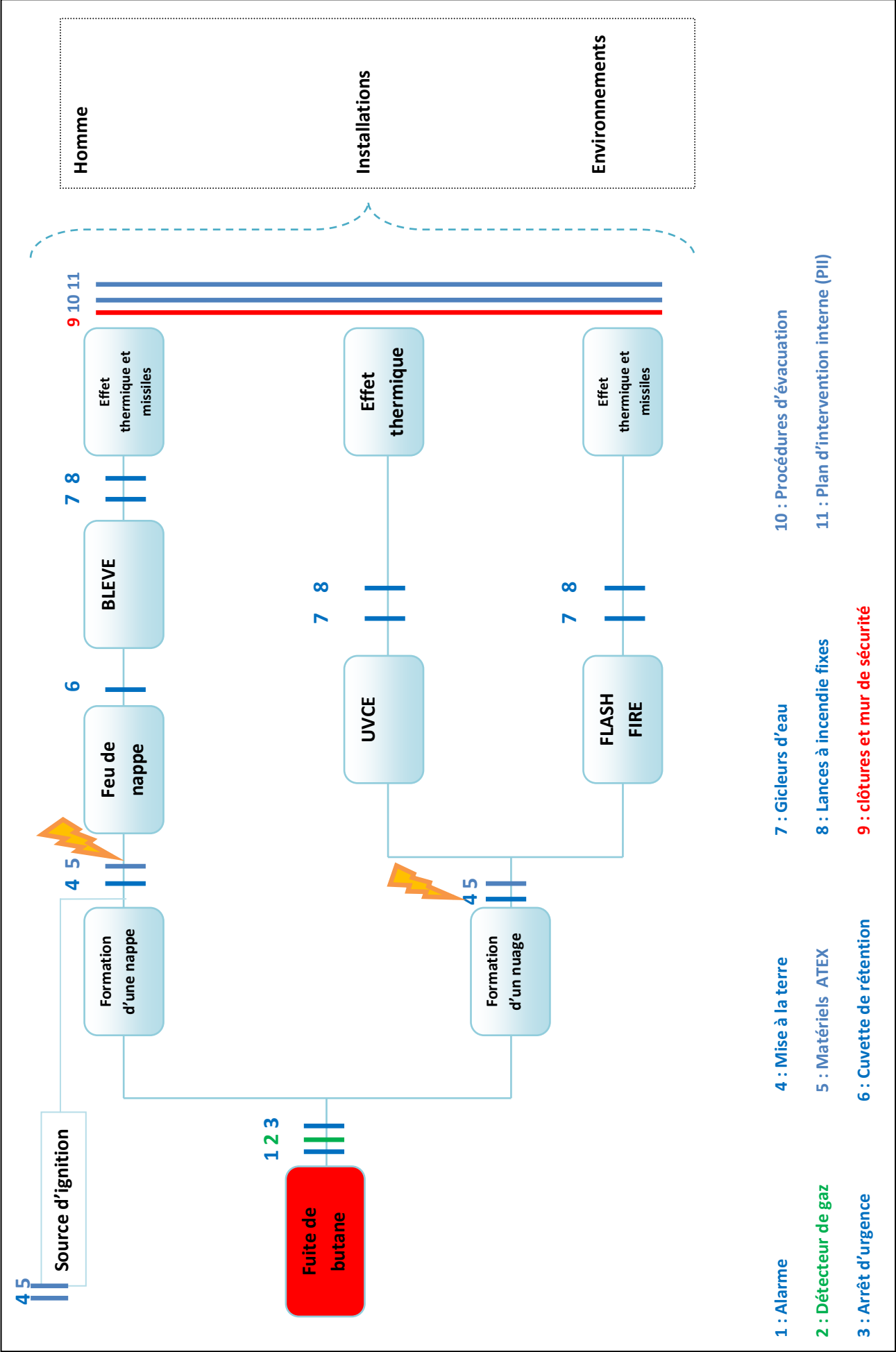
3 : Formation et sensibilisation

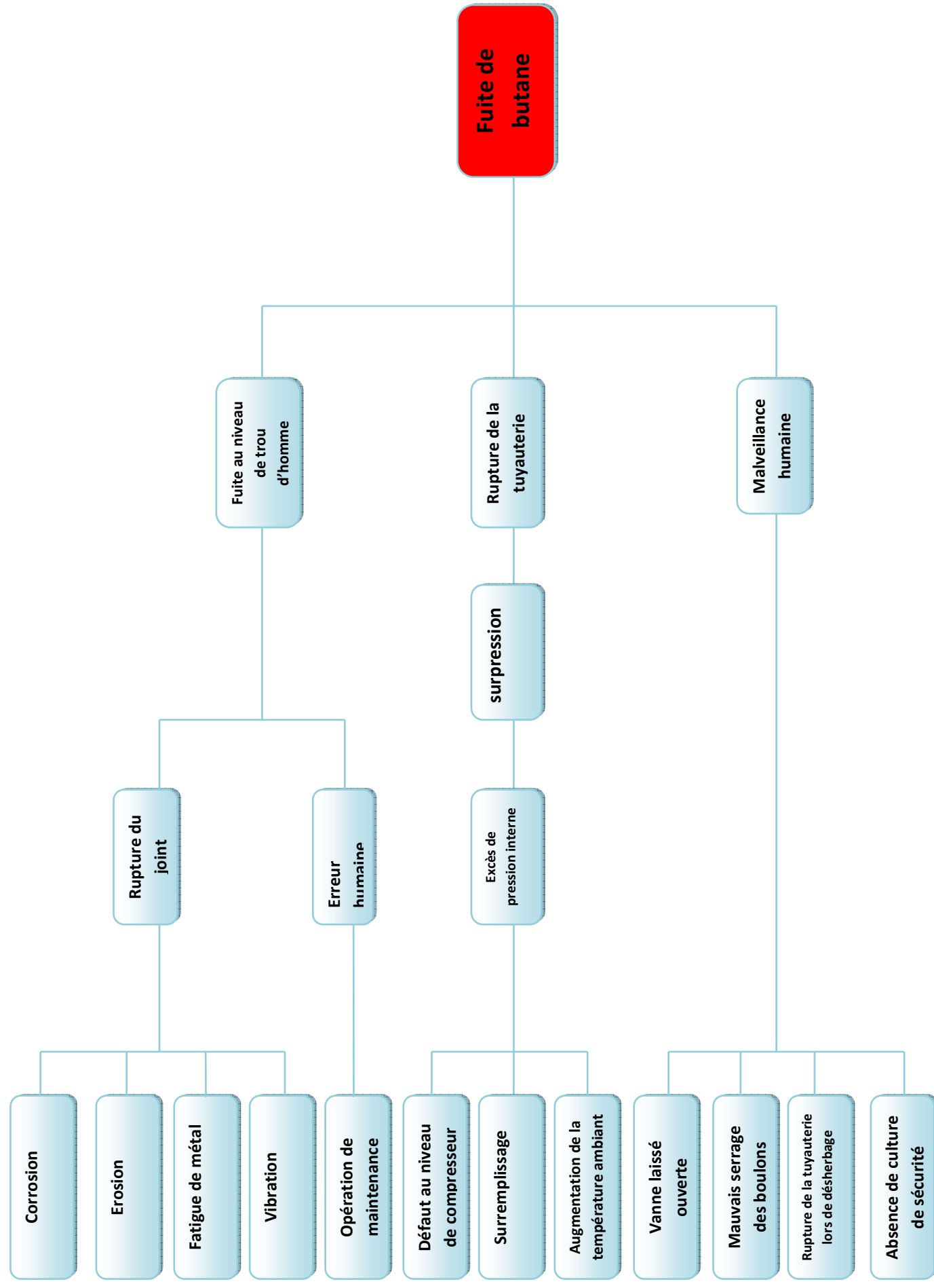
4 : Induction en culture de sécurité

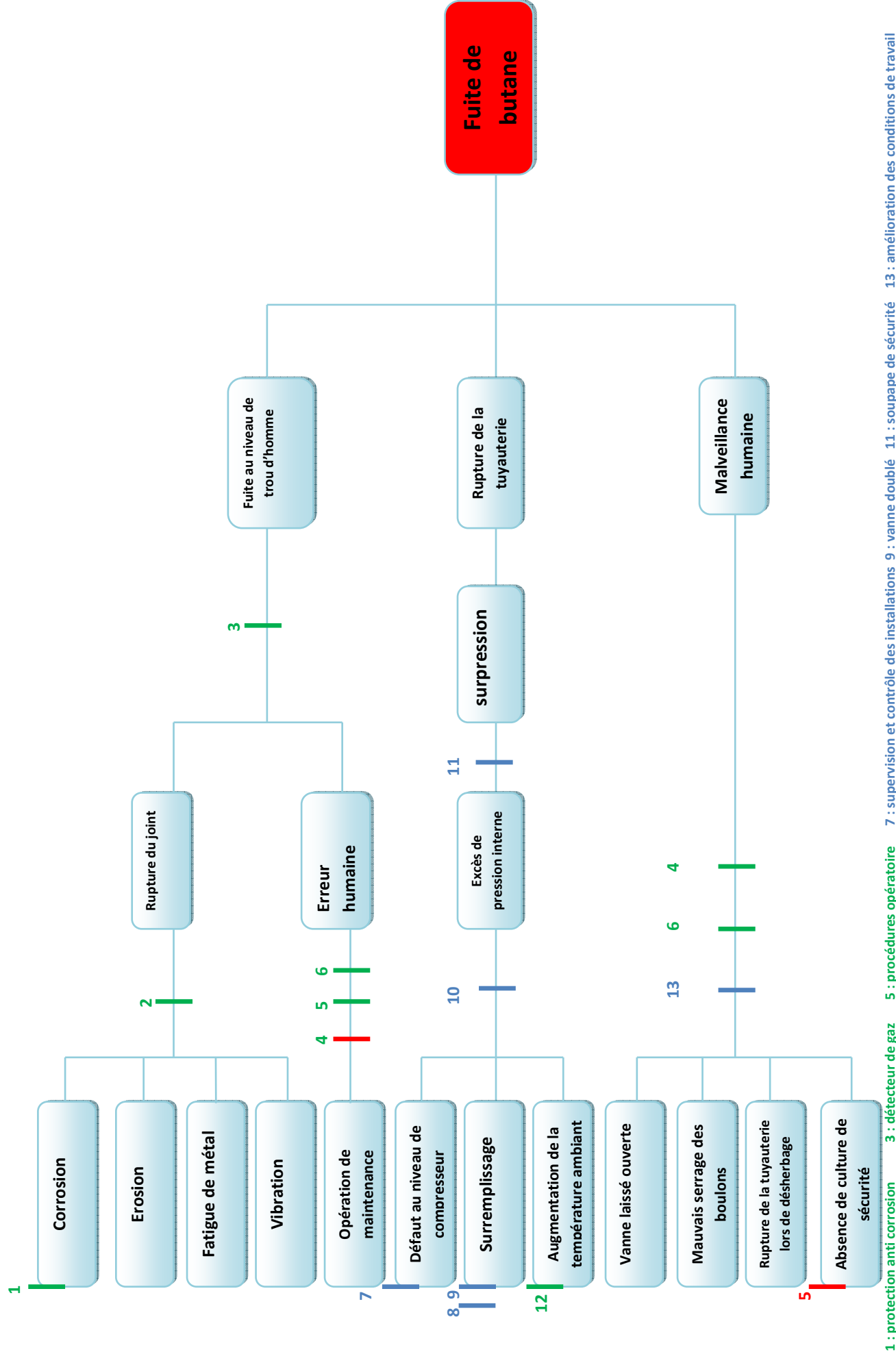


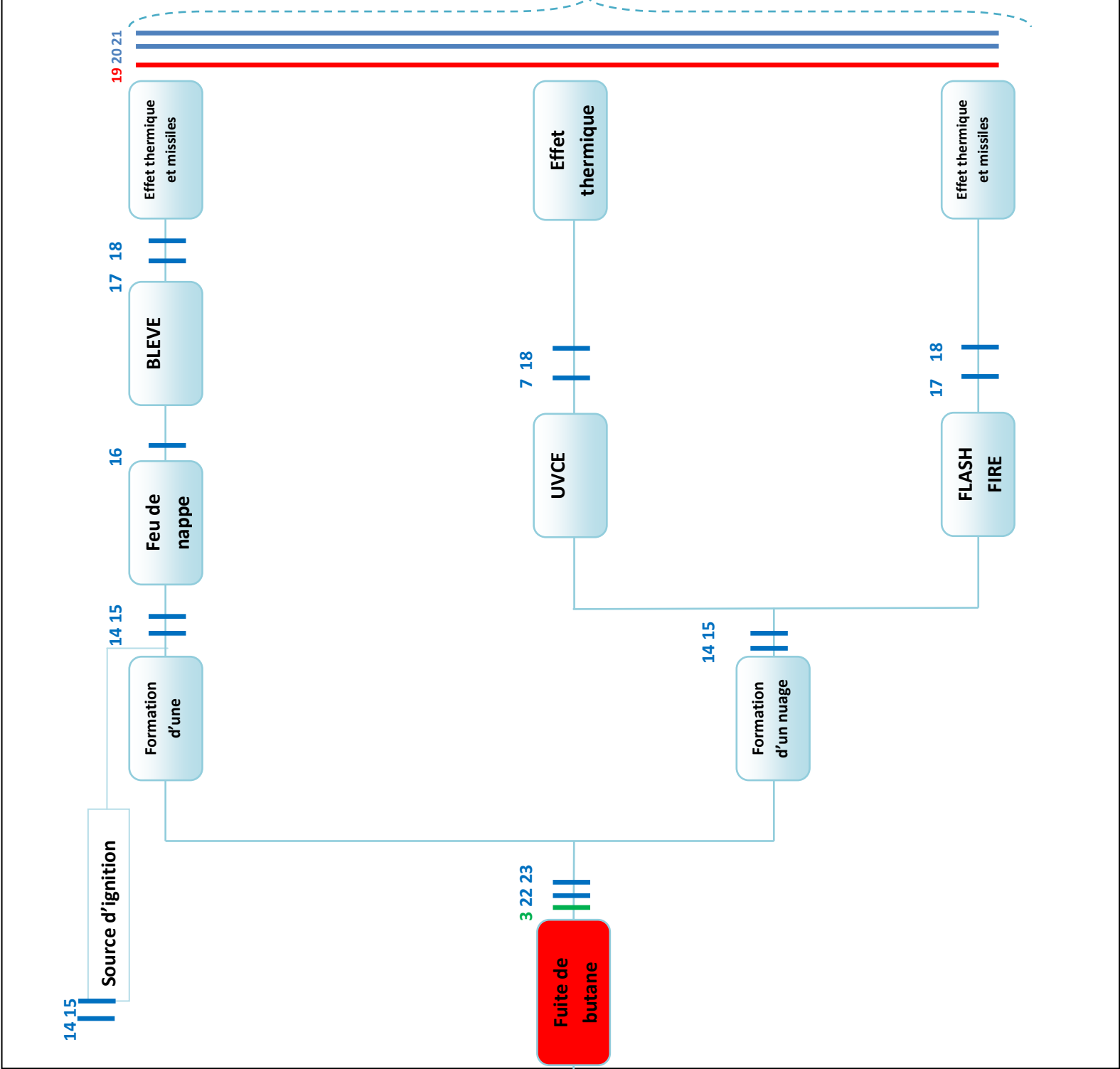
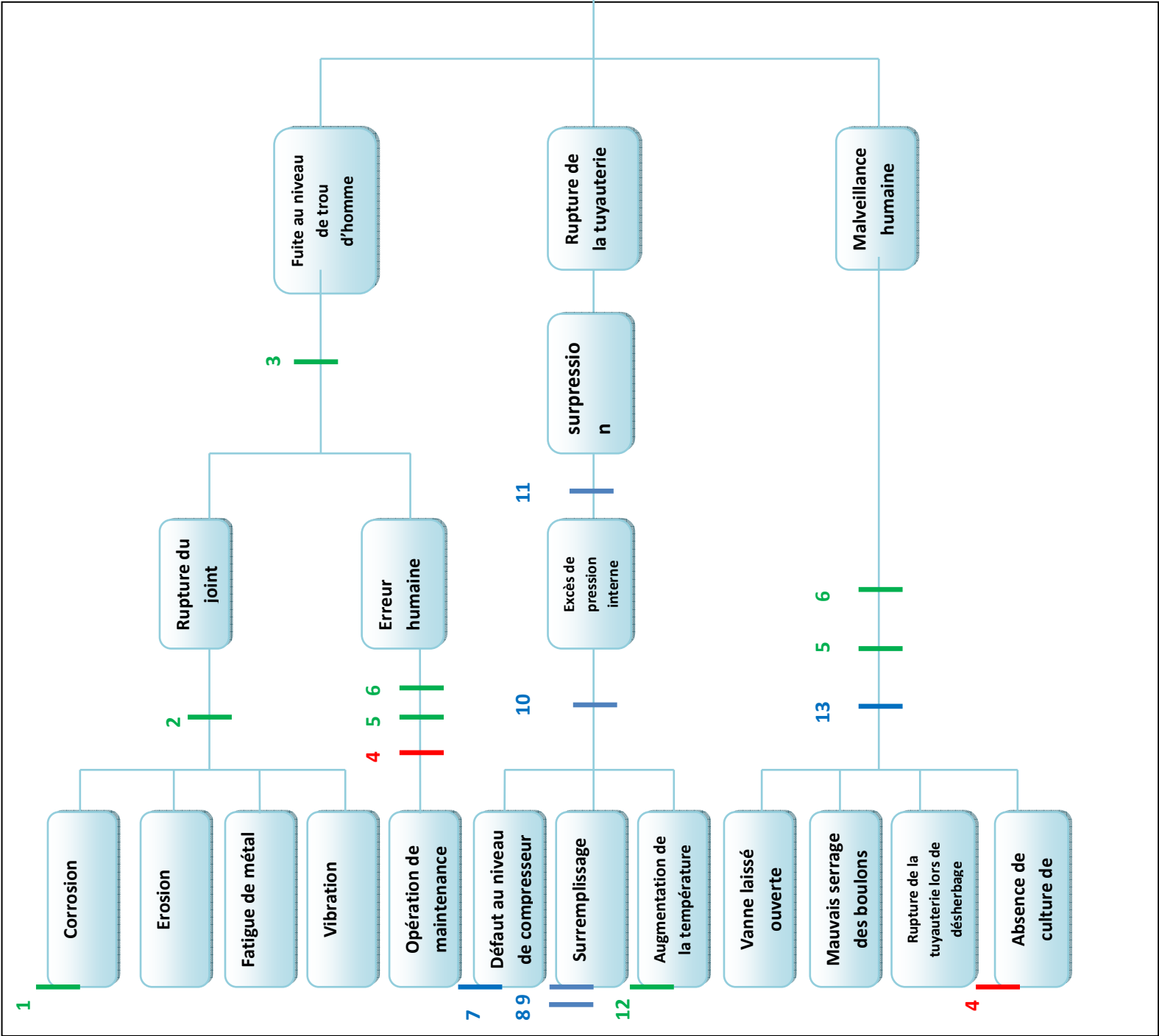
Commentaire : L'événement redouté central provoque l'apparition d'autres événements redoutés secondaire (formation d'une nappe et formation d'un nuage). Ces deux facteurs avec la présence de combustible et d'une source d'ignition peuvent engendrer des phénomènes dangereux comme le BLEVE ou UVCE et FLASH FIRE dont les conséquences peuvent toucher 3 cibles (la population, les installations et l'environnement).

Afin de maîtriser ces phénomènes des mesures de prévention et de sécurité préconisées ont été mises en place.









1 : Protection anti corrosion	6 : Formation et sensibilisation	11 : soupape de sécurité	16 : bassin de rétention	21 : plan d'intervention interne (PII)
2 : renforcement la Maintenance préventives	7 : supervision et contrôle des installations	12 : détecteur de température	17 : gicleur d'eau	22 : alarme
3 : Détecteur de gaz	8 : niveau très haut	13 : amélioration des conditions de travail	18 : lance à incendie fixe	23 : arrêt d'urgence
4 : Induction en culture de sécurité	9 : vanne doublé	14 : mise à la terre	19 : mur de sécurité	
5 : Procédure opératoire	10 : couronne d'arrosage et refroidissement	15 : matériels ATEX	20 : procédures d'évacuation	

La réduction des risques au maximum fut le souci majeur du constructeur à cause de l'événement redouté (explosion ou B.L.E.V.E chaud et froid) que présente le centre sur les personnes, les installations et l'environnement du essentiellement à la nature des produits et à leur quantité stockée d'où la nécessité de protéger les différents équipements (pipes, pomperie, sphères, ilots et réseau d'eau) par des équipements adéquats.

Cette protection a été conçue par rapport à la corrosion, la surpression, l'explosion, fuite de gaz de grande ampleur et l'incendie.

2. Les barrières de sécurité et de protection existantes :

a) Sphères :

1. Tirants :

Appelés aussi contreventements sont à l'état élastique assurent la stabilité de la rotation de la sphère contre les vents et le séisme (Forces verticales et horizontales)

2. Coupe feu :

Les supports pieds sont enrobés en béton ignifuge (réfractaire) pour qu'ils soient protégés d'un feu d'hydrocarbure (1200 C) qui peut faire perdre les caractéristiques mécaniques de la tubulure à partir de 600 C afin d'éviter par la même occasion l'effondrement de la sphère.

3. Thermostat :

Si la température du liquide atteint les 45°C point consigne, le thermostat fait déclencher le système d'arrosage pour diminuer la température du liquide.

4. Vanne hydraulique:

Installée sous la sphère en contact avec le collecteur de soutirage assure une protection contre une fuite de gaz d'une grande ampleur en cas de chute de l'installation.

5. Pressostat :

Dès que la pression (Incendie, présence du propane à l'intérieur de la sphère Butane, présence de l'azote ou de l'air) atteint les neuf (09) bars point consigne, à l'intérieur de la sphère butane et les 16,7 dans la sphère propane le pressostat agit sur la fermeture automatique des vannes de réception ou de transvasement et fait déclencher le système de refroidissement.

6. Soupapes de sureté :

Ouverture intempestive des soupapes, à dix (10) bar dans la sphère butane et 17,65 dans la sphère Propane et elles Projettent l'excès des gaz du à une surpression, vers l'atmosphère et protègent la capacité d'une éventuelle rupture.

7. Niveau très haut :

Si la hauteur du liquide arrive à un niveau très haut 14 mètres (Sphère Butane) et 13 mètres (Sphère Propane) l'instrument niveau très haut agit sur la fermeture de la vanne de réception.

8. Niveau bas :

Fermeture automatique des vannes d'aspiration et arrêt automatique des pompes afin d'empêcher l'arrivée de la phase gazeuse aux pompes.

9. Supports pieds :

Sont protégées contre la corrosion (Infiltration des eaux pluviales et humidité) grâce aux chapeaux chinois et vanne de purge.

b) Protection commune des installations.**■ Parafoudre :**

Au nombre de deux (02), est une protection pour les installations contre la décharge électrique de la foudre (100.000.000 de volts).

■ Système A.D.F :

C'est des coffrets électriques très étanches empêchent la pénétration des gaz.

■ Mises à la terre :

Evitent la concentration de l'électricité statique (Apparition des étincelles ou arc) créée par le frottement du liquide ou des gaz au métal pendant leur mouvement. La norme est de -1ohm.

■ Liaisons équipotentielle et tresses de continuité :

Est une liaison entre les deux brides, mise à cause de la présence du joint klingerite (Isolant), assure une fluidité du courant et empêche sa concentration.

■ Joint Klingerite :

Joint spécifique au G.P.L, mis entre les brides afin d'assurer une meilleure étanchéité et éviter les fuites de gaz.

■ Soupapes :

Placées au niveau des sphères, pipes, cigares et citernes.

c) Des Nouvelles protections :**■ Mortier :**

Composé de la roche vermiculite moulue et du ciment portland sert à protéger la tubulure des supports pieds d'un feu d'hydrocarbure (1200°C) pendant deux heures.

■ Résine :

Elle est appliquée aux surfaces des sphères et des pipes, les protège contre un feu d'hydrocarbure pendant deux heures.

■ Canalisation d'eau :

Une canalisation d'eau est introduite à l'intérieur de la sphère pour faire givrer le produit en cas de feu afin d'éviter le phénomène du B.L.E.V.E.

■ Génératrice de mousse :

Une génératrice de mousse a été installée au niveau de la sphère afin d'étaler un tapis de mousse au niveau de la cuvette de rétention en cas de fuite de gaz d'une grande ampleur et éviter la création d'une atmosphère explosive à cause de l'évaporation du produit.

■ Réseau d'eau :

- Soupape de décharge citée plus haut.
- Protection cathodique.
- Mise à la terre.

■ Système de détection

Le centre est doté de deux systèmes de détection :

- Détection gaz :

Installé en bas des sphères et des pomperies interne et celle du C.E 163, la hauteur du détecteur par rapport au sol est comprise entre 40 et 60 cm. Réagit en cas de fuite de gaz par rapport à la limite inférieure d'explosivité 1,9% pour le Butane et 2,2% pour le Propane. 20% pré-alarme, 60% alarme.

La fuite de gaz est signalée au niveau de la centrale de détection de la salle de contrôle (Signal sonore + lumineux).

- Détection feu :

Installé en haut de la pomperie interne et des ilots de chargement. Réagit à une température de 80 C° et fait déclencher le système d'arrosage.

L'incendie est signalé au niveau de la salle de contrôle (Signal sonore + lumineux).

d) Système d'intervention**■ Arrêt d'urgence :**

Se trouvent au niveau des différentes installations G.P.L (Pomperies transfert, réception, ilots de chargement et salle de contrôle). Actionner en cas de fuite de gaz, son action permet la fermeture automatique des vannes des pipes, des sphères et la mise à l'arrêt des pompes afin de diminuer de l'ampleur de la fuite.

■ Bris de glace :

Installés au niveau des sphères, des pomperies G.P.L et des ilots de chargement, reliés au système d'arrosage et de refroidissement. Utiliser en cas de sinistre l'agent doit briser la glace afin de faire déclencher le système d'arrosage et de refroidissement et donner l'alerte au niveau de la salle de contrôle (Signal sonore + allumage lumineux + délimitation de la zone du sinistre).

■ **Système d'alerte :**

Installés au niveau du bloc administratif (R.D.C et 1er étage) et poste de garde relié à la salle de contrôle, en cassant la glace il donne l'alerte et délimite la zone du sinistre.

■ **Salle de contrôle :**

Salle de commande de toutes les vannes automatiques se trouvant sur les différentes installations (Sphères, pompes G.P.L, réseau anti-incendie et ilots de chargement), reliées aux armoires électriques des tableaux synoptiques et schématiques centre et pompe transfert Blida.

■ **Les instruments de mesure et de protection (Thermostat, pressostat...) :**

Des différentes installations citées plus haut reliés aux boîtiers alarme procès G.P.L et incendie.

Les instruments de mesure et d'alarme technique (Niveau haut, très haut et niveau bas du liquide dans la sphère + thermostat et pressostat) tableaux schématiques et synoptiques procès G.P.L et incendie.

■ **Les instruments de mesure et de détection (Détecteur de gaz et de fumée) et d'intervention (Arrêt d'urgence et bris de glace) :**

Des différentes installations citées plus haut reliés au boîtier d'alarme d'incendie, au tableau synoptique et schématique de la salle de contrôle, la centrale de détection, du bureau de la sécurité et le boîtier sonore du poste de garde.

3 : Les barrières de sécurité proposé et à renforcer

Tableau 5 : barrières à renforcer

N°	Barrières	Fonction de sécurité assurée
01	Formation et sensibilisation	Renforcer les formations adéquates selon le besoin.
02	Inspection préventive	Renforcer les inspections par des agents qualifiés des procédures et des compte- rendus.
03	Maintenance préventive	Faire des formations de sécurité pour la cellule de maintenance
04	Protection contre corrosion	Renforcer la vérification habituelle aux zones corrosives (sprinkler)
05	Détecteurs de température	Assurer la fiabilité technique
06	Détecteurs de gaz	Assurer la fiabilité technique des détecteurs
07	Suivi et contrôle	Par des évaluations des compétences du personnel et la qualité des formations.

Tableau 6 : Barrières à proposer

N°	Barrières	Fonction
01	Induction en sécurité	Formation et sensibilisation en culture de sécurité.
02	Clôture et mur de sécurité	Pour protéger contre la propagation d'une catastrophe
03	déversoirs à mousse au niveau du bassin de rétention	Lutte contre feu
04	Les qualifiés pour la maintenance des appareils ATEX	Des operateurs qualifiés chargés de la maintenance des appareils ATEX à caractère explosible
05		

Conclusion

CONCLUSION

Ce travail présente les étapes d'analyse qualitative des risques, par la méthode « Nœud Papillon », afin de répondre aux exigences exprimées par la réglementation, appréhender les risques majeurs et tenter de cerner les principales lacunes du système de stockage des GPL présentée sur la sphère « SB1 » au niveau du centre vrac 165 / NAFTAL évidemment après une brève description de l'installation et de la zone de stockage des GPL ayant servi de référence tout au long de notre analyse.

Le principe consistait d'abord à identifier les scénarios d'accidents majeurs de l'installation, Ensuite placé les barrières de défense mise en place ou lé renforcé, ou bien proposé des nouvelles barrières, Afin de diminuer la probabilité d'apparition de l'évènement redouté central « ERC », fuite des GPL, et enfin la probabilité des risques majeurs de l'installation.

Cette analyse a montré que l'appui sur le concept des barrières de défense représente un principe fondateur de la sécurité industrielle.

Cette expérience nous a permis d'élargir nos connaissances dans le domaine de la sécurité

Recommandations

- Renforcer les alarmes de niveau très bas et de niveau très haut pour les Sphères de stockage
- Suivre régulièrement l'Inspection de tous les équipements de la sphère de stockage
- Respecter les procédures, instructions opératoires (procédures et suivi remplissage, Expédition, purge des sphères, nettoyage...),
- Assurer la formation et l'information des opérateurs pour connaître et maîtriser toutes les déviations qui peuvent survenir.
- Assurer et renforcer les exercices de simulation concernant le feu de nappe, des cuvettes
- Installer des déversoirs à mousse au niveau du bassin de rétention
- Assurer le nettoyage régulier et périodique des fonds des sphères.
- Assurer la disponibilité des moyens d'intervention au niveau des sphères.

Recommandations

- Renforcer les alarmes de niveau très bas et de niveau très haut pour les Sphères de stockage
- Suivre régulièrement l'Inspection de tous les équipements de la sphère de stockage
- Respecter les procédures, instructions opératoires (procédures et suivi remplissage, Expédition, purge des sphères, nettoyage...),
- Assurer la formation et l'information des opérateurs pour connaître et maîtriser toutes les déviations qui peuvent survenir.
- Assurer et renforcer les exercices de simulation concernant le feu de nappe, des cuvettes
- Installer des déversoirs à mousse au niveau du bassin de rétention
- Assurer le nettoyage régulier et périodique des fonds des sphères.
- Assurer la disponibilité des moyens d'intervention au niveau des sphères.

Bibliographie

Bibliographie

1. ENSPM-IFP training, 2008, « Risk Management (Management des Risques SHE) Sécurité des systèmes-analyse de risques – évaluation d'un niveau de risque ».
2. Guide Dépôts de Liquides Inflammables, Octobre 2008, « Guide de matière des risques technologiques dans les dépôts de liquides inflammables (Hors produits réchauffés, et hors stockages raffineries et usines pétrochimiques) ».
3. INERIS, 2004, « Développement d'une méthode intégrée d'analyse des risques pour la prévention des accidents majeurs ».
4. INERIS, 2004, « Analyse des risques et prévention des accidents majeurs ».
5. Journal officiel de la république algérienne, 1990, « Formation ».
6. Etudes de danger NAFTAL sidi Arcine.
7. Manuel opératoire NAFTAL centre vrac
8. Fiche technique du centre vrac 165
9. Site web www.inrs.fr