



République Algérienne Démocratique et Populaire



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université M'hamed Bougara-Boumerdes

جامعة أحمد بوقرة- بومرداس

Faculté des Sciences de l'Ingénieur

Département : Génie des procédés industriels

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de master

Spécialité : Hygiène et Sécurité Industrielles

Thème :

*Maitrise des risques liés aux stockages du GPL
au niveau des sphères
Centre emplisseur 151 Oued -Aïssi*

Préparé par :

- AMEURZAIMECHE Nachida
- CHAUCHE Fahima

Promoteur :

BENMOKHTAR Amine

Année universitaire : 2017-2018

ملخص

هدف هذا العمل هو السيطرة على المخاطر الرئيسية على مستوى مركز تعبئة الغاز المميع (بروبان-بوتان) وكذلك تحضير وتسويق مادة السير غاز الكائن بوادي عيسى ولاية تيزي وزو، وخاصة في العنود ذات الضغط E.S.P. هذه السيطرة تمثل احد الأولويات في تسيير الإخطار الصناعية عند هذا النوع من المؤسسات من أجل حماية الأشخاص و الممتلكات وللقيام بذلك تم تقسيم العمل الى جزئين مهمين :

الجزء الأول يتعلق بسياق مشروع وضع مراجعة نظرية حول الوصف العام لخطوات التحكم في المخاطر المتبعة في منهجية العمل وكذا أدوات تحليل المخاطر المستعملة في إطار هذا المشروع.

يتناول الجزء الثاني التحليل النقدي لدراسة الخطر التابعة للمؤسسة وبناءا على النتائج المتحصل عليها تم تطبيق طرق التحليل النوعية لتحديد المخاطر والكمية لتقدير وتيرة هذه الأخيرة، وبالإضافة إلى ذلك فقد وجد انه من الضروري استعمال كل من مختلف الطرق و تقنيات التحليل APR , HAZOP, ADD,ADE , NFEUD de papillon وكذلك البرامح فاست لتقدير شدة الاثار الانفجار كم يحدد هذا الجزء الأخير الخطوة الأكثر أهمية في طرق التحكم في الخطر الا وهي التدابير المقترحة ذات أصل تقني، هندسي وتنظيمي التي تم اقتراحها من اجل الحد من وتيرة وشدة الخطر الرئيسي

الكلمات المفتاحية: المخاطر الرئيسية، تحليل المخاطر APR,NFEUD PAPILION, BLEVE

ABSTRACT

This work is about the control of the major risks at the filling plant Oued-Aissi TIZI-OUZOU LPG storage center (propane, butane) and the manufacture of SIRGHAZ and the filling of LPG storage gas cylinders, this mastery represents the purpose of the industrial risk management process that will allow companies to preserve human life, protect goods and the environment while ensuring their sustainability because this management can be a source of profit and competitiveness.

This thesis is divided into two parts. Firstly, it provides a theoretical overview of the general context of the problematic related to the understanding of the risk management process, including the study of the risk management process. that describes the state of play at the (CE) level. In a second place, this project is to control the risks associated with the equipment under pressure and the implementation of a control procedure that can be used by civil protection services and the application of methods and techniques. analysis and assessment of major risks: (APR, HAZOP, etc.), Simulation of the phenomena, present on the site and thereafter master them by the establishment of means and measures as long as technical than organizational

Keywords: mastery of Major Hazards, Risk Analysis, APR,NFEUD PAPILION, BLEVE

Résumé :

Ce travail a comme objectif la maitrise des risques majeurs au niveau du Centre emplisseur Oued-Aissi centre de stockage du GPL (propane, butane) ainsi que la fabrication de SIRGHAZ et le remplissage des bouteilles a gaz stockage GPL, cette maitrise représente la finalité du processus de gestion des risques industriels qui permettra aux entreprises de préserver la vie humaine, de protéger les biens et l'environnement tout en assurant leurs pérennités car cette gestion peut être une source de profit et de compétitivité.

Le présent mémoire est composé en deux grandes parties, il s'agit dans un premier lieu, de dresser un rappel théorique du contexte général de la problématique liée à la compréhension de la démarche de gestion des risques, y compris l'étude de l'existant qui décrit l'état des lieux au niveau du (C.E). Dans un deuxième lieu, ce projet vise à la maitrise des risques associés aux équipements sous-pression et la

mise en place d'une démarche de contrôle qui peut être utilisée par les services de la protection civile et l'application des méthodes et des techniques d'analyses et d'évaluation des risques majeurs : (APR, HAZOP, ADD , ADE , Nœud de papillon, etc.), Simulation des phénomènes, présents sur le site et par la suite les maîtriser par la mise en place de moyens et de mesures tant que technique qu'organisationnel

Mots clés : Risques majeurs, Analyse des risques, APR, NŒUD PAPILLON, BLEVE .

Remerciement

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce à ALLAH le tout puissant, pour le courage et la patience qu'il nous a donné pour accomplir ce travail.

Nous souhaiterions adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Nos profonds remerciements s'adressent à notre encadreur ; Monsieur BEN MOUKHTAR Amin et qui est toujours montrés disponibles et à l'écoute tout au long de l'élaboration de ce mémoire. Votre compétence, votre encadrement, votre aide et le temps incommensurable que vous avez bien voulu nous consacrer ont toujours suscité notre profond respect. On vous remercie aussi pour votre accueil et vos conseils. Veuillez trouvez ici, l'expression de nos gratitude et notre grande estime.

Nos profondes gratitude et chaleureux remerciements s'orientent vers Monsieur BELAID houcine et DAID hamid les encadrant de HSE au sein de NAFTAL pour ses judicieux conseils et son support permanent, ainsi que tout le personnel du centre vrac 151 de Oued-Aissi qui ont su nous orienter par leurs conseils tout au long de ce travail.

À ma très chère mère, tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance.

À mes très chers frères Toufik, Nour-El-dine et Mourad et mes très chères sœurs Ghania, Linda et Razika les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous. Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité.

A ma famille qui ont tant souffert pour me voir réussir dans la vie.

Une pensée particulière est adressée à mon bras droit qui m'a apporté leur support moral et intellectuel tout au long de mon mémoire.

Enfin, on tient à remercier chaleureusement, tous nos proches amies Kamelia, Amira, Weddad, Sonia, Seltana, Saida, Imen. En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passé ensemble, et tous ceux qui, de près ou de loin, nous ont toujours soutenus et encouragés au cours de la réalisation de ce mémoire, pour leur confiance, leur support inestimable et leurs sollicitudes pour accomplir ce travail.

Enfin, tous nos proches, amis et tous ceux qui, de près ou de loin, nous ont toujours soutenus et encouragés au cours de la réalisation de ce mémoire, pour leur confiance, leur support inestimable et leurs sollicitudes.

À toutes ces personnes, nous présentons nos remerciements, notre respect et notre gratitude.

A mes frères Charaf et Nesr-el-dine et ma sœur Ferial qui ont toujours été là pour moi, qui m'ont toujours soutenue et ont su me redonner le sourire. Mes tantes, oncles, cousines, cousins

J'exprime ma profonde gratitude à mon fiancé Mouhamed, pour ces longues années de soutien inconditionnel

A mes parents en signe de reconnaissance pour m'avoir donné la vie et surtout la joie de vivre leurs conseils et bénédictions qui n'ont jamais fait défaut tout au long de mon éducation. Pour m'avoir protégée et encouragée durant toutes ces années, vous étiez toujours présents quand j'avais besoin de vous, je n'aurais pu achever ce travail sans votre générosité et votre affection. Recevez, Papa, Maman à travers ce travail, toute ma gratitude et mes profonds sentiments.

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Mes parents,

, Mes frères et sœurs

, Et à tous ceux que je garde dans mon coeur.

Ch. Fahima

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Mes parents,

, Mes frères et sœurs

, Et à tous ceux que je garde dans mon coeur.

A. Nachida

Liste des matières

Liste des figures.....	X
Liste des tableaux.....	XI
Liste des abréviations.....	XII
Introduction.....	1
Chapitre 1 : Mise en contexte, problématique et méthodologie	
1.1. Accidents en relation avec le stockage GPL (ARIA Analyse Recherche Information sur les Accidents)	2
1.2. Synthèse de ces accidents	7
1.2.1.1. Retour d’expérience sur les accidents impliquant des stockages de GPL	7
1.2.1.2. Accidentologie source BARPI (Bureau Analyse Risques et pollution Industriels) base de données ARIA (Analyse Recherche Information sur les Accidents)	8
1.2.1.3. Gravité des accidents	9
1.2.1.4. Causes des accidents.....	11
1.3. Problématique.....	11
1.4. Méthodologie.....	11
1.5. Présentation de l’entreprise	13
1.5.1. Naftal et son évolution en Algérie	13
1.5.2. Activités de NAFTAL :	14
1.5.3. District GPL Tizi Ouzou:.....	14
1.5.4. Centre emplisseur d’Oued Aissi.....	15
1.5.5. Equipements principaux (Principales caractéristiques)	16
1.5.6. Produit de centre et leurs caractéristique	19
1.5.6.1. Définitions et origines des GPL	19
1.5.6.2. Propriétés des GPL	19

Liste des matières

Chapitre 2 : Notions et outils d'analyse des risques

2.1.	Notions et concepts de base	20
2.1.1.	Notions de risque et de danger	20
2.1.2.	Classification des risques industriels	21
2.1.2.1.	Risque professionnel.....	22
2.1.2.2.	Risque majeur.....	22
2.1.3.	Concepts de sécurité	23
2.1.3.1.	Notion de sécurité.....	23
2.1.3.2.	Sécurité fonctionnelle	23
2.1.4.	Enjeu de la gestion des risques.....	23
2.1.5.	Processus de gestion des risques	24
2.1.5.1.	Analyse des risques :	25
2.1.5.2.	Evaluation des risques	26
2.1.5.3.	Maitrise des risques	27
2.1.5.4.	Suivi et révision.....	29
2.1.6.	Analogie entre la gestion des risques et la sécurité	30
2.2.	Outils d'analyse des risques	30
2.2.1.	L'Analyse Préliminaire des Risques / Dangers (APR/D).....	31
2.2.1.1.	Description de l'analyse préliminaire de risques	31
2.2.1.2.	Objectifs de l'analyse préliminaire de risques	32
2.2.1.3.	Application de l'analyse préliminaire de risques.....	32
2.2.1.4.	Principe de l'analyse préliminaire de risques	32
2.2.2.	HAZOP	33
2.2.2.1.	Historique et domaine d'application.....	33
2.2.2.2.	Objectif de la méthode HAZOP	33
2.2.2.3.	Principe	33
2.2.2.4.	Limites et avantages	34

Liste des matières

2.2.2.5.	Principe de la méthode HAZOP	35
2.2.2.6.	Mise en œuvre de la méthode	35
2.2.2.7.	Paramètres de fonctionnement et Mots clés	36
2.2.2.8.	Déroulement de la méthode HAZOP	36
2.2.3.	Arbre de défaillances (AdD)	37
2.2.3.1.	Principe	37
2.2.3.2.	Elaboration de l'AdD.....	37
2.2.4.	Arbre d'évènements (AdE)	38
2.2.4.1.	Présentation et Domaine d'Application.....	38
2.2.4.2.	Déroulement	39
2.2.5.	SADT	39
2.2.5.1.	Définition de SADT.....	39
2.2.5.2.	Définition des éléments représentés	40
2.2.5.3.	Objectifs de SADT	41
2.2.5.4.	Avantages de la méthode	42
2.2.5.5.	Principes de base	42
2.2.5.6.	Actigrammes – Datagrammes	43

Chapitre 3 : Application des méthodes d'analyse

3.1.	Identification du système critique	44
3.2.	SADT	45
3.3.	Analyse préliminaire de risque (APR).....	46
3.4.	Arbre de défaillance.....	51
3.5.	Hazop.....	52
3.6.	Arbre des événements.....	54

Liste des matières

Chapitre 4 : Simulation des effets et actions de maitrise

4.1	. Sélection du phénomène dangereux.....	55
4.2	Régimes d'explosion.....	58
4.3.1.	Théorie de la réduction des risque.....	66
4.3.2.	Barrière de sécurité.....	67
4.3.2.1.1.	Barrière technique de sécurité.....	67
4.3.2.1.2.	Barrière organisationnelle de sécurité.....	67
4.3.2.1.3.	Exemples de barrières.....	67
4.4.	Maitrise des risques.....	67
	Conclusion.....	67
	Référence bibliographique.....	69

Annexes

Annexe 1 : accidentologie liés aux stockages GPL ARI.....	71
Annexe 2 : Echelle de cotation de l'APR.....	74
Annexe 3 : APR centre emplisseur.....	75
Annexe4: HAZOP.....	76
Annexe 5: AdD.....	81
Annexe 6 : nœud papillion.....	82

Figure1- 1: répartition des phénomènes observés (ARIA)	7
Figure1- 2: causes entrainants des dégâts corporels (ARIA).....	8
Figure1 - 3 : processus méthodologie de l'étude	11
Figure1 - 4 : Sphères de GPL.....	12
Figure1- 5 : centre emplisseur d'oued-Assi.....	13
Figure1- 6 : centre emplisseur CE 151 Oued-Aissi.....	17
Figure2- 1 : courbe de farmer	21
Figure2- 2 : lien entre le danger et le risque	21
Figure2- 3 : processus de la gestion des risques	25
Figure2- 4 : processus de la maitrise des risques	27
Figure2- 5 : analyse cout-bénéfice	28
Figure2- 6: Prévention et protection-maitrise des risques	29
Figure2- 7 : Analogie entre la gestion des risques et la sécurité.....	30
Figure2- 8 : Schéma SADT	40
Figure2- 9 : fonction globale de la matière d'œuvre	41
Figure2- 10 : Actigramme	43
Figure2- 11 : datagramme.....	44
Figure2- 13 : Analyse fonctionnelle SADT	44
Figure3- 1 : SADT d'enfutage GPL.....	45
Figure3- 2: Sous système fonctionnels.....	45
Figure3- 3: SADT de stockage de GPL.....	46
Figure3- 4 : plans l'ensemble des zones a risque	48
Figure3- 5 : Identification des nœuds pour la HAZOP	53
Figure 4-1 : Température limite de surchauffe en fonction de la pression	56
Figure 4-2: Mécanisme de surchauffe d'une sphère de stockage	57
Figure 4-3 : Conséquences de la combustion du mélange gaz/air avec rayonnement intense.	57
Figure 4-4: Mécanisme de formation du BLEVE dû à un feu externe.....	58
Figure 4-5: Réservoir rempli d'un gaz liquéfié avec un ciel gazeux sous pression.....	59
Figure 4-6 : Différents ondes de pression.....	60
Figure 4-7 : Plan de masse.....	62
Figure 4-8 : Distances des Effets de surpression d'un BLEVE sur la sphère SB2.....	64
Figure 4-9 : Distances des Effets de surpression d'un BLEVE sur la sphère SB2	65
Figure 4-10: Cinq verbes d'accident pour la maitrise des risques	69
Figure 4-11 : L'AdD après les mesures de préventions	70

Tableau 1-1 : propriétés des GPL	18
Tableau 2- 1 : tableau de la méthode APR	32
Tableau 2- 2 : tableau de la méthode HAZOP	34
Tableau 2- 3 : Syntaxe de l'arbre de défaillance.....	38
Tableau 3- 1 : zone de risque.....	47
Tableau 3- 2 : répartition des risques dans la grille de criticité avant les mesures de préventions	49
Tableau 3- 3 : réparations de niveaux de risque avant les mesures de préventions	49
Tableau 3- 4 : répartition des risques dans la grille de criticité après les mesures de préventions	50
Tableau 3- 5 : Répartition des niveaux de risque après les mesures de préventions	50
Tableau 3- 6 : Niveau du risque par rapport aux systèmes	50
Tableau 3- 7: Pourcentage des dérives	53
Tableau 3- 8: Pourcentage des dérives inacceptable par apport aux paramètres	53
Tableau 4-1 : Seuils de surpression sur les infrastructures et les êtres humains	63
Tableau 4-2: Seuil de surpression donnée le logiciel PHAST.	64
Tableau 4-3 : Seuil de surpression donnée le logiciel PHAST	65
Tableau 4-4: Installation recensés dans le périmètre du premier cercle.....	66

Liste des abréviations

- ARIA	Analyse, Recherche et Information sur les Accidents
- AdD	Arbre de défaillance
- AdE	Arbre d'évènement
- APR	Analyse Préliminaire des risques
- BARPI	Bureau d'analyse des risques et pollution industrielles
- BLEVE	<i>Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion</i>
- CE	Centre emplisseur d'Oued-Aissi Tizzi-Ouzou
- DNV	<i>Det Norske Veritas</i>
- ENPC	Entreprise nationale de plastique et caoutchouc
- ED	Élément dangereux
- ERC	Évènement redouté centrale
- EDD	Étude De Danger
- EDRP	L'entreprise nationale de raffinage et distribution de produits pétroliers
- EHS	<i>Environmental Health and Safety</i>
- ENS	Évènement Non Souhaité
- ESP	Équipement sous pression
- GPL	<i>Gaz pétrole liquifier</i>
- HAZOP	<i>Hazard and Operability reviews</i>
- HLA	<i>High levels Alarm</i>
- LLA	<i>Low levels Alarm</i>
- ICI	<i>Imperial Chemical Industries</i>
- ICPE	Installation Classé pour la protection de l'environnement
- INRS	Institut national de recherche et de sécurité
- ISO	<i>International Organization for standardization</i>
- OHSAS	<i>Occupational Health and Safety Assessment Series</i>
- REX	Retour d'expérience
- PI	Indicateur de pression
- PHAST	<i>Process Hazard Analysis software tool</i>
- PID	<i>Piping and Instrumentation Diagram</i>
- SADT	<i>Structured Analysis and Design Technical</i>
- SDC	Sal de controle
- SD	Situation Dangereuse
- SS	Sous système
- TNT	<i>Tri Nitro Toluene</i>
- UIC	Union des Industriels Chimiques
- UVCE	<i>Unconfined Vapor Cloud Explosion</i>

Introduction

La sécurité industrielle est devenue une préoccupation mondiale, dans un monde de plus en plus dépendant de l'industrie. Flixborough, Seveso, Bhopal et Schweizerhalle: derrière ces noms et d'autres, autant de catastrophes industrielles qui ont conduit à dégager la notion d'accident majeur et à rechercher les moyens de prévenir ces accidents ou d'en limiter les conséquences s'ils devaient tout de même se produire car ces derniers engendrent des dégâts dévastateurs sur les biens, les personnes ou l'environnement.

Objectif de la gestion est la maîtrise des risques inacceptables par la mise en place de moyens et de mesures tant que technique et organisationnel et humaine afin de réduire leurs criticités à un niveau plus faible jugé raisonnable à atteindre.

L'Algérie ne fait pas exception à la règle, car la maîtrise des risques devient un volet incontournable. Cela découle de la prise de conscience des dommages causés par les catastrophes dont on en parle jusqu'à présent et qui ont marqués l'histoire de l'industrie pétrochimique.

Le retour d'expérience a démontré que les équipements sous pression posent de sérieux problèmes sécuritaires des installations industriels. Le CE 151 ne peut faire exception, la problématique posée quel seront les risques qui peuvent surgir au niveau de ces équipements sous pression, et l'objectif recherché est non seulement de rechercher les conséquences de ces risques mais aussi leurs causes.

Le présent travail comporte quatre chapitres dans lesquels nous allons détailler le travail effectué pour maîtriser les risques majeurs au niveau du centre emplisseur (CE) 151 Oued-Aissi.

Le premier chapitre est essentiel pour le cadrage du projet. Il comportera la problématique posée ainsi que les objectifs tracés pour la résoudre et la méthodologie suivie pour atteindre les objectifs, ainsi que la présentation du CE 151 oued Aissi Tizi-Ouzou, de ces différentes installations et activités, ainsi une description des équipements sous pression.

Le deuxième et troisième chapitre sont consacrés à la démarche conduite pour la maîtrise des risques majeurs et des outils adéquats pour son application (APR, HAZOP, AdD, AdE, Nœud papillon) et à l'application de ces mêmes méthodes d'analyse et aux résultats relevés de celle-ci, à cet effet, différentes bases de données ont été explorées telles que les techniques de l'ingénieur, INRS et Science direct.

Introduction

Tandis que le quatrième chapitre est consacré à la modélisation et simulations des effets de surpression et aux solutions adaptées pour la maîtrise des risques.

Les risques d'incendie et d'explosion sont présents dans la plupart des industries, mais le domaine le plus concerné par ces phénomènes est celui des industries pétrolières car c'est l'industrie qui est chargée de stocker, manipuler, transformer et distribuer de remarquables quantités de produits dangereux et extrêmement inflammable, ce qui peut causer des accidents graves et même catastrophiques avec des conséquences irréversibles et engendrer des dégâts humaines, matérielles et environnementales.

En Algérie, plusieurs centres emplisseurs (CE). Sont répartis sur tout le territoire national. Parmi ces centres, nous pouvons citer le centre d'Oued Assi - Tizi Ouzou qui est destiné à réceptionner, stocker et expédier du GPL (gaz pétrole liquéfié) commercial. Toute négligence et imprudence pendant la manipulation de ces produits n'est pas tolérée car elles peuvent conduire à une catastrophe. Pour cela, il faut prendre des mesures rigoureuses afin d'éviter des accidents graves.

1.1.1. Accidents en relation avec le stockage GPL- Analyse Recherche Information sur les Accidents (ARIA)

Dans le domaine de la sécurité le retour d'expérience (REX) a une grande place cela peut nous donner de bonne leçon dans le sens où ça nous permet de connaître les causes d'accidents et leurs conséquences et nous permet par la suite de mettre en place les mesures de sécurité pour cela d'accidents :

- 1^{er} Accident

Environ 2 kg de propane sont émis à l'atmosphère dans un centre emplisseur de GPL classé Seveso et dimensionné pour approvisionner en énergie la clientèle répartie sur l'ensemble du département.

Le déplacement d'un wagon en chargement entraîne l'arrachement du bras de chargement et provoque une fuite de gaz. Le wagon était attelé au poste P2 à un 2^{ème} wagon en fin de chargement au poste voisin PB. Le chargement de celui-ci terminé, le pompiste enlève les sabots du wagon ce qui entraîne le déplacement des 2 wagons de 10 m (sol en pente) et l'arrachement du bras de chargement du wagon au poste P2. Le bras côté poste de chargement est fermé par le clapet de rupture. Côté wagon, le bras est sectionné au niveau du filetage du clapet de rupture. Le clapet de fond du wagon se referme par contre pression limitant ainsi la fuite. Les détecteurs au niveau du poste ne se déclenchent pas en raison de la faible quantité de gaz rejeté et du vent diluant la nappe.

Cet incident relève le non fonctionnement de plusieurs barrières de sécurité (à la fois techniques et organisationnelles). Après une visite de l'inspection des installations classées,

plusieurs actions correctives sont demandées à l'exploitant: étude sur la faisabilité d'une remise en état du sol pour obtenir une déclivité nulle sur l'ensemble des postes de chargement, vérification qu'à tout moment 2 cales (ou sabots) soient présentes sur chaque poste de chargement de wagons et y soient repérées, vérification que le point de rupture des bras de chargement se trouve bien au niveau du clapet de rupture, sensibilisation des intervenants sur la nécessaire formalisation de la mise en place des moyens anti-tamponnement[1].

- 2^{em} accident

Une violente explosion et un incendie se produisent dans une usine à gaz, un établissement fabriquant du gaz manufacturé comportant également des activités induites de stockage, distribution de produits du site et de GPL venant de l'extérieur.

Au cours du dépotage d'un wagon-citerne de 45t de propane, un flexible (diam. 50 mm) se rompt au ras du manchon de raccord de la vanne du wagon et provoque une fuite estimée à 8kg/s. Un brouillard (gaz + gouttelettes de gaz liquéfié) se forme. Le vent (1 m/s) et la température de 25°C. 5 t seulement de produit avaient déjà été transférées au moment de l'accident. Le nuage blanc et épais empêche l'opérateur et 2 témoins à proximité d'intervenir. Le nuage s'enflamme au passage d'une locomotive, 4min plus tard. Ses 2 occupants, grièvement brûlés, décèderont de leurs brûlures.

L'inflammation du nuage entraîne l'allumage de plusieurs foyers, répartis sur plusieurs dizaines de m sous le vent. La police évacue les habitants dans un rayon de 200 m environ, notamment un groupe scolaire et un hospice. L'incendie menace les 2 cigares (100 m³ chacun), les 2 sphères (500 m³ chacune), les 2 gazomètres (10 000 m³ et 4 000 m³), un autre wagon de propane, les dépôts d'essence.

La fuite alimente l'incendie qui enveloppe le wagon à l'origine de l'accident. Malgré les efforts des secours, le wagon explose (BLEVE) 40' après la fuite.

Les dégâts sont importants : bornes de dépotage détruites, gazomètres en feu, calorifuge des sphères en partie arraché. La police étend la zone évacuée à 450 m.

Les équipes de secours en place sont déstabilisées (on compte 17 brûlés parmi les intervenants hospitalisés dans les 10 min) et ne reprennent leur lutte que 1h plus tard. Ils procèdent à : l'éloignement d'une citerne d'essence et du 2^{em} wagon, la fermeture des vannes, arrêtant l'alimentation de l'incendie. Les foyers sont éteints environ 4h30 après l'explosion. Le bilan s'établit à 2 morts et 49 blessés, 11 parmi le personnel, 18 parmi les pompiers dont 4 grièvement atteints, 23 parmi les passants et les riverains (brûlures, fractures, éclats de verre, amputation de phalanges). La distribution de gaz est interrompue pour 20000 abonnés. Environ 1100 déclarations de sinistres sont établies. Les dégâts importants se situent dans un wagon de 300 m autour du wagon, des endommagements moins sévères se situent dans un rayon de 500 m, quelques bris de vitres sont observés jusqu'à 1000m [2].

- 3^{em} accident

Un feu se déclare sur l'unité de distillation sous vide dans une raffinerie lors de son arrêt quinquennal. Cette unité se compose essentiellement d'une colonne de distillation ayant pour charge la fraction lourde issue de la distillation atmosphérique, et, en amont, d'un four alimenté au gaz mais pouvant brûler aussi les incondensables de la tête de colonne.

L'unité avait redémarré la veille, après réception des travaux, d'autres chantiers étant encore en cours sur le site. Une remise en chauffe avait été lancée dans la nuit, l'unité était en phase de montée en puissance. Vers 9h15, on observe une épaisse fumée noire à la cheminée (incendie dans le four), des flammes au niveau des trappes d'explosion qui s'ouvrent. Cette situation est précédée de coups de bélier dans les tuyauteries et d'une montée en pression dans la colonne dont les soupapes s'ouvrent : des hydrocarbures se répandent vers l'extérieur. Le sinistre est circonscrit par les équipes du site après avoir engagé les opérations suivantes : injection de vapeur dans le four, mise sous azote de la colonne, isolement des unités, mise en place d'un tapis de mousse autour de l'unité. Il n'y a pas de blessé. Les effets observés se limitent à une émission de poussières, et à celle d'hydrocarbures aux abords de la colonne et sur une petite partie de l'installation voisine ainsi qu'à la rupture d'une tuyauterie vapeur. Le personnel d'entreprises extérieures (1 000) travaillant sur le site est évacué mais l'activité reprend rapidement.

Après enquête, il s'avère que des indications erronées sur des indicateurs de niveaux ont entraîné un sur-remplissage de la colonne puis le retour de liquide dans le four par le circuit de mise sous vide (reflux des incondensables). Les constats sont les suivants : les niveaux locaux n'étaient pas lisibles, la chaîne associée aux niveaux de régulation du fond de colonne n'avait pas été complètement vérifiée (carte), la configuration du circuit notamment des niveaux de soutirage n'était pas correcte.

Un arrêté d'urgence subordonnant le redémarrage de l'unité à la remise d'un rapport détaillant les causes de l'accident est pris tout d'abord. Après examen des éléments fournis et inspection sur site, l'inspection des IC ne s'oppose plus au redémarrage de l'unité (30.04.2002). Les mesures envisagées par l'exploitant sont : présence permanente d'un instrumentiste, choix d'une configuration standard pour le redémarrage, suivi du bilan matière, surveillance par un opérateur [3].

- 4^{em} accident

Une très violente explosion a lieu à 13h20 dans une unité d'isomérisation des essences de la 3^{ème} raffinerie du pays (460 000 barils/j - 2 000 employés). Arrêté le 21/02 pour maintenance, le séparateur redémarre le 22/03 à 2 h. Les opérateurs introduisent une charge d'hydrocarbures très inflammables dans la colonne de séparation du raffinat. Le niveau de liquide en pied de colonne en exploitation normale avoisine 2 m. L'indicateur de niveau avec report en salle de contrôle (SdC) est conçu pour mesurer un niveau maximum de 3 m. Au-delà, l'opérateur en SdC ne connaît pas la hauteur réelle de produit. Une 1^{ère} alarme signale

un niveau haut, une 2^{ème} alarme redondante ne se déclenche pas. L'introduction de la charge est stoppée à 3h30, le niveau réel est alors de 4 m. Vers 9h50, les opérateurs mettent en circulation le liquide et effectuent un ajout dans la colonne déjà pleine. Les brûleurs du four sont allumés à 10 h alors que la hauteur de liquide dans la colonne est 20 fois supérieure au niveau normal (42 m) et que l'indicateur affiche le niveau 3 m en SdC. À 12h40, une alarme pression haute se déclenche, 2 brûleurs sont arrêtés.

La vanne de régulation de pression utilisée dans la procédure ne fonctionnant pas, un opérateur ouvre une vanne manuelle pour évacuer les gaz vers le réservoir de purge. Vers 13h, les opérateurs ouvrent une vanne en pied de colonne et évacuent les liquides vers les stockages. Mais ces liquides très chaud transitent par un échangeur réchauffant la charge alimentant la colonne dont la température dépasse 150 °C ; le liquide contenu est à sa température d'ébullition, son expansion accroît encore le niveau dans la colonne qui déborde dans les conduites verticales exerçant une forte pression sur les 3 soupapes 50 m plus bas. Les soupapes s'ouvrent à 13h14, le liquide s'écoule vers le réservoir de purge à l'autre extrémité de l'unité. Son alarme de niveau haut défectueuse, il se remplit et 28m³ de liquide sont éjectés par le conduit durant 2 min. Un nuage inflammable se forme et s'étend allumé à 13h20 par le moteur d'une camionnette située à 8 m du réservoir de purge initiant plusieurs explosions et incendies. La déflagration est ressentie à 8 km. Les flammes atteignent 20 m de haut, les fumées sont visibles à plusieurs km. L'exploitant installe des détecteurs et la population reste confinée pendant 2 h. Les pompiers maîtrisent le sinistre en 2 h. 15 sous-traitants participant à une réunion sur l'arrêt de cette unité dans des baraques de chantier à 140 m sont tuées et 180 blessés sont à déplorer. Les dégâts sont très importants dans l'unité et sur la zone de stockage où plus de 50 réservoirs sont endommagés et des immeubles proches atteints. L'enquête met en exergue la présence d'équipements de conception dépassée, le dysfonctionnement d'organes de sécurité, l'absence ou l'insuffisance de procédures, des erreurs commises par des opérateurs mal formés et fatigués et un niveau de sécurité du site entamé par des investissements insuffisants [4].

- 5^{ém} accident

Dans une raffinerie, un feu se déclare sur une unité de distillation atmosphérique. Il s'agit d'une fuite enflammée sur l'échappement d'une soupape de sécurité d'une colonne de stabilisation des essences (Débutaniseur). Cette dernière assure la séparation essences / gaz. Le POI est déclenché à 18h56.

Les moyens d'intervention de la raffinerie éteignent l'incendie à 19h49. Les pompiers publics alertés n'ont pas à intervenir. Le vent orienté Sud-est dissipe le nuage de fumées. Les eaux d'extinction sont collectées vers le traitement interne des eaux de la raffinerie. L'unité est arrêtée selon une procédure d'urgence. Les dégâts matériels sont limités ; le calorifuge de la colonne de distillation atmosphérique est dégradé et des câbles électriques sont brûlés. Les travaux de réfection sont réalisés conformément à l'API 579 : en particulier, la soupape de la

colonne de stabilisation est changée, celles de la distillation atmosphérique sont déposées et vérifiées.

L'unité de distillation atmosphérique avait été redémarrée depuis quelques jours. Le régime n'était pas totalement stable. Les pupitreurs et les opérateurs avaient rencontré, quelques heures avant l'incident, des difficultés sur le fonctionnement d'une pompe de la distillation sous vide. La colonne de stabilisation est rebouillie en pied par un échangeur sur lequel est installée la régulation de niveau de fond de colonne. À partir de 15h30, une dérive est apparue sur la mesure correspondante conduisant à la fermeture progressive puis complète de la vanne de fond et donc au remplissage de la colonne en essence. Un mélange d'essence et de gaz s'est donc écoulé par la soupape en tête, a ruisselé et s'est enflammé sur un point chaud situé en pied de colonne. Le front de flamme est remonté jusqu'à l'exutoire, créant une flamme au-dessus de la colonne principale de distillation atmosphérique. Le capteur de pression était asservi pour permettre la coupure de la chauffe et éviter une insuffisance de condensation en tête, cause habituelle des surpressions.

L'incident a mis en lumière la nécessité d'un nouvel asservissement du capteur sur le by-pass de la colonne, pour compléter le schéma de sécurité vis-à-vis du sur remplissage de colonne [5].

1.1.2. Synthèse de ces accidents

1.1.2.1. Retour d'expérience sur les accidents impliquant des stockages de GPL

Le retour d'expérience effectué sur les accidents permet de tirer plusieurs enseignements sur les risques majeurs (incendie, explosion, toxicité).

L'expérience et le risque sont deux notions liées par un mécanisme très naturel. En effet, l'identification du risque se fait généralement par un retour d'expérience issu de la mémoire des acteurs ou des différentes sources mises à leur disposition. Lorsqu'un risque est identifié, l'acteur analyse celui-ci et choisit une politique de maîtrise pour l'événement considéré.

L'interaction entre le retour d'expérience et le risque est forte car en milieu industriel, les décisions sur les risques doivent souvent être très argumentées et les coûts d'application généralement chiffrés. Il est donc nécessaire d'établir des indicateurs pour fournir aux décideurs les outils dont ils ont besoin pour prendre les bonnes décisions. Pour pouvoir construire ces indicateurs, la formalisation des processus de retour d'expérience et l'évaluation objective des risques est indispensable [6].

Parmi les principaux enseignements, nous pouvons retenir l'influence de la température et du mode de sollicitation (vitesse d'augmentation de la pression) sur le seuil de rupture d'une enceinte. D'après les tableaux ci-dessus, nous constatons que les risques présentés par le GPL

sont liés à leur transformation physique qui est définie par les conditions auxquelles ils sont soumis. Les risques sont donc:

- La formation de nuages de vapeur suite à leur évaporation facile dans les conditions ambiantes de pression lors d'une fuite à l'air libre ; c'est l'U.V.C.E. (Unconfined Vapour Cloud Explosion) ou feu de torche ;
- L'incendie, car ces produits sont inflammables et les vapeurs peuvent s'enflammer dans des conditions précises ;
- Phénomène d'épandage du GPL liquide sur le sol dans le cas d'un déversement important ;
- Le BLEVE chaud et froid (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) un type particulier d'explosion des stockages de gaz liquéfiés sous pression ;
- Du givrage par détente lors de l'évaporation instantanée (flashing) ;
- Bouchage interne par formation de glace lors de la présence d'eau ;
- Le jet enflammé: il s'agit d'un phénomène résultant de l'inflammation immédiate d'une fuite de gaz alimentée ;
- Feu de nappe, présence simultanée d'une nappe de liquide inflammable portée à une température supérieure à son point éclair et d'un point chaud (étincelle, flamme nue).

1.1.2.2. Accidentologie source BARPI (Bureau Analyse Risques et pollution Industriels) base de données ARIA (Analyse Recherche Information sur les Accidents)

Les accidents GPL concernant les opérations de chargement ou déchargement et le stockage sont présentés à partir des comptes rendus d'accidents G.P.L présentés en annexe et prévenant de la base de données **Analyse Recherche et Information sur les Accidents (ARIA)** du bureau d'analyse des risques et pollution industrielles(**BARPI**) du Ministre de l'aménagement du Territoire et de l'Environnement français , Direction de la Prévention de pollution et des Risques (service de l'Environnement Industriel).

L'analyse statistique des accidents survenus selon la base de données ARIA sur 247 événements dont la plupart proviennent du BARPI dans la période avant le 04-01-2016, a montré que la majorité des événements sont enregistrés sur **ESP des équipements sous pression** (cigare, sphères)et le dysfonctionnement de leurs équipements de sécurité et de régulation et de mesures et les phénomènes observés sont classes en quatre catégorie :

- ✓ Fuite en phase gazeuse sans inflammation ;
- ✓ Fuite en phase liquide (GPL) épandage du liquide sur le sol ;
- ✓ Incendie ou feu de torche ;

- ✓ BLEVE froid suivie d'un BLEVE chaud ;
- ✓ Explosion de gaz ou de vapeur UVCE suivi par un (BLEVE d'une capacité.

Il est à noter que les eux premières phénomènes peuvent être des événements précurseurs des deux dernières, nous remarquerons que les phénomènes principales qui caractérise les accidents lors de opérations des GPL est **lafuite**, suivie d'un allumage du nuageformé ce qui donne dans la majorité des cas à l'apparition d'effet de la surpression ou de boule de feu, les deux phénomènes incendie et explosion se sont que des phénomènes associés.

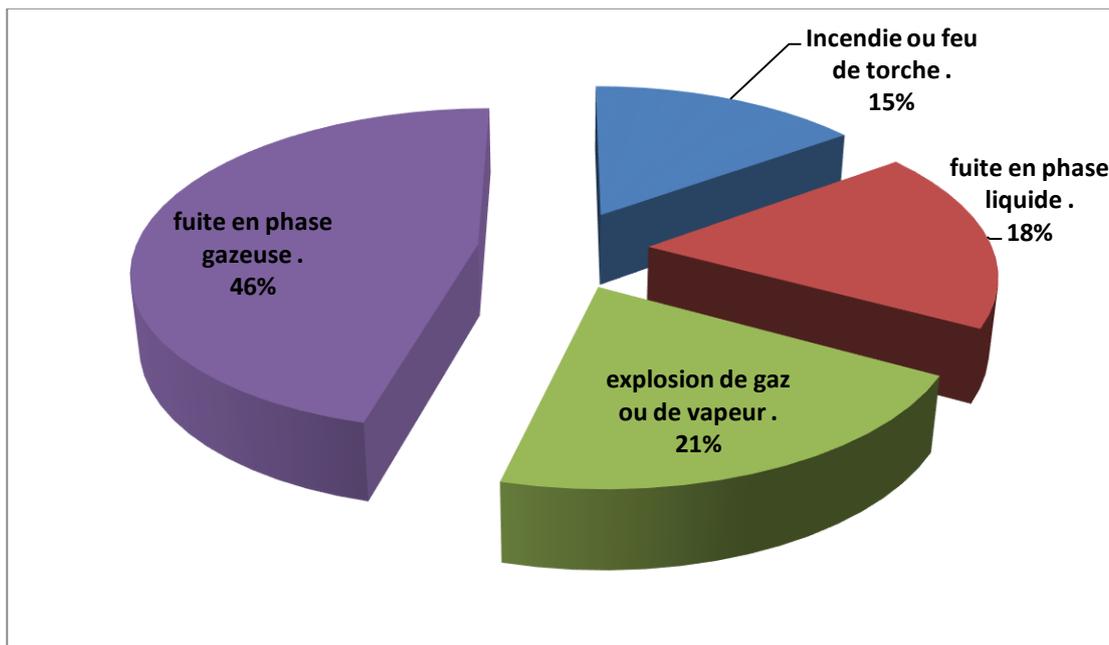


Figure1-1: répartition des phénomènes observés (ARIA)

- Gravité des accidents

À l'examen des données la gravite des accidents été appréciée de manière en deux classes :

- ✓ Accident n'entraînant pas de dommage corporel (dommage matériels).
- ✓ Accident ayant entraîné des dommages corporels (blessure ou la mort).

Dans 75% des cas, les accidents n'ont pas entraîné de dommages corporels, par contre les 25% des recensés et qui ont entraîné des dégâts corporels c'était les conséquences des phénomènes représentés dans la figure ci-après.

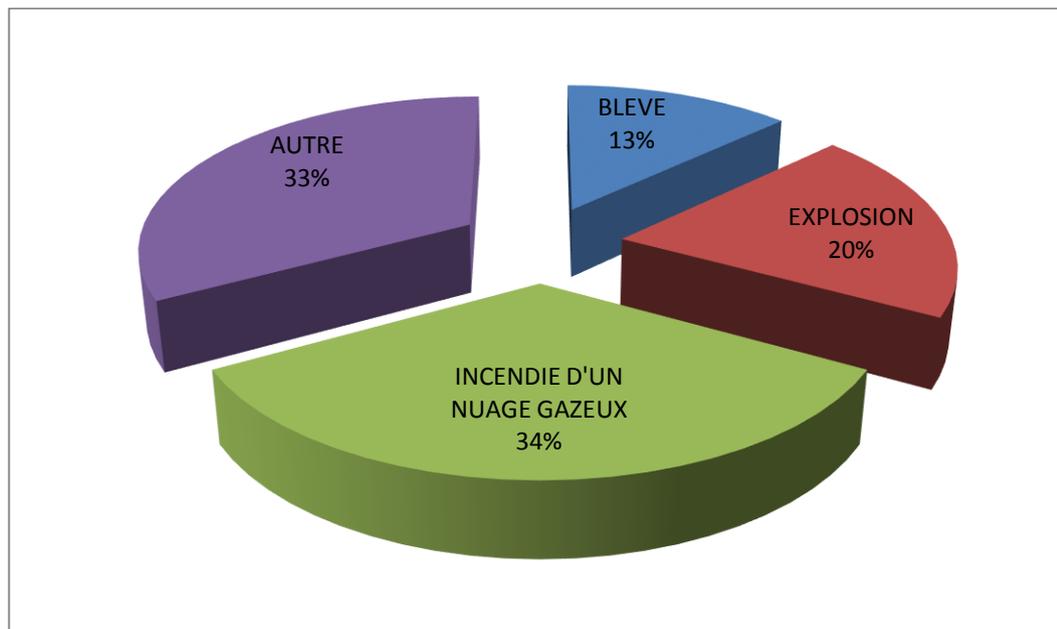


Figure1-2: causes entrainants des dégâts corporels (ARIA)

- Causes des accidents

Concernant les causes et circonstances des accidents présentés nous avons retenu quatre familles de causes et circonstances considérées à savoir :

- ✓ Erreur humaine (non-respect des consignes et manque de formation) ;
- ✓ Défaillance organe d'une capacité de stockage (citerne mobile, sphères, cigare ...) ;
- ✓ Défaillance organe de raccordement ;
- ✓ Rupture (joint, vanne, canalisation).

1.1.3. Problématique

Les établissements industriels déploient beaucoup d'efforts pour éviter des accidents, mais malgré cela, de nombreux accidents industriels se produisent dans le monde (SEVESO en Italie (1976), AZF à Toulouse (2001), etc....) causant plusieurs victimes et dégâts sur les biens et l'environnement. L'ampleur et la fréquence de ces accidents ont suscité des efforts supplémentaires des industriels afin de mieux maîtriser les risques.

De ce fait, une nouvelle contrainte réglementaire s'applique désormais aux industriels qui sont soumis à la réglementation des ICPE comme c'est le cas en Algérie. Ces derniers doivent en effet, justifier la performance des actions et moyens mis en œuvre pour maîtriser les risques majeurs.

Pour respecter cette réglementation, les industriels peuvent appliquer certaines normes de sécurité, en particulier pour justifier la gestion et la maîtrise des systèmes dédiés à la sécurité.

Le Centre d'Oued-Aissi Tizi-Ouzou de NAFTAL dispose d'un certain nombre d'installations complexes pouvant engendrer des accidents majeurs ayant des conséquences sur divers cibles humaines, matérielles et environnementales. C'est pour cela que le Centre d'Oued-Aissi est soumis à une autorisation d'exploitation ministérielle selon le décret exécutif n°06-198 définissant la réglementation applicable aux installations et établissements classés pour la protection de l'environnement.

En effet, le centre d'Oued-Aissi est un site à risque majeur à cause de sa capacité de stockage et de la nature de ses produits stockés (Butane, propane) qui sont très inflammables et très explosives.

L'étude de l'accidentologie liée à l'activité de stockage du GPL dans le monde et en Algérie nous a permis de tirer plusieurs enseignements, parmi les plus importants, nous pouvons retenir l'influence de la température et du mode de sollicitation (vitesse d'augmentation de la pression) sur le seuil de rupture d'une enceinte qui, une fois survenu, peut provoquer un dégagement de flux thermique et de surpression allant jusqu'à des centaines de mètres du lieu de rupture.

Vu le caractère majeur des accidents qui peuvent découler du centre d'Oued-Aissi et en tenant compte de l'environnement du site, nous sommes dans l'obligation **de vérifier l'efficacité de ses moyens de sécurité afin de les mettre à jour avec les nouvelles techniques des barrières de sécurité, la question qui se pose sommes-nous en sécurité ou pas au centre de Oued-Aissi ?**

1.1.4. Méthodologie

La méthodologie que nous avons adopté pour atteindre l'objectif général de cette étude, reprend parfaitement l'enchaînement du processus méthodologique de maîtrise des risques majeurs, en passant par les objectifs intermédiaires prédéfinis pour la conduite du projet, doit apporter des éléments de réponse à notre problématique.

✓ **Étape 1**

Cette étape définit le système sur lequel portera l'étude. Elle comprend :

- **Rex (cause, accidents, ER) :** C'est de connaître le Rex des accidents majeur dans le domaine de GPL dans le monde entier
- **Problématique de sécurité :** C'est de poser un problème de sécurité qu'on a dans le centre de Oued Aissi.

✓ **Étape 2 : identification de la zone critique**

Consiste à faire la décomposition de l'entreprise par zone pour faciliter l'analyse de risque de trouver la zone critique, nous allons utiliser une analyse APR (Analyse préliminaire des Risque). Cette méthode nous servira à déterminer les éléments critiques de notre système.

✓ **Étape 3 : Analyse des risques**

Cette étape consiste à faire d'analyse des risques dans sa globalité puisque c'est durant cette dernière que nous allons appliquer toutes les méthodes d'analyse qui permettent de compléter notre étude, et ce, dans le but d'arriver à faire ressortir tous les scénarios plausibles et susceptible de se produire.

- **APR** : faire une analyse APR sur toute les zone de cite pour trouve la zone critique.
- **SADT** : est présentée comme méthode de spécification fonctionnelle des systèmes qui entre dans le cadre du domaine de la sûreté de fonctionnement elle sera appliquée dans notre cas dans le but de d'écrire le système et le décomposer et définir ses principales fonctions ainsi les interactions entre elles.

✓ **Étape 4 : Analyse sur la zone critique**

- **Arbre de Défaillance (AdD)** : identification des combinaisons de causes qui pourraient être à l'origine d'un évènement non souhaité ;
- **Arbre d'Évènement (AdE)** : définition du type de phénomène qui peut se produire après l'échec ou le succès des barrières de sécurité ;
- **Nœud papillon** : le principal intérêt du nœud papillon est qu'il permet de visualiser l'ensemble des chemins conduisant des événements de base jusqu'à l'apparition des phénomènes dangereux, parmi les avantages de la « *Nœud de papillon* » est la mise en place des moyens de préventions et de protections peut alors être décidée pour diminuer la criticité des points faibles du système.

✓ **Étape 5 : modélisation et simulation des effets du phénomène dangereux** : Faire une simulation avec le logiciel PHAST.

✓ **Étape 6 : Mise en place des mesures de maîtrise des risques en termes de prévention et de protection** Réduction de risque par la mise en place des solutions.

Figure1-3 : Processus méthodologie de l'étude

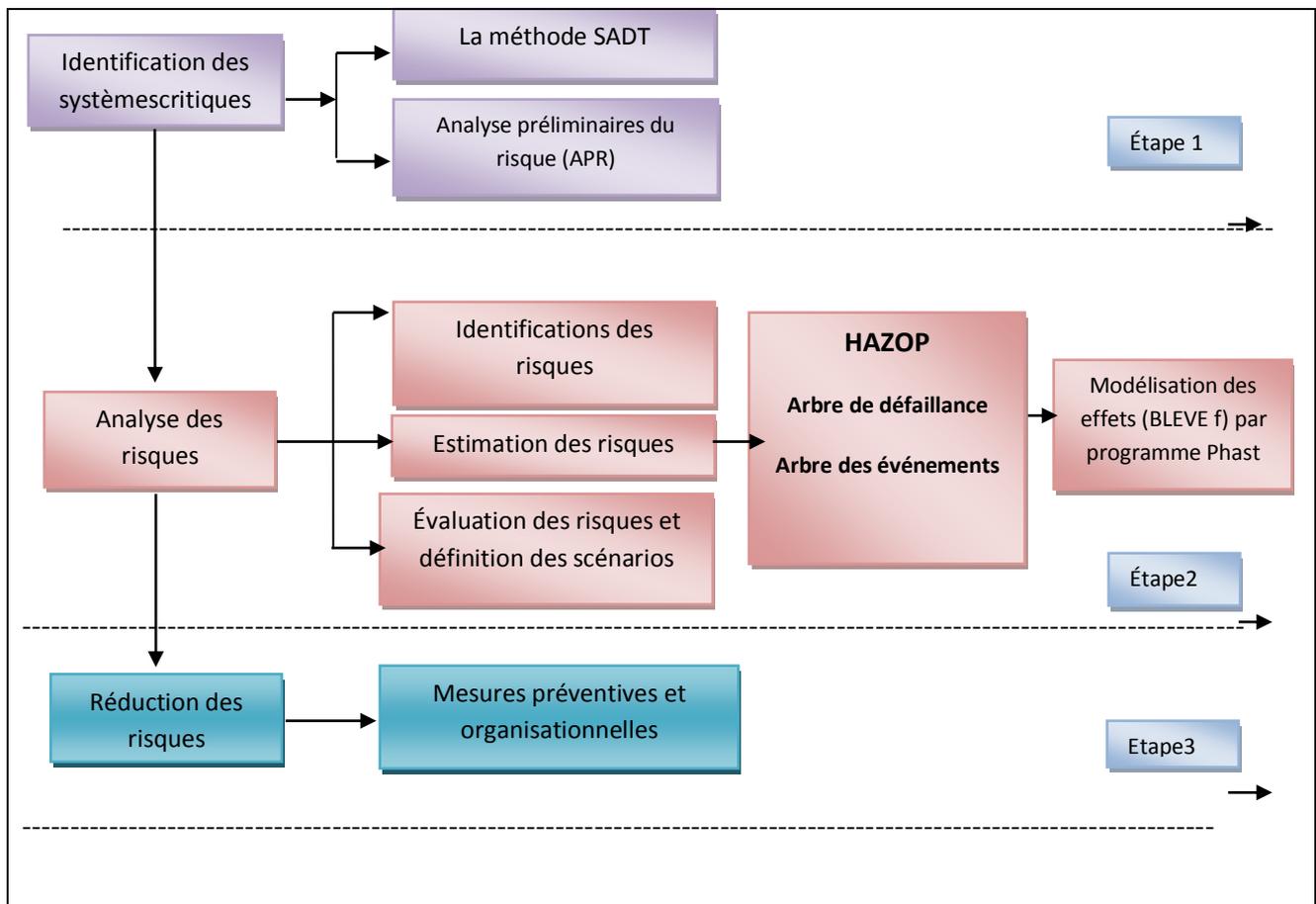


Figure1-4 : Processus méthodologie de l'étude

1.1.5. Présentation de l'entreprise

1.1.6. NAFTAL et son évolution en Algérie

NAFTAL est une entreprise algérienne, filiale à 100 % de SONATRACH. Elle est chargée de la distribution des produits pétroliers sur le marché algérien.

Naftal était chargée de l'industrie du raffinage des hydrocarbures liquides et de la distribution des produits raffinés sur le territoire national sous le nom de l'E.D.R.P (l'entreprise nationale de raffinage et de distribution de produits pétroliers) qui est entrée en activité le 1^{er} Janvier 1982. Un an après, le 06 Février 1983, L'E.D.R.P change de nom, elle est désormais nommée NAFTAL.

Le 25 Août 1987, par transfert de l'activité raffinage de NAFTAL de l'entreprise nationale de raffinage des produits pétroliers sous le sigle « NAFTEC », NAFTAL est désormais chargée de la commercialisation et de la distribution des produits pétroliers et dérivés. À partir de 1998 « NAFTAL » change de statut, et devient filiale à 100% de SONATRACH.

1.1.7. Activités de NAFTAL

NAFTAL a pour mission principale la distribution et commercialisation des produits pétroliers sur le marché national. Elle intervient dans les domaines suivants :

- L'enfûtage GPL ;
- La formation de bitumes ;
- La distribution, stockage et commercialisation des carburants, GPL, lubrifiants, bitumes, pneumatiques, GPL/carburant, produits spéciaux ;
- Transport des produits pétrolier.

Pour assurer la disponibilité des produits sur tout le territoire national, NAFTAL met à contribution plusieurs modes de transport :

- Le rail pour le ravitaillement des dépôts à partir des entrepôts ;
- Le capotage, pour l'approvisionnement des entrepôts à partir des raffineries ;
- La route pour livraison des clients et le ravitaillement des dépôts non desservis par les rails

1.1.8. District GPL Tizi Ouzou



Figure 1-5 : Sphères de GPL

C'est l'unité responsable de la distribution des produits pétroliers au niveau de la wilaya de Tizi Ouzou, son siège est situé à Thala Athmane à 15 Km au sud de la ville de Tizi Ouzou. L'objectif de cette unité est d'assurer la distribution, commercialisation des produits

pétroliers. Elle assure cette fonction à l'aide de ces infrastructures installées dans plusieurs localités de la wilaya comme suit :

- Siège de l'unité à Thala Athmane ;
- Centre emplisseur 151 de Oued Aissi ;
- Dépôt relais 152 de Tizirt ;
- Mini centre enfuteur 153 Freha ;
- Dépôt relais 154 Ouadhias ;
- Micro-centre emplisseur d'Ouadhias ;
- Dépôt relais 155 d'Ain El-Hammam.

1.1.9. Centre emplisseur d'Oued-Aissi



Figure1-6 : Centre emplisseur d'oued-Assi

Mit en service en 1975 et rénové en 2007, le centre 151 Oued-Assi a pour rôle de stocker, conditionner et distribuer les deux produits Butane et Propane.

L'approvisionnement du centre emplisseur en gaz G.P.L, se fait à partir de la raffinerie d'Alger par citernes et tracteurs.

Le remplissage du butane se fait dans des bouteilles B3 (3kg de butane), B6 (6kg de butane) et B13 (13kg de butane).

Le remplissage du propane se fait dans des bouteilles P35 (35 kg de propane) et P11 (11 kg de propane).

Le centre emplisseur Oued-Assi se compose de cinq sections :

- **Cellule sécurité** : Elle assure la sécurité du centre.

- **Section administration** : a pour rôle la gestion de stockage (facture, caisse), ainsi que la gestion du personnel.
- **Section entretien** : Elle s'occupe de la maintenance des installations fixes, et des matériels.
- **Section exploitation** : se charge du conditionnement du produit (propane, butane).
- **Section transport** : qui assure la distribution des produits et le ravitaillement par le biais de camion citernes de différentes capacités.

1.1.10. Équipements principaux (Principales caractéristiques)

a) Sphères butane

- sphères SB1, SB2, SB3 ;
- Volume 1000m³ ;
- Pression d'étude : 11.25 bar eff ;
- Pression de service : 2barseff.
- Pression d'ouverture des soupapes : 7.5 bar eff.

b) Cigare propane

- cigares CP1, CP2 ;
- Volume 150m³ ;
- Pression d'étude : 30 bar eff ;
- Pression d'ouverture des soupapes : 20 bar eff.
- Pression d'ouverture des soupapes : 7.5 bar eff.

c) Pompes GPL

- Pompes butane - propane
- pompes PS01 – PS06 ;
- Débit : 40 m³/h.

d) Compresseurs GPL

- compresseurs K01, K02, K03 ;
- Débit unitaire : environ 149 m³/h.

Sécurité des équipements

✓ **Compresseurs GPL** : ils sont protégés par :

- Indicateur de pression PI 01-02 pour chaque compresseur pour éviter un fonctionnement avec le compresseur isolé à l'aspiration ou au refoulement ;

- Deux Détecteur de gaz XAG 08 - 09 ;
- Deux Détecteur de flamme DF 06 -07.
- Relais thermique

✓ **Pompes GPL** : elles sont protégées par :

- Indicateur de pression PI 01-02 pour chaque pompes pour éviter un fonctionnement avec la pompe isolé à l'aspiration ou au refoulement ;
- Deux Détecteur de gaz XAG 09 - 10 ;
- Deux Détecteur de flamme DF 06 -07- 08.
- Relais thermique

La sphère vers laquelle le liquide est retourné est choisie par le jeu de vannes pour SB et CP.

✓ **Sphères** : sont équipées de :

- Indicateur et transmetteur de niveau LT01 qui lance un signal analogique sur le niveau vers la salle de contrôle
- Deux capteurs de températures transmetteur TT 01, 02 qui indiquent la température de la phase liquide qui lance une alarme au niveau de la salle de contrôle ;
- Indicateur de pression PT01 transmetteur qui lance un signal analogique vers la salle de contrôle sur la variation de la pression dans les sphères
- Manomètre de pression MP indique la pression dans les sphères
- Soupapes de sécurité Ss

✓ **Soupapes de ligne** : les soupapes installées sur les tuyauteries évacuent le surplus de pression.

✓ **Vannes différentielles** : permet le transfert du surplus de pression vers la tuyauterie de retour des sphères

✓ **Réseau anti-incendie** : Un réseau maillé alimenté par les pompes incendie P101, 102,103 permet de fournir de l'eau incendie :

- Aux couronnes d'arrosage des sphères ;
- Aux pulvérisateurs en pomperie GPL et aux ilots de chargement ;
- Aux divers canons à eau et bornes incendie.

Le réseau est maintenu sous pression par la pompe "JOKEY" PJ (soit une pression de 07 bar).

- ✓ **Refroidissement des sphères** : En cas de température extérieure élevée, les sphères peuvent être arrosées par ouverture des vannes VPM propres pour chaque sphère. Ces vannes sont commandées :

- Localement par commande manuelle.

- ✓ **Isolement des équipements, arrêt d'urgence**

- 1) Isolement des équipements :

Il est assuré par un système de distributeur hydraulique pour chaque sphère et cigare qui permet la fermeture des clapets, commandées à distance :

- 2) Arrêt d'urgence :

Un système de boutons poussoirs permet de :

Arrêter les pompes et compresseurs GPL.

- ✓ **Détection GAZ et incendie** :

- 1) Détecteur de gaz XAG

Ces détecteurs délivrent 3 seuils :

- Premier seuil : à 20% de concentration GPL/air suivi d'une pré-alarmer ;
- Deuxième seuil : à 30 % de concentration GPL/air suivi d'une alarme.
- Troisième seuil : à 40 % de concentration GPL /air suivi d'une alarme et arrêt d'urgence

Ils sont installés :

- Deux pour chaque sphère et cigare à proximité: XAG 01 -07;
- 2 en pomperie : XAG 08,09
- 4 en poste de dépotage

- 2) Détecteur d'incendie DF sont installés :

- aux postes de dépotage (4 détecteurs) ;
- en pomperie (3détecteurs).
- Un Pour chaque sphère, et un pour les deux cigares

Ces détecteurs délivrent des alarmes par zones et provoquent :

- Arrêt d'urgence de l'installation ;
- L'ouverture des vannes d'eau d'incendie correspondantes.

- ✓ **Bris de glace** : Un système d'alarme par „bris de glace“ ces bris sont installés :

- Dans la zone des sphères : un par sphère provoquant une alarme et arrêt d'urgence
- Dans la pomperie GPL provoquant une alarme et l'ouverture de la vanne incendie ;

- Dans le bâtiment administratif délivrant une alarme.



Figure1-7 : Centre emplisseur CE 151 Oued-Aissi

1.1.11. Produit de centre et leurs caractéristique

1.1.11.1. Définitions et origines des GPL

Les GPL est l'abréviation des : Gaz de Pétrole Liquéfié. Les GPL sont un mélange d'hydrocarbures légers (Butane et Propane) avec les formules chimiques C_4H_{10} et C_3H_8 respectivement pour le Butane et Propane stockés en état liquide et qui sont gazeux aux conditions normales de températures ($15^{\circ}C$) et de pression (1 bar).

Les GPL peuvent être d'origine de :

- Les champs pétroliers lors du traitement du pétrole brut, il est indispensable de séparer les gaz qui contiennent du Propane et Butane du pétrole brut ;
- Traitement du gaz naturel : par séparation des GPL du gaz naturel (Méthane) ;
- Raffinage : lors du raffinage des gaz, les GPL montent vers le haut pendant que les autres produits se déposent en bas ;
- Extraction du gaz naturel.

1.1.11.2. Propriétés des GPL

- Les GPL sont gazeux dans les conditions normales de température et de pression.
- 1L de Butane liquide égale 239L de gaz ;
- 1L de Propane liquide égale 270L de gaz ;
- Ont un pouvoir calorifique élevé et constant ;
- Inodore, incolore.

Tableau1-1 : propriétés des GPL

Propriétés	Butane	Propane
Formules chimiques	C ₄ H ₁₀	C ₃ H ₈
Point d'ébullition (°C)	0	-44
Masse volumique du liquide (Kg/m ³) à 15°C	585	515
Masse volumique du gaz (Kg/m ³) à 15°C	2.50	1.85
Limite d'inflammabilité dans l'air -inférieure -supérieure	1.8% 8.8%	2.4% 9.3%
Vitesse de propagation de la flamme	33cm/s	32cm/s
Température maximum de la flamme dans l'air	1 915°C	1 920°C
Température d'auto-inflammation dans l'air (mélange correspondant à une combustion complète)	525°C	535°C
Composition théorique des produits d'une combustion neutre (eau condensée) : -CO ₂ -N ₂	14% 86%	13.7% 86.3%
Équivalences 1L de gaz liquide	239L de Butane gazeux	270L de Propane gazeux
Pression de liquéfaction à 15°C (passage de l'état gazeux à l'état liquide)	1.5 bar	7.5 bar
Point de fusion	-138°C	-188°C
Densité relative cas d'un gaz (air=1)	2.1	1.5
Densité relative à liquide	0.6	0.58
Solubilité dans l'eau	88Mg/L	75 Mg/L
Masse moléculaire	58g/L	44.1g/L

Ce chapitre nous a permis de situer la problématique posée dans son contexte et d'exposer la méthodologie utilisée est de se proposer d'analyser les risques au CED'Oued-Aissi et d'examiner les moyens de maîtrise de ces derniers.

Le chapitre suivant sera consacré aux aspects théoriques entourant les méthodes et outils d'analyse et de maîtrise.

Actuellement les industries sont confrontées à des risques qui menacent leur pérennité et remettent en cause leurs objectifs. Devant ce défi, ils doivent défendre leur existence en instaurant une stratégie de gestion des risques et en mettant en place des méthodes d'analyse et d'évaluation de ces risques et ce pour se conformer à la réglementation et procéder à des investissements appropriés tout en assurant la protection de l'exploitant et des populations, garantir la préservation de l'environnement et fiabiliser leurs installations pour un fonctionnement en toute sécurité. De ce fait, le premier chapitre de notre rapport sera consacré d'abord à la définition des concepts de base relatifs aux notions de « Risque » et de « Danger » et ainsi ôter toute ambiguïté entre ces deux dernières. Ensuite nous développerons le processus et la méthodologie de gestion des risques ayant pour objectif leurs maîtrises et enfin nous allons expliciter quelques méthodes et outils, leurs classifications et leurs mises en œuvre individuelle ou conjointe [15].

2.1. Notions et concepts de base

2.1.1. Notions de risque et de danger

À l'origine de tout accident, il existe un risque, autrement dit un danger potentiel susceptible d'induire une situation plus ou moins grave et préjudiciable à l'environnement humain, biologique ou construit par l'homme. Au paragraphe précédent, nous avons employé les termes risque et danger, de ce fait, nous avons jugé nécessaire de les présenter afin supprimer toute confusion entre ces deux concepts. Les définitions du risque à deux dimensions sont assez proches, le risque est une mesure d'un danger associant une mesure de l'occurrence d'un événement indésirable et une mesure de ses effets ou ses conséquences. Et selon le référentiel OHSAS 18001, un risque est la combinaison de la probabilité et de la (des) conséquence(s) de la survenue. Cependant, des définitions existent et dans lesquelles apparaît une troisième dimension : l'acceptabilité du risque, seuil en dessous duquel on accepte l'existence du danger bien que sa gravité et sa probabilité d'occurrence ne soient pas nulles. D'où le risque peut être défini comme étant l'éventualité qu'un événement non souhaité se produit, ayant des dommages sur l'être humain, l'écosystème et les biens. Cette éventualité et ces dommages, sont respectivement caractérisés par une fréquence d'occurrence et une gravité des conséquences de cet événement redouté [15].

Les travaux de Farmer mettent en corrélation ces 2 critères "fréquence" et "gravité" pour caractériser un risque.

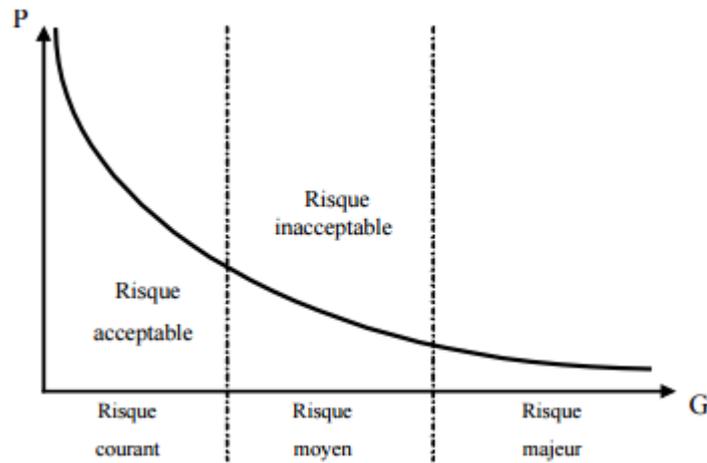


Figure 2- 1 : Courbe de farmer [16]

Aussi, le risque résulte de la combinaison d'un danger ou d'une situation dangereuse, difficilement modifiable, et de l'exposition à ce danger qui, elle, peut-être maîtrisable c'est à dire elle implique la combinaison d'un aléa et d'un enjeu :

- ✓ **Aléa** : événement, phénomène, danger ou probabilité d'un événement qui peut affecter notre environnement.
- ✓ **Enjeu** : personne, bien, équipement, environnement susceptibles de subir les conséquences de l'événement.

Donc, le risque est lié à la prise de décision qui a pour objet de soumettre une cible à un danger. Ce dernier est défini comme étant une source ou une situation pouvant nuire par blessure ou atteinte à la santé, dommage à la propriété et à l'environnement du lieu de travail ou une combinaison de ces éléments [16].

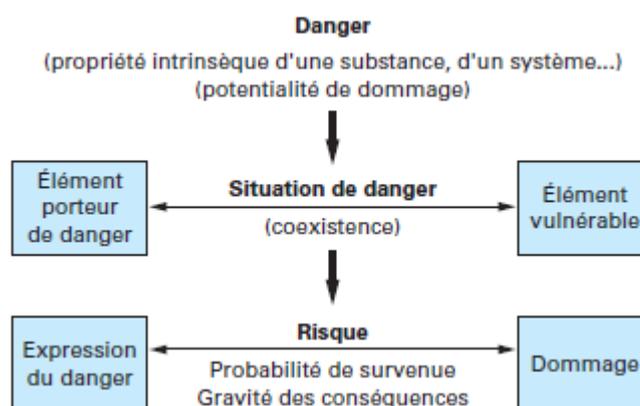


Figure 2- 2 : Lien entre le danger et le risque [15]

2.1.2. Classification des risques industriels

Dans la littérature, on trouve plusieurs classifications des risques. Une des classifications les plus répandues est de classer les risques en deux catégories ; les risques naturels et les risques liés à l'activité humaine. Généralement, lorsqu'un risque découle d'un phénomène naturel, on parle volontiers de catastrophes naturelles, mais lorsqu'il peut être provoqué par les hommes, alors on parle de risque technologique.

L'étude de notre cas est de se familiariser avec les risques technologiques, c'est-à-dire ceux émanant de l'activité humaine et plus précisément de l'activité industrielle.

Ainsi, le risque industriel se caractérise par un accident se produisant sur un site industriel et pouvant entraîner des conséquences graves pour le personnel, les populations, les biens, l'environnement ou le milieu naturel [17].

Selon la gravité et l'ampleur des accidents causés, deux grandes catégories de risques industriels ressortent :

2.1.2.1. Risque professionnel

Nous entendons par risques professionnels tous les risques à l'origine d'accidents de travail ou causant des maladies professionnelles ou à caractère professionnel, ils sont généralement classés en catégories qui sont reliées directement aux tâches connues, au contact avec certains produits dangereux et aux ambiances de travail, Cette catégorie de risques fait l'objet d'intérêt de la part des différents acteurs du domaine de la santé et de la sécurité (médecins du travail, psychologues, ingénieurs, etc.), et fait appel à de nombreuses disciplines (ergonomie, toxicologie, etc.). Il reste que ces risques gravitent autour d'un facteur très difficile à cerner qui est le comportement humain, qui à lui seul peut faire l'objet d'études approfondies. C'est pour cela que nous nous intéresserons par la suite aux risques majeurs [7].

2.1.2.2. Risque majeur

D'une manière générale, le risque majeur se caractérise par ses nombreuses victimes, un coût important de dégâts matériels, des impacts sur l'environnement. Le risque majeur est caractérisé par deux critères qui définissent sa fréquence et sa gravité :

- Une faible fréquence ;
- Une énorme gravité (nombreux morts et blessés).

Remarque : Un risque peut être accepté par un organisme en regard de ses obligations légales et de sa propre politique de santé et de sécurité au travail.

Selon [11], le risque acceptable est un risque accepté dans un contexte donné basé sur des valeurs courantes de notre société.

2.1.3. Concepts de sécurité

2.1.3.1. Notion de sécurité

Elle peut être définie par son contraire comme étant l'absence du risque inacceptable. Ce risque inacceptable est dû aux blessures ou atteintes à la santé des personnes, directement ou indirectement, résultant d'un dommage au matériel ou à l'environnement, la sécurité est l'aptitude d'une entité à éviter de faire apparaître, dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques [15].

2.1.3.2. Sécurité fonctionnelle

Suivant la norme IEC 61508 [IEC61508, 1998], la sécurité fonctionnelle est le sous-ensemble de la sécurité globale qui dépend du bon fonctionnement d'un système ou d'un équipement en réponse à ses entrées. La sécurité fonctionnelle veille donc à contrôler l'absence de risques inacceptables qui pourraient :

- ✓ Engendrer des blessures ;
- ✓ Porter atteinte, directement ou indirectement, à la santé des personnes ;
- ✓ Dégrader l'environnement ;
- ✓ Altérer la propriété.

La sécurité fonctionnelle couvre les produits ou systèmes mettant en œuvre des solutions de protection fondées sur diverses technologies :

- ✓ Mécanique, hydraulique, pneumatique, électrique, électronique, électronique programmable, optique, etc.;
- ✓ Ou toute combinaison de ces technologies [15].

2.1.4. Enjeu de la gestion des risques

Le risque zéro n'existe pas. Cette phrase, souvent utilisée suite à un accident ou une catastrophe, traduit une vérité statistique évidente. Néanmoins, l'essentiel n'est pas dans la phrase elle-même mais dans l'attitude qui l'accompagne car il faut maintenir une vigilance quotidienne et se doter d'outils de compréhension et de gestion qui va permettre de réduire efficacement les risques. C'est ce qui va permettre d'augmenter la disponibilité des ressources corporelles ou incorporelles, et donc leur contribution au compte d'exploitation de l'entreprise. Les enjeux de cette gestion sont les suivants :

- Compétitivité : Afin de faire face à la concurrence et de s'accaparer des marchés, l'entreprise doit prendre en compte l'ensemble des coûts ;
- Pérennité : C'est par l'identification des risques majeurs dont l'occurrence serait catastrophique pour l'entreprise et la mise en place d'un programme de réduction de ces risques et de financement de leurs conséquences éventuelles. Pour cela l'entreprise doit s'approprier la notion du diagnostic qui comporte deux volets :

- ✓ **Volet interne** : fait la synthèse des forces et faiblesses de l'entreprise
- ✓ **Volet externe** : cherche à cerner les opportunités et les menaces issues de l'environnement de l'entreprise.
- Image : Toute entreprise est exposée aux jugements de tous ceux avec qui elle est en relation, c'est pour cela qu'elle doit se faire apprécier et inspirer confiance car tout cela reflète son histoire, ses valeurs, sa dynamique et ses ambitions. Son impact est multiple : crédibilité, réputation, engagement, réussite...
- Source de profit : Traiter le risque n'est pas une fin en soi. Le plus important, c'est trouver l'optimum entre les coûts de traitement et le coût du risque. Le choix d'un programme de gestion des risques se fait donc selon deux critères :
 - ✓ **Un critère technique** : quels sont les instruments les plus efficaces pour traiter un risque, compte tenu de la nature de ce risque et de sa gravité présumée ?
 - ✓ **Un critère financier** : les instruments sélectionnés sont-ils d'un coût raisonnable par rapport à la criticité (fréquence x gravité) du risque ?
- Ainsi, la gestion des risques peut être une source de profit et de compétitivité aux entreprises c'est-à-dire qu'elles peuvent développer un avantage concurrentiel par la réduction des coûts dû aux accidents industriels engendrant des pertes financières, humaines et matériels considérables [15].

2.1.5. Processus de gestion des risques

La gestion des risques peut être définie comme l'ensemble des activités coordonnées en vue de réduire le risque à un niveau jugé tolérable ou acceptable. Cette définition, s'appuie ainsi sur un critère d'acceptabilité du risque. Elle permet donc de hiérarchiser les risques préalablement identifiés et évalués afin de savoir quels sont ceux qui nécessitent la mise en place de barrières qui consistent en un ensemble de moyens techniques et/ou organisationnels en vue de les maîtriser. Dans ce qui suit, nous allons aborder les différentes composantes du processus de gestion des risques qui sont résumés sur la figure 2-3 :

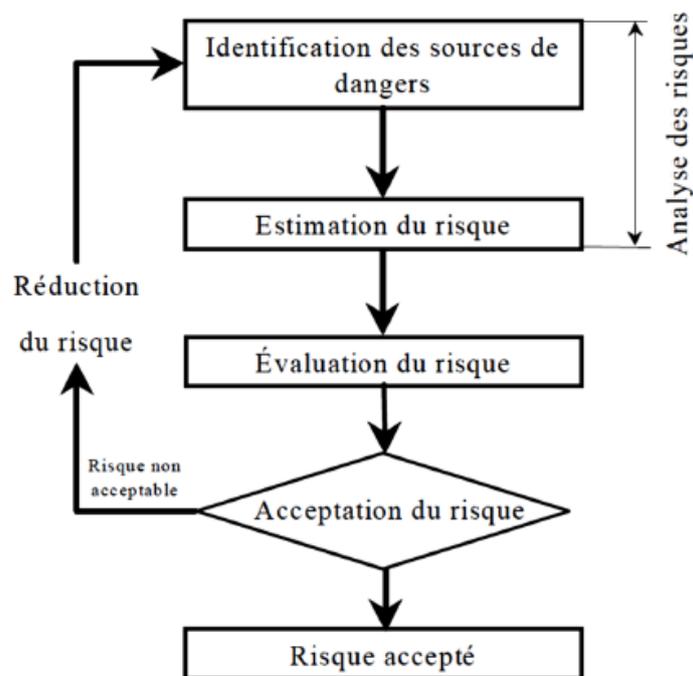


Figure 2- 3 : Processus de la gestion des risques [15]

2.1.5.1. Analyse des risques

L'analyse du risque est définie dans [11] comme « l'utilisation des informations disponibles pour identifier les phénomènes dangereux et estimer le risque ». C'est un processus de recherche, de reconnaissance et de description des risques qui comprend l'**identification** des sources de risque, des événements, de leurs causes et de leurs conséquences potentielles de façon systématique et permanente en vue de les **estimer**.

Il est notamment question de choisir un ou plusieurs outils pour mener l'analyse des risques et de retenir, si nécessaire, des échelles de cotation des risques et une grille de criticité.

- Identification des sources de dangers

L'analyse des risques vise tout d'abord à identifier les sources de dangers et les situations associées qui peuvent conduire à des dommages sur les personnes, l'environnement ou les biens.

Cette étape vise à collecter l'ensemble des informations pertinentes pour mener le travail d'analyse de façon efficace. Outre la description fonctionnelle de l'installation à étudier et de son environnement, il est indispensable d'avoir clairement identifié [9]:

- Les dangers associés aux installations ;
- Les risques d'agressions externes sur l'installation étudiée ;
- L'analyse des accidents survenus sur des installations similaires.

Elle peut faire appel à des données historiques (retour d'expérience), des analyses théoriques, des avis d'experts et autres personnes compétentes et tenir compte des besoins des parties prenantes.

À la fin des réseaux de cause à effet peuvent être élaboré pour définir les scénarios d'accident les plus plausibles [10].

- Estimation des risques

Consécutivement à cette identification, il s'agit d'estimer les risques en vue de les hiérarchiser et de pouvoir comparer ultérieurement ce niveau de risque à un niveau jugé acceptable [9].

L'estimation d'un risque se définit comme un : « Processus utilisé pour affecter des valeurs à la probabilité et aux conséquences d'un risque. L'estimation du risque peut considérer le coût, les avantages, les préoccupations des parties prenantes, et d'autres variables requises selon le cas pour l'évaluation du risque » [8].

Son estimation peut être effectuée de manière qualitative ou quantitative (tout dépend de l'outil de l'analyse) à partir :

- D'un niveau de probabilité que le l'événement non souhaité survienne ;
- D'un niveau de gravité des dommages.

$$\text{Risque} = \text{Probabilité} \times \text{Gravité}$$

Remarque : le terme « probabilité » peut être remplacé par fréquence qui est le nombre d'événements donnés par unité de temps. Bien entendu, l'acceptation de ce risque est subordonnée à la définition préalable de critères d'acceptabilité du risque. Ainsi, la finesse dans l'estimation du risque dépend en partie de ces critères.

2.1.5.2. Évaluation des risques

L'évaluation du risque désigne une procédure fondée sur l'analyse du risque pour décider si le risque tolérable est atteint [11]. Elle revient à comparer le niveau du risque estimé à un niveau jugé acceptable ou tolérable.

L'évaluation des risques est un processus permettant d'évaluer les risques pour garantir la sécurité. Cependant, il faut faire la différence entre les termes “**analyse des risques**”, où il s'agit simplement de **dépister** les risques, et “**évaluation des risques**”, évaluation qui permet de **classer** les risques selon un degré d'importance. L'évaluation des risques est un examen systématique de tous les aspects du travail [8].

L'évaluation des risques permet donc une meilleure organisation de l'entreprise, ce qui signifie un gain de productivité et une augmentation de la qualité.

Elle sert à établir:

- les possibilités d'élimination de dangers;
- les mesures de prévention ou de protection à mettre en place pour maîtriser les risques.

2.1.5.3. Maitrise des risques

Le traitement des risques est la dernière phase de la gestion des risques à proprement parler. Si l'identification est à juste titre considérée comme déterminante pour la qualité de l'analyse et l'évaluation comme la phase la plus difficile de mise en œuvre, le traitement des risques est vraisemblablement la phase la plus lourde de responsabilité pour les gestionnaires de risques [7].

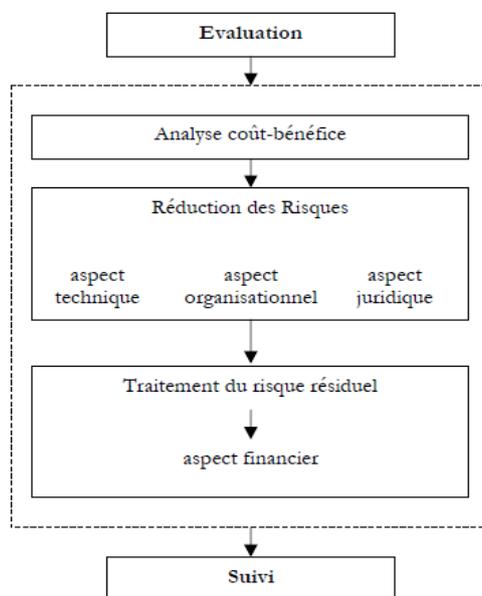


Figure 2- 4 : Processus de la maîtrise des risques [7]

La maîtrise des risques est un processus conduisant à évaluer et choisir l'une des différentes possibilités de réduction ou de transfert des risques. C'est d'une manière générale l'ensemble des actions de mise en œuvre des décisions de management du risque visant à les ramener sous le seuil d'acceptabilité. Elle peut impliquer la surveillance, la réévaluation et la mise en conformité avec les décisions [8].

L'objectif de la maîtrise des risques est de prévenir et de réduire les risques inacceptables par la mise en place de mesures de **prévention** ou de **protection** afin d'atteindre le niveau de sécurité souhaité. Les actions de prévention (sécurité primaire) sont prioritaires par rapport aux actions de protection (sécurité secondaire) ayant objectif de réduire les conséquences d'événements dommageables tandis que les premières ont pour but de limiter la possibilité de récurrence des événements redoutés.

La maîtrise des risques inacceptables nécessite l'engagement de moyens financiers, humains et techniques. Dans la plupart des situations, l'estimation de ces moyens repose sur l'analyse coût bénéfice [7].

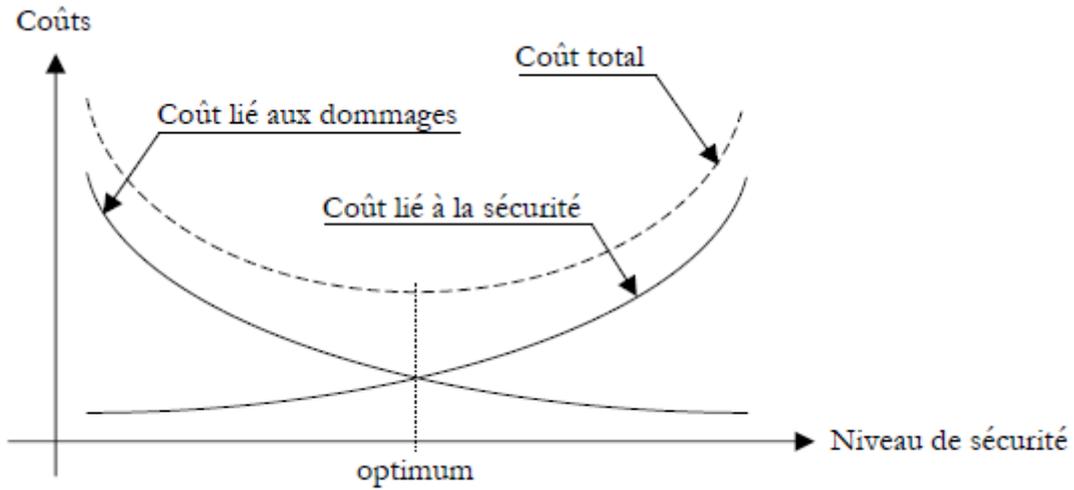


Figure 2- 5 : Analyse cout-bénéfice [7]

- **Réduction des risques**

C'est l'ensemble des actions entreprises en vue de diminuer la probabilité, les conséquences négatives (ou dommages), associées à un risque, ou les deux [8].

La réduction des risques et de leurs conséquences peut être opérée selon les aspects techniques, organisationnels et juridiques. Pour chacun de ces aspects, il convient d'identifier l'ensemble des moyens (prévention, protection, formation, consignes, etc.) permettant de ramener les risques à un niveau acceptable et donc supportable.

✓ **Aspect technique**

L'aspect technique est basé sur les concepts de prévention visant à réduire la probabilité de survenance d'un risque et de protection visant à diminuer la gravité d'un risque, mis en œuvre dans le cadre de plans d'actions

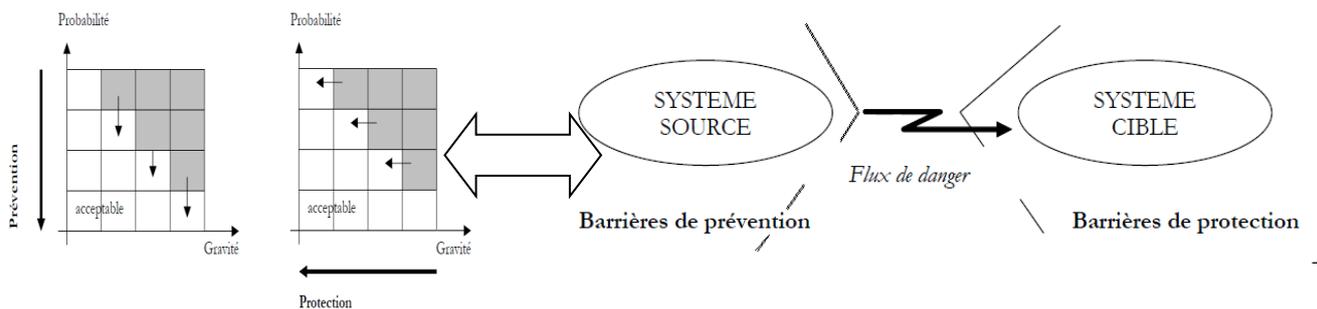


Figure 2- 6: Prévention et protection-maitrise des risques [7]

Les barrières de prévention et de protection agissent respectivement sur le système source et le système cible [8].

✓ **Aspect organisationnel**

L'aspect organisationnel de la maîtrise des risques consiste à élaborer différents programmes pour la sécurité et la sûreté de l'entreprise, en fonction de paramètres réglementaires, des risques identifiés et des aspects matériels et humains. Il repose sur les notions d'anticipation, de réactivité et de communication appliquées aux différents modes de fonctionnement de l'entreprise (situation normale, dégradée ou de crise) [8].

2.1.5.4. Suivi et révision

L'efficacité des mesures de réduction retenues en phase de traitement des risques est conditionnée par le suivi rigoureux de leur mise en œuvre et la continuité du processus de gestion des risques. Le maintien du niveau de maîtrise est assuré par l'information, la communication et la formation.

L'information et la communication ont une double vocation : sensibiliser l'ensemble des membres de l'organisation et développer une gestion des risques participative par une intégration du personnel et du public au processus de décision. La formation et l'entraînement sont nécessaires au maintien de qualification des unités opérationnelles chargées des moyens de gestion de crise.

Les contrôles de suivi et de niveau de maîtrise peuvent être assurés aussi par des actions ponctuelles telles que l'audit qui apporte un regard extérieur, ou bien par la mise en place d'indicateurs de suivi, sous la forme de tableaux de bord qui favorisent un suivi intégré à la politique de l'entreprise, mesurant l'évolution du niveau de risque, les efforts engagés, les résultats atteints [13].

Mais aussi, par la documentation et le REX liés aux risques qui s'inscrivent eux aussi dans un objectif de gestion et de capitalisation du patrimoine informationnel de l'entreprise. Il ne peut y avoir de gestion des risques en l'absence d'une gestion de l'information. La gestion de l'expérience, partie intégrante de la gestion des dangers, signifie :

- Conserver l'information en mémoire en organisant la collecte des données ;
- Aider à comprendre par le REX (analyse des événements et des actions) ;
- Utiliser l'expérience comme outil d'enseignement ou d'adaptation des anciennes solutions.

2.1.6. Analogie entre la gestion des risques et la sécurité

La sécurité est définie comme l'ensemble des mesures de prévention et de réaction mises en œuvre pour faire face à une situation d'exposition au risque, c'est-à-dire l'ensemble des conditions une fois réunis, font en sorte qu'une situation ne présente pas de risque

inacceptable. Aujourd'hui, les sujets d'étude de la sécurité sont liés à trois domaines concrets constitutifs du système : la matière et le matériel, l'environnement naturel et organisationnel, et l'homme seul ou en groupe. Afin de sécuriser ces domaines, il faut découvrir les problèmes et mettre au point des méthodes pour trouver des solutions.

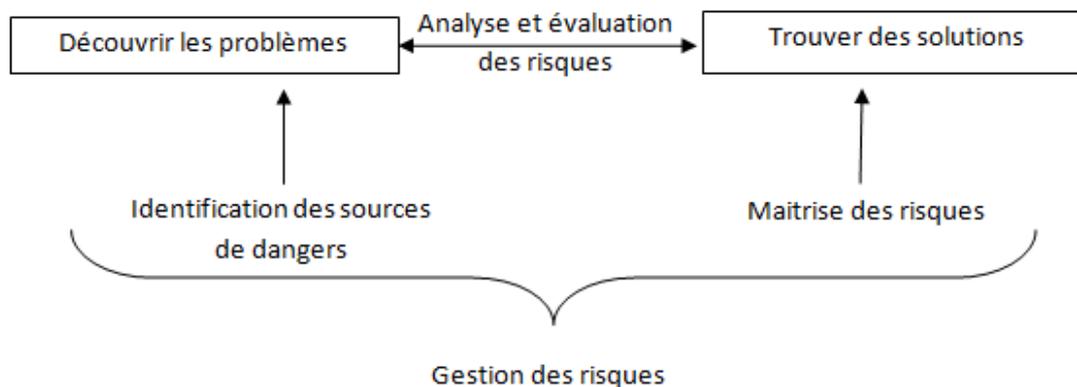


Figure 2- 7 : Analogie entre la gestion des risques et la sécurité [10]

De ce fait, la gestion des risques doit répondre avant tout à des exigences de sécurité, celle-ci est relative à la sécurité des biens et des personnes, à la protection de l'environnement et à l'amélioration des conditions de travail.

La maîtrise des risques est une exigence que toute organisation doit satisfaire, et pour cela, l'emploi de méthode et d'outils d'analyse des risques est primordial, de ce fait la prochaine étape sera dédiée à cet effet [10].

2.2. Outils d'analyse des risques

Aujourd'hui les méthodes d'analyse des risques connaissent un fort développement en nombre, ainsi qu'une spécialisation en fonction de leurs domaines d'application. Cette partie se veut illustrative des méthodes à employer en matière de gestion des risques décrits précédemment [10].

2.2.1. L'Analyse Préliminaire des Risques / Dangers (APR/D)

2.2.1.1. Description de l'analyse préliminaire de risques

Une analyse préliminaire de risque (APR) est une technique dérivée des exigences du « *U.S. Military Safety Program MIL-STD882D* ». Une analyse préliminaire de risque, dans l'industrie chimique par exemple, s'attarde aux substances dangereuses et aux procédés principaux de l'usine.

L'APR s'applique aussi à des systèmes et à des ouvrages n'utilisant pas de substances dangereuses. Elle comporte, dans ces cas, une identification des dangers par un processus systématique d'analyse y incluant une analyse détaillée du matériel et des logiciels, de l'environnement (dans lequel le système existe), ainsi que des utilisations et des applications anticipées.

L'APR est généralement réalisée tôt dans le développement d'un projet. À ce moment, peu d'information est disponible sur les détails de conception et, par exemple, sur les procédures d'exploitation et d'entretien. En conséquence, l'APR est souvent le précurseur d'autres analyses de dangers plus élaborées. C'est une méthode qui offre un bon rapport coût/bénéfice.

L'APR dresse une liste de dangers et de situations dangereuses typiques en considérant les caractéristiques suivantes de l'ouvrage :

- Matières premières, produits intermédiaires et finaux, et leur réactivité;
- Matériaux de construction utilisés;
- Équipements utilisés;
- Plan d'aménagement du site et des équipements;
- Environnement où se situe l'ouvrage;
- Activités d'exploitation de l'ouvrage (essais, entretien, activités humaines, etc.);
- Interfaces entre les diverses composantes du système.

Un (ou plusieurs) analyste(s) évalue(nt) l'importance des dangers applicables à l'ouvrage et assigne(nt) une cote de classification tenant compte de la probabilité et de la gravité de chaque situation de danger. Cette cotation est utilisée pour hiérarchiser les recommandations de l'équipe d'analystes visant l'amélioration de la situation [18].

2.2.1.2. Objectifs de l'analyse préliminaire de risques

L'APR, souvent utilisée pour évaluer les dangers au début de la vie d'un ouvrage, est appliquée lors des phases de conception ou de *R&D* et peut être très utile lors de la sélection d'un site pour son installation. Elle est aussi utilisée lors des phases préliminaires des projets pour effectuer les revues de conception avant le développement des plans et devis détaillés de l'ouvrage [18].

2.2.1.3. Application de l'analyse préliminaire de risques

Bien que la technique d'APR soit normalement utilisée dans les phases préliminaires de conception d'un système ou d'un ouvrage où peu d'information est disponible sur les risques potentiels, elle peut aussi être utilisée pour analyser les grandes installations déjà en

exploitation ou pour hiérarchiser les dangers lorsque les circonstances empêchent l'utilisation de techniques plus élaborées [18].

2.2.1.4. Principe de l'analyse préliminaire de risques

- Identifier des situations de dangers (fuites de matières dangereuses toxiques, explosion, incendie, affaissement de barrage, erreurs humaines, conditions climatiques extrêmes, séismes, pannes électriques, pandémie, etc.).
- Déterminer les causes et les conséquences d'une situation de dangers.
- Mettre en lumière les barrières de sécurité existantes de prévention et/ou de protection (c.-à-d. les mesures de traitement des risques) et proposer des améliorations au besoin [18].

Tableau2- 1 : Tableau de la méthode APR [18]

Zone	ID	Système	Événement redoutés	Causes	Conséquence	F	G	C	Mesure de prévention	F'	Mesure de protection	G'	C'	remarques	Propositions
------	----	---------	--------------------	--------	-------------	---	---	---	----------------------	----	----------------------	----	----	-----------	--------------

2.2.2. HAZOP

2.2.2.1. Historique et domaine d'application

La méthode HAZOP, pour *HAZardOPerability*, a été développée par la société *Imperial Chemical Industries* (ICI) au début des années 1970. Elle a depuis été adaptée dans différents secteurs d'activité. L'Union des Industries Chimiques (UIC) a publié en 1980 une version française de cette méthode dans son cahier de sécurité n°2 intitulé « Étude de sécurité sur schéma de circulation des fluides ». Considérant de manière systématique les dérives des paramètres d'une installation en vue d'en identifier les causes et les conséquences, cette méthode est particulièrement utile pour l'examen de systèmes thermo-hydrauliques, pour lesquels des paramètres comme le débit, la température, la pression, le niveau, la concentration... sont particulièrement importants pour la sécurité de l'installation. De par sa nature, cette méthode requiert notamment l'examen de schémas et plans de circulation des fluides ou schémas PID (*Piping and Instrumentation Diagram*) [19].

2.2.2.2. Objectif de la méthode HAZOP

- Recherche systématique des causes possibles de dérive de tous les paramètres de fonctionnement d'une installation ;

- Mise en évidence des principaux problèmes d'exploitation et d'entretien ;
- Étude des conséquences et risques éventuels liés à ces dérives ;
- Proposition des mesures correctives appropriées [19].

2.2.2.3. Principe

La méthode de type HAZOP est dédiée à l'analyse des risques des systèmes thermo hydrauliques pour lesquels il est primordial de maîtriser des paramètres comme la pression, la température, le débit... L'HAZOP suit une procédure assez semblable à celle proposée par l'AMDE. L'HAZOP ne considère plus des modes de défaillances mais les dérives potentielles (ou déviations) des principaux paramètres liés à l'exploitation de l'installation.

De ce fait, elle est centrée sur l'installation à la différence de l'AMDE qui est centré sur les composants. Pour chaque partie constitutive du système examiné (ligne ou maille), la génération (conceptuelle) des dérives est effectuée de manière systématique par la conjonction:

- de mots clés comme par exemple « Pas de » ; « Plus de » ; « Moins de » ; « Trop de »
- des paramètres associés au système étudié.

Des paramètres couramment rencontrés concernent la température, la pression, le débit, la concentration mais également le temps ou des opérations à effectuer.

Le groupe de travail doit ainsi s'attacher à déterminer les causes et les conséquences potentielles de chacune de ces dérives et à identifier les moyens existants permettant de détecter cette dérive, d'en prévenir l'occurrence ou d'en limiter les effets. Le cas échéant, le groupe de travail pourra proposer des mesures correctives à engager en vue de tendre vers plus de sécurité. À l'origine, l'HAZOP n'a pas été prévue pour procéder à une estimation de la probabilité d'occurrence des dérives ou de la gravité de leurs conséquences. Cet outil est donc parfois qualifié de qualitatif. Néanmoins, dans le domaine des risques accidentels majeurs, une estimation a priori de la probabilité et de la gravité des conséquences des dérives identifiées s'avère souvent nécessaire. Dans ce contexte, l'HAZOP doit donc être complété par une analyse de la criticité des risques sur les bases d'une technique quantitative simplifiée. Dans une première approche, une démarche semi-quantitative pourra être retenue. Cette adaptation semi-quantitative de l'HAZOP est d'ailleurs mentionnée dans la norme CEI : 61882 « Études de danger et d'exploitabilité (études HAZOP) - Guide d'application » [19].

2.2.2.4. Limites et avantages

L'HAZOP est un outil particulièrement efficace pour les systèmes thermo hydrauliques. Cette méthode présente tout comme l'AMDE un caractère systématique et méthodique. Considérant, de plus, simplement les dérives de paramètres de fonctionnement du système, elle évite entre autres de considérer, à l'instar de l'AMDE, tous les modes de

défaillances possibles pour chacun des composants du système. En revanche, l'HAZOP permet difficilement d'analyser les événements résultant de la combinaison simultanée de plusieurs défaillances. Par ailleurs, il est parfois difficile d'affecter un mot clé à une portion bien délimitée du système à étudier. Cela complique singulièrement l'identification exhaustive des causes potentielles d'une dérive. En effet, les systèmes étudiés sont souvent composés de parties interconnectées si bien qu'une dérive survenant dans une ligne ou maille peut avoir des conséquences ou à l'inverse des causes dans une maille voisine et inversement. Bien entendu, il est possible a priori de reporter les implications d'une dérive d'une partie à une autre du système. Toutefois, cette tâche peut rapidement s'avérer complexe [19].

Tableau 2- 2 : tableau de la méthode HAZOP [19]

Unité :							
Système :							
État d'activités	Mots-clés	paramètres	Causes	conséquences	Sécurité/dét ection	Actions correctives	Observatio ns

2.2.2.5. Principe de la méthode HAZOP

La méthode de type HAZOP dédiée à l'analyse des risques des systèmes thermo-hydrauliques pour les quels il est primordial de maîtriser des paramètres comme la pression, la température, le débit...

L'HAZOP suit une procédure assez semblable à celle proposée par l'AMDE. Cette méthode ne considère plus des modes de défaillances mais les dérives potentielles (ou déviations) des principaux paramètres liés à l'exploitation de l'installation. De ce fait, elle est centrée sur l'installation à la différence de l'AMDE qui est centrée sur les composants.

Pour chaque partie constituée du système examiné (ligne ou maille), la génération (conceptuelle) des dérives sont effectuées de manière systématique par la conjonction:

- ✓ De **mot-clé** comme par exemple « Pas de », « Plus de », « Moins de », « Trop de ».
- ✓ Des **paramètres** associés au système étudié. Ces paramètres couramment rencontré concernent la température, la pression, le débit, la concentration, mais également le temps ou des opérations à effectuer.

Mot-clé + Paramètre = Dérive

Le groupe de travail doit ainsi s'attacher à déterminer les causes et les conséquences potentielles de chacune de ces dérives et à identifier les moyens existants permettant de détecter cette dérive, d'en prévenir l'occurrence ou d'en limiter les effets.

.Le cas échéant, le groupe de travail pourra proposer des mesures correctives à engager en vue de tendre vers plus de sécurité [19].

2.2.2.6. Mise en œuvre de la méthode

- Constituer : une équipe pluridisciplinaire ;
- Préparer les documents nécessaires;
- Plan de circulation des fluides (PCF, PID), autres documents préparatoires (éléments caractéristiques des capacités, des pompes,...);
- Découper l'installation en systèmes géographique-fonctionnels aussi simples, et homogènes que possible;
- Faire une hypothèse de dérive, pour chaque système, en combinant [19].

2.2.2.7. Paramètres de fonctionnement et Mots clés

- Rechercher les causes possibles de dérive ;
- Déterminer les conséquences ;
- Établir si nécessaire une semi-quantification du risque (probabilité, gravité)
- Apporter les mesures compensatoires nécessaires : prévention, détection, protection ;
- Vérifier que la mesure corrective n'apporte pas de risque nouveau [19].

2.2.2.8. Déroulement de la méthode HAZOP

Le déroulement d'une étude HAZOP est sensiblement similaire à celui d'une AMDE. Il convient pour mener l'analyse de suivre les étapes suivantes :

1. Dans un premier temps, choisir une ligne ou de la maille. Elle englobe généralement un équipement et ses connexions, l'ensemble réalisant une fonction dans le procédé identifiée au cours de la description fonctionnelle ;
2. Choisir un paramètre de fonctionnement ;
3. Retenir un mot-clé et générer une dérive ;
4. Vérifier que la dérive est crédible. Si oui, passer au point 5, sinon revenir au point 3 ;
5. Identifier les causes et les conséquences potentielles de cette dérive ;
6. Examiner les moyens visant à détecter cette dérive ainsi que ceux prévus pour en prévenir l'occurrence ou en limiter les effets ;
7. Proposer, le cas échéant, des recommandations et améliorations ;
8. Retenir un nouveau mot-clé pour le même paramètre et reprendre l'analyse au point 3) ;
9. Lorsque tous le mot-clé ont été considérés, retenir un nouveau paramètre et reprendre l'analyse au point 2) ;

10. Lorsque toutes les phases de fonctionnement ont été envisagées, retenir une nouvelle ligne et reprendre l'analyse au point 1). La démarche présentée ici est globalement cohérente avec la démarche présentée dans la norme CEI : 61882 « Études de danger et d'exploitabilité (études HAZOP) - Guide d'application ». Notons de plus que, dans le domaine des risques accidentels, il est souvent nécessaire de procéder à une estimation de la criticité des dérives identifiées. Enfin, comme le précise la norme CEI : 61882, il est également possible de dérouler l'HAZOP, en envisageant en premier lieu un mot-clé puis de lui affecter systématiquement les paramètres identifiés. Tout comme pour l'APR et l'AMDEC présentées dans les paragraphes précédents, un tableau de synthèse (Tableau 2- 3) se révèle souvent utile pour guider la réflexion et collecter les résultats des discussions menées au sein du groupe de travail... [19]

2.2.3. Arbre de défaillances (AdD)

2.2.3.1. Principe

L'analyse par arbre de défaillance est une méthode de type déductif. En effet l'arbre de défaillance modélise l'ensemble des combinaisons d'événements et de conditions qui peuvent aboutir à un événement sommet (événement redouté). Il inclut tous les arbres de causes possibles. Les liens entre les différents événements identifiés sont des fonctions logiques (« ET », « OU »), la probabilité de l'événement " sommet " se déduit par algèbre booléenne des probabilités des événements de base qui sont susceptibles d'être à l'origine de l'événement redouté.

- **Événement Redouté** : Avant d'élaborer un arbre de défaillance, il est primordial et indispensable de définir un événement redouté. Il est considéré comme étant un événement indésirable pour lequel on fait l'étude de toutes les causes qui y conduisent. La construction de l'AdD est d'autant plus simple que l'événement redouté soit défini d'une manière précise. C'est la raison pour laquelle il est recommandé d'utiliser au préalable des méthodes inductives définies auparavant (APR, AMDEC, HAZOP) afin d'identifier d'une manière systématique les événements redoutés qui feront l'objet d'analyse plus approfondie par l'arbre de défaillance [20].

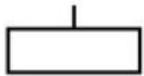
2.2.3.2. Élaboration de l'AdD

La construction d'un arbre de défaillance est une démarche systématique, elle commence par sélectionner un événement qualifié d'indésirable dont on veut représenter les scénarios de survenue.

Après, on se pose la question " quels événements ou combinaisons d'événements et de conditions pourraient produire cet événement redouté ? ". On représente donc, avec des connecteurs ou portes logiques (voir tableau 3-3), les réponses trouvées. Puis on réitère : on se

demande comment peuvent se produire ces événements qui, combinés de certaines façons, peuvent produire l'événement qui nous intéresse et ainsi de suite. On arrête de décomposer chaque fois qu'on arrive à des événements dont on connaît bien le cas où la fréquence d'apparition ou il s'agit des événements de base dont le développement ne sera plus possible. Cette représentation permet de déduire la probabilité de l'événement redouté "sommet" et les probabilités des événements de base sur lesquels la décomposition s'est arrêtée [20].

Tableau 2- 4 : Syntaxe de l'arbre de défaillance [20]

Événement / report	Dénomination	Portes	Dénomination
	Événement de base		Porte « ET »
	Événement-sommet ou événement intermédiaire		Porte « OU »
	Report (sortie)		Porte « OU exclusif »
	Le sous-arbre situé sous ce « drapeau » est à dupliquer ...		
	Report (entrée)		Porte « combinaison »
	...à l'endroit indiqué par ce second drapeau		

Cependant, il est à rappeler qu'en construisant un arbre de défaillance, certaines règles doivent être respectées :

- Il faut que le système soit cohérent (la défaillance de tous les composants entraîne la défaillance du système ; un seul événement ne doit jamais aboutir à la défaillance totale du système) ;
- Il faut que les événements intermédiaires soient antérieurs à l'existence de l'événement considéré ;
- S'assurer que les portes logiques ne sont pas directement connectées.

2.2.4. Arbre d'évènements (AdE)

2.2.4.1. Présentation et domaine d'application

L'analyse par arbre d'évènements est une méthode inductive. En effet, contrairement à l'analyse par arbre de défaillances, l'ADE suppose une défaillance d'un composant ou d'une partie du système et s'attache à déterminer les événements qui en découlent. C'est une méthode qui s'applique pour étudier des systèmes qui comportent

plusieurs dispositifs de sécurité. Elle permet d'estimer la probabilité d'occurrence de séquences accidentelles et d'envisager d'une manière systématique le fonctionnement ou la défaillance des dispositifs de sécurité. Elle est utilisée aussi dans le domaine de l'analyse après accidents dans le but d'avoir une explication des conséquences observées qui résultent d'une défaillance du système [20].

2.2.4.2. Déroulement

L'analyse par arbre d'évènements consiste à suivre la démarche systématique suivante :

- Définir l'évènement initiateur

C'est le point de départ de l'arbre, il s'agit d'un évènement qui peut effectivement conduire à une situation critique. Exemple : panne, défaillance ou erreur humaine.

- Identifier les fonctions de sécurité

Elles ont en général pour objectif d'empêcher que l'évènement initiateur soit à l'origine d'un accident majeur. Elles se déclinent le plus souvent en :

- Fonctions pour détecter l'évènement initiateur ;
- Fonctions d'alarme qui indique l'occurrence de l'évènement initiateur ;
- Fonctions de limitation visant à empêcher la progression de l'évènement initiateur ;
- Fonction d'atténuation pour réduire les effets de l'évènement initiateur.

Les fonctions de sécurité ainsi que les équipements destinés à les assurer doivent être rassemblés dans un tableau chronologique.

- Construire l'arbre

La construction de l'arbre consiste alors, à partir de l'évènement indésirable, à envisager soit le fonctionnement soit la défaillance de la première fonction de sécurité. L'évènement initiateur est représenté schématiquement par un trait horizontal.

Le moment où doit survenir la première fonction de sécurité est représenté par un nœud. La branche supérieure correspond généralement au succès de la fonction de sécurité, la branche inférieure à la défaillance de cette fonction [20].

2.2.5. SADT

2.2.5.1. Définition de SADT

SADT (*structured analysis and designed technique*), connue aussi sous label IDEF0 (*integration definition for function modeling*), est une méthode d'origine américaine, développée par Softech par Doug Ross en 1977 puis introduite en Europe à partir de 1982 par Michel Galinier. Elle se répondit vers la fin des années 1980 comme l'un des standards de description graphique d'un système complexe par **analyse fonctionnelle descendante** c'est-à-dire que l'analyse chemine du générale (dit « niveau A-0 ») vers le particulier et le détaillé et le détaille (dits « niveau A_{ijk} »).

SADT est une démarche systémique de modélisation d'un système complexe ou d'un processus opératoire [21].

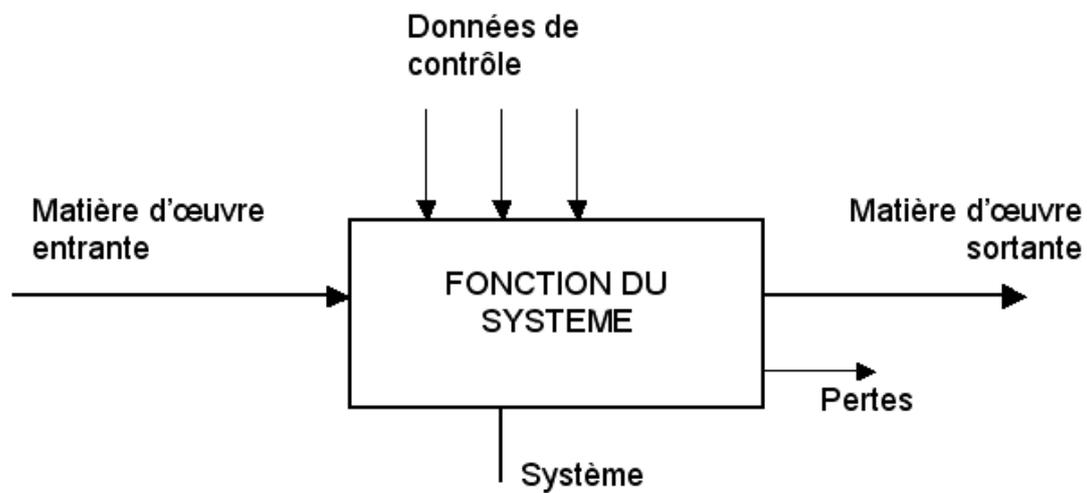


Figure 2- 8 : Schéma SADT [21]

2.2.5.2. Définition des éléments représentés

Matière d'œuvre

C'est l'élément sur lequel agit le système pour lui donner une valeur ajoutée. On définit la matière d'œuvre entrante (M.O.E.), avant qu'elle n'ait été transformée par le système, et la matière d'œuvre sortante (M.O.S.) après sa transformation.

Il existe plusieurs types de matière d'œuvre :

- matérielles : pièces, constituants, marchandises...
- informationnelles : données, valeurs, fichiers...
- énergétiques : électricité, énergie mécanique...

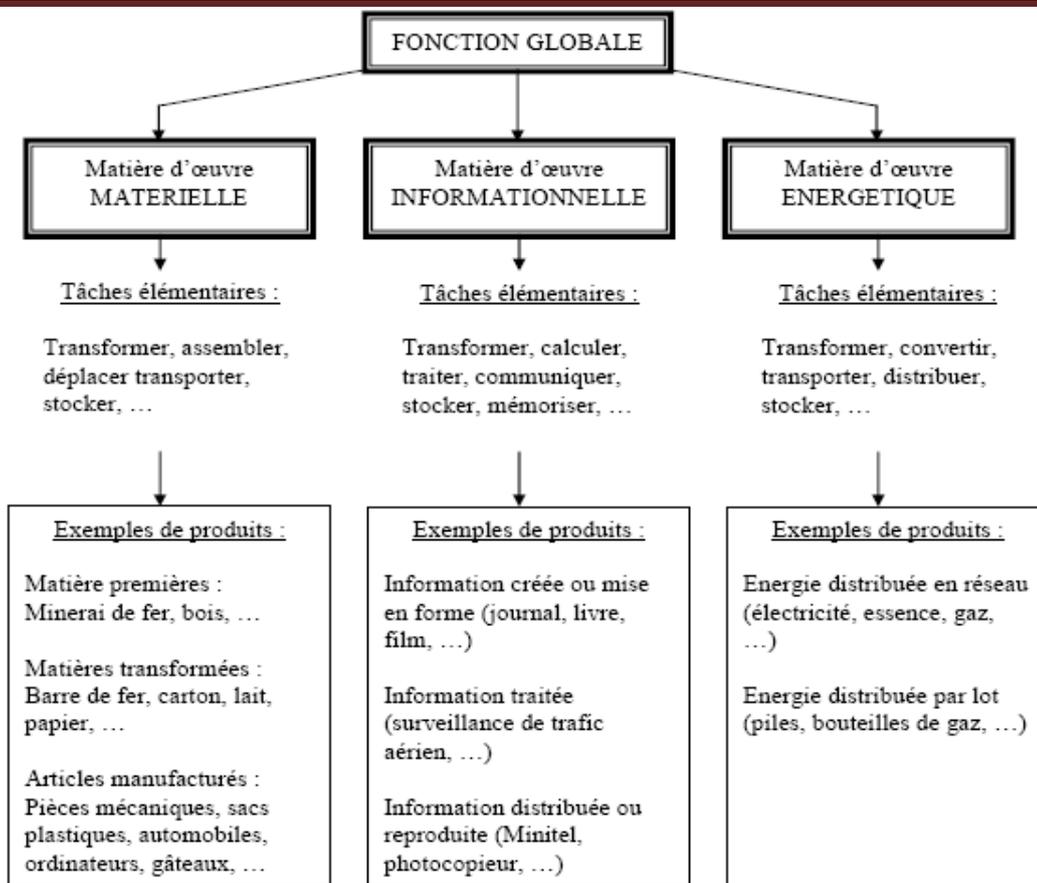


Figure2- 9 : Fonction globale de la matière d'œuvre [21]

Valeur ajoutée

La valeur ajoutée est la différence entre la M.O.S. et la M.O.E.

Fonction

C'est la fonction de l'élément permettant d'obtenir la valeur ajoutée sur la matière d'œuvre.

Données de contrôle

Ce sont les éléments qui modulent la fonction du système : Présence d'énergie, programme, réglages, mode de fonctionnement....

2.2.5.3. Objectifs de SADT

- Spécification fonctionnelle de systèmes complexes ;
- Permettre les échanges aisés avec l'utilisateur ;
- Favoriser le travail en équipe (communication) ;
- Couplage avec une autre méthode de conception (MACH)

Il s'agit de poser un problème et non de le résoudre

Spécification : le quoi ?

Conception : le comment ?

Éviter certains problèmes inhérents à la phase de spécification :

- Omissions ;
- Contradictions ;
- Redondances ;
- manque de clarté ;
- insuffisance de communicabilité ;
- « flous » des analyses [21].

2.2.5.4. Avantages de la méthode

- Permettre l'analyse et la **compréhension** de **systèmes complexes**
 - Être un outil de communication pour :
 - ✓ L'équipe (les analyses) : répartir le travail et coordonner les efforts
 - ✓ Le client (expression des besoins)
 - ✓ La hiérarchie (direction et suivi du projet) : maîtrise de la réalisation et du suivi.
- Permettre des spécifications :
 - ✓ De qualité;
 - ✓ Précise;
 - ✓ Complète.
- Attention :
 - ✓ Ne dispense pas l'activité créatrice;
 - ✓ Ne remplace pas l'analyse;
 - ✓ Ne propose pas de formalisme permettant des vérifications sémantiques [21].

2.2.5.5. Principes de base

- Approche descendante, modulaire, hiérarchique structurée : un système complexe est décomposé en élément (fonctions) figurant l'ensemble du modèle ;
- Approche du problème par un modèle de celui-ci : un modèle est constitué de diagrammes et de textes ;
- Distinction entre un modèle du problème et modèle de la solution ;
- Plusieurs vues et modèles possibles :
 - ✓ Modèles des activités
 - ✓ Modèles des données
- Langage graphique associé :
 - ✓ Fonctions, relations
 - ✓ Structure hiérarchique

- Favoriser le travail en équipe : l'équipe SADT
 - ✓ Modularité
 - ✓ Structure
- Obligation d'une forme écrite des choix :
 - ✓ Cycle auteur-lecteur, revue, archivage

2.2.5.6. Actigrammes – Datagrammes

Dans une analyse SADT, on peut modéliser deux types d'analyse. L'analyse par des actigrammes (boîtes d'action) et l'analyse par des datagrammes (boîtes de donnée).

Sur des actigrammes, les actions sont reliées entre elles par des flux de données alors que les datagrammes se sont les données qui sont reliées entre-elles par des flux d'activité.

Remarque : dans l'exemple proposé précédemment nous ne nous sommes intéressés qu'aux actigrammes. Les datagrammes ne seront pas traités dans cette série [21].

Exemples :

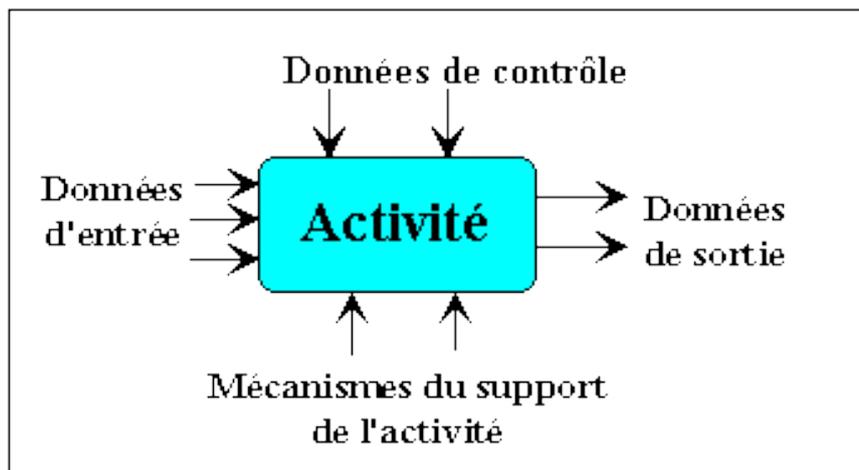


Figure 2- 10 : Actigramme [21]

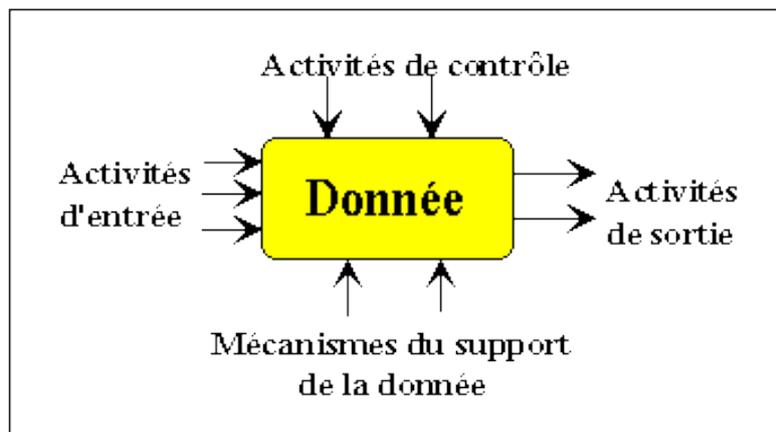


Figure 2- 11 : Datagramme [21]

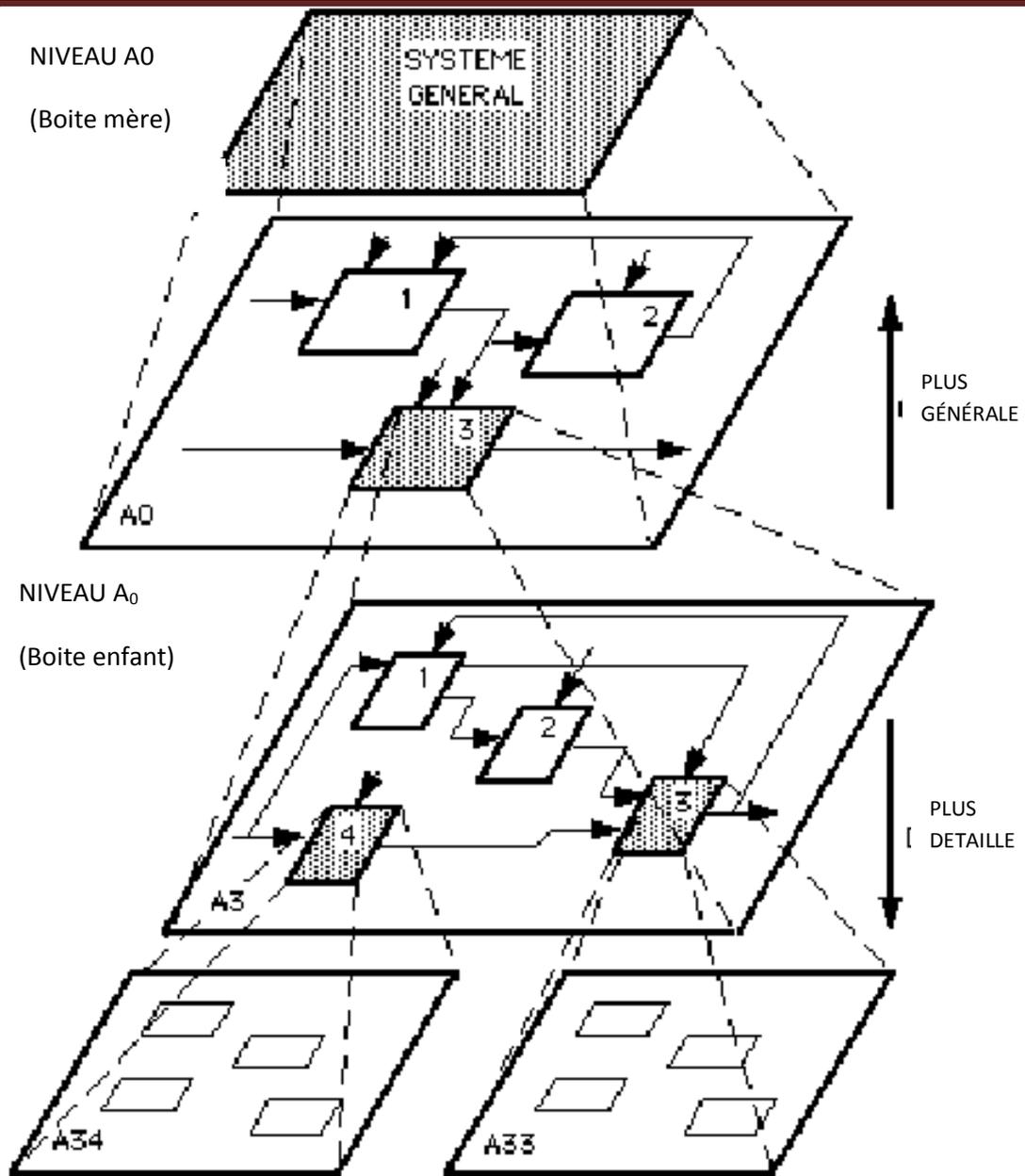


Figure 2- 12 : Analyse fonctionnelle SADT [21]

L'étape analyse des risques constitue le cœur de la démarche de maîtrise de risque sur laquelle nous allons nous baser pour définir les scénarios critiques qui doivent être maîtrisés, car connaître le risque auquel nous sommes confrontés permettra de s'en prémunir de son existence.

Dans ce chapitre nous allons aborder l'analyse de risque dans toute sa globalité. Il sera donc exposé tout le détail sur les résultats obtenus pour l'APR, l'HAZOP, l'AdD, l'AdE, et le Nœud papillon et ce, dans le but :

- D'identifier le système critique ;
- D'identifier les risques critiques ;
- D'estimer les facteurs de risque ;
- De définir les scénarios plausibles.

3.1. Identification du système critique

Durant cette étape, nous allons procéder à un découpage fonctionnel des systèmes présents par la SADT du centre d'emplisseur 151 afin d'aller en profondeur et en détail dans l'étude préliminaire car cette étape permet de connaître tous les sous-systèmes qui entrent dans le fonctionnement du système. Ensuite nous allons déployer une APR globale pour tous les systèmes afin de déterminer lequel doit faire objet d'une étude détaillée avec d'autres méthodes d'analyse de risques.

3.2. SADT

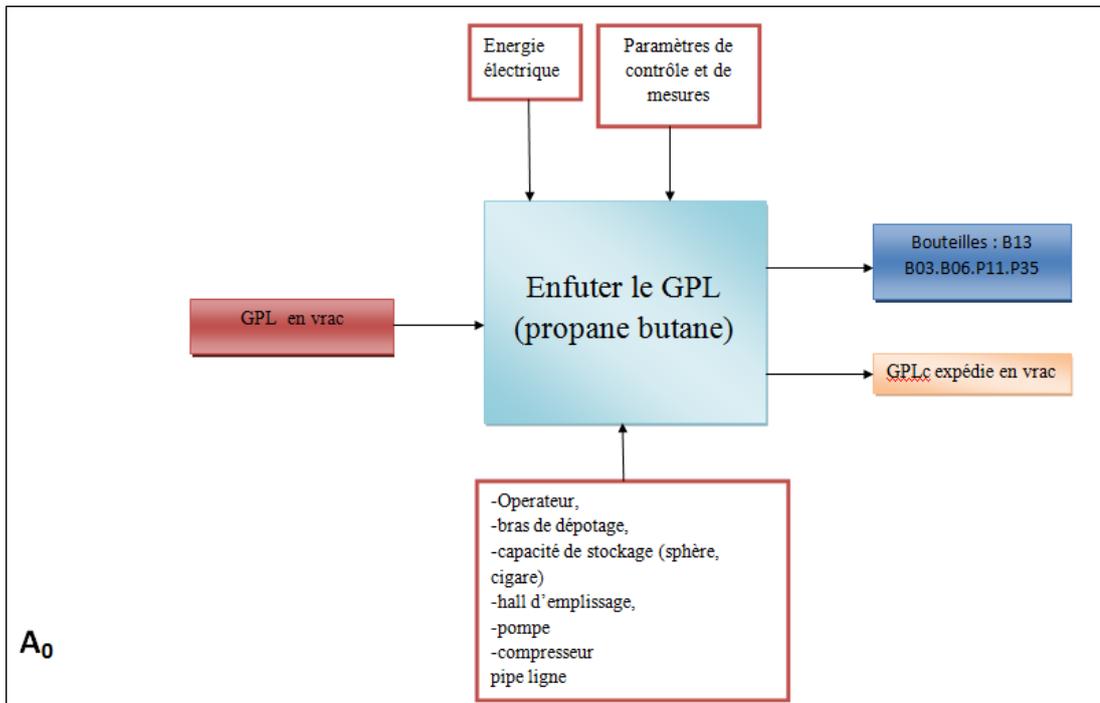


Figure 3-1: SADT d'enfutage GPL

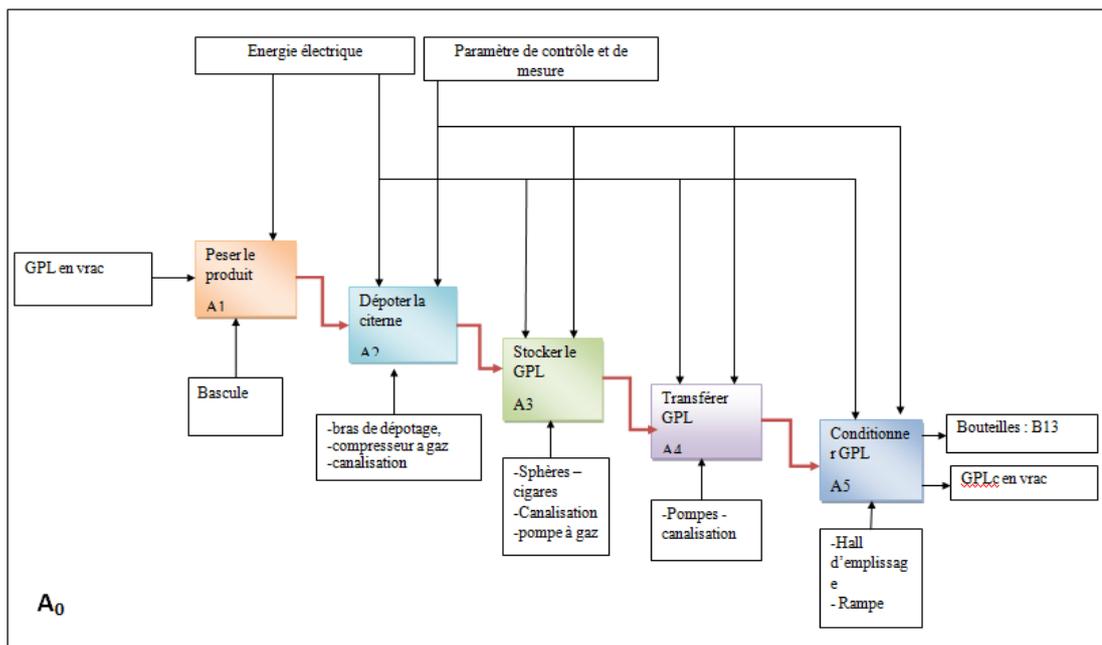


Figure 3-2: sous système fonctionnelle

Figure 3-2: Sous-système fonctionnels

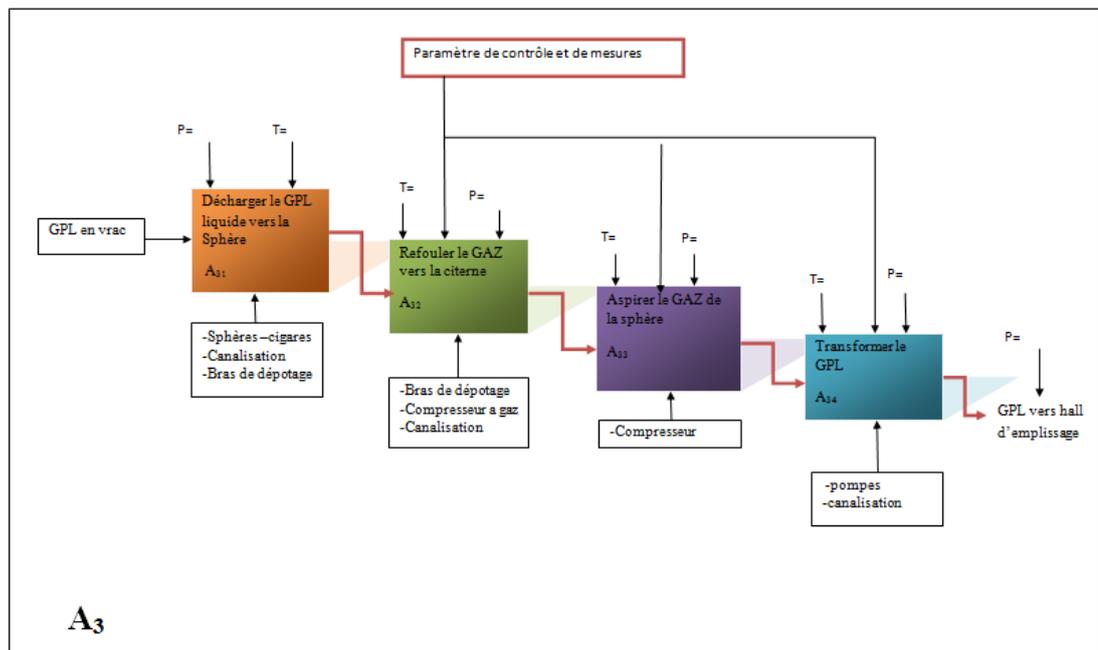


Figure 3-3: SADT de stockage de GPL

3.3. Analyse préliminaire de risque (APR)

Les échelles de cotation en probabilité et en gravité que nous avons utilisées pour le déploiement de l'APR ont été validées avec l'équipe du département HSE de la CE. Les tableaux sont représentés dans l'annexe 2.

Plusieurs grilles de criticité existent dans la littérature scientifique. Nous pouvons les recensés selon les différentes approches : qualitatives, semi quantitatives, quantitatives. Ainsi, l'APR se propose d'utiliser d'avantage l'approche qualitative.

Nous avons adopté une grille de criticité a deux chiffres (probabilité et gravité), afin de ciblé nos actions de maitrise. Ce sont, également les échelles utilisées par l'INRIS dans le cadre des études de danger [22].

3.3.1. Hiérarchisation des risques dans la matrice de criticité

Nous avons effectué l'analyse préliminaire des risques à l'état exploitation de toutes les installations, et ce, dans le but de définir les systèmes les plus critiques.

À partir du résultat obtenu dans les tableaux d'APR données dans l'annexe 2, nous avons pu hiérarchiser les risques de chaque système dans une grille de trois niveaux distincts.

Les différentes grilles qui représentent les niveaux de tous les risques identifiés lors de l'analyse préliminaire du risque (APR) pour chaque système étudié sont données dans l'annexe 2.

3.3.2. Présentation des zones géographiques et zones de risques

Le centre emplisseur CE 151 Oued-Aissi peut être découpé en deux zones géographiques :

Zone 1

- Cigares propane (2 x 150 m³) ;
- Sphères butane (3 x 1000 m³) ;
- Quais de chargement /déchargement camions ;
- Pomperie GPL ;
- Hall d'emplissage ;
- Zone de stockages bouteilles ;
- Atelier de soudure ;
- Atelier de peinture ;
- Fosse lavage.

Zone B

- Station d'avitaillement gas-oil ;
- Magasin salle de compresseurs ;
- Poste transformateur ;
- Poste de garde ;
- Cantine ;
- Bloc MRO.

Tableau 3-1 : Zone de risque

Zone géographique	Service	Zone de risque
A	Sphères butane (3 x 1000 m ³)	A-1
	Cigares de propane (2 x 150 m ³) Total = 300 m ³	A-2
	Quais de chargement /déchargement	A-3
	Le hall d'emplissage	A-4
	Pomperie GPL	A-5
	La zone de stockage de bouteilles propane / butane	A-6
B	Bloc administratif	B-1
	Poste transformateur	B-2
	Station d'avitaillement gasoil	B-3
	Magasin	B-4
	Atelier mécanique	B-5
	Salle des compresseurs	B-6

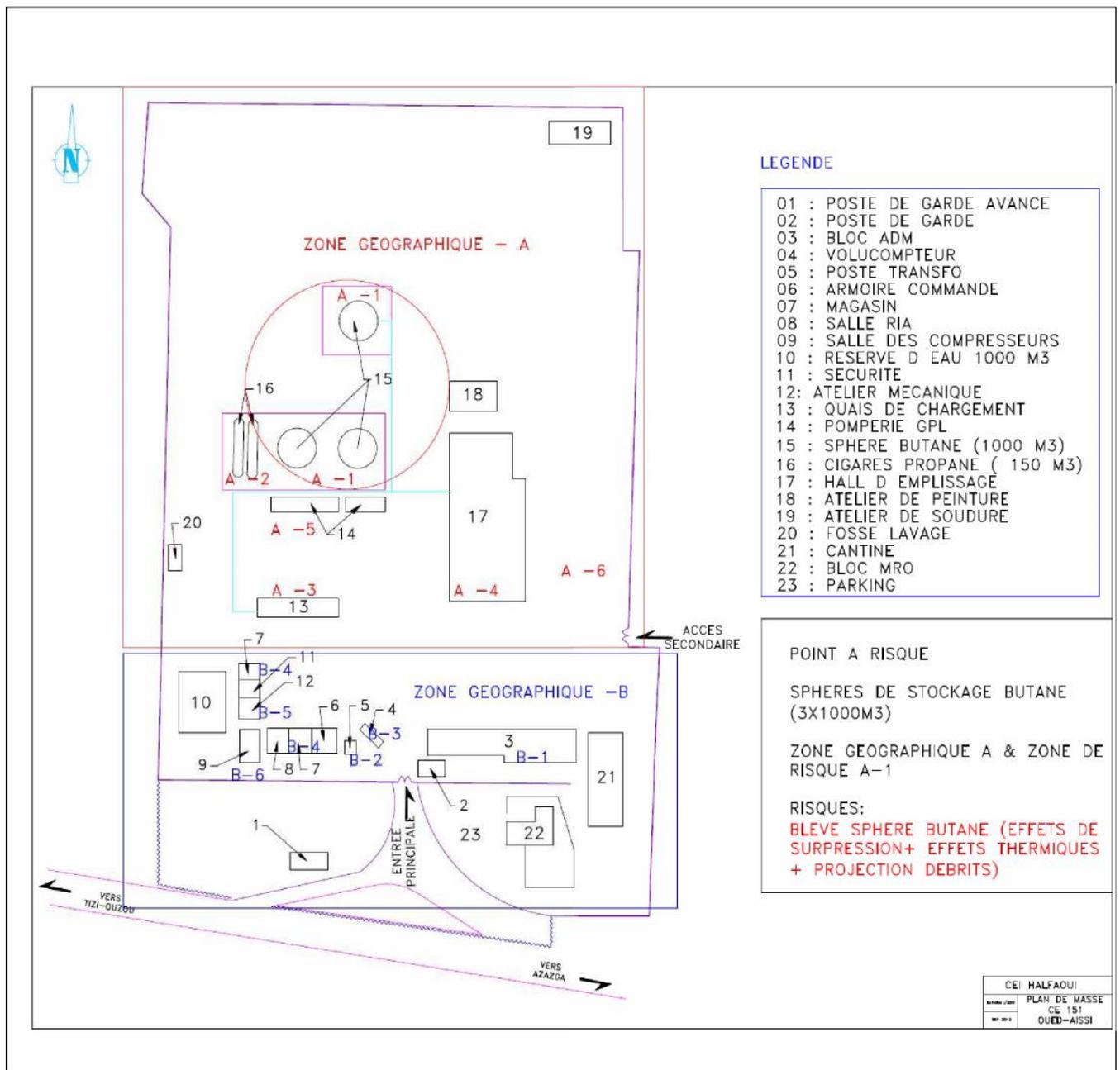


Figure 3-4 : Plan de masse-zones à risque

3.2.1.1 Résultat de l'APR

APR nous a permis de mettre en lumière des éléments ou des situations nécessitant une attention plus particulière. L'APR a été effectué avec et sans la mise en place des mesures de sécurité (Annexe 3).

Avant les mesures de prévention et de protection nous avons les résultats figurants dans le tableau 3-2 et tableau 3-3

Tableau 3-2 : Répartition des risques dans la grille de criticité avant les mesures de préventions

Gravité 4		R12, R21, R23	R13, R24, R25, R31	R26
Gravité 3		R11, R32, R33, R41, R43	R13, R34, R35, R42, R44	
Gravité 2				
Gravité 1				
	Fréquence 1	Fréquence 2	Fréquence 3	Fréquence 4

Tableau 3-3 : Réparations de niveaux de risque avant les mesures de préventions

	Risque totale	Risque Acceptable	Risque Critique	Risque inacceptable
Nombres des risques	18	0	5	13
Pourcentages des risques %	100	0	27.78	72.22

Les résultats de l'APR après la mise en place des mesures de prévention et de protection.

Les scénarios de gravité inacceptable ont été atténués en réduisant leurs probabilités d'occurrence du fait de mesure de maîtrise de risque existant. La gravité des conséquences ne peut être changée. Quelques scénarios sont restés critiques et inacceptables comme est indiquée sur les tableaux suivant :

Tableau 3-4 : Répartition des risques dans la grille de criticité après les mesures de préventions

Gravité 4				
Gravité 3	R12, R21	R13, R22, R23, R24, R25, R31	R26	
Gravité 2	R11, R32, R33, R41, R43	R24, R35, R42, R44		
Gravité 1				
	Fréquence 1	Fréquence 2	Fréquence 3	Fréquence 4

Tableau 3-5 : Répartition des niveaux de risque après les mesures de préventions

	Risque totale	Risque Acceptable	Risque Critique	Risque inacceptable
Nombres des risques	18	11	5	1
Pourcentages des risques %	100	61.11	27.78	5.55

Les pourcentages de chaque niveau de risque relatifs à toutes les installations étudiées dans l'APR sont donnés dans le tableau 3.5. Le résultat nous indique que les installations qui présentent des risques critiques et cela même après mise en place des mesures de prévention et de protection.

Tableau 3-6 : Niveau du risque par rapport aux systèmes

Risques	Risque acceptable %	Risque critique %	Risque inacceptable %
Dépotage du produit	66.67	33.33	00
Sphères	16.67	66.67	16.67
Cigares	80	20	00
Hall d'emplissage	100	00	00

Interprétation des résultats de l'APR

Le résultat nous indique que les installations qui présentent des risques critiques et cela même après la mise en place des mesures de prévention et de protection.

La zone critique : Zone A-2 : 3 Sphères butane (3000m³)

Selon le résultat de la répartition des risques critiques présents dans chaque installation étudiée par l'APR. Nous remarquons que la zone de stockage (sphères) représente plus de la moitié des risques critiques enregistrés avec 16.67 % et cela s'explique par rapport au produit stocké sous pression et qui représente un combustible très inflammable, la sphère est l'équipement le critique de l'installation du centre.

Ainsi, ces résultats ont montrés que la plupart des risques critique inacceptable ont comme cause la fuite. Ces fuites étudiées se sont produites à cause d'une augmentation de pression sur les réservoirs de stockage et sur leur accessoires (vannes, instruments, soupapes, etc.).

L'APR ayant montré que l'installation présentant le plus de risque critique au niveau de la zone de stockage et précisément la sphère de stockage, l'appel à la méthode AdD s'avère plus que nécessaire pour visualiser la combinaison des causes.

3.4. Arbre de défaillance

De ce fait, nous avons été amené à appliquer la méthode d'arbres de défaillance AdD sur l'événement redouté pour regrouper l'ensemble des événements initiateurs ainsi que leurs combinaisons. Plusieurs ER ont été trouvés lors du déploiement de deux méthodes comme :

- ✓ Perte de confinement sur réservoir
- ✓ Perte de confinement sur pompes ou compresseur
- ✓ Fuite sur vanne de réservoir

- ✓ Fuite sur bride d'une vanne
- ✓ Fuite sur tuyauterie

Et nous pouvons constater et à trouver les bases de données que ces ER leurs origines peut être la surpression. Ce qui nous pousse à déployer L'AdD en prenant comme ER : la surpression lors de la phase de remplissage et de stockage.

Nous utilisons l'arbre de défaillance pour l'ER = Surpression préalablement identifiées (APR). Par manque de probabilité de défaillance nous avons opté pour la méthode simplifiée donnant souvent des résultats qualitatifs de bonnes qualités.

3.4.1. Méthode : Simplifier

Les niveaux de probabilités sont établis et appliqués à chaque événement :

- P = 1 Improbable
- P = 2 Événement extrêmement rare
- P = 3 Événement très rare
- P = 4 Événement rare
- P = 5 Événement possible mais peu fréquent
- P = 6 Événement fréquent
- P = 7 Événement très fréquent

✓ Porte ET

L'événement de sortie S est généré si les événements E1 et E2 sont présents simultanément

- Le niveau résultant est **le plus petit** des niveaux d'entrée (aux pires des cas)
- Le niveau résultant est **le plus petit** des niveaux d'entrée **moins 1** (aux meilleurs des cas)

✓ Porte OU

L'événement de sortie S est généré si l'un au moins des événements E1 et E2 sont présents

- Le niveau résultant est le **plus élevé** des niveaux d'entrée.

- Interprétations de l'AdD

D'après les résultats obtenus dans l'arbre de défaillances l'événement redoutés c'est la surpression et l'application de la méthode simplifiernous une probabilité de 5 (événement possible mais peu fréquent) les évènements et leurs combinaisons sont dans l'annexe 4

3.5. HAZOP

Le déploiement de l'étude HAZOP nous a permis d'identifier les différentes dérives qui peuvent exister lors des trois phases de manipulation des GPL (remplissage, stockage, expédition vers le hall) et qui engendrent des accidents plus ou moins graves. Qui ont pour

origine différentes causes directes ou même indirectes, provoquant des conséquences importantes, dont des pertes humaines et économiques. La figure 3-5 illustre le choix des nœuds pour le déploiement de l'HAZOP.

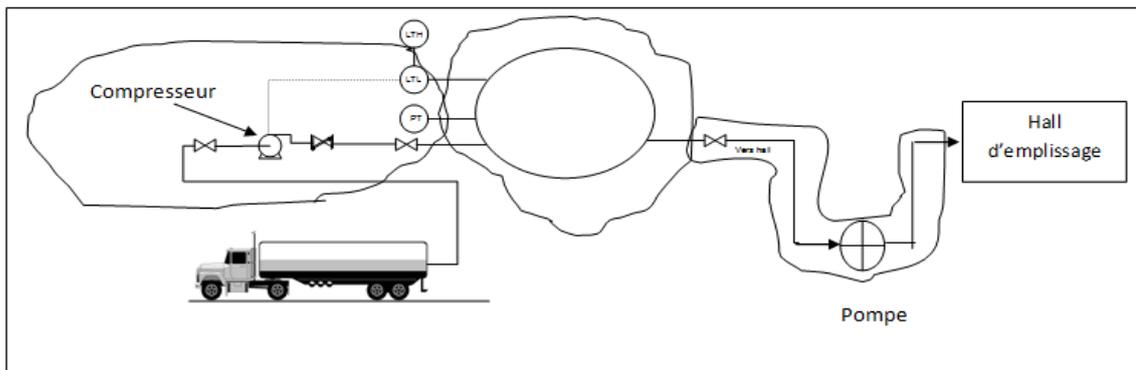


Figure 3-5 : Identification des nœuds pour l'HAZOP

Tableau 3-7: Pourcentage des dérives

Pourcentage Gravite de	Nombres des dérives	Pourcentages des risques %
Dérive totale	16	100
Dérive acceptable	2	12.5
Dérive critique	6	37.5
Dérive inacceptable	8	50

Tableau 3-8: Pourcentage des dérives inacceptable par apport aux paramètres

Pourcentage Paramètre	Nombres des dérives	Pourcentages des risques %
Dérive inacceptable totale	8	100
Niveau	2	25
Pression	3	37.5
Débit	3	37.5

✓ Interprétation des résultats

Nous remarquons que les dérives inacceptables enregistrées présentent 50% des dérives totale. Il est à noter également que plus de 50,00% des dérives inacceptable sont liés aux variations de la pression, qui a été la cause de la survenance de deux principaux événements qui sont la perte de confinement et la rupture instantanée de la sphère.

Les équipements impliqués sont la sphère elle-même et les accessoires (vannes, instruments, soupapes, etc.).

Cette section nous a permis à partir de la première étape d'analyse (APR), d'identifier les événements redoutés et les zones les plus critiques du C.E 151, qui sont : la fuite et la rupture dans les sphères de stockage, par ailleurs nous avons constaté dans la deuxième étape et lors de l'emploi de la méthode HAZOP, que la majorité des scénarios ont pour causes de la surpression au niveau des sphères de stockage et qu'ils sont toujours suivis par d'autres phénomènes dangereux.

3-6AdE

– Interprétation des résultats

Partant de l'ER surpression nous obtenons le PhD explosion de type BLEVE froid suite à un excès de pression interne et la détérioration de l'enveloppe de la sphère. Cela est dû aussi à la défaillance des systèmes de protection : **Alarme, Arrêt manuel, soupape de sécurité et la cuvette de rétention**

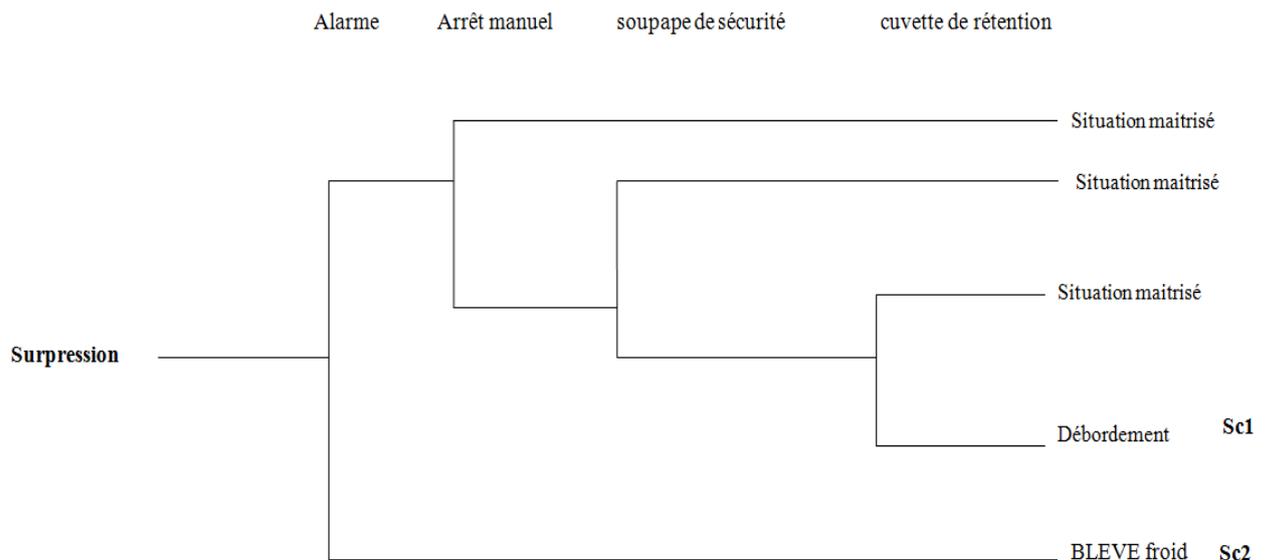


Figure 3-6 : schémas d'AdE

Les deux scénarios les plus probables sont le débordement du GPL et BLEVE froid qui représenté dans la (figure 3-7)

Figure 3-6 : schémas d'AdE

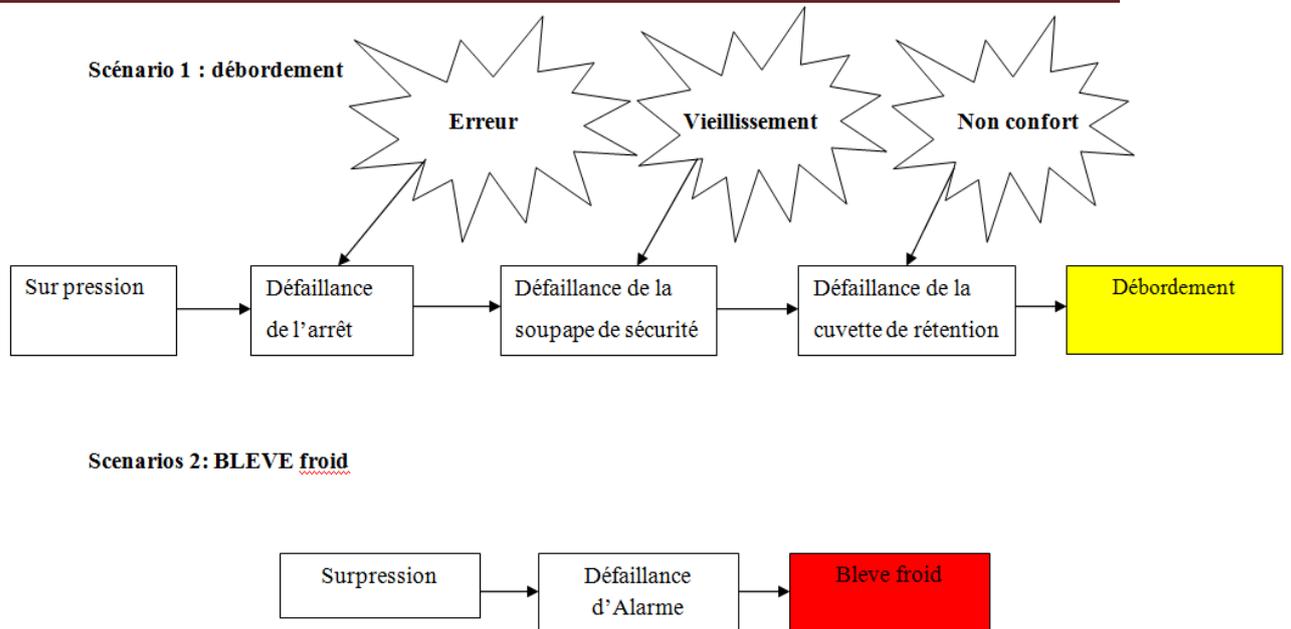


Figure 3-7 : les scénarios probables

Les effets d'un phénomène dangereux se propagent sur le long de l'étendue en détruisant tout ce qui se trouve sur le chemin. Les conséquences de ces effets sont parfois destructives pour les structures et mortelles pour les personnes. Pour cela il est primordial de connaître les effets qui pourraient être émis par un phénomène dangereux généré par une installation afin de mettre en place des mesures adéquates pour s'en prévenir [23].

Dans le présent chapitre nous allons utiliser le logiciel PHAST pour modéliser les effets du phénomène dangereux retenu dans le chapitre précédent qui est le BLEVE froid.

4.1 . Sélection du phénomène dangereux

Du fait du caractère très inflammable du GPL, les phénomènes accidentels les plus probables sont des explosions et/ou des incendies. Ces accidents ont tous une cinétique rapide, c'est-à-dire qu'ils surviennent et se développent instantanément.

Tous les stockages de gaz liquéfiés sous pression sont susceptibles d'être le siège de phénomène d'explosion de type BLEVE comme nous l'avons bien constaté lors de l'étude détaillée de l'analyse des risques et la schématisation des scénarios.

Pour étudier ce phénomène, nous allons modéliser ces effets à l'aide du logiciel PHAST et des modèles mathématiques prévue dans le logiciel prendre les distances d'effets les plus grandes pour des fins de haut niveau de sécurité.

De ce fait, nous allons dans ce qui suit décrire ce phénomène avant de le modéliser pour recenser sa gravité à partir des distances atteintes par les flux dégagés lors de l'éclatement des sphères.

4.1.1 Rappel théorique du phénomène « BLEVE »

Une explosion est un type de combustion ou de surpression violente qui met en œuvre des réactions chimiques et des phénomènes dynamiques inhérents aux écoulements de fluide. Elle se crée une expansion rapide du mélange accompagnée de phénomènes soniques.

Donc, c'est une évolution rapide d'un système avec libération d'énergie qui peut avoir une origine physique ou chimique avec production d'effets mécaniques et/ou thermiques.

On distingue deux types d'explosion qui génèrent une énergie d'origine physique :

- La vaporisation brutale d'un liquide surchauffé (BLEVE Chaud).
- La rupture d'un récipient pressurisé par un gaz (BLEVE Froid).

- ✓ Le type d'explosion correspondant à une énergie libérée d'origine chimique :
 - l'explosion d'une ATEX, atmosphère explosive (UVCE) [23].

4.1.2 Description du BLEVE

Le BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion*) ou explosion de vapeur en expansion par ébullition d'un liquide est le scénario d'accident majeur le plus redouté pour les réservoirs de gaz liquéfiés. Il peut être défini comme la vaporisation violente à caractère explosif consécutive à la rupture d'un réservoir contenant un liquide à une température significativement supérieure à sa température d'ébullition à la pression atmosphérique.

Tous les stockages de gaz liquéfiés sous pression sont susceptibles d'être le siège d'un BLEVE. En effet, le BLEVE est associé avant tout à un changement d'état à caractère explosif, et non à une réaction de combustion. Aussi, il n'est pas nécessaire que le produit concerné soit inflammable pour parler de BLEVE.

Les effets d'un BLEVE sur l'environnement se manifestent généralement de trois manières :

- **Effets de surpression** : propagation d'une onde de choc ;
- **Effets missiles** : projection de fragments à des distances parfois très importantes ;
- **Effets thermiques** : dans le cas d'un BLEVE de gaz liquéfié inflammable, rayonnement de la boule de feu.

Les principales causes d'un BLEVE sont liées à des agressions externes :

- **Agression mécanique** : Un réservoir ayant subi une corrosion est plus faible qu'un réservoir neuf, il suffit que la température excède les 35°C pour qu'elle survienne ;
- **Agression thermique** : le feu de torche, feu de nappe ou hausse de la température durant l'été peut causer un "BLEVE" si le réservoir de GPL est mal entretenu ;
- **Sur-remplissage du réservoir**

✓ Il existe deux types de BLEVE:

La théorie du BLEVE fait appel à la notion de température limite de surchauffe (TLS). Considérons, comme la figure (4-1) le montre, le point A d'un gaz pur à l'équilibre thermodynamique qui passe au point B à travers la courbe de vapeur saturante lorsqu'on lui fournit de la chaleur.

Par dépressurisation brutale, le point B passe au point E en restant, au moins momentanément, surchauffé, à l'état liquide avant de se vaporiser plus ou moins rapidement. En revanche, un gaz dont l'état est représenté par le point C de la courbe de tension de vapeur

saturante, qui est dépressurisé brutalement à la pression atmosphérique (point D) subit une vaporisation homogène, rapide et totale à caractère explosif, car il ne peut subsister à l'état liquide à une température supérieure à sa température limite de surchauffe [23].

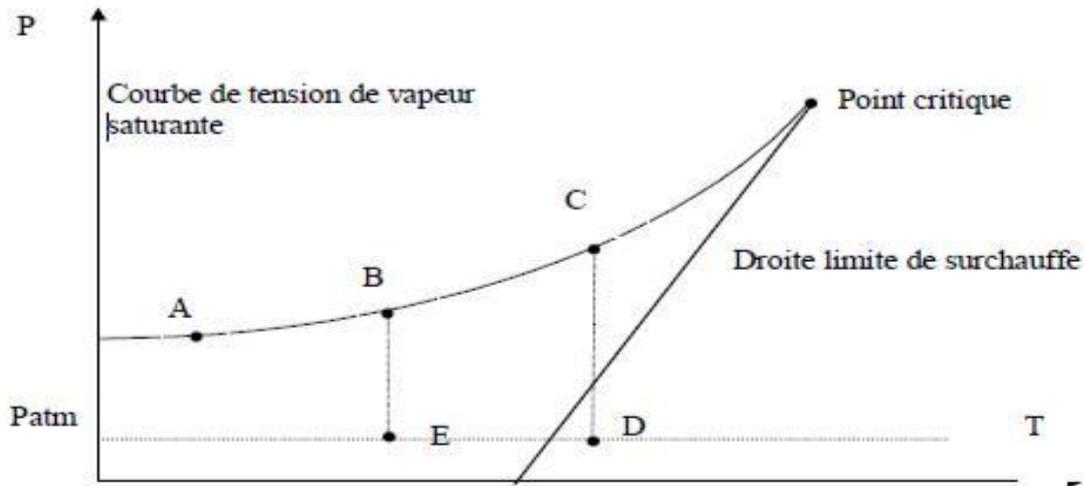


Figure 4-1 : Température limite de surchauffe en fonction de la pression [23]

La notion de BLEVE froid ou chaud se réfère uniquement à la température limite de surchauffe (TLS) du produit :

- la transformation B-E, qui se produit en dessous de la température limite de surchauffe à pression atmosphérique, est généralement appelée « BLEVE froid ».
- la transformation C-D, qui se produit au-dessus de la température limite de surchauffe à pression atmosphérique, est généralement appelée « BLEVE chaud ».

4.1.3 BLEVE Chaud

Dans les cas les plus graves, la rupture du réservoir est due à un échauffement par un feu extérieur. Sous l'effet de la chaleur, le liquide dans le réservoir se met à bouillir, la pression dans le réservoir augmente ; le gaz s'échappe alors par une soupape de sécurité (qui joue le rôle d'une fissure permettant de retarder l'accident et de laisser plus de temps aux secours pour évacuer et combattre le sinistre), pouvant produire à cette occasion un jet de feu. Par conséquent, le niveau du liquide baisse dans le réservoir.

Comme le gaz conduit moins la chaleur que le liquide, la partie de la paroi du réservoir qui se trouve au-dessus du liquide s'échauffe de manière très importante tandis que

dans la partie basse, la chaleur de la paroi est évacuée de l'autre côté par la convection du liquide. La paroi surchauffée s'affaiblit, puis finit par se rompre en provoquant l'accident [23].

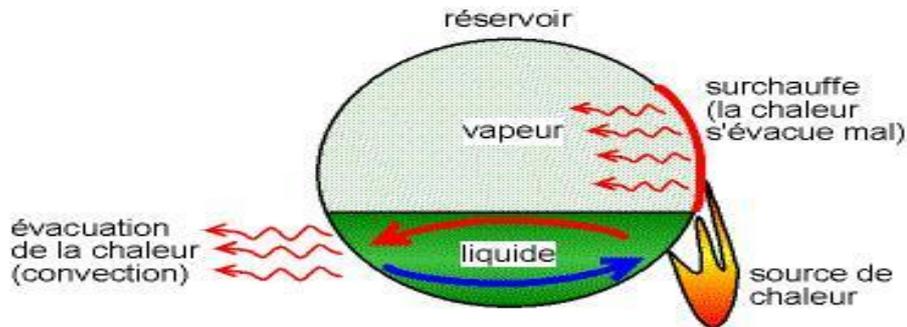


Figure 4-2: Mécanisme de surchauffe d'une sphère de stockage [23]

Lorsque la paroi se rompt, il y a :

- Une onde de surpression, due à la libération du gaz suite à la rupture du réservoir ;
- L'apparition d'une boule de feu : si le gaz qui s'échappe est inflammable. Il se mélange avec l'air et peut s'enflammer instantanément sous l'effet de la chaleur ou d'une étincelle ;
- Lorsque le gaz s'échappe, il y aura une diminution de pression dans le réservoir ce qui permet au reste du liquide de bouillir et de venir alimenter la boule de feu. Il y a donc une énorme chaleur libérée.

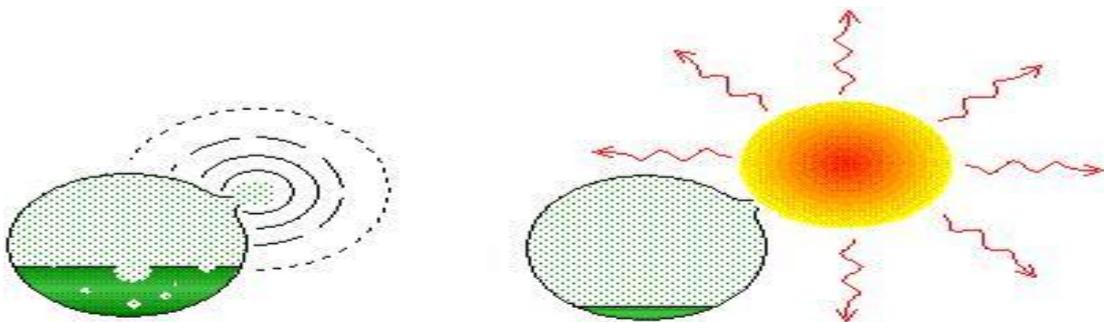


Figure 4-3 : Conséquences de la combustion du mélange gaz/air avec rayonnement intense [23]

On distingue deux régimes d'explosion :

a- Déflagration

On parle de déflagration lorsque le front de flamme se déplace plus lentement que l'onde de choc. La vitesse du front de flamme est subsonique c'est-à-dire inférieure à la vitesse du son, soit 340 m/s.

b- Détonation

L'onde de choc et le front de flamme sont confondus, ce qui a pour conséquence :

- Une augmentation considérable de la pression (suivi d'une dépression) ;
- Un déplacement de volume d'air très important ;
- Un bruit très élevé.
-

La vitesse de détonation est supersonique, donc supérieur à 340 m/s.

Les vitesses de détonation sont plutôt de l'ordre de plusieurs km/s.

c- Chronologie d'un BLEVE chaud

Dans les cas les plus graves, la rupture du réservoir est la résultante d'un incendie enveloppant le réservoir de stockage. Ainsi il paraît utile de noter que lorsqu'un réservoir est exposé au flux thermique d'un incendie, il se produit une augmentation de la pression intérieure de ce réservoir et une diminution de la phase liquide (par ébullition).

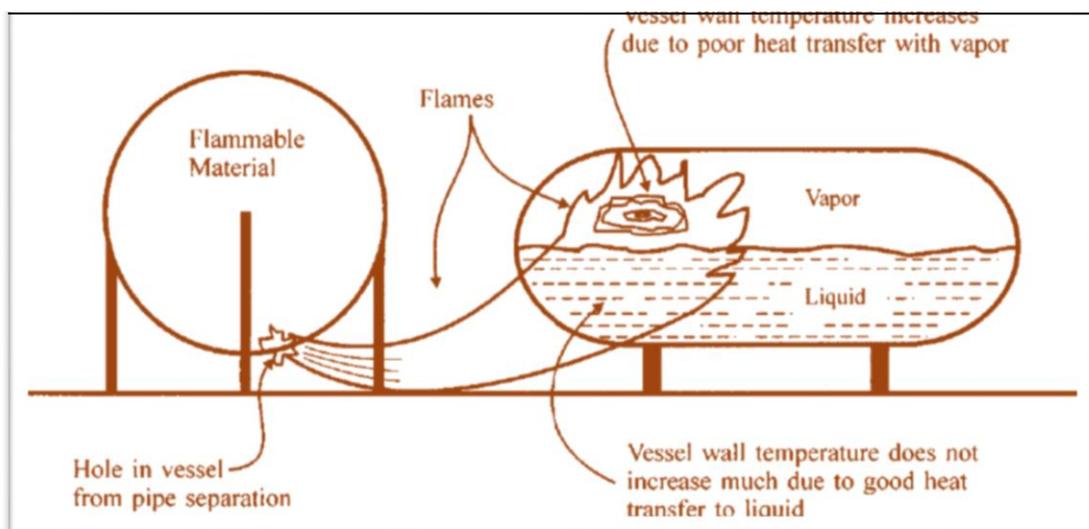


Figure 4-4: Mécanisme de formation du BLEVE dû à un feu externe [23]

De plus la résistance du réservoir diminue (à 400°C, l'acier perd 30% de sa résistance à 700°C, il perd 90% de sa résistance). Ainsi, la rupture initiale se produit généralement sur la partie du réservoir en contact avec le ciel gazeux. En effet, cette partie est susceptible de s'échauffer plus rapidement que la partie du réservoir en contact avec le liquide et les propriétés mécaniques de l'enveloppe s'y dégradent donc d'autant plus vite.

Lorsque la pression intérieure est supérieure à ce que peut supporter le réservoir, le contenant se rompt et une fissure se crée. Au niveau de cette fissure, la pression de l'air, qui était à pression atmosphérique environ 1 bar, passe brusquement à la pression du réservoir

(5bars pouf le butane par exemple), il y a donc une première onde de surpression, une détonation.

Puis, le gaz s'échappe par cette fissure, sous la forme d'un jet. La pression baisse donc rapidement dans le réservoir, le liquide se met à bouillir violemment, non pas sous l'effet de la chaleur, mais sous l'effet de la chute de pression. Puisque le liquide bout, il se transforme rapidement en gaz, et la pression augmente de manière très importante dans le réservoir. Par ailleurs, le jet de gaz peut entraîner des gouttelettes (aérosol), qui viennent gêner l'échappement du gaz et contribuent ainsi à la montée en pression. Cette dépressurisation catastrophique provoque la propagation de la fissure puis la rupture totale du réservoir avec une deuxième onde de surpression (bien plus importante que la première) et la projection d'éclats métalliques c'est le BLEVE .Le gaz libéré se mélange à l'air ; s'il s'agit d'un gaz inflammable, il peut former une boule de feu [23].

4.1.4 BLEVE Froid

Le BLEVE se produit avec un réservoir qui contient un liquide sous pression, liquide qui, s'il n'était pas sous pression, serait à l'état gazeux ; le réservoir n'est jamais complètement rempli, il y a un «ciel gazeux» qui maintient cette pression.



Figure 4-5: Réservoir rempli d'un gaz liquéfié avec un ciel gazeux sous pression [4]

Le BLEVE froid survient lorsque le réservoir qui contient le liquide se rompt à cause d'un choc, à une mauvaise manipulation, ou à une fragilisation.

Lorsqu' une fissure se crée, la pression de l'air, qui était à pression atmosphérique, passe brusquement à la pression du réservoir, il y a donc une première onde de surpression, un «bang». Puis, le gaz s'échappe par cette fissure, sous la forme d'un jet. La pression baisse donc rapidement dans le réservoir, le liquide se met à bouillir, non pas sous l'effet de la chaleur, mais sous l'effet de la chute de pression. Puisque le liquide bout, il se transforme rapidement en gaz, et la pression augmente de manière très importante dans le réservoir. Cette pressurisation catastrophique provoque la propagation de la fissure puis la rupture totale du réservoir avec une deuxième onde de surpression, c'est le BLEVE froid [4].

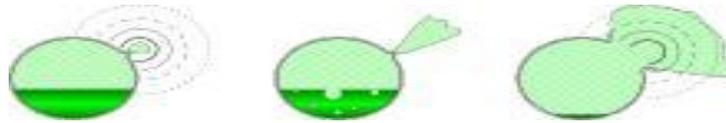


Figure 4-6 : Différents ondes de pression [4]

4.2 PHAST

PHAST (*Process Hazard Analysis Software Tool*) est un logiciel utilisé pour évaluer les situations présentant des risques potentiels pour le personnel, les installations et l'environnement, et pour mesurer **la gravité de ces situations**. Il a été développé par DNV Software, reconnu comme le leader mondial dans le domaine de l'évaluation de risques et des accidents industriels majeurs, il est aussi un précieux outil d'aide à la décision en matière de risque industriel et de sécurité publique.

PHAST examine la progression d'un incident potentiel de la fuite initiale à la dispersion en champ lointain, incluant la modélisation des effets de l'inflammabilité, l'explosion et la toxicité [24].

4.2.1.1 Avantages de l'utilisation du logiciel PHAST

- Faciliter l'élaboration et la mise en œuvre des évaluations des risques pour des fins d'études de danger ;
- Faciliter les études pour la réduction des coûts en termes de pertes et d'assurances ;
- Permettre l'optimisation de la conception du site et des procédés ;
- Aider l'industrie à se conformer à la législation ;
- Permettre la détermination des niveaux de gravité en tenant compte des conséquences.

Modalisation : Pour la modélisation des conséquences:

- Il améliore la compréhension des dangers potentiels par les utilisateurs ;
- Les mises à jour régulières du logiciel incorporent les expériences et les expertises les plus récentes dans l'industrie [24].

4.2.2 Application sur le logiciel PHAST

Nous avons simulé et modélisé les effets du phénomène de BLEVE sur la sphère de Butane SB2 qui représente la plus grande capacité de stockage avec un volume de 1000 m^3 , car cette dernière peut être la cause et la source de danger des d'effets dominos important et très dévastateur pour toute l'établissement en cas d'explosion.

Deux simulations ont été faites :

A/ Taux de remplissage à 40% de Butane

B/ Taux de remplissage à 75% de Butane

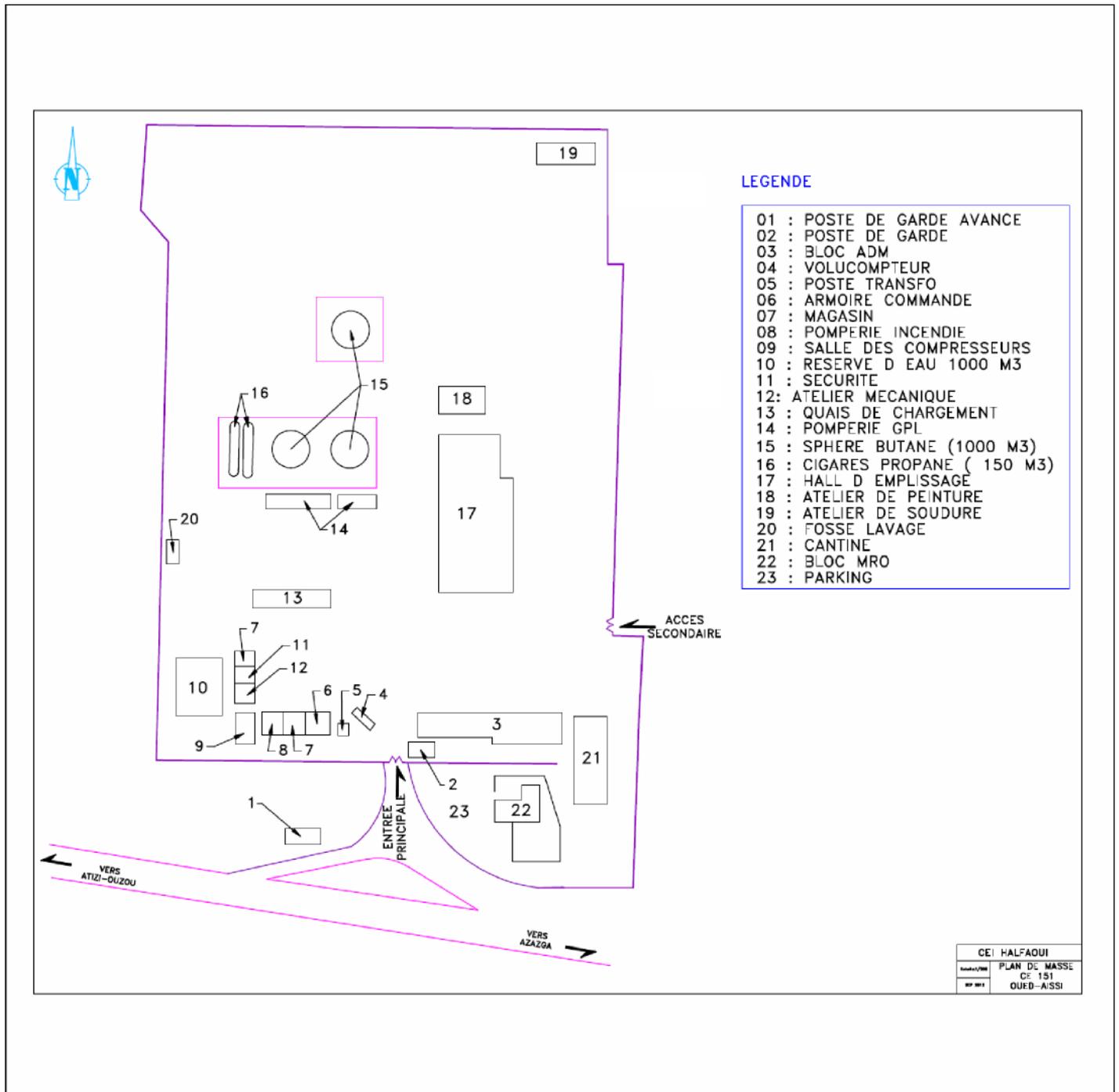


Figure 4-7 : Plan de masse

La modélisation nécessite les paramètres suivants :

- Le volume ou la masse de GPL contenu dans la sphère ;
- La température et la pression de rupture de la sphère ;
- Les conditions météorologiques : la vitesse et direction de vent, la température de la région et l'humidité.

Dans notre cas, nous avons collecté les données utiles pour l'application du modèle TNT sur le logiciel PHAST.

Les données nécessaires à la réalisation de cette simulation sont :

- Volume de la sphère 1000 m³ ;
- Pression de service est 2 bars ;
- Catégorie 5/D, Vitesse de vent 5m/s en direction sud-ouest et classe de climat D;
- Température de la région 20 °C ;
- Hauteur élévation de la sphère est de H= 2m ;

Les seuils pris en considération sont illustrés dans le tableau suivant

Tableau : 4-1 : Seuils de surpression sur les infrastructures et les êtres humains

Mbars	Effets sur les structures	Effets sur l'homme
20	Seuil des destructions significatives des vitres	Seuils des effets délimitant la zone des effets indirects par bris de vitre sur l'homme
50	Seuil des dégâts légers sur les structures	Seuil des effets irréversibles délimitant la « zone de dangers significatifs pour le vie humaine »
140	Seuil des dégâts graves sur les structures	Seuil des effets létaux délimitant la « zone des dangers graves pour la vie humaines »
200	Seuil des effets domino	Seuil des effets létaux significatifs délimitant la « zone des dangers très graves pour la vie humaine »
300	Seuil des dégâts très graves sur les structures	

4.2.3 Résultats obtenus à l'aide du logiciel PHAST sur la Sphère de Butane SB2

A /Taux de remplissage à 40% de Butane :

Volume du combustible (1000 x 0,40)= **400 m³**;

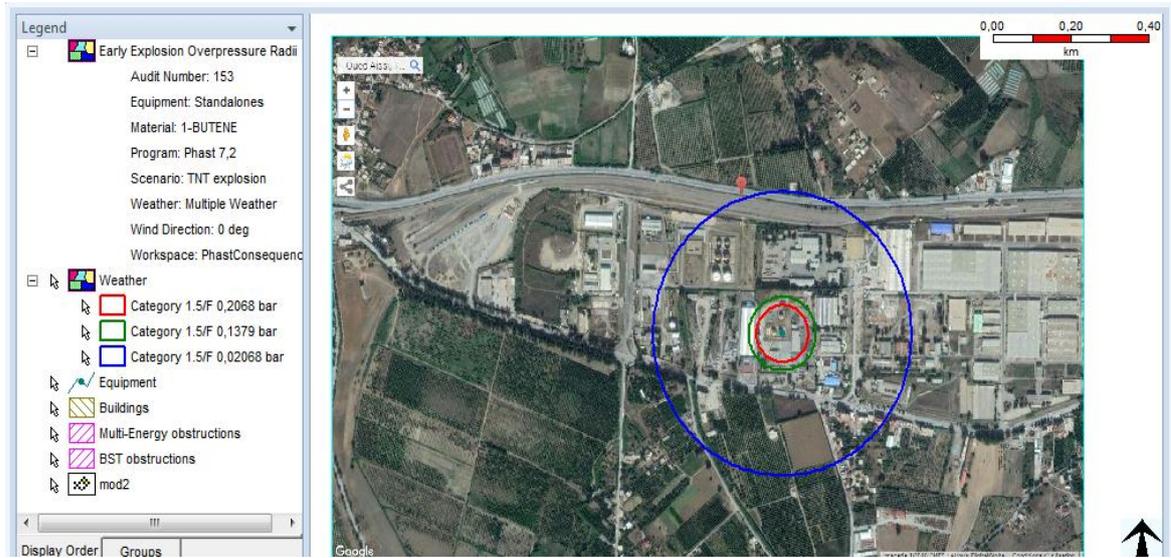


Figure 4-8 : Distances des Effets de surpression d'un BLEVE sur la sphère SB2

Les résultats de la surpression en fonction de la distance sont dans le tableau suivant.

Tableau 4-2: Seuil de surpression donnée le logiciel PHAST.

Surpression (mbar)	Distance (m)
20,68	327,08
137,9	84,69
206,8	65,53

B /Taux de remplissage à 75% de Butane :

Volume du combustible (1000 x 0,75)= 750 m³;



Figure 4-9 : Distances des Effets de surpression d’un BLEVE sur la sphère SB2

Les résultats de la surpression en fonction de la distance pour la deuxième simulation sont dans le tableau suivant.

Tableau 4-3 : Seuil de surpression donnée le logiciel PHAST

Surpression (mbar)	Distance (m)
20,68	403,33
137,9	104,43
206,8	80,81

4.2.3.1 Interprétation des résultats du logiciel PHAST

Le rayon rouge est caractérisé par une distance de 80,81 m et une surpression de 206,8mbar d’après les seuils d’effets de surpression référencée retenus dans la littérature, cette limite de surpression présente des dommages irréversibles et létaux aux personnes présentes dans le périmètre du premier cercle. En plus, des effets sur l’homme, elle peut engendrer une destruction structurelle aux murs et aux installations avoisinantes situées à une distance inférieure ou égale à 80 mètre à partir de l’origine de l’explosion.

Les installations se trouvant dans ce périmètre ont été recensés dans le tableau 4-3 : Ces derniers seront directement exposés à cette surpression en cas d'explosion.

Tableau 4-4: Installation recensés dans le périmètre du premier cercle

Installations	Situation
SONELGAZ – NAFTAL	À l'est
Bureau de poste ZI Zone industrielle ZI (Aissat Idir)	À l'ouest
Route national N°12	Au nord
Route zone industriel Oued-Aissi	Au sud

Le rayon jaune est caractérisé par une distance de 104,43 m et une surpression de 137,9 mbar. Cette limite de surpression, malgré qu'elle est inférieure à la première, elle reste dangereuse car elle est toujours supérieure au seuil de surpression susceptible de provoquer des dommages irréversibles, entraînant la mort des personnes et aussi la destruction des infrastructures.

Après avoir modélisé les effets du phénomène dangereux le plus probable à l'aide du logiciel PHAST pour déterminer la zone critique qui entoure le danger et les distances atteintes par chaque seuil, nous nous proposons de mettre en place les mesures de réduction du risque d'explosion de type BLEVE froid.

4.3.1. Théorie de la réduction des risque

La maîtrise des risques nécessite la mise en place des Mesures aussi communément appelées barrières de sécurité. Ces barrières ont pour objectif de réduire la criticité des risques. La réduction des risques passe généralement par la prévention dont le but est de minimiser la probabilité d'apparition d'une situation dangereuse, et par la protection, dont le but est de limiter les conséquences dans le cas où la situation dangereuse n'aurait pu être évitée.

Pour la sécurité d'un site, la protection est mise en œuvre sur deux types de mesures :

- Protection passive (ignifuge âge, mur coupe-feu, mur anti – explosion, ..) ;
- Protection active (les systèmes d'extinction ou de refroidissement).

Généralement, la combinaison de ces différentes possibilités, et en fonction du risque identifié, nous déterminons le choix des barrières de protection.

L'analyse de risque nous a identifié plusieurs conséquences graves la plus part de ces conséquences ont comme événement redouté central "la fuite" citons :

- Feu de nappe
- UVCE
- Feu de torche
- Dispersion d'un nuage gazeux

Pour réduire ces conséquences , on a eu recours à différents types de mesures de sécurité d'origine technique, ingénierie et organisationnelle parmi ces derniers, on s'est orienté vers l'idée de mise en place d'un Système de refroidissement et d'isolement et cela selon les résultats de notre analyse et la difficulté de la réalisation des barrières d'atténuation qui nous ont guidé vers le choix de la mise en place des barrières de protection, et plus essentiellement la protection des ESP contre les incendies et les flux thermiques qui présentent les causes principales du phénomènes dangereux tel que le BLEVE [25].

4.3.2. Barrière de sécurité

Un élément matériel ou une procédure destiné à interrompre ou à modifier le scénario d'un accident de manière à réduire soit la fréquence (barrière de prévention) soit les conséquences (Barrière de protection).

Les barrières de sécurité regroupent les barrières techniques de sécurité et les barrières organisationnelles de sécurité.

4.3.2.1.1. Barrière technique de sécurité

Un élément matériel, un dispositif de sécurité ou un système instrumenté de sécurité mis en place tant pour réduire la probabilité que les conséquences.

4.3.2.1.2. Barrière organisationnelle de sécurité

Une activité humaine (opération ou procédure) qui s'oppose à l'enchaînement d'événements Susceptibles d'aboutir à un accident ou qui en diminue les conséquences [26].

4.3.2.1.3. Exemples de barrières

✓ Barrière de prévention

- Un programme régulier d'entretien et d'inspections ;
- Politiques et procédures internes d'opération ;
- Embauche et formation du personnel ;
- Appareils de détection avec alerte (HLA, LLA) ;

- Vannes à fermeture automatique ;
- Contrôle d'accès au site ;
- Gestion des sous-traitants.

✓ Barrière de protection

- Bassin de rétention ;
- Mur de sécurité ;
- Gicleurs ;
- Rideau d'eau ;
- Système injection de mousse ;
- Appareils de détection avec alerte ;
- Protection incendie ;
- Plan d'urgence conjoint avec les partenaires ;
- Procédure évacuation/confinement ;
- Formation et exercices.

4.3.3. Les barrières

La méthode d'identification des barrières est fondée sur la définition de fonctions de sécurité génériques. Ces fonctions de sécurité sont traduites par un verbe d'action suivi d'une intention à accomplir.

Cinq verbes d'action permettent ainsi de couvrir l'ensemble des fonctions qu'il convient d'assurer pour maîtriser les risques d'accidents :

1. Éviter ;
2. Prévenir ;
3. Détecter ;
4. Contrôler ;
5. Limiter.

Éviter : Rendre un événement impossible. Cette fonction désigne généralement des modifications profondes des installations et est à rapprocher du concept des procédés intrinsèquement plus sûrs.

Prévenir : Limiter la probabilité d'occurrence d'un événement, sans toutefois pouvoir le rendre impossible.

Détecter : Détecter un événement. Cette fonction seule ne suffit généralement pas à assurer la maîtrise de l'accident et doit être associée à d'autres fonctions comme contrôler ou limiter notamment.

Éviter : Rendre un événement impossible. Cette fonction désigne généralement des modifications profondes des installations et est à rapprocher du concept des procédés intrinsèquement plus sûrs.

Prévenir : Limiter la probabilité d'occurrence d'un événement, sans toutefois pouvoir le rendre impossible.

Détecter : Détecter un événement. Cette fonction seule ne suffit généralement pas à assurer la maîtrise de l'accident et doit être associée à d'autres fonctions comme contrôler ou limiter notamment [9].

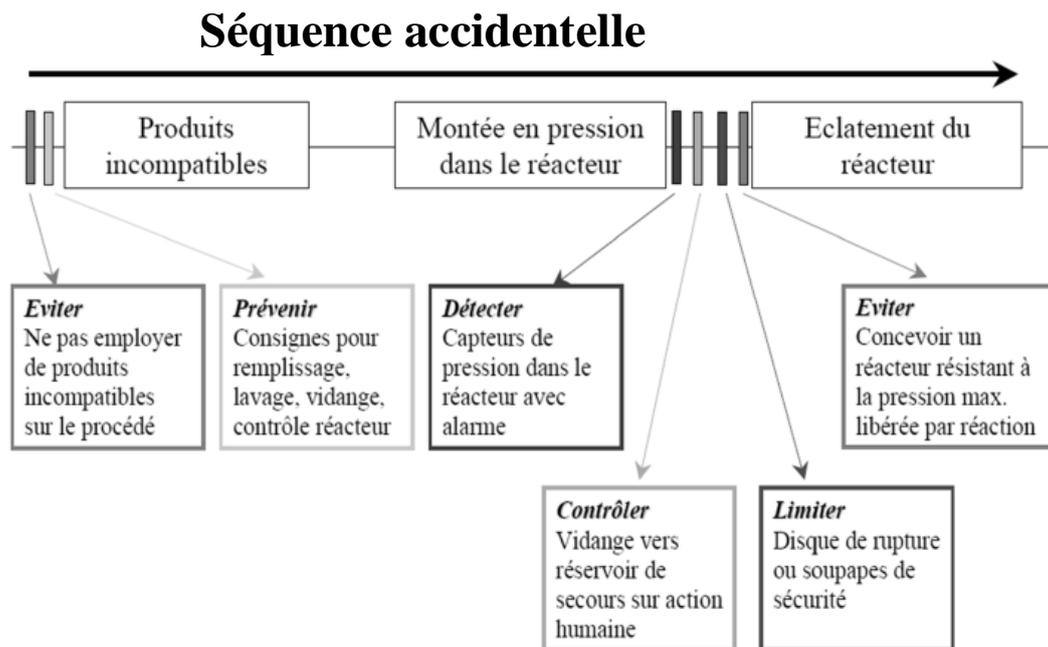


Figure 4-10: Cinq verbes d'accident pour la maîtrise des risques [18]

Les barrières sont classées selon une typologie qui dépend du mode de fonctionnement ou de défaillance des barrières :

- Barrières passives : (rétention, murs coupe-feu) qui ne requièrent pas de source d'énergie, extérieure pour remplir leur fonction de sécurité
- Barrières actives : nécessite une source extérieure d'activation pour remplir leur fonction de sécurité.
- Barrières humaines : nécessite l'intervention de l'homme pour remplir leur fonction de sécurité.

4.4. Maîtrise des risques

Dans le cadre de la maîtrise des risques, nos efforts de maîtrise toucheront deux plans :

- Mesure de prévention
- Mesure de protection

- **1^{er} sur le plan de prévention** : l'objectif de recherche est de baisser l'ER = fuite d'une probabilité de 5 (événement possible mais peu fréquent) vers une probabilité de 3 (événement très rare).

Pour cela est après l'explication de l'Add les actions de maîtrise seront localiser sur :

La défaillance du manomètre et le sur remplissage (fig. 4-11).

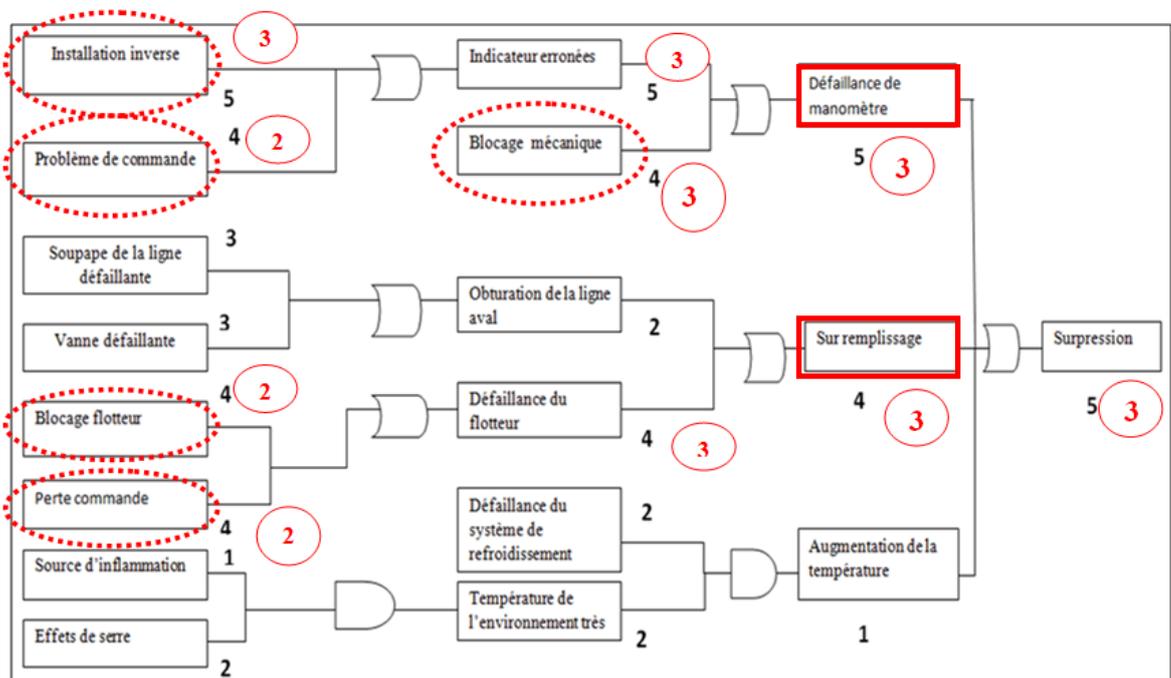


Figure 4-11 : L'Add après les mesures de préventions

- **2^{em} sur le plan protection** :

Après l'exploitation de l'AdE nous avons remarqué que la conséquence du BLEVE froid est due essentiellement à la défaillance des systèmes de protection qui sont :

- L'arrêt manuel
- L'alarme

Pour pallier à ces défaillances nous proposons :

- ✓ L'automatisation de l'arrêt manuel ;
- ✓ La Surveillance continue de la pression
- ✓ Le changement périodique des alarmes - programme d'entretien

- ✓ La mise en place des opérations organisationnelles par la cuvette de rétention ;
- ✓ La sensibilisation du personnel concerné.

Il est à noter que souvent le BLEVE froid s'il n'est pas maîtrisé sera suivi par un BLEVE chaud. Dans le cadre d'une autre étude nous proposerons de mettre en place les mesures de protection contre ce Phd.

Conclusion

L'analyse statistique (ARIA) des accidents majeurs liés à l'activité du GPL, nous a montré que la majorité des événements sont enregistrés sur des (EPS) lors du dysfonctionnement de leurs équipements de sécurité engendrant ainsi des phénomènes dangereux.

Le déploiement de notre analyse s'est effectué après une SADT et l'application des méthodes d'analyse des risques (APR, AdD, HAZOP, AdE) suivie de la mise en place des mesures de prévention et de protection

Pour une bonne compréhension du système étudié la SADT nous a permis de comprendre parfaitement la phase de stockage du GPL ;

Le déploiement de l'APR nous a permis de localiser la **Zone critique A-2** : 3 Sphères butanes (3000m³). Dans cette zone les risques inacceptables sont évalués à **16,67%** au niveau des sphères, à cause de plusieurs ER comme la surpression.

Ce qui nous a conduits à appliquer l'AdD pour l'ER : Surpression pour identifier les causes, et leurs combinaisons, qui sont responsables justement de l'apparition des ER ces causes sont :

- **Surpression due à un sur remplissage ou effet dominos ;**
- **Agression externe tel que la corrosion et les chocs mécaniques ;**
- **Erreurs humaines et d'opérateur puisque la majorité des activités se fait manuellement ;**
- **Défaillances des équipements de sécurité (Manomètre).**

Le calcul selon la méthode simplifiée nous donne une probabilité d'apparitions de **ER =5** (événement possible mais peut fréquent).

Le déploiement de la HAZOP vu ses avantages nous a permis de déterminer **16 déviations** pouvant causer l'apparition des événements non souhaités, **50 %** de ces dernières sont considérées comme inacceptables de ce pourcentage **37,5%** sont liés à la variation de la pression.

L'AdE nous a permis de montrer la succession d'événements secondaires qui peuvent mener à un phénomène dangereux selon la fiabilité des barrières de protection qui sont principalement :

- Soupape de sécurité ;
- Cuvette de rétention.

La méthode AdE nous a permis de retenir **3** scénarios qui ont comme conséquences : le débordement, et le BLEVE froid.

Nous avons ainsi modélisé le BLEVE froid par le logiciel PHAST pour déterminer les distances atteintes par chaque seuil de surpression, et également pour connaître les cibles visées afin de situer

Conclusion

l'endroit vulnérable qui nécessite la mise en place de barrière de protection, les résultats sont remarquable : La zone 1 des effets létaux et destructive qui correspond à une surpression **200 mbar** sur une distance de **65m** les dégâts toucherons la totalité du centre et les entreprises (SONALGAZ, NAFTAL, zone industriel ZI) alors que pour le seuil des destructions significative des vitres qui correspond à une surpression de **20mbar** sur une distance de **327m**.

À la fin, et comme perspective, le présent travail peut être développé par la simulation d'un BLEVE chaud dans le cas où le BLEVE froid n'est pas maîtriser

Référence bibliographique

- [1] **ARIA 30831 – 21/03/2005 – 44 –DONGES 51.5A – Commerce de gros de combustibles**
- [2] **ARIA 6805 - 22/07/1970 - 66 – PERPIGNAN 40.1A - Production d'électricité**
- [3] **ARIA 6805 - 22/07/1970 - 66 – PERPIGNAN 40.1A - Production d'électricité**
- [4] **ARIA 22404 - 26/04/2002 - 69 – FEYZIN 23.2Z - Raffinage de pétrole**
- [5] **ARIA 29903 - 26/05/2005 - 77 - GRANDPUITS-BAILLY-CARROIS 23.2Z - Raffinage de pétrole**
- [6] Noyes, D., *Gestion des risques par retour d'expérience dans le processus de réponse à appel d'offres*. Institut National Polytechnique de Toulouse / Génie industriel 2014. **212**.
- [7] LEFKIR, A.H., *Maitrise des risques technologiques majeurs*. Ecole Nationale Polytechnique, 2015. **115**: p. 35.
- [8] *ISO/CEI Guide 73*. 2002.
- [9] *Oméga 7 : méthode d'analyse des risques générés par les installations industrielles*. 2006. **119**(INERIS).
- [10] I.HAMITOUCHE, N.A., *approche analytique de la gestion global des risques au sein de General Electric*. Ecole Nationale Polytechnique 2015. **141**.
- [11] *ISO/CEI Guide 51*. 1999.
- [12] Kaufman, W., *Of acceptable risk* W.W.LAURENCE, 1976.
- [13] FUMEY, D.M., *Méthode d'Evaluation des Risques Agrégés : application au choix des investissements de renouvellement d'installations* Institut National Polytechnique de Toulouse spécialité système industriel: p. 195.
- [14] **(Référence : Daniel A. Crowl "Understanding explosions", CCPS Publication, 2003)**
- [15] .BARTHÉLEMY, P.COUREGÈS, Février 2004, Gestion des risques, Méthode d'optimisation
- [16] Analyse des risques et prévention des accidents majeurs (DRA-007) septembre 2002
- [17] Risques majeurs lien : <http://www.risquesmajeurs.fr/definition-generale-du-risque-majeur>
- [18] MORTUREUX.Y, Technique de l'ingénieur, 10 octobre 2002, Sécurité et gestion des risques- méthode d'analyse des risques- Maîtriser les concepts et méthodes nécessaire à la sécurité et à la gestion des risque- Analyse Préliminaire des risques.
- [19] Méthode HAZOP et conduite des revues HAZOP ENSPM 2006. 28
- [20] DEBRAY.B, CHAUMETTE.S, DESCOURIERE.S, TROMMETER.V, INRIS-DRA-2006-P46055-CL47569, Ω7 : Méthode d'analyse des risques générés par une installation industrielle.
- [21] https://fr.m.wikipedia.org/wiki/analyse_fonctionnelle_descendante

Référence bibliographique

- [22] MERAD.M.M, 16 mars 2004, INRIS-DRA 38- appui technique aux comités nationaux d'harmonisation des pratiques des études de dangers et des expertises-analyse de l'état de l'art sur les grilles de criticité
- [23]] Les phénomènes dangereux associés aux GPL dans les établissements de stockage hors raffineries et pétrochimie LE BLEVE. 7 Décembre 2006
- [24] <http://www.ineris.fr/fr/evaluation-des-version-60-et-61-de-phast>
- [25] http://fr.m.wikipedia.org/wiki/gestion_des_risques
- [26] <http://www.usinenouvelle.com/expo/barrieres-de-securite-o1092.html>

Annexes

Annexe 1 : Accidentologie lies aux stockages de GPL-ARIA

Accidents / Lieu	Equipement	Types de produit	Scénarios	Conséquence
Raffinerie Feyzin, France, 04/01/1966	L'installation de stockage de GPL (quatre sphères de propane de 1200 m3, quatre sphères de butane de 2000 m3, ainsi que deux réservoirs cylindriques horizontaux.	Liquides inflammables propane / butane	Trois sphères de butane s'ouvrent sans donner matière à un BLEVE.	-Le village de Feyzin, distant d'environ 400 mètres est touché par les ondes de surpression successives. Au total 11 réservoirs sont détruits, des missiles sont projetés jusqu'à 800 mètres. L'accident causa 18morts et 84 blessés.
Ixhuatepec, Mexico, Mexique 19/11/1984	Le site de stockage était constitué de 4 sphères de GPL, d'un volume unitaire de 1600 m3, de deux sphères de 2400 m3 de volume unitaire et de 48 réservoirs cylindriques horizontaux.	GPL	Série de BLEVE sur une installation de GPL	-Quelques minutes après l'inflammation du nuage, deux des plus petites sphères donnent matière à des BLEVE, engendrant la formation d'une boule de feu (d'un diamètre évalué, sans certitude, à 350 ou 400 mètres) ainsi que l'éjection d'un ou deux réservoirs cylindriques. -Les effets thermiques et l'éjection de fragments entraînent, par effet domino, d'autres BLEVE. -Cet accident causa au total le décès de plus de 500personnes. Il y eut environ 7000 blessés et 39000 personnes évacuées. Des fragments de sphères furent retrouvés à plus de 600

Annexes

				mètres.
RAFFINERIE (TEXAS CITY, TEXAS, USA,30/05/1978)	D'un réservoir sphérique d'isobutane d'une capacité de 800 m ³	Isobutane	Succession de BLEVE	-Le nuage est enflammé par une source non identifiée et un feu de type chalumeau se forme à la fuite. Moins d'une minute après, la sphère donne matière à un BLEVE. Plusieurs BLEVE de petits réservoirs se produisent ensuite, puis 20 minutes plus tard, une autre explosion survient. Il s'agit du BLEVE d'une autre sphère de 800 m ³ de capacité.
LOS ALFAQUES, ESPAGNE, 11/07/1978	Un camion transportant 23,5 tonnes de propylène	Propylène	Un BLEVE se produit engendrant notamment une boule de feu.	La citerne est fissurée et l'inflammation du rejet gazeux qui se forme entraîne une augmentation de la pression interne et une détérioration des parois de la citerne. Consécutivement à une première explosion, un BLEVE se produit engendrant notamment une boule de feu. Cet accident fut la cause de 216 morts et plus de 200 blessés dans un rayon de 125 m (Lees, 1996).
ARIA N° 100, Le 19/08/1988, JAPON ASAHIKAWA	Une fuite de GPL issue de l'unité de compression des gaz résiduels dans l'atelier	GPL	Explosion suite à une fuite de GPL.	Une explosion (cause d'allumage indéterminée) et un incendie; 1207 bouteilles

Annexes

	d'inspection et de remplissage des bouteilles.			sont détruites au cours du sinistre qui a fait 3 morts et 2 blessés sur le site. Les trains sont arrêtés et la production électrique est perturbée.
(KAMENA VOURLA) GRECE, le 30/04/1999	Camion-citerne contenant 18 tonnes de GPL.	GPL	BLEVE	Une fuite de GPL qui s'enflamme, Trente minutes plus tard, un BLEVE se produit. la formation d'une boule de feu d'environ 100 m de rayon et 150 m de hauteur. De grosses gouttes de GPL liquide en feu pleuvent sur des distances de 300 à 400 m.
ARIA N° 36310, le 25/06/2009; France, Port-La-Nouvelle.	Dans un dépôt de GPL de 1250 m ³ une fuite de propane se produit vers 14h45 sur une vanne de purge d'une des pompes des 3 réservoirs sous talus (2 x 500 m ³ + 1 x 250 m ³), mis en service début juin en remplacement de 3 sphères aériennes; le jet vertical de gaz (7 bar) de 6 à 8 m s'enflamme en moins de 5 s.	GPL	Fuite enflammée sur vanne de purge	La fuite enflammée perdure pendant 35 min, le temps nécessaire pour brûler le propane présent dans la canalisation de 250 mm de diamètre et de 20 m de long entre la vanne de sectionnement en soutirage du réservoir et le point de fuite. Après extinction, la vanne de purge est refermée manuellement ; le POI est levé à 15h40. Aucun blessé n'est à déplorer ; les eaux de refroidissement ont été confinées sur le site. La fuite de gaz est estimée à 350 kg.
ARIA N° 29590, le 23/04/2004 Allemagne	Dans une raffinerie, un "flash" de GPL se produit lors d'un transfert entre un stockage fixe et une citerne routière	GPL	Flash de GPL	Le jour de l'accident, le chargement d'une citerne est en cours quand le raccord vissé entre le bras de

Annexes

				chargement et la citerne fuit. Le nuage ainsi formé s'enflamme enveloppant le chauffeur. Ce dernier, grièvement brûlé, décèdera de ses blessures par la suite.
--	--	--	--	--

Annexe 2 : Echelle de cotation de l'APR

Tableau 1 : Classe de gravité

Gravité	Caractérisation de la gravité
G4 Conséquences extérieurs majeures hors établissement	Accident mortel/ou irréversible d'une partie importante du personnel et/ou conséquences majeures sur les ressources
G3 Conséquences extérieurs graves hors établissement	Accident mortel/ou irréversible d'une partie limitée du personnel et/ou la population et/ ou conséquences graves sur les ressources
G2 Conséquences limitées à l'établissement et/ou légères hors établissement	Accident corporel avec une incapacité permanente moyenne ou faible
G1 Conséquences limitées à une installation de l'établissement et/ou légères dans l'établissement	Accident corporel avec arrêt de travail

Tableau 2 : Classe de fréquence

Fréquence	Evaluation qualitative
F4	Possible
F3	Rare
F2	Extrêmement rare
F1	Improbable

Tableau 3 : Matrice de criticité

Gravité 4	4/1	4/2	4/3	4/4
Gravité 3	3/1	3/2	3/3	3/4
Gravité 2	2/1	2/2	2/3	2/4
Gravité 1	1/1	1/2	1/3	1/4
	Fréquence 1	Fréquence 2	Fréquence 3	Fréquence 4

« Source des tableaux étude de danger du bureau d'étude EURL-TAD CONSULT »

Annexe 3 : APR Centre emplisseur

Annexes

Annexe 4 :HAZOP

Unité : Centre emplisseur oued aissi Système : Entrée +Sphères			Neud: Sortie du camion/compresseur/ jonction sphère				
Etat d'activité	Mot-clé	Paramètre	Causes	Conséquences	Sécurité/Détection	Actions correctives	Observation
Phase remplissage	Pas assez	Débit d'entrée (dans la sphère)	Obturation de la ligne d'alimentation	- Surpression au niveau du compresseur -rupture ligne d'alimentation -augmentation de la température au niveau compresseur - Risque: incendie /explosion /UVCE/ Feu de torche	-Alarme - soupape de ligne -Détecteur de gaz XAG - relais thermique provoque l'Arrêt d'urgence du compresseur - réseau incendie	-Mettre en place un système qui indique la présence du produit en Amant du compresseur Entraine l'arrêt d'urgence avant la surpression et l'échauffement - contrôle l'état des canalisations avant toutes opérations	Dérive inacceptable
			Vanne d'entrée sphère oubliée fermée	- Surpression dans la ligne d'alimentaion -rupture vanne et accessoire de jonction - Risque : incendie /explosion /UVCE/ Feu de torche	-Alarme - relais thermique provoque l'Arrêt d'urgence du compresseur -Détecteur de gaz XAG -soupape de ligne - réseau incendie	-Mettre en place un système qui indique la présence du produit a l'Amant du compresseur Entraine l'arrêt d'urgence avant la surpression et l'échauffement -contrôle des position des vannes avant toutes opération	Dérive inacceptable
			Rupture ligne d'alimentation	-Risque : incendie /explosion /UVCE/ Feu de torche -épan dage	Alarme - relais thermique provoque l'Arrêt d'urgence du compresseur	Arrêt opération remplissage - contrôle l'état des canalisation avant toutes opérations	Dérive critique

Annexes

					-Détecteur de gaz XAG 01 à 07 -détecteur de flamme DF01 - réseau incendie	- Respect des procédures de maintenance	
	Plus de	Débit	-Non respect du taux de remplissage - Défaillance d'indicateur de niveau LT01 -défaillance régulateur de débit -erreur humain	- sur remplissage - surpression -fuite au niveau des soupapes - Augmentation rapide de la pression jusqu'à la rupture du sphère □ □ BLEVE froid	Alarme -Indicateur de niveau LT01 -Détecteur de gaz XAG -Bris glace -détecteur de flamme DF01 - réseau incendie	Arrêt opération remplissage -Respect des pourcentages de remplissage et des procédures de maintenance	Dérive critique
Phase remplissage	Pas de	Débit	-rupture du pompe -rupture interne (blocage)	-fuite -incendie	-Détecteur de flamme -Détecteur de gaz -Alarme	-fermeture du manomètre automatique	Dérive acceptable

Phase remplissage	Pas de	Pression (entrée sphère)	Rupture de canalisation → Bras déconnecté pendant opération par opérateur - bras arraché en absence d'opérateur	-Fuite de gaz -déversement du produit	-Détection gaz → Fermeture clapet -Réseau d'incendie	-Arrêt opération dépotage -Habilitation des intervenants - Système anti arrachement prévu sur les bras	Dérive critique
	Moins de	Pression (ligne)	-Mauvais connexion du	-formation d'un nuage gazeux	-Alarme -Arrêt du	-Respect des procédures de	Dérive inacceptable

Annexes

		d'alimentation)	bras de déchargement -usure des joints de connexion	- formation d'une nappe de GPL -UVCE -BLEVE froid -Feu de torche	compresseur - réseau incendie -clapet hydraulique de la citerne -vanne d'arrêt	maintenance -Vérification périodique des équipements. -formation des intervenants	Dérive inacceptable
		Pression (sphère)	Fuite au niveau des soupapes de sécurité	Perte de confinement → Nuage gazeux → feu de torche → UVCE	-Alarme, Indicateur de niveau LT01 , Détecteur de gaz XAG , détecteur de flamme DF01 - réseau incendie	Arrêt opération remplissage -Habilitation des intervenants -Vérification périodique, de la soupape de sécurité	
Phase remplissage	Plus de	Pression (ligne d'alimentation) des sphères	-Chaleur externe (incendie voisin) - défaillance au niveau des soupapes de ligne -fermeture intempestive des vannes de ligne	Rupture de la ligne d'alimentation → perte de confinement – formation d'une nappe → UVCE, feu de nappe - Feu de torche	-Alarme -Arrêt du compresseur -Détecteur de gaz XAG -détecteur de flamme DF	-Arrêt opération remplissage -Habilitation des intervenants -Vérification périodique de la ligne d'alimentation, de la soupape de sécurité -Nettoyage de l'entourage	Dérive inacceptable

Unité : Centre emplisseur oued aissi
Système : Sphère + sortie GPL

Phase expédition	Moins de	niveau	Défaillance de l'indicateur de niveau LT01 lors de l'opération de remplissage	-Risque de cavitation des pompes P S1/S3/PW1 /PW3 -Non arrêt de la pompe à cause de la défaillance des indicateurs de niveau LSL →	-Alarme - relais thermique (entraîne l'arrêt de la pompes) - vanne différentielle.	-Mettre en place un système qui indique la présence du produit a l'Amant de la pompes Entraîne l'arrêt de la pompes avant l'échauffement	Dérive critique
------------------	----------	--------	--	---	--	---	-----------------

Annexes

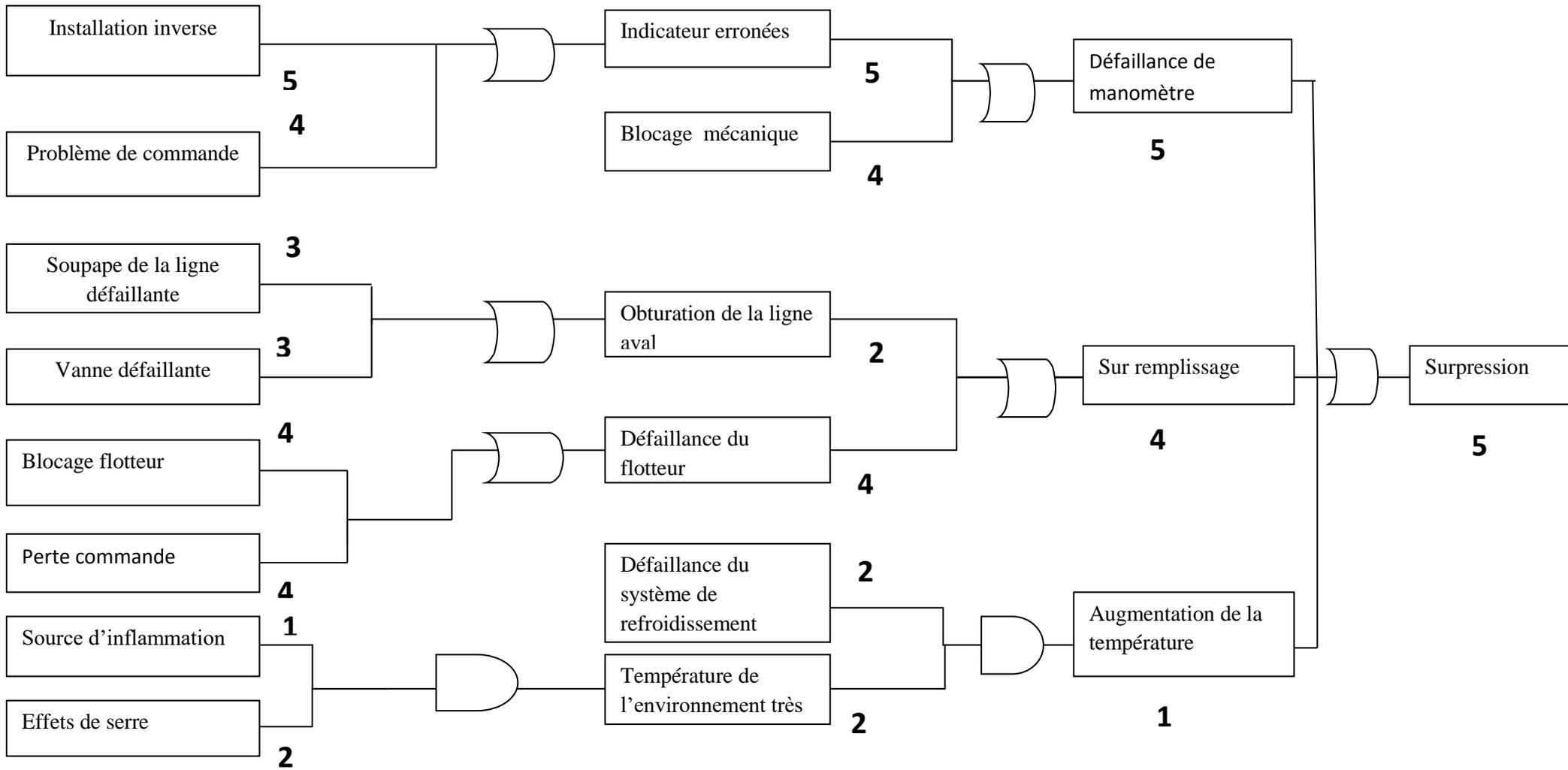
				risque de déformation (submersion) de la sphère - échauffement des pompes			
			Fuite dû à un choc, corrosion, travaux de maintenance	-formation d'un nuage gazeux - formation d'une nappe de GPL -UVCE -BLEVE froid -Feu de torche	-Alarme -Indicateur de niveau LT01 -Arrêt pompe -Détecteur de gaz XAG01 à 07 -Bris glace -détecteur de flamme DF01 - réseau incendie	-Respect des procédures de maintenance -Vérification périodique de la sphère pour déterminer l'état d'avancement de leurs corrosions. - (épreuve hydraulique ou pneumatique) -Arrosage par l'ouverture des vannes VPM	Dérive inacceptable
			-Défaillance de la vanne de purge (vanne reste ouverte) lors des opérations dégazages	-Fuite → Feu de torche - formation d'un nuage gazeux	-Alarme -Indicateur de niveau LT01 -Arrêt pompe -Détecteur de gaz XAG 01 à 07 -Bris glace -Réseau d'incendies	-proposé une deuxième vanne d'arrêt en aval du ballon de purge	Dérive Critique
			Non respect du taux de remplissage (Sphère remplis a moitié)	aucune conséquence	Alarme -Indicateur de niveau LT01	Contrôle du débit de remplissage -Respect des pourcentages de remplissage -Respect des procédures de remplissage	Dérive acceptable

Annexes

Phase expédition	Plus de	Niveau	-Suralimentation et non respect des débits d'expédition -Défaillance du flotteur (LT01) -défaillance des soupapes PSV	-surpression (Augmentation rapide de la pression jusqu'à la rupture du sphère) → BLEVE froid	-Alarme -Indicateur de niveau LT01H - détecteur de fuite -Fermeture des vannes automatique VH -Cuve de rétention	-Arrêt opération remplissage -Respect des pourcentages d'expédition -vérification des équipement de sécurité	Dérive inacceptable
				-Effondrement de la sphère dû au surpoids et à la corrosion de ses pieds	-Cuve de rétention - Alarme	-L'état des pieds est des tirants de chaque sphère doit être vérifier pour s'assurer de leurs capacités à supporter le poids du liquide.	Dérive critique
			Sur remplissage et Bouchage de la ligne aval (sortie sphères)	surpression → Rupture du réservoir → BLEVE froid	-Indicateur de niveau LT01 -Alarme -Fermeture vanne auto VH -indicateur de pression PT01H - soupapes de sécurité PSV	-Vérification périodique des lignes aval	Dérive inacceptable
			Non respect du taux de remplissage (Sphère remplis a plus de 85%)	aucune conséquence	-Alarme -Indicateur de niveau LT01	Contrôle du débit de remplissage -Respect des pourcentages de remplissage -Respect des procédures de remplissage	Dérive acceptable

Annexes

Annexe 5 : AdD



Annexe 6: Nœud papillon

