



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université M'Hamed Bougara de Boumerdès

Faculté des Sciences de l'Ingénieur

Département Génie des Procédés Industriel

Projet fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : génie des procédés

Spécialité : Hygiène et sécurité industriel

Thème

Application de la méthode ARAMIS sur un ballon GPL au niveau de centre de traitement de gaz a Hassi R'mel



Réalisé par :

- **DAHOU YUCEF**
- **BELABBAS WALID**

Promoteur : MR.ZOUANI ZOUBIR

Composition du jury	Nom et prénom	Grade	Signatures
Président	Mme.Ouslimani		
Examineur 1	Mme.Kebbouche		
Examineur 2	Mme.Bougherara		
Examineur 3	Mme.Benrahou		

Promotion 2018

Remerciements

Nous remercions en premier lieu et avant tout mon « Dieu » le tout puissant qui nous a éclairé le chemin de vie, et nous a donné le courage, la force, la patience jusqu'au dernier moment de ce long parcours d'étude.

*Nos remerciements vont particulièrement à Monsieur **ZAOUANI ZOUBIR** notre encadreur, pour son aide et le temps qu'il nous a consacré, pour son soutien moral qui nous a été bénéfique jusqu'au dernier moment de ce travail, tout en nous faisant profiter de sa culture et de sa rigueur scientifique.*

Nous remercions également tous les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail.

On remercie vivement tous le personnel du Module 1 à Hassi R'mel, pour leur aide inestimable et leur soutien moral afin d'établir ce mémoire.

Il nous reste à remercier toutes les personnes nous ayant directement ou indirectement, scientifiquement et/ou moralement aidés et encouragés pendant la réalisation de ce mémoire.

Enfin, il nous a été très difficile d'écrire cette page par souci d'oublier les nombreuses personnes qu'il nous faut citer pour leur aide, leur accueil, leur soutien... Qu'elles soient toutes assurées de notre plus profonde reconnaissance même si leurs noms n'y figurent pas.

Dédicaces

Ce travail, et bien au-delà, je le dois à nos parents qui ont fourni au quotidien un soutien et une confiance sans faille et de ce fait, nous saurons exprimer nôtres gratitude seulement par des mots. Que dieu vous protège et vous garde pour nous.

On dédicace tous les familles DAHOU et BELABBAS et notre amis et tous la promotion de MHSI-16

Résumé

Durant ces dernières années, le monde a connu un accroissement technologique qui a modifié profondément les exigences en termes de sûreté de fonctionnement des systèmes qui sont devenus de plus en plus complexes. Les systèmes industriels ont connu une augmentation notable du nombre d'accidents majeurs et des catastrophes telles que les incendies et les explosions occasionnant des impacts et des conséquences graves sur les personnes, les biens et l'environnement. Pour cela, des efforts considérables sont fournis pour maîtriser la sécurité des installations industrielles. La maîtrise de ces phénomènes est obtenue grâce à des méthodes d'analyses qualitatives, semi-quantitatives et quantitatives des risques, reposant sur un certain nombre de données et d'informations sur le système analysé et son environnement ainsi que sur le phénomène étudié.

Notre travail étudie un scénario d'accident majeur dans une installation de traitement de gaz à l'aide de méthode ARAMIS qui est une méthode semi-quantitative d'analyse des risques, puis une modélisation de l'événement le plus dangereux a été réalisé avec le logiciel ALOHA, le but de cette étude est le calcul de l'indice de sévérité d'un accident majeur (BLEVE d'un ballon de stockage intermédiaire de GPL).

Mots clés : *accidents majeurs, explosions, la sécurité des installations industrielles, la méthode ARAMIS.*

Abstract

In these recent years, the world has experienced a technological expansion, which has profoundly altered the reliability requirements of systems that have become increasingly complex. Industrial systems have seen a marked increase in the number of major accidents and disasters such as fires, explosions, occasioning serious impacts and consequences for people, equipments and the environment. To this end, great efforts are made to control the safety of industrial installations. The control of these phenomena obtained through qualitative, semi-quantitative and qualitative risk analysis methods, with the collection of certain number of data and information about the control system and its environment and the phenomenon studied.

Our work envisages a major accident scenario in a gas processing plant with, ARAMIS method which is a semi-quantitative risk analysis method; then, modeling the most dangerous event with the ALOHA program. This study aims the calculation of the severity index of a major accident (BLEVE of a LPG intermediate storage tank).

Key words: *major accidents, explosions, safety of industrial installations, ARAMIS method.*

SOMMAIRE

<i>Liste des Abréviation et Acronymes</i>	1
Introduction	3
Chapitre 1 :	4
1.1 <i>Introduction</i>	5
1.2 <i>Terminologie de la gestion de risque :</i>	5
1.2.1 <i>Notion de danger et de dommage :</i>	5
1.2.2 <i>Notion de risque :</i>	5
1.3 <i>But de l'analyse des risques majeurs:</i>	8
1.3.1 <i>Les méthodes d'analyse des risques :</i>	8
1.4 <i>Remarque :</i>	9
2 Chapitre 2	10
2.1 <i>Introduction :</i>	11
2.2 <i>Opération A : Identification des scénarios d'accidents :</i>	11
2.2.1 <i>Etape préliminaire : Définition du vocabulaire :</i>	11
2.2.2 <i>Opération A-0 : Sélection des équipements critiques sur un site</i>	11
2.2.3 <i>Opération A-1 : Méthode pour l'identification systématique des scénarios d'accidents (MIMAH : Methodology For the Identification of Major Accident Hazards) :</i>	11
2.2.4 <i>Opération A-2 : Méthode pour la définition des scénarios de référence (MIRAS : Methodology For the Identification of Reference Accident Scenarios)</i>	12
2.2.5 <i>Opération A-0 : Sélection des équipements critiques sur un site :</i>	15
• <i>Sélection des équipements contenant une quantité importante de produits dangereux : ..</i>	17
2.2.6 <i>Opération A-1 : Méthode MIMAH</i>	18
2.2.7 <i>Opération A-2 : Méthode MIRAS :</i>	24
2.2.8 <i>Etape 5 : Calcul des fréquences des phénomènes dangereux :</i>	29
<i>Etape 6 : Estimation de la classe de gravité des phénomènes dangereux</i>	30
2.2.9 <i>Etape 7 : Utilisation de la matrice de risque</i>	31
3 Chapitre 3 :	33
3.1 <i>Introduction :</i>	34
3.2 <i>Présentation de champ de hassi r'mel :</i>	34
3.2.1 <i>Situation géographique :</i>	34

3.2.2	<i>Historique de champ de Hassi R'mel :</i>	35
3.3	<i>Description de module 1 (MPP1) :</i>	35
3.3.1	<i>Introduction :</i>	35
3.3.2	<i>Description du Procédé de traitement de gaz :</i>	35
3.4	<i>Conclusion :</i>	38
4	Chapitre 4 :	39
4.1	<i>Introduction :</i>	40
4.1.1	<i>Description de système :</i>	40
4.1.2	<i>Généralités sur le ballon v209 :</i>	41
4.1.3	<i>Les barrières de préventions :</i>	41
4.2	<i>Opération A : identification des scénarios d'accident</i>	41
4.2.1	<i>Opération A-0 : sélectionné les équipements critiques sur le site :</i>	42
4.2.2	<i>OPERATON A-1 : méthode MIMAH</i>	44
4.2.3	<i>Opération A-2 : méthode MIRAS</i>	50
4.2.4	<i>OPERATION B : Indice sévérité cartographique de la sévérité d'un site industriel :</i>	57
4.2.5	<i>Interprétation des résultats :</i>	63
4.2.6	<i>Recommandation :</i>	63
4.3	<i>Conclusion :</i>	63
	<i>Annexe :</i>	65

LISTE DE FIGURE

<i>Figure 1 : Conséquence des accidents industriels majeurs</i>	6
<i>Figure 2 : Processus de gestion du risque.</i>	9
<i>Figure 3 : Représentation d'un scénario d'accident par le modèle nœud papillon</i>	13
<i>Figure 4 Logigramme des étapes de la méthode MIMAH</i>	19
<i>Figure 5 : Vue générale des étapes MIRAS</i>	24
<i>Figure 6 : Exemple d'identification des fonctions.</i>	26
<i>Figure 7 : Règles de calcul des probabilités de l'arbre des événements.</i>	30
<i>Figure 8 : Matrice du risque</i>	32
<i>Figure 9 : Situation géographique de champ de hassi R'mel</i>	34
<i>Figure 10 : Schéma représentative du train 1</i>	38
<i>Figure 11 : Photo de ballon de reflux V-209</i>	40
<i>Figure 12 : Schéma du système étudié.</i>	41
<i>Figure 13 : Logigramme des étapes de la méthodes MIMAH</i>	44
<i>Figure 14 : ADD rupture catastrophique.</i>	46
<i>Figure 15 : Construction de l'ADE</i>	48
<i>Figure 16 : Construction de nœud papillon</i>	49
<i>Figure 17 : Vue générale des étapes MIRAS</i>	50
<i>Figure 18 : Position des phénomènes dangereux dans la matrice de risque.</i>	56
<i>Figure 19 : Configuration de logiciel ALOHA sélection de localisation</i>	57
<i>Figure 20 : Configuration de logiciel ALOHA sélection de produit</i>	57
<i>Figure 21 : Configuration de logiciel ALOHA paramètre atmosphérique</i>	58
<i>Figure 22 : Configuration de logiciel ALOHA paramètre de stockage</i>	59
<i>Figure 23 : Configuration de logiciel ALOHA choix de scénario</i>	60
<i>Figure 24 : Cartographie de la sévérité</i>	62

LISTE DE TABLEAU

<i>Tableau 2 : Légende des évènements figurants sur le modelé du nœud papillon.</i>	<i>14</i>
<i>Tableau 3 : Typologie des substances dangereuses</i>	<i>16</i>
<i>Tableau 4 : Masse de références Ma selon la nature des substances</i>	<i>17</i>
<i>Tableau 5 : Typologie d'équipements considérée dans MIMAH</i>	<i>20</i>
<i>Tableau 6 : Liste des évènements redoutes centraux.....</i>	<i>22</i>
<i>Tableau 7 : Arbres génériques par type ERC.....</i>	<i>23</i>
<i>Tableau 8 : Niveau de confiance de la conception de la barrière.</i>	<i>27</i>
<i>Tableau 9 : Résultats de l'évaluation de la performance des barrières</i>	<i>28</i>
<i>Tableau 10 : Règles de calcul des fréquences et des probabilités dans un arbre des défaillances</i>	<i>29</i>
<i>Tableau 11 : Définitions des classes de gravité des Phd.....</i>	<i>30</i>
<i>Tableau 12 : Estimation grossière des classes de gravité par phénomène dangereux</i>	<i>31</i>
<i>Tableau 13 : Classification de produit identifie.</i>	<i>42</i>
<i>Tableau 14 : Les caractéristiques de produit.</i>	<i>42</i>
<i>Tableau 15 : Masse de références Ma selon la natures des substances.....</i>	<i>43</i>
<i>Tableau 16 : Identification d'équipement de l ERC</i>	<i>45</i>
<i>Tableau 17 : Identification de type d'ERC.....</i>	<i>45</i>
<i>Tableau 18 : Définition des évènements de l'ADE d'ERC 10</i>	<i>47</i>
<i>Tableau 19 : Les fréquences de défaillance</i>	<i>51</i>
<i>Tableau 20 : Identification des barrières</i>	<i>51</i>
<i>Tableau 21 : Performance des barrières</i>	<i>52</i>
<i>Tableau 22 : Règle de calcul des fréquences et probabilité dans un arbre de défaillances .</i>	<i>53</i>
<i>Tableau 23 : Définition de classe de gravité des Phd.....</i>	<i>55</i>
<i>Tableau 24 : Estimation des classes de gravité par phd</i>	<i>55</i>

Liste des Abréviation et Acronymes :

ARAMIS : Accidental Risk Assessment Methodology for IndustrieS in the context of the Seveso II Directive.

MIMAH : Method for the Identification of Major Accident Hazards. Méthode pour l'identification des scénarios d'accidents majeurs.

MIRAS : Method for the Identification of Reference Accident Scenarios. Méthode pour l'identification des scénarios de référence.

AdD : Arbre des Défaillances

AdE : Arbre des Evénements

EIn : Evénement Indésirable

EI : Evènement Initiateur

ERC (EC) : Evènement Redouté Central (Evènement critique)

Ph D : Phénomène Dangereux

BS : Barrières de sécurité

NC : niveau de confiance

PFD : Probability of Failure on Demand (probabilité de défaillance à la demande)

PFH : Probability of Failure per Hour (probabilité de défaillance par heure)

SIL : Safety Integrity Level (niveau d'intégrité de sécurité)

BLEVE : Boiling Liquid Expanding Vapour. Explosion ou vaporisation explosive d'un liquide surchauffé.

UVCE : UNCONFINED VAPOUR CLOUD EXPLOSION. Explosion d'un nuage de gaz/vapeurs non confiné.

SONATRACH : Société Nationale pour la Recherche, la Production, le Transport, la Transformation, et la Commercialisation des Hydrocarbures.

HRM/HR : Hassi R'mel.

CSTF : Centre de Stockage et de Transport des Fluides.

SBC : Station de Boosting gaz Centre.

GPL : Gaz de Pétrole Liquéfié.

SE : Sécurité.

MPP : Module Processing Plant.

MEG : Glycol.

EN : Normes Européennes.

OHSAS :Occupational Health and Safety Assessment Series.

ISO : International Organization for Standardization.

CEI : Communauté des États Indépendants.

JORADP : Journal Officiel de la République Algérienne.

AFNOR : Association française de normalisation.

AF :Analyse Fonctionnelle.

APR : Analyse Préliminaire des Risques.

HAZOP : Hazard and Operability Study.

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

DCS : Distrbuted Control System

INTRODUCTION :

Le développement industriel des deux derniers siècles a permis de grandes avancées technologiques et une amélioration de niveau de vie. Le développement des machines, La production, le stockage et l'utilisation d'une quantité toujours croissante de produits dangereux entraînent dans l'industrie une augmentation considérable des risques d'accident majeur

Les grands établissements sont toujours porteurs de risques technologiques et industriels pouvant être considérés comme des menaces sérieuses pour l'Homme et pour l'Environnement naturel. Les industries pétrolières et gazières occupent les premières places dans les risques technologiques majeurs.

La réglementation nationale et internationale exige des études de danger pour l'analyse des risques susceptibles de se réaliser dans une installation, avant de fournir l'autorisation d'exploitation. Cette étude se fait en phase de construction pour identifier les risques et leurs conséquences. Mais les industries peuvent être confrontées à de nouveaux scénarios d'accidents majeurs non spécifiés dans leurs études de danger en phase d'exploitation. C'est dans cette optique que SONATRACH à travers le service prévention, souhaite exprimer des besoins dans ce sens :

- Identification des dangers des équipements,
- Evaluation du niveau de maîtrise des risques,
- Estimation de l'ampleur des accidents majeurs pour la mise en place d'un plan d'action pour la maîtrise de l'ERC.

Chapitre 1 :

Généralités sur la gestion des risques

1.1 Introduction

L'Analyse de risques a comme objectif de fournir une analyse détaillée des risques potentiels de dangers associés aux installations dans notre site. Le but final est d'identifier tous les accidents majeurs relatifs aux installations et ainsi mettre en place des dispositifs de retour d'expérience (REX) ayant pour vocation de se saisir de tout événement considéré comme un écart, une anomalie, pour en déterminer les causes, les circonstances et enchaînements qui y ont conduit, les conséquences qui en ont résulté, et pour en tirer les enseignements permettant d'en prévenir la répétition.

1.2 Terminologie de la gestion de risque :

1.2.1 Notion de danger et de dommage :

- **La norme EN 292-1**, définit le danger comme suit :

Danger, ou phénomène dangereux : Cause capable de provoquer une lésion physique et/ou une atteinte à la santé. (Source potentielle de dommage).

- **La norme EN 1050** donne la définition suivante :

Dommage : Lésion et/ou atteinte à la santé.

Par contre, la norme **ISO 45001** définit le danger comme :

Toute source, situation, ou acte ayant un potentiel de nuisance en termes de préjudice personnel ou d'atteinte à la santé, ou une combinaison de ces éléments.

1.2.2 Notion de risque :

La définition du risque suivant la norme internationale ISO/CEI 73 est « la combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences », ou la « combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité » suivant (ISO/CEI 51).

I. Risque majeur

Toute menace probable pour l'Homme et son environnement pouvant survenir du fait d'aléas naturels exceptionnels et/ou du fait d'activités humaines.¹

II. Prévention des risques majeurs

La définition et la mise en œuvre de procédures et de règles visant à limiter la vulnérabilité des Hommes et des biens aux aléas naturels et technologiques.¹

¹ (JORADP n° 04-20)

III. Accident majeur

Un événement tel qu'une émission, un incendie ou une explosion d'importance majeure résultant de développements incontrôlés survenus au cours de l'exploitation, entraînant pour la santé humaine ou pour l'environnement, à l'intérieur ou à l'extérieur de l'établissement, un danger grave, immédiat ou différé, et faisant intervenir une ou plusieurs substances dangereuses.²

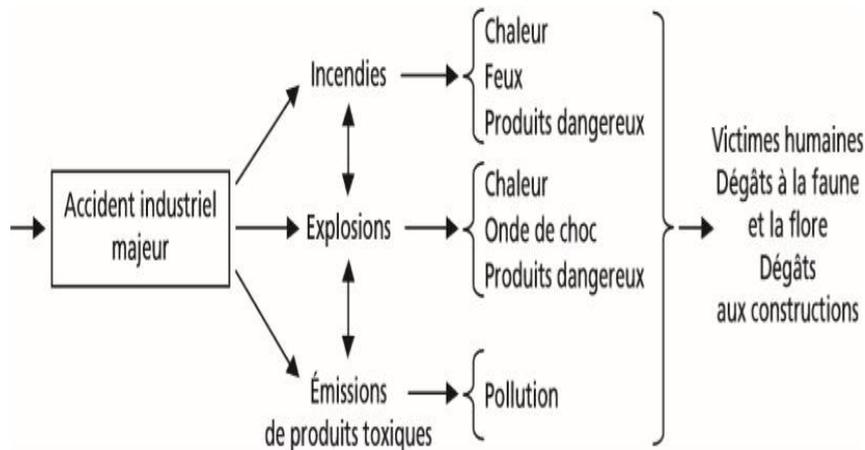


Figure 1 : Conséquence des accidents industriels majeurs

Les accidents industriels majeurs peuvent avoir trois conséquences importantes qui les distinguent également des nombreux accidents et incident habituels, connus dans les milieux industriels (**figure 1**).³

Ce sont là les caractéristique principales des accidents industriels majeurs .le tableau donne une liste des principaux accidents industriels majeurs connus et ayant fait l'objet d'une analyse technique en vue de la prévention.³

² O.Salvi, E.B., Ω-6 Eléments Importants Pour la Sécurité (EIPS), in Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (DRA-35). 2003, INERIS-DRA- France.

³ margossian, nichan. Risques et accidents industriels majeurs. s.l: DUNOD.'

1966	Explosion de propane a la raffinerie de pétrole de Feyzin (France) 18 morts
1974	Explosion a l'usine chimique de Flixborough (Grande-Bretagne) 28 morts
1976	Explosion et pollution à l'usine chimique Seveso (Italie) aucun mort mais pollution importante
1977	Explosion d'un silo de céréales a berme (Allemagne)
1982	Explosion d'un silo de céréales à Metz (France) 12 morts et plusieurs blessés.
1984	Explosion d'un réservoir de gaz liquéfié à Mexico 6500 morts
1984	Explosion et pollution importante à l'usine chimique de Bhopal (Inde) 2500 morts
1986	Explosion de la centrale nucléaire de Tchernobyl très importante pollution radioactive ,37 morts et des milliers de personnes irradiés
1986	Incendie a l'entrepôt de produit chimique a Bale (Suisse) 27 morts plusieurs blessés
2001	Explosion de l'usine chimique AZF Toulouse (France) : dégâts matériels et 50 morts
2004	Explosion de conduite de gaz naturel à Ghislenghien (Belgique) : 15 morts

Tableau 1 : L'importance du risque industriel majeur.⁴

1.3 But de l'analyse des risques majeurs:

Le but d'une analyse des risques est de répondre aux questions suivantes :

- Que peut-il arriver ?
- Quelle est la probabilité de survenance des dégâts ?
- Quelles sont les conséquences lorsqu'un évènement indésirable se produit ?
- Le risque est-il acceptable et le cas échéant
- Quelles sont les mesures nécessaires pour atteindre un niveau de risque acceptable ?

Pour répondre à ces questions un processus de gestion des risques majeurs doit être identifié :

1. Identification du risque sur le site
2. Création de la liste d'accident majeur pouvant survenir sur le site
3. Extraction des scénarios enveloppés d'accidents majeurs.
4. Etude approfondie de chaque scénario :
 - a Analyse probabiliste.
 - b Analyse des conséquences.
 - c Evaluation des risques associés aux scénarios.
 - d Analyse de l'acceptabilité du risque associés au scénario.

Toutes les entreprises industrielles sont confrontées à des risques de nature différents. La gestion des risques, bien que menée de diverses façons selon les domaines traités, repose toujours sur un processus séquentiel et itératif de même structure, consiste à réaliser successivement l'analyse, le traitement et le suivi des risques.

Pour la plupart nées de l'industrie, les différentes approches de la gestion des risques présentes dans la littérature proposent une démarche de prise en compte des risques fondée sur une même structure.⁵

1.3.1 Les méthodes d'analyse des risques :

Plusieurs méthodes dites classiques sont apparues pour étudier les risques, selon la nature de problème

- Analyse préliminaire des risques (APR) ;
- HAZOP /What if ;

⁴ Yamada, KOSAKU. safety guidebook.

⁵ Yamada, KOSAKU. safety guidebook.

- Analyse des modes de défaillances ;(AMDEC)
- Arbre de défaillance ;
- Arbres d'évènements ;
- Nœud papillon ;

Typologie des méthodes :

- Quantitative / Qualitative
- Inductive / Déductive
- Statique / Dynamique

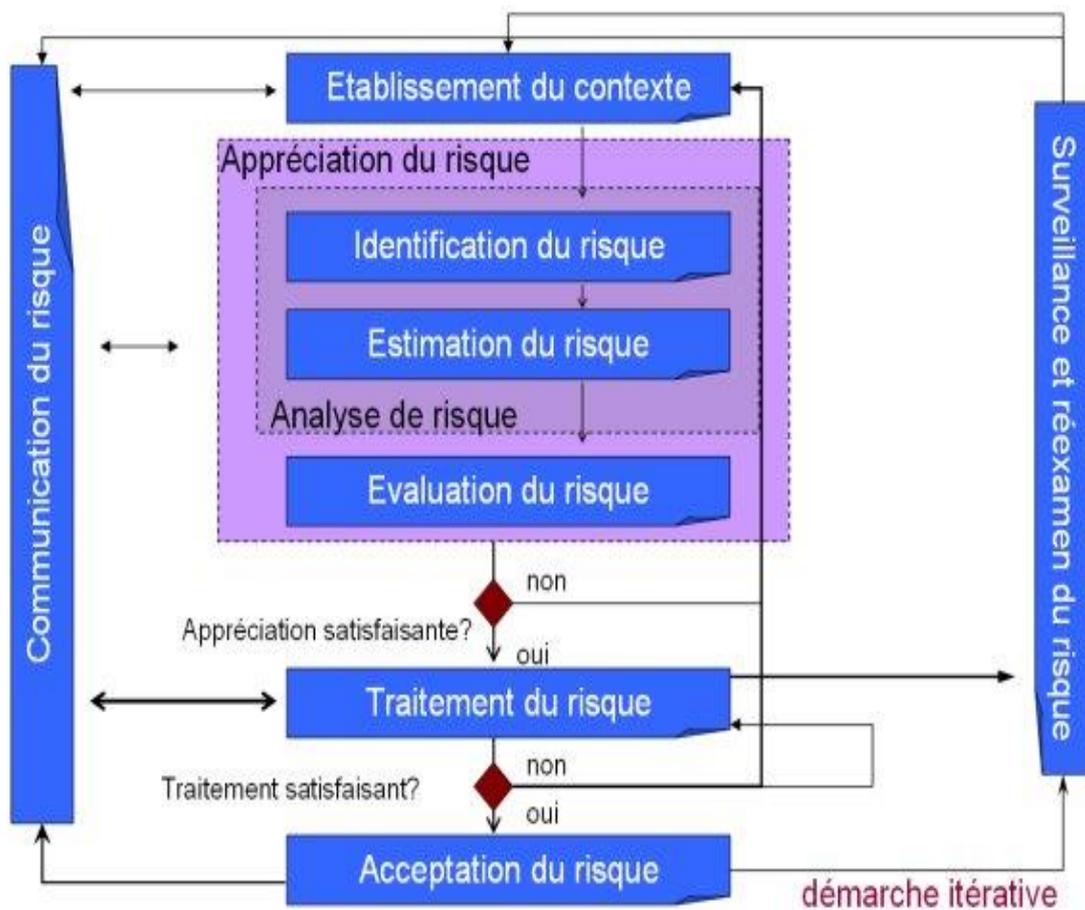


Figure 2 : Processus de gestion du risque. ⁶

1.4 Remarque :

De manière générale, le projet de recherche ARAMIS vise à améliorer les démarches d'analyse et de maîtrise (gestion) des risques d'installations industrielles susceptibles d'être le siège d'accidents majeurs. Il se fonde sur un principe de gestion selon lequel «vous ne pouvez pas gérer si vous ne pouvez pas mesurer»

⁶ Christophe, LEDRU. Document de l'ISTA la gestion des risques.

Chapitre 2

Présentation de La Méthode ARAMIS

2.1 Introduction :

ARAMIS a pour objectif de développer une nouvelle méthode d'évaluation des risques majeurs qui sache intégrer les forces des différentes approches existantes au niveau européen de culture déterministe ou probabiliste.

Pour une démonstration plus explicite de la maîtrise des risques, ARAMIS a choisi de s'orienter vers une approche par barrières.

Il s'agit d'identifier tous les scénarios d'accidents majeurs envisageables puis de recenser les dispositions de sécurité ou barrières s'opposant au développement de l'accident

- L'acceptabilité des risques réside ensuite dans le choix du nombre et de la performance des barrières à installer pour considérer les risques maîtrisés.
- L'organisation humaine assure le maintien dans le temps de la qualité des barrières.⁷

2.2 Opération A : Identification des scénarios d'accidents :

Le principal objectif de cette opération A est de construire une méthode systématique d'identification des scénarios de référence prenant en compte les spécificités des installations et le niveau de maîtrise propre à chaque site .cette identification constitue une étape-clef de l'évaluation des risques. Ils décrivent les enchaînements d'évènements susceptibles de conduire à l'apparition de dommages significatifs dans l'environnement. C'est donc à partir de ces scénarios qu'il est possible d'estimer les conséquences d'un accident éventuel, d'évaluer le niveau nécessaire de performances des mesures de sécurité et de juger in fine de l'acceptabilité des risques.

➤ L'opération A était structurée suivant les quatre étapes suivantes :

2.2.1 Etape préliminaire : Définition du vocabulaire :

Il s'agit de définir les principaux termes et notions utilisés de façon récurrente dans l'opération. Cette étape est essentielle dans le cadre d'un programme où plusieurs partenaires européens de différentes disciplines travaillent en commun.

2.2.2 Opération A-0 : Sélection des équipements critiques sur un site

La démarche ARAMIS est fondée sur la définition de scénarios d'accidents sur un site. Le premier point consiste à identifier les équipements pouvant conduire à des scénarios significatifs.

2.2.3 Opération A-1 : Méthode pour l'identification systématique des scénarios d'accidents (MIMAH : Methodology For the Identification of Major Accident Hazards) :

La méthode MIMAH a pour objectif d'aider à une identification la plus exhaustive possible des accidents qui pourraient survenir sur un site. Pour ce faire, elle considère de façon systématique, pour chacun des équipements précédemment identifiés, l'ensemble des

⁷ V. DE DIANOUS, A. VALLEE, F. PRATS, N. RODRIGUES, D. HOURTOLOU, ARAMIS Développement d'une méthode intégrée d'analyse des risques pour la prévention des accidents majeurs, Septembre 2004, INERIS.

événements physiquement envisageables en négligeant l'action d'éventuelles barrières de sécurité. L'objectif est d'abord de définir un ensemble complet de scénarios parmi lesquels les plus catastrophiques.

MIMAH est fondée sur l'élaboration de diagrammes en nœud papillon. A chaque équipement est associé un ensemble d'événements redoutés centraux (ERC). Pour chaque ERC, un arbre des causes est élaboré, puis un arbre des événements.

L'élaboration des arbres des causes et d'événements a fait l'objet d'une comparaison avec l'analyse des accidents passés disponibles dans les bases de données, pour en vérifier la pertinence et l'exhaustivité.⁸

2.2.4 Opération A-2 : Méthode pour la définition des scénarios de référence (MIRAS : Methodology For the Identification of Reference Accident Scenarios)

Cette dernière étape identifie parmi les scénarios potentiels définis par MIMAH, les scénarios de référence qui feront l'objet d'une modélisation de leurs sévérités. Il s'agit ici de créer un outil d'aide au choix de ces scénarios qui sont essentiels pour une évaluation pertinente du niveau de risque d'installations industrielles. Le choix des scénarios de référence s'appuie sur une matrice de risque qui définit des zones d'acceptabilité en fonction de la fréquence estimée des phénomènes dangereux.

La méthodologie MIRAS se décompose en trois parties :

2.2.4.1 Revue des barrières pour la prévention des accidents majeurs

Pour chaque scénario identifié dans MIMAH, les barrières de sécurité techniques ou organisationnelles pouvant limiter la probabilité d'un accident ou en limiter les effets sont identifiées et leurs performances théoriques sont évaluées. Ces performances font ensuite l'objet d'une décote éventuelle en fonction des résultats de l'audit du management et culture sécurité du site.

2.2.4.2 Estimation des fréquences des ERC et des phénomènes dangereux

Pour cette étape deux méthodes sont proposées. Soit le calcul de la fréquence de l'ERC est réalisé à partir de la classe de fréquence des événements initiateurs à laquelle sont combinées des classes de probabilité de défaillance des barrières reflétant leur performance, soit la fréquence de l'ERC est basée sur des valeurs génériques chiffrées disponibles dans plusieurs bases de données.

La fréquence d'un phénomène dangereux est ensuite évaluée à partir de celle de l'ERC combinée à certaines probabilités conditionnelles telles que la probabilité d'inflammation.

2.2.4.3 Choix des scénarios de référence à partir de la matrice de risques

Les scénarios identifiés par MIMAH peuvent à ce stade être placés sur une matrice de risques, qui définit des critères d'acceptabilité en fonction d'une estimation qualitative de la gravité et la fréquence calculée des phénomènes dangereux. Leur position dans la matrice conduit à retenir ou non les scénarios comme scénarios de référence pour caractériser graphiquement le niveau de risque d'une installation.

⁸ V. DE DIANOUS, A. VALLEE, F. PRATS, N. RODRIGUES, D. HOURTOLOU, ARAMIS Développement d'une méthode intégrée d'analyse des risques pour la prévention des accidents majeurs, Septembre 2004, INERIS.

2.2.4.4 Etape préliminaire : définition du vocabulaire

Un vocabulaire commun a été établi (dès juillet 2002) et le modèle du nœud papillon tel que présenté sur la figure 1 (inspiré de Bellamy, Van der Schaff, 2000) a été retenu pour décrire les scénarios d'accidents majeurs.⁹

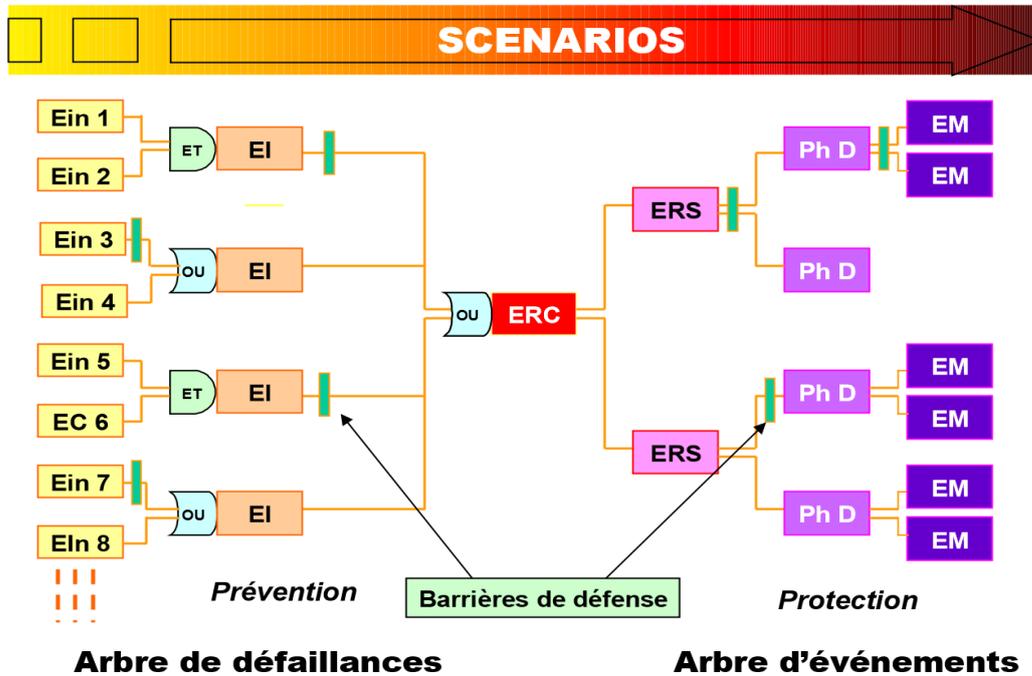


Figure 3 : Représentation d'un scénario d'accident par le modèle nœud papillon

Désignation	Signification	Définition	Exemples
EIn	Evènement Indésirable	Dérive ou défaillance sortant du cadre des conditions d'exploitation usuelles définies.	Le sur remplissage ou un départ d'incendie à proximité d'un équipement dangereux peuvent être des évènements initiateurs
EC	Evènement Courant	Evènement admis survenant de façon récurrente dans la vie d'une installation.	Les actions de test, de maintenance ou la fatigue d'équipements sont généralement des évènements courants.
EI	Evènement Initiateur	Cause directe d'une perte de confinement ou d'intégrité physique.	La corrosion, l'érosion, les agressions mécaniques, une montée en pression ...

⁹ V. DE DIANOUS, A. VALLEE, F. PRATS, N. RODRIGUES, D. HOURTOLOU, ARAMIS Développement d'une méthode intégrée d'analyse des risques pour la prévention des accidents majeurs, Septembre 2004, INERIS.

Désignation	Signification	Définition	Exemples
ERC (EC)	Evènement Redouté Central (Le terme Evènement critique est également employé)	Perte de confinement sur un équipement dangereux ou perte d'intégrité physique d'une substance Dangereuse	Rupture, Brèche, Ruine ou Décomposition d'une substance dangereuse dans le cas d'une perte d'intégrité physique
ERS	Evènement Redouté Secondaire	Conséquence directe de l'évènement redouté central, l'évènement redouté secondaire caractérise le terme source de l'accident	Formation d'une flaque ou d'un nuage lors d'un rejet d'une substance diphasique
Ph D	Phénomène Dangereux	Phénomène physique pouvant engendrer des dommages majeurs	Incendie, Explosion, Dispersion d'un nuage toxique
EM	Effets Majeurs	Domages occasionnés au niveau des cibles (personnes, environnement ou biens) par les effets d'un phénomène Dangereux	Effets létaux ou irréversibles sur la population Synergies d'accident
Barrières ou Mesures de Prévention		Barrières ou mesures visant à prévenir la perte de confinement ou d'intégrité Physique	Peinture anticorrosion, Coupure automatique des opérations de dépotage sur détection d'un niveau très haut...
Barrières ou Mesures de Protection		Barrières ou mesures visant à limite les conséquences de la perte de confinement ou d'intégrité physique	Vannes de sectionnement automatiques asservies à une détection (gaz, pression, débit), Moyens d'intervention...

Tableau 1 : Légende des évènements figurants sur le modelé du nœud papillon.¹⁰

¹⁰ V. DE DIANOUS, A. VALLEE, F. PRATS, N. RODRIGUES, D. HOURTOLOU, ARAMIS Développement d'une méthode intégrée d'analyse des risques pour la prévention des accidents majeurs, Septembre 2004, INERIS.

2.2.5 Opération A-0 : Sélection des équipements critiques sur un site :

La sélection des équipements sur un site passe naturellement par une première étape de collecte d'informations dans le but de préciser l'environnement du site, l'implantation des équipements, la nature des produits mis en jeu.

Les équipements présélectionnés sont ceux contenant des substances dangereuses ; ils sont classés selon 16 catégories. Ils sont ensuite sélectionnés s'ils contiennent une quantité suffisante de produits dangereux.

2.2.5.1 Identification des produits dangereux :

Les produits dangereux sont classés selon la typologie précisée dans le tableau ci-après, conformément à la directive Seveso 2. Au terme d'une première analyse, une liste complète des équipements dangereux est donc retenue en fonction de la nature des produits, de leur phase, des phrases de risques associées.

Catégorie		Phrases de risques	
Très toxiques	H3	R26 R100	Très toxique par inhalation Emet des vapeurs très toxiques en cas de feu
Toxique	H3	R23 R101	Toxique par inhalation Emet des vapeurs toxiques en cas de feu
Oxydant	H2	R7 R8 R9	Peut provoquer un incendie (peroxyde organique) Favorise l'inflammation des matières combustibles Peut exploser en mélange avec des matières combustibles
Catégorie		Phrases de risques	
Explosif	H2	R1 R2 R3 R4 R5 R6 R16 R19 R44 R102 ⁽³⁾	Explosif à l'état sec Risque d'explosion par le choc, la friction, le feu ou d'autres sources d'ignition Grand risque d'explosion par le choc, la friction, le feu ou d'autres sources d'ignition Forme des composés métalliques très sensibles. Danger d'explosion sous l'action de la chaleur. Danger d'explosion en contact ou sans contact avec l'air. Peut exploser en mélange avec des substances comburantes. Peut former des peroxydes explosifs. Risque d'explosion si chauffé en ambiance combinée. Substance pyrotechnique
Inflammable	H2	R10 R18	Inflammable Lors de l'utilisation, formation possible de mélange vapeur / air inflammable / explosif.
Très inflammable	H2	R10 R11 R17 R30	Inflammable (dans des conditions particulières de pression et température) Facilement inflammable Spontanément inflammable à l'air Peut devenir facilement inflammable pendant l'utilisation.

Extrêmement inflammable H2	R10 R11 R12	Inflammable ($T > T_{eb}$) Facilement inflammable ($T > T_{eb}$) extrêmement inflammable
Réagit violemment avec l'eau H2	R14 R15 R29 R14/15 R15/29	Réagit violemment au contact de l'eau Au contact de l'eau dégage des gaz extrêmement inflammables Au contact de l'eau dégage des gaz toxiques Réagit violemment avec l'eau, dégageant des gaz extrêmement inflammables Au contact de l'eau dégage des gaz toxiques, extrêmement inflammables
Réagit violemment avec d'autres substances H2	R103 R104 R105 R106	Au contact d'autres substances, dégage des gaz toxiques Au contact d'autres substances, dégage des gaz très toxiques Au contact d'autres substances, dégage des gaz inflammables Au contact d'autres substances, peut exploser
Dangereux pour l'environnement (environnement aquatique) H4	R 50 R51	Très toxique pour les organismes aquatiques: (96h CL50 (poisson) $\leq 1 \text{ mg/l}$ ou 48h CE50 (daphné) $\leq 1 \text{ mg/l}$ ou 72 h CL50 (algue) $\leq 1 \text{ mg/l}$) Toxique pour les organismes aquatiques (96h CL50 (poisson): $1 \text{ mg/l} < \text{CL50} \leq$ 10 mg/l ou 48h CE50 (daphné): $1 \text{ mg/l} < \text{CE50} \leq 10 \text{ mg/l}$ ou 72 h CL50 (algues): $1 \text{ mg/l} < \text{CI50} \leq 10$ mg/l).
Dangereux pour l'environnement (non aquatique) H4	R54 R55 R56 R57 R59	Toxique pour la flore. Toxique pour la faune. Toxique pour les organismes du sol. Toxique pour les abeilles. Dangereux pour la couche d'ozone.

Tableau 2 : Typologie des substances dangereuses¹¹

Note : Pour tenir compte de la définition "substance très inflammable" de la directive SEVESO II, les substances ayant un point éclair inférieur à 55°C et liquides sous pression, mais qui sous certaines conditions, par exemple haute température et haute pression, peuvent générer des accidents majeurs, pourront être considérées (bien que seulement R10) comme très inflammables (phrase R11), sous conditions.

Pour tenir compte de la définition "d'extrêmement inflammable" de la directive Seveso II, les substances inflammables (R10) ou très inflammables (R11) utilisées à une température supérieure à leur température d'ébullition seront considérées comme extrêmement inflammables (R12).

Certaines phrases de risques n'ont pas de numéro "officiel". Pour une utilisation plus facile dans le projet, un numéro a été créé, reconnaissable à ce qu'il est supérieur à 100.

¹¹ V. DE DIANOUS, A. VALLEE, F. PRATS, N. RODRIGUES, D. HOURTOLOU, ARAMIS Développement d'une méthode intégrée d'analyse des risques pour la prévention des accidents majeurs, Septembre 2004, INERIS.

2.2.5.2 Sélection des équipements :

La méthode proposée ci-dessous est décrite en annexe 2 du rapport D1C (juillet 2004). Il s'agit de la méthode utilisée par la région wallonne, appelée méthode VADE-MECUM. Pour résumer, la méthode sélectionne parmi les équipements listés, ceux qui contiennent une quantité de produits dangereux supérieure à une valeur seuil dont la valeur dépend de la nature et de la phase du produit. Puis une deuxième étape de sélection permet de retenir des équipements qui peuvent avoir des effets domino sur ceux précédemment sélectionnés.¹²

➤ **Première étape :**

• **Sélection des équipements contenant une quantité importante de produits dangereux :**

Pour définir la valeur du seuil qui sert de comparaison avec la quantité de produits dangereux, une première quantité *Ma* est définie en fonction des caractéristiques des produits. Celle-ci est corrigée pour les liquides dont l'évaporation conduit à une aggravation des risques.

Propriétés de la substance	Masse de référence (kg)		
	Solide	Liquide	Gaz
1 Très toxique	10.000	1.000	100
2 Toxique	100.000	10.000	1.000
3 Oxydant	10.000	10.000	10.000
4 Explosive (définition 2a annexe 1 Directive Seveso II)	10.000	10.000	---
5 Explosive (définition 2b annexe 1 Directive Seveso II)	1.000	1.000	---
6 Inflammable	---	10.000	---
7 Très Inflammable	---	10.000	---
8 Extrêmement inflammable	---	10.000	1.000
9 Dangereux pour l'environnement	100.000	10.000	1.000
10 autres classifications que celles ci-dessus impliquant des phrases de risques R14, R14/15, R29	10.000	10.000	---

Tableau 3 : Masse de références *Ma* selon la nature des substances¹³

¹² Delvosalle, C.F., A. Pipart, Deliverable D.1.C. Report presenting the final version of the Methodology for the Identification of Reference Accident Scenarios". 2004, ARAMIS Project - 5th Framework Program of the European Community, p. 59 pages + 15 annex.

¹³ V. DE DIANOUS, A. VALLEE, F. PRATS, N. RODRIGUES, D. HOURTOLOU, ARAMIS Développement d'une méthode intégrée d'analyse des risques pour la prévention des accidents majeurs, Septembre 2004, INERIS.

- **Définition de la quantité seuil Mb** : pour les liquides dont l'évaporation conduit à une aggravation des risques, la masse Ma précédemment définie doit être divisée par un facteur S

$$Mb = \frac{Ma}{S}, \text{ définissant ainsi une nouvelle référence Mb.}$$

S est la somme de deux coefficients S1 et S2. S remplit les conditions suivantes :

$$\left| \begin{array}{ll} \mathbf{0.1 \leq S \leq 10} \\ \text{Si } S < \mathbf{0.1} & \text{alors } S = \mathbf{0.1} \\ \text{Si } S > \mathbf{10} & \text{alors } S = \mathbf{10} \end{array} \right.$$

- Les coefficients **S₁** et **S₂** se calculent ainsi :

Le coefficient S1 est lié à la différence entre la température de service **T_p** (°C) et la température d'ébullition à pression atmosphérique **T_{eb}** (°C): **S₁=10^{(T_p-T_{eb})/100}**

- Le coefficient S2 ne s'applique que lorsque la température de service est inférieure à 0°:

$$S_2 = \frac{Te}{(-50)} \quad \text{En cas de température de service positive : } S_2 = \mathbf{0}$$

=> Une première sélection d'équipements est alors réalisée : les équipements dont la masse de produit dangereux est supérieure à la masse seuil Mb sont sélectionnés.

2.2.6 Opération A-1 : Méthode MIMAH

La méthode MIMAH, permet d'identifier de façon systématique l'ensemble des scénarios d'accidents physiquement envisageables à partir de la typologie d'équipement et des dangers associés à la substance impliquée.

De façon très schématique, la méthode MIMAH peut être décrite selon le logigramme suivant.

Elle s'applique à chaque équipement sélectionné lors de l'étape précédente.

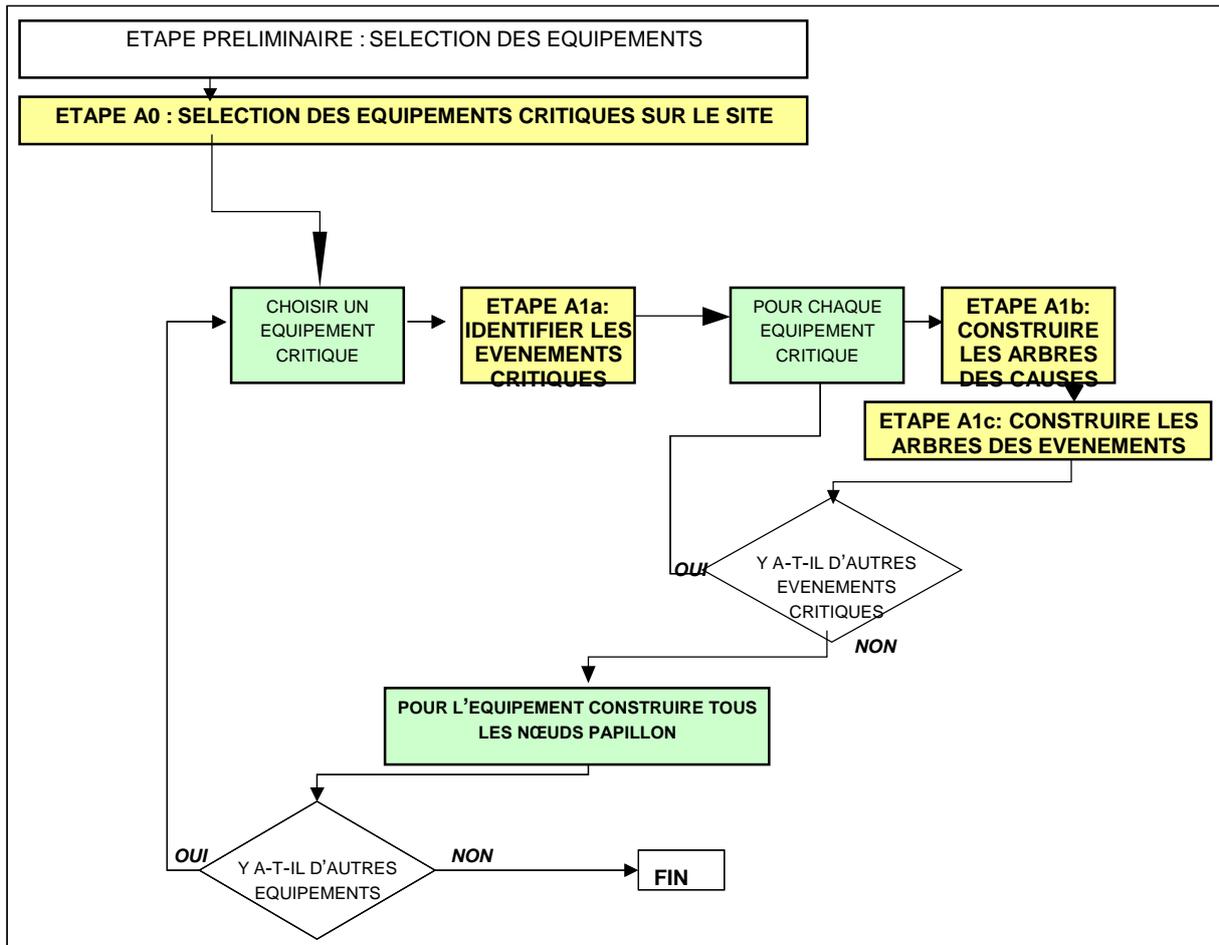


Figure 4 Logigramme des étapes de la méthode MIMAH¹⁴

2.2.6.1 Etape A1a : Identifier par équipement les évènements critiques ou ERC

Les équipements sélectionnés au cours de l’opération précédente font l’objet d’une classification selon le tableau ci-dessous :

N	Type d’équipements	Définition
Unités de stockage		
EQ1	Stockage en vrac solide	Stockage de substances sous forme solide (poudres ou billes). Les substances y sont stockées en vrac ou en siols (les stockages en sous forme de sacs ne font pas partie de cette catégorie)
EQ2	Stockage de solides en petits contenants	Stockage de solides sous forme de petits contenants ou réservoirs de capacité inférieure à $\cong 1 \text{ m}^3$.
EQ3	Stockage de liquides en petits contenants	Stockage de liquides sous forme de petits contenants ou réservoirs de capacité inférieure à $\cong 1 \text{ m}^3$.
EQ4	Stockage sous pression	Réservoirs de stockage à température ambiante et à une pression supérieure à 1 bar. La pression est celle du fluide à saturation ou peut être celle d’un gaz inerte. La substance

¹⁴ V. DE DIANOUS, A. VALLEE, F. PRATS, N. RODRIGUES, D. HOURTOLOU, ARAMIS Développement d’une méthode intégrée d’analyse des risques pour la prévention des accidents majeurs, Septembre 2004, INERIS.

		peut être un gaz liquéfié sous pression (deux phases en équilibre) ou un gaz sous pression (une phase gaz).
EQ5	Stockage à pression supérieure à la pression de saturation	Réservoirs de stockage fonctionnant à température ambiante à une pression supérieure à 1 bar. La pression est exercée par un gaz inerte par exemple et maintient le stockage à une pression supérieure à sa pression de saturation. Le stockage contient une substance en phase liquide.
EQ6	Stockage atmosphérique	Stockage à pression et température ambiante, contenant un liquide. La substance peut être un gaz liquéfié sous pression (deux phases en équilibre) ou un gaz sous pression (une phase gaz).
EQ7	Stockage cryogénique	Stockage fonctionnant à pression atmosphérique (ou moins) et basse température La substance est un gaz liquéfié réfrigéré.
N	Type d'équipements	Définition
Unités de (dé)chargement		
EQ8	Equipement de transport sous pression	Equipement de transport à température ambiante et pression supérieure à 1 bar (pression exercé par la substance).
EQ9	Equipement de transport atmosphérique	Equipement de transport à pression et température ambiante comportant une substance liquide.
Réseaux de canalisations		
EQ10	Canalisation	Canalisations entre deux unités, les canalisations dans l'unité sont liées aux divers équipements
Equipements process		
EQ11	Stockage intermédiaire dans le procédé	Equipement de stockage dans l'unité (peut être stockage sous pression, cryogénique..)
EQ12	Equipement avec réactions chimiques	Equipement avec réaction chimique, par exemple réacteur.
EQ13	Equipement séparation physique ou chimique	Equipement séparation physique ou chimique (par exemple colonne de distillation, filtres, sécheurs..).
EQ14	Equipement de production et fourniture d'énergie	Equipement de production et fourniture d'énergie (par exemple fours, chaudières..)
EQ15	Equipement de conditionnement	Equipement dédiés au packaging des substances (exclut les packages eux-mêmes)
EQ16	Autres équipements	Autres équipements (pompes..)

Tableau 4 : Typologie d'équipements considérée dans MIMAH¹⁵

¹⁵ V. DE DIANOUS, A. VALLEE, F. PRATS, N. RODRIGUES, D. HOURTOLOU, ARAMIS Développement d'une méthode intégrée d'analyse des risques pour la prévention des accidents majeurs, Septembre 2004, INERIS.

A partir de chaque type d'équipement, sont identifiés les évènements redoutés centraux potentiels. La méthode est détaillée en annexe 3 du rapport DIC (juillet 2004). Elle s'appuie sur l'utilisation de deux matrices :

- une matrice croisant le type d'équipement avec les 12 évènements critiques potentiels ;
- une matrice croisant les évènements critiques avec l'état physique des substances.

La liste d'évènements critiques possibles est spécifiée dans le **Tableau 6**.

Evénements redoutés critiques		Commentaires
ERC1	Décomposition	Cet événement critique ne concerne que les substances solides . Il correspond à un changement d'état physique de la substance par apport d'énergie/chaleur ou par réaction avec une substance chimique incompatible. La décomposition de la substance conduit à une émission de gaz toxiques ou à l'explosion retardée des gaz inflammables formés (la réaction n'est pas spontanée mais peut être violente). Cet ERC ne concerne que les stockages vrac de produits solides.
ERC2	Explosion	Cet ERC ne concerne que les stockages vrac de produits solides explosifs (phrases R2, R3, R6..). Il correspond à un changement d'état physique de la substance par apport d'énergie/chaleur ou par réaction avec une substance chimique incompatible. Le changement d'état entraîne une combustion solide avec effets de surpression (ou explosion) due à une réaction violente et spontanée. Dans le cas d'un solide stocké dans un récipient fermé, l'explosion est considérée comme une cause de surpression interne pouvant conduire à une perte de confinement (rupture catastrophique ou brèche).
ERC3	Mises-en mouvement (entraînement par l'air)	Cet ERC est réservé aux poussières et pulvérulents exposés à l'atmosphère (stockage ouvert ou convoyeurs..). L'événement se produit par déplacement d'air (par exemple trop forte ventilation).
ERC4	Mises-en mouvement (entraînement par un liquide)	Cet ERC est réservé aux poussières et pulvérulents exposés à l'atmosphère (stockage ouvert ou convoyeurs..). L'événement se produit par déplacement de liquide (par exemple inondation ou débordement d'un liquide d'un autre équipement).
ERC5	Inflammation départ de feu	Cet ERC correspond à une réaction entre un produit oxydant et un produit inflammable ou combustible ou à une décomposition d'un peroxyde organique conduisant à un feu. Cet ERC concerne les substances dont une perte d'intégrité physique (décomposition, contamination) conduit à un incendie.Cet ERC peut être associé aux substances pyrotechniques.
ERC6	Brèche en phase gaz	Cet ERC correspond à un trou de diamètre donné dans la paroi en phase gaz d'un équipement, conduisant à un rejet continu. Cet ERC s'applique aussi aux équipements contenant un solide en suspension dans une phase gazeuse.
ERC7	Brèche en phase liquide	Cet ERC correspond à un trou de diamètre donné dans la paroi en phase liquide d'un équipement, conduisant à un rejet continu.
ERC8	Fuite sur canalisation en phase liquide	Cet ERC correspond à un trou de diamètre égal à un certain pourcentage du diamètre nominal d'une canalisation véhiculant un liquide. L'ERC peut être une ouverture « fonctionnelle » sur la canalisation : fuites de joints sur pompes, sur vannes, sur bouchons pleins, etc.

Evénements redoutés critiques		Commentaires
ERC9	Fuite sur canalisation en phase gaz	Cet ERC correspond à un trou de diamètre égal à un certain pourcentage du diamètre nominal d'une canalisation véhiculant un gaz. L'ERC peut être une ouverture « fonctionnelle » sur la canalisation : fuites de joints sur pompes, sur vannes, sur bouchons pleins, etc. Cet ERC s'applique aussi aux canalisations véhiculant un solide en suspension dans une phase gazeuse.
ERC10	Rupture catastrophique	La rupture catastrophique correspond à la perte complète de l'équipement conduisant à un rejet complet et instantané de la substance. Le BLEVE est aussi considéré comme une rupture catastrophique particulière. Dans certains cas, la rupture catastrophique peut conduire à l'éjection de missiles et une onde de surpression.
ERC11	Effondrement de réservoir	L'effondrement de réservoir correspond à la perte complète de l'équipement conduisant à un rejet complet et instantané de la substance. L'ERC est dû à une réduction de pression du réservoir, conduisant à son effondrement par action de la pression atmosphérique. Cet ERC ne conduit pas à l'éjection de missiles ou la production d'une onde de surpression.
ERC12	Effondrement du toit de réservoir	L'effondrement du toit peut être dû à une réduction de la pression interne conduisant à l'effondrement du toit mobile sous l'effet de la pression atmosphérique. Cas spécifique des stockages atmosphériques aériens.

Tableau 5 : Liste des évènements redoutes centraux.¹⁶

2.2.6.2 Etape A1b : Elaborer un arbre de défaillances pour chaque ERC :

MIMAH a élaboré des arbres de défaillances génériques pour chacun des évènements critiques définis précédemment. Pour chaque ERC identifié pour un équipement, le (les) arbres génériques définis dans le tableau ci-dessous seront élaborés. Certains évènements critiques font l'objet de plusieurs arbres génériques ; il est important de détailler l'ensemble des arbres proposés car ils sont associés à des conséquences assez différentes en nature ou en intensité. Cette dissociation de certains arbres a été introduite au second semestre 2003. Les différents arbres correspondent également à des causes différentes.

Les correspondances entre **ERC** et arbres génériques sont reprises ci-dessus :

ERC	Evènement critique	Arbres génériques des défaillances (AD)
ERC1	Décomposition	AD décomposition chimique AD Décomposition due à une source ponctuelle d'ignition AD Décomposition thermique
ERC2	Explosion	AD Explosion d'un matériau explosif AD Explosion (réaction violente)

¹⁶ V. DE DIANOUS, A. VALLEE, F. PRATS, N. RODRIGUES, D. HOURTOLOU, ARAMIS Développement d'une méthode intégrée d'analyse des risques pour la prévention des accidents majeurs, Septembre 2004, INERIS.

ERC3	Mise en mouvement (entraînement par l'air)	AD Mise en mouvement (entraînement par l'air)
ERC4	Mise en mouvement (entraînement par un liquide)	AD Mise en mouvement (entraînement par un liquide)
ERC5	Inflammation – départ de feu	AD inflammation – départ de feu (Perte d'intégrité physique)
ERC6	Brèche en phase gaz	AD large brèche en phase gazeuse AD brèche moyenne en phase gazeuse AD petite brèche en phase gazeuse
ERC7	Brèche en phase liquide	AD large brèche en phase liquide AD brèche moyenne en phase liquide AD petite brèche en phase liquide
ERC8	Fuite sur canalisation en phase liquide	AD large fuite sur canalisation liquide AD fuite moyenne sur canalisation liquide AD petite fuite sur canalisation liquide
ERC9	Fuite sur canalisation en phase gaz	AD large fuite sur canalisation gaz AD fuite moyenne sur canalisation gaz AD petite fuite sur canalisation gaz
ERC	Evènement critique	Arbres génériques des défaillances (AD)
ERC10	Rupture catastrophique	AD rupture catastrophique
ERC11	Effondrement de réservoir	Effondrement de réservoir
ERC12	Effondrement du toit de réservoir	Effondrement du toit de réservoir

Tableau 6 : Arbres génériques par type ERC.¹⁷

2.2.6.3 Etape A1c : Elaborer un arbre d'évènements pour chaque ERC :

MIMAH élabore par événement redouté des arbres d'évènements types. Les dangers liés aux produits définis en termes de phrases de risque ou de catégories de danger issues principalement de la directive 67/548/CE (Très Toxique, Toxique, Inflammable...) permettent ensuite d'élaguer ces arbres en ne retenant que les phénomènes dangereux compatibles avec les dangers associés à la substance.

A ce stade des opérations, les équipements sont identifiés avec l'ensemble des scénarios possibles. Les scénarios sont représentés par un ensemble de nœuds-papillon. On peut alors passer à l'étape suivante de sélection des scénarios de référence.

¹⁷ V. DE DIANOUS, A. VALLEE, F. PRATS, N. RODRIGUES, D. HOURTOLOU, ARAMIS Développement d'une méthode intégrée d'analyse des risques pour la prévention des accidents majeurs, Septembre 2004, INERIS.

2.2.7 Opération A-2 : Méthode MIRAS :

La méthode MIRAS (Method for the Identification of Reference Accident Scenarios) a été développée au cours des 12 derniers mois.

Son objectif est la sélection de scénarios de référence qui seront modélisés et feront l'objet d'une cartographie de la sévérité. Le choix des scénarios de référence s'appuie sur une matrice de risques, qui définit des zones d'acceptabilité en fonction notamment de la fréquence d'occurrence évaluée pour chaque phénomène dangereux identifié.

Le logigramme ci-après résume les principales étapes de la méthode MIRAS.

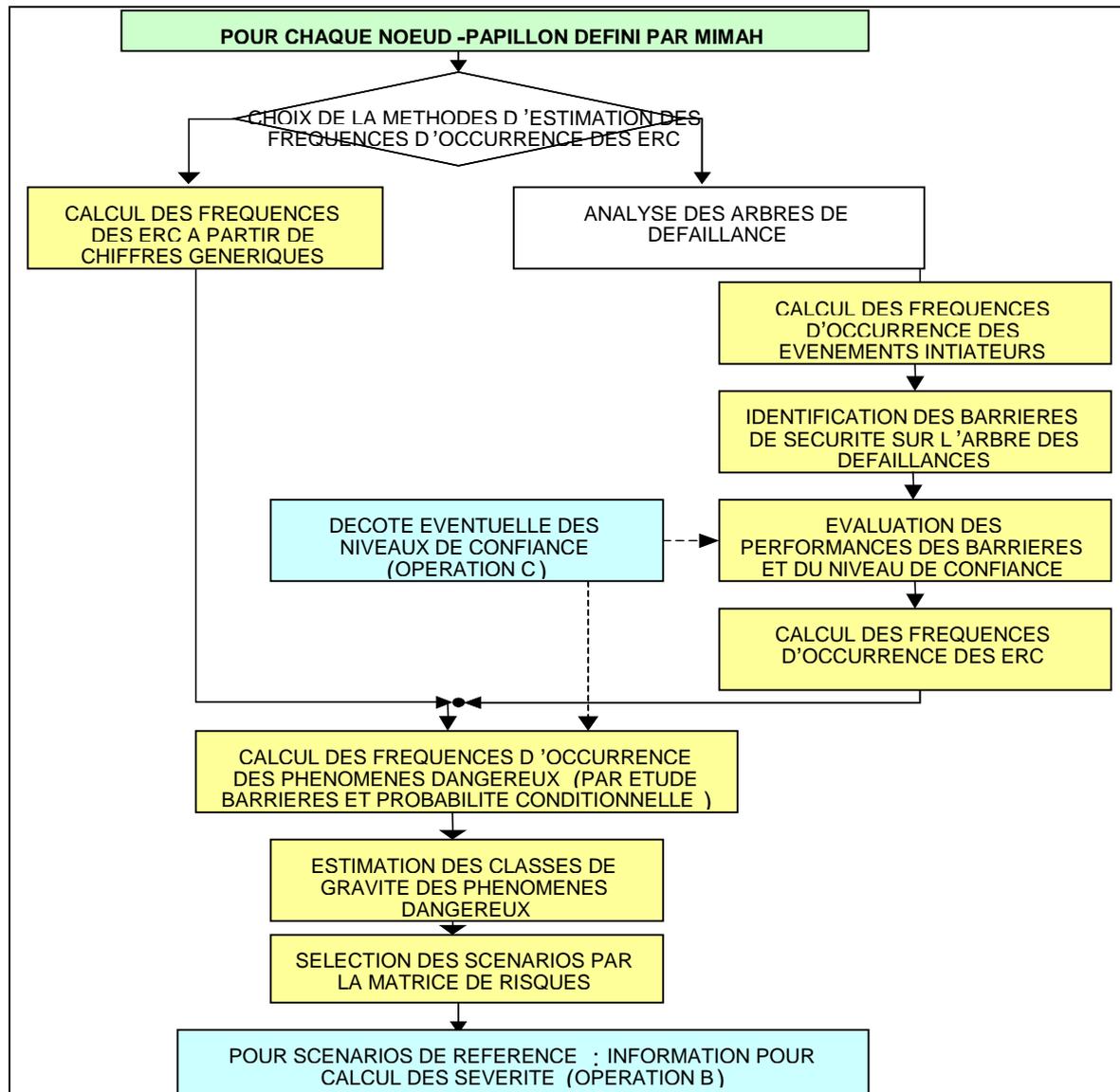


Figure 5 : Vue générale des étapes MIRAS ¹⁸

¹⁸ V. DE DIANOUS, A. VALLEE, F. PRATS, N. RODRIGUES, D. HOURTOLOU, ARAMIS Développement d'une méthode intégrée d'analyse des risques pour la prévention des accidents majeurs, Septembre 2004, INERIS.

2.2.7.1 Etape 1 : Collecte des données

Le travail avec la méthode MIRAS nécessite une compréhension approfondie du fonctionnement du système et ces différentes parties et une recherche bibliographique dans les banques de données de la fiabilité des systèmes et de la fiabilité des opérations humaines.

ARAMIS propose dans les annexes 7 et 9 du Document D1C plusieurs banques et travaux à consulter pour l'estimation des fréquences d'occurrence des événements et causes et pour l'identification des niveaux de confiance des barrières de sécurités présentées dans les étapes prochaines.¹⁹

2.2.7.2 Etape 2 : Choix entre l'étape 3 et 4

Dans notre cas : en a suivre l'étape 3.

2.2.7.3 Etape 3 : Calcul de la fréquence de l'ERC par l'analyse de l'arbre des défaillances

a) Etape 3.A : Estimation des fréquences d'occurrence des événements et des causes :

Les fréquences (ou probabilités) des événements initiateurs doivent être évaluées.

L'annexe 7 du document D1C donne un aperçu des données disponibles pour les fréquences (ou probabilités) d'événements initiateurs.¹⁹

b) Etape 3.B : Identification des fonctions et des barrières de sécurité :

Pour chaque scénario identifié par MIMAH, les barrières de sécurité techniques pouvant limiter la probabilité d'un accident ou en limiter les effets sont identifiées et reportées sur les nœuds-papillon. L'identification est réalisée dans le cadre de l'analyse des risques en présence de l'industriel. A défaut de fournir un inventaire exhaustif des barrières de sécurité existantes, ARAMIS, propose une méthode pour une identification systématique de ces mesures de sécurité.

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 :

- **Eviter.** Il s'agit de 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.** Il s'agit cette fois de limiter la probabilité d'occurrence d'un événement, sans toutefois pouvoir le rendre impossible.
- **Détecter.** Il s'agit de 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.
- **Contrôler.** Il s'agit de maîtriser le déroulement d'une dérive afin de ramener le système dans un état opérationnel en sécurité.
- **Limiter.** La fonction « limiter » ou « réduire » consiste à agir sur les conséquences d'un événement afin d'en réduire la gravité. Le système n'est en revanche pas ramené dans un état

¹⁹ annexes 7 et 9 du Document D1C .proposé par ARAMIS.INERIS.FR

totalemment sûr. Cette fonction s'applique le plus souvent au terme source de l'accident (par exemple, limiter un temps de fuite ou un débit).

Les barrières sont classées selon une typologie qui dépend du mode de fonctionnement ou de défaillance des barrières. Il y a donc :
Les barrières dites passives (rétention, murs coupe-feu) qui ne requièrent pas de source d'énergie extérieure pour remplir leur fonction de sécurité,
Les barrières dites actives qui nécessite une source extérieure d'activation pour remplir leur fonction de sécurité. On peut encore diviser cette classe en sous catégories, mais on y retrouve en fait des organes mécaniques (soupapes, vannes), des systèmes de régulation (en fonctionnement permanent), des systèmes instrumentés de sécurité (activation sur alerte),
Les barrières dites humaines, qui nécessite l'intervention de l'homme pour remplir leur fonction de sécurité.

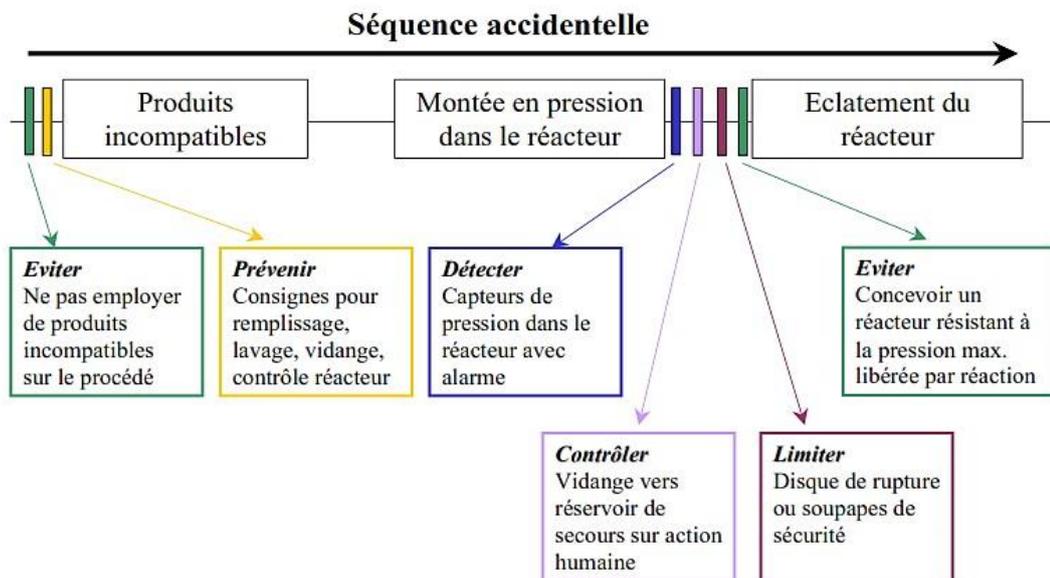


Figure 6 : Exemple d'identification des fonctions.²⁰

c) Etape 3.C : Evaluation du niveau de confiance des barrières :

Les barrières étant identifiées, une évaluation de leur robustesse permet ensuite de :

- Vérifier que la barrière a des performances suffisantes et adaptées ; elle peut ainsi être retenue comme une barrière de sécurité ;
- Evaluer son niveau de confiance, lié à sa probabilité de défaillance ; cette estimation du niveau de confiance est nécessaire pour calculer la probabilité d'occurrence des événements critiques.
- Chaque barrière est créditée d'un niveau de confiance initiale dépendant des caractéristiques techniques (en Anglais SIL : Safety Integrity Level) en fonction de sa probabilité estimée de défaillance sur sollicitation (PFD : Probability of Failure on Demand) ou sa probabilité de défaillance horaire P(t).

²⁰ V. DE DIANOUS, A. VALLEE, F. PRATS, N. RODRIGUES, D. HOURTOLOU, ARAMIS Développement d'une méthode intégrée d'analyse des risques pour la prévention des accidents majeurs, Septembre 2004, INERIS. p. 106.

Chaque niveau de confiance correspond à un facteur de réduction de la probabilité d'occurrence de l'événement redouté, donc du risque. Une barrière de sécurité avec un niveau de confiance de **n** aura une probabilité de défaillance de **10⁻ⁿ** et réduira d'un facteur **10ⁿ** la probabilité de l'événement.

Niveau de confiance	Réduction du risque	Probabilité de défaillance à la demande	Probabilité de défaillance a l'heure
4	10000	$\geq 10^{-5}$ to $<10^{-4}$	$\geq 10^{-9}$ to $<10^{-8}$
3	1000	$\geq 10^{-4}$ to $<10^{-3}$	$\geq 10^{-8}$ to $<10^{-7}$
2	100	$\geq 10^{-3}$ to $<10^{-2}$	$\geq 10^{-7}$ to $<10^{-6}$
1	10	$\geq 10^{-2}$ to $<10^{-1}$	$\geq 10^{-6}$ to $<10^{-5}$

Tableau 7 : Niveau de confiance de la conception de la barrière.²¹

Barrière retenue	Fonction de sécurité	Données techniques	Sources	NC
-Vanne d'arrêt de secours	Prévenir	$10^{-2} \leq \text{PFD} \leq 10^{-1}$	D1C Annexe 9	1
-Permis de travail		Procédure	OREDA (INERIS 2005 DRA34 annexe 4)	1
-Nettoyage				2
-Maintenance préventive - Inspection durant l'Arrêt annuel des vannes - Matériels ATEX				2 2
-Mise à la terre		$\lambda = 1,57. 10^{-6}/\text{h}$		1
-Inufigeage		$\lambda = 0,48. 10^{-6}/\text{h}$ PFD= 10^{-3}		2 2

²¹ V. DE DIANOUS, A. VALLEE, F. PRATS, N. RODRIGUES, D. HOURTOLOU, ARAMIS Développement d'une méthode intégrée d'analyse des risques pour la prévention des accidents majeurs, Septembre 2004, INERIS. p. 106.

-Capteur et transmetteur de pression	Détecter	$\lambda = 1,7.10^{-6}/h$	-EIReDA (INERIS 2005 DRA34 annexe 4)	2
-Capteur et transmetteur de niveau		$\lambda = 1,0.10^{-6}/h$	/	2
-Capteur et transmetteur de Température		$\lambda = 0,53.10^{-6}/h$	-OREDA (INERIS 2005 DRA34 annexe 4)	2
-Capteur et transmetteur de débit		$\lambda = 2,1.10^{-6}/h$		2
Détecteur de fumée	Détecter	PFD= $3,5.10^{-3}$	- OLF Recommended Guidelines for the application of IEC 61508 and IEC 61511 in the petroleum activities on the Norwegian Continental Shelf (Annexe A)	2
Détecteur de Gaz		PFD= $2,19.10^{-3}$	- OREDA (INERIS 2005 DRA34 annexe 4)	2
Détecteur de flamme		$\lambda = 7,4.10^{-6}/h$		1
Soupape de sécurité	Limiter	PFD= 10^{-2}	- LOPA (INERIS 2005 DRA34 Annexe 4)	2
Cuvette de rétention		$10^{-4} \leq PFD \leq 10^{-3}$	/	3
Système déluge		PFD= 5.10^{-3}	- OLF Recommended Guidelines for the application of IEC 61508 and IEC 61511 in the petroleum activities on the Norwegian Continental Shelf (Annexes A)	2

Tableau 8 : Résultats de l'évaluation de la performance des barrières

d) Etape 4: Calcul de la fréquence d'occurrence de l'ERC :

En prévention (partie gauche du nœud papillon), la mise en œuvre d'une barrière réduit la fréquence d'occurrence de l'événement redouté central et peut éventuellement générer des sous-événements critiques à prendre en compte. En protection (partie droite du nœud papillon), la mise en œuvre d'une barrière réduit la probabilité d'observer l'effet majeur envisagé et conduit éventuellement à considérer un sous-événement avec un effet réduit. La barrière identifiée est reportée sur les arbres. L'effet de la barrière dépend de son type ;

- Barrière EVITER : peut conduire à éliminer un scénario ou conduire à un nouveau scénario avec des effets réduits.
- Barrière PREVENIR et CONTROLER et DETECTER : réduit la fréquence ou la probabilité des causes et des événements en aval par un facteur de 10^{-NC} .

Dans cette partie de l'étude le calcul des fréquences pour le scénario de la rupture catastrophique (ERC 10).

Pour le calcul de la fréquence finale de l'Événement Redouté central, A titre d'exemple en prend la branche suivante à partir du nœud de papillon.

$$F' = F \times 10^{-NC}$$

Porte	Symbole	Entrées de la branche	Calcul de la sortie de la branche	Unité
Ou		P_A Ou P_B	$P(A \text{ Ou } B) = 1 - (1 - P_A) \times (1 - P_B)$ $= P_A + P_B + P_A \times P_B$ $\cong P_A + P_B$	
		F_A Ou F_B	$F(A \text{ Ou } B) = F_A + F_B$	Ans ⁻¹
		P_A Ou F_B	Non autorisé	
Et		P_A Et P_B	$P(A \text{ Et } B) = P_A \times P_B$	
		F_A Et F_B	Non autorisé	
		P_A Et F_B	$F(A \text{ Et } B) = P_A \times F_B$	Ans ⁻¹

Tableau 9 : Règles de calcul des fréquences et des probabilités dans un arbre des défaillances ²²

La fréquence de l'ERC 10 après calcul de l'arbre des défaillances est égale à :

$$F_{ERC} = \sum f_i$$

2.2.8 Etape 5 : Calcul des fréquences des phénomènes dangereux :

La fréquence des phénomènes dangereux est ensuite calculée à partir de celles des événements critiques et des distributions de probabilités de chaque phénomène dangereux potentiel. L'annexe 12 du rapport D1C. Donnent des exemples de probabilités de phénomènes dangereux dont certains sont repris ci-après. ²³

Les règles de calcul dans un arbre d'événement sont résumées par **la Figure7**:

²² Une méthode d'estimation de la probabilité des accidents majeurs de barrages: la méthode du noeud papillon Christophe Bolvin, Thibault Balouin, Agnès Vallee, Yann Flauw.

²³ L'annexe 12 du rapport D1C propose par ARAMIS.INERIS.

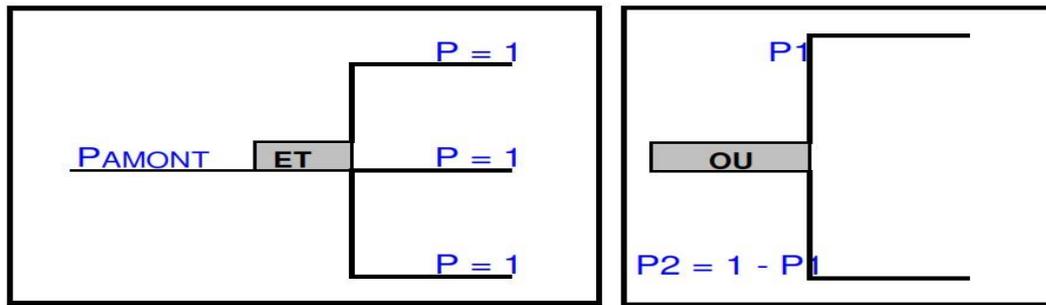


Figure 7 : Règles de calcul des probabilités de l'arbre des événements.²⁴

Suite à un ERC de type Rupture catastrophique, plusieurs phénomènes dangereux sont susceptibles de se produire :

- **Le BLEVE ;**
- **L'UVCE ;**
- **Le flash fire ;**
- **Pollution.**

Pour pouvoir quantifier l'occurrence de certain de ces phénomènes, il est nécessaire de distinguer l'inflammation immédiate et l'inflammation retardée.

Les probabilités (P) de l'arbre des événements sont tirées d'handbook fire frequencies 2009²⁴

Etape 6 : Estimation de la classe de gravité des phénomènes dangereux :

La sélection des scénarios d'accidents de référence est basée sur l'évaluation des fréquences des phénomènes dangereux, ainsi que leurs conséquences potentielles. Les conséquences de chaque phénomène dangereux doivent être évaluées de façon qualitative.

Cette évaluation sera basée sur les quatre classes de conséquences seront définis dans le

Tableau11 et prendront en compte la présence des barrières de sécurité

Conséquences		Classe
Effets sur cible humaine	Effets sur l'environnement	
Pas de blessure ou blessures légères ne nécessitant pas l'arrêt de travail	Pas d'action nécessaire, simple observation	C1
Blessures nécessitant une hospitalisation de durée supérieure à 24 heures	Sérieux effets sur l'environnement, nécessitant des moyens locaux d'observation	C2
Blessures irréversibles ou morts sur site Blessures réversibles à l'extérieur	Sérieux effets sur l'environnement à l'extérieur du site, nécessitant les moyens nationaux d'intervention	C3
Blessures irréversibles ou morts à l'extérieur du site	Effets irréversibles sur l'environnement à l'extérieur du site nécessitant des moyens nationaux d'intervention	C4

Tableau 10 : Définitions des classes de gravité des Phd²⁵

²⁴ handbook fire frequencies 2009.

²⁵ V. DE DIANOUS, A. VALLEE, F. PRATS, N. RODRIGUES, D. HOURTOLOU, ARAMIS Développement d'une méthode intégrée d'analyse des risques pour la prévention des accidents majeurs, Septembre 2004, INERIS.

Au-delà de cette grille, ARAMIS propose également en fonction de la nature des phénomènes dangereux et des produits impliqués une classification a priori des phénomènes. En cas de doute, des calculs complémentaires peuvent être menés pour valider la classe de gravité correspondante.

Phénomène dangereux	Classe de conséquences
Feu de nappe	C2
Feu de cuve	C1
Jet enflammé	C2
UVCE	C3 ou C4 (en fonction de la quantité émise)
Flash Fire	C3
Nuage toxique	C2
Feu	C3
Projection des missiles	C3
Création d'une onde de surpression	C3
Boule de feu	C4
Dégâts à l'environnement	A juger sur site
Explosion de poussières	C2 ou C3 (en fonction de la substance et de la quantité)
Boilover et feu de nappe associé	C3

Tableau 11 : Estimation grossière des classes de gravité par phénomène dangereux²⁵

2.2.9 Etape 7 : Utilisation de la matrice de risque

Les scénarios peuvent donc à ce stade être placés sur une matrice de risques, qui définit des critères d'acceptabilité et de sélection des scénarios en fonction de cette caractérisation en gravité / fréquence.

Ce choix s'appuie sur une matrice de risques, qui définit des zones d'acceptabilité en fonction de la fréquence d'occurrence évaluée pour chacun des phénomènes dangereux. Cette dernière intègre la présence des barrières de sécurité. Le deuxième paramètre d'entrée de la matrice est la classe de gravité a priori du phénomène dangereux. La matrice de risque mise en œuvre est dans la **figure 8**. Elle définit trois zones différentes :

- **Une zone verte (effets négligeables)** : elle correspond aux phénomènes dangereux avec une fréquence d'occurrence et/ou des conséquences suffisamment faibles pour ne pas être considérés comme représentatives du risque d'un établissement.
- **Une zone jaune (effets moyens)** : cette zone couvre les phénomènes dangereux dont la probabilité est tolérable et qui représentent le niveau de risque moyen d'un établissement. Les phénomènes de cette zone sont retenus pour une modélisation et constituent les scénarios de référence.
- **Une zone rouge (effets importants)** : elle comprend les phénomènes dangereux dont la probabilité d'occurrence n'est pas satisfaisante en l'état ; des barrières complémentaires de sécurité doivent être rajoutées. Les phénomènes dans cette zone sont retenus pour les modélisations et font également partie des scénarios de référence.

Fréquences	$10^{-2}/\text{ans}$				
	$10^{-3}/\text{ans}$				
	$10^{-4}/\text{ans}$				
	$10^{-5}/\text{ans}$				
	$10^{-6}/\text{ans}$				
	$10^{-7}/\text{ans}$				
	$10^{-8}/\text{ans}$				
	Classe de gravité	C1	C2	C3	C4

Figure 8 : Matrice du risque²⁶

²⁶ V. DE DIANOUS, A. VALLEE, F. PRATS, N. RODRIGUES, D. HOURTOLOU, ARAMIS Développement d'une méthode intégrée d'analyse des risques pour la prévention des accidents majeurs, Septembre 2004, INERIS.

Chapitre 3 :

Présentation de champ de Hassi R'mel

3.1 Introduction :

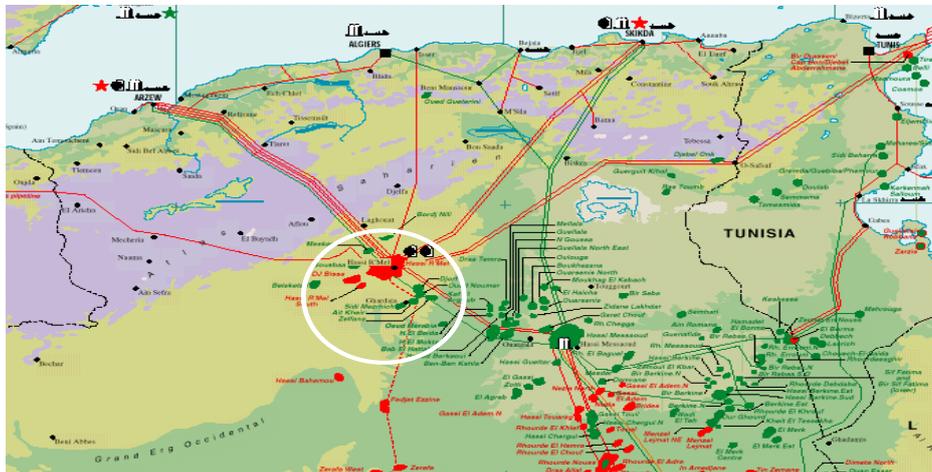
Ce chapitre présente le champ historique de Hassi R'mel Puis une description sur le processus de traitement de gaz.

3.2 Présentation de champ de Hassi R'mel :

3.2.1 Situation géographique :

Hassi R'mel, porte du désert, se trouve à **550 Km** au sud d'Alger, à une altitude moyenne de **760m**, est une région relativement plate du Sahara ou le paysage constitué d'un vaste plateau rocailleux et ne pousse qu'une faible végétation composée essentiellement de buissons et de pistachiers sauvages.

Le climat est caractérisé par une faible pluviométrie (**140 mm par an**), une humidité de **19%** en été et de **34 %** en hiver en moyenne. Les amplitudes thermiques sont importantes et les températures varient de **-5°C** en hiver à **45°C** en été et les vents dominants sont de direction Nord-ouest pouvant atteindre des vitesses de **100 Km /h**.



- **Hassi R'Mel est situé à 525 km au sud d'Alger.**
- **Le champ s'étale sur plus de 3500 km².**
- **Découvert en 1956, il est l'un des plus grands gisements de gaz à l'échelle mondiale.**

Figure 9 : Situation géographique de champ de hassi R'mel²⁷

²⁷ HRM, documents SONATRACH

3.2.2 Historique de champ de Hassi R'mel :

La première compagnie intéressante à la région a eu lieu en **1951**. Le gisement de Hassi R'mel a été découvert en **1956** par le forage du premier puits dénommé **HR₁**, à une profondeur de **2132m** à quel que kilomètre de **BERIANE**, et qui révéla la présence d'un réservoir de gaz humide sous une forte pression (**310 bars** au fond).

De **1957** à **1960** furent forés huit (**08**) autres puits (**HR₂, HR₃, HR₄, HR₅, HR₆, HR₇, HR₈, HR₉**) pour la délimitation du gisement et l'évaluation des réserves, estimées initialement à **2800 milliards** de mètres cubes, sous une superficie de **3500 kilomètres carrés**.

Les études du réservoir ont prouvé que le gisement de Hassi R'mel contenait du gaz, du condensât et du GPL. Les richesses initiales étaient de **200 gr/m³** pour le condensât et **80 gr/m³** pour le GPL. (C.-à-d. : que pour chaque mètre cube de gaz produit. produit simultanément **200 grammes** de condensât et **80 grammes** de GPL).

Les études complémentaires du réservoir ont mis en évidence la présence de pétrole brut tout autour du gisement, mais plus particulièrement dans les parties Est et Sud du champ. On parle ainsi de présence d'anneau d'huile (pétrole brut).

Il existe trois réservoirs :

Réservoir A : S'étend sur tout le champ de Hassi R'mel, son épaisseur varie sur l'ensemble du champ de **15 à 30m**.

Réservoir B : Il est limité à la zone centrale et la zone nord du champ. Cette couche présente **13%** des réserves en place.

Réservoir C : Il s'étend sur la majeure partie du champ sauf la zone sud, c'est les plus épais des trois niveaux et le plus important.

Le champ de Hassi R'mel est une vaste étendue de **3500Km²(70 Km de long sur 50 Km de large)**.

Les réserves trouvées en place sont évaluées à plus de **2800.10⁹m³**.²⁸

3.3 Description de module 1 (MPP1) :

3.3.1 Introduction :

L'unité de traitement de gaz naturel, nommée MPP1, est constituée principalement de trois trains identiques : **I-II-III**.

Chacun d'eux assure la production du gaz sec, GPL et condensât.

Leur capacité de traitement est identique et la quantité de gaz traité est de **20*10⁶ Sm³ /jour** de gaz de vente par train.

3.3.2 Description du Procédé de traitement de gaz :

Les installations du **MPPI** sont composées de deux sections :

²⁸ HRM.documents de SONATRACH

a) Section de séparation (Haute pression.)

b) Section de stabilisation (Basse pression.)

a) Zone de récupération du condensat :(Haute pression)

Les gaz d'alimentation du module provenant de l'unité boosting à une pression environ de **105 bars** et une température de **65°C** sous forme de mélange bi-phasique, est distribué d'une manière égale par le diffuseur d'arrivée **V-201** aux trois trains parallèles. Le gaz pénètre dans le séparateur d'admission **V-202**. Sous le contrôle de la vanne de pression **PV-7** à une pression de 105 bars et température d'entrée 63°C pour séparer le liquide du mélange d'alimentation et extraire l'eau libre qui est évacuée vers le puisard **S-210** sous le contrôle de la vanne **LV-1**.

Les hydrocarbures liquides provenant du **V-202** (petite quantité) ainsi que les liquides envoyés de la station boosting à travers la **FIC-931** (et qui constituent la plus grande quantité) sont détendus iso thermiquement à **27 bars** dans le séparateur de condensat **V-203**.

Les vapeurs issues de ce dernier sont envoyées vers la colonne **T-201** sous le contrôle de la vanne de pression **PV-9**.

Le liquide provenant de **V-203** contrôlé par la vanne de débit **FV-12**, est envoyé au **18^{ème}** plateau du déethaniseur **T-201** après avoir été chauffée dans l'échangeur **E-216** côté calandre.

Le gaz brut provenant du séparateur **V-202** est déshydraté et refroidi simultanément dans l'échangeur de chaleur constitué de deux batteries d'échangeurs (**gaz/gaz**)**E-201, E-202 (A/B/C/D)** et gaz liquide **E-203(A/B)** à une température de **0°C** à **-2 °C**. Le gaz sortant des échangeurs passe dans deux chillers (**E-204** et **E-205**) utilisant du propane comme fluide frigorigène. La déshydratation du gaz d'alimentation est effectuée par l'injection directe d'une solution de di-éthylène glycol (**DEG**) à **78%** dans la plaque tubulaire de chaque échangeur et d'une manière uniforme afin d'éviter la formation des hydrates.

A la sortie des chillers les gaz sont détendus isenthalpiquement à une pression de **78 bars** et une température de **-18 °C** ou on aura une séparation gaz/ liquide.

La température finale du séparateur froid **V-204** qui est contrôlée par la **TVC-34** est suffisamment basse afin que la teneur en eau du gaz de vente soit inférieure à **50ppm**.

Le gaz récupéré du séparateur froid **V-204** refroidit à contre courant le gaz brut dans l'échangeur **E-201** et **E-202** pour récupérer les frigories qu'il contient, une fois réchauffé, il pénètre dans le pipeline de gaz de vente à une pression de **72 bars** et une température de **60°C** Le liquide (mélange de condensat et de glycol) issu du séparateur froid **V-204** est préchauffé dans l'échangeur gaz/liquide (**E-203**) côté calandre à une température de **30 °C** et une pression de **26 bars**.

Le liquide est ensuite admis dans le séparateur **V-205**, où se produit une séparation triphasique (gaz- condensat- glycol hydraté). Le condensat et le gaz sont envoyés au **18^{ème}** plateau du déethaniseur **T-201** sous le contrôle de la vanne de débit **FV-32** et la vanne de pression **PV-13B** respectivement, alors que le glycol hydraté est envoyé vers l'unité de régénération du glycol à travers la vanne de niveau **LV-8**.

b) Zone de récupération du GPL et de stabilisation du condensat : (Basse pression)

Cette zone a pour but de stabiliser le condensat et de produire du GPL à partir du liquide récupéré du gaz brut dans la zone de séparation du condensat, suivant les spécifications et les normes établies pour chaque produit.

Le condensât stabilisé provenant du débutaniseur est refroidi dans les Chillers **E-208** et **E-209** par du propane et, admit ensuite au sommet du déethaniseur **T-201** pour une meilleure récupération des C^{3+} entraînés par les vapeurs. Ces vapeurs de tête du déethaniseur (gaz M.P) sont envoyées vers la PHASE B pour être recomprimés et réinjectés dans le gaz de vente.

Le reflux latéral du déethaniseur est assuré par la pompe **P-202 A/B** et son refroidissement est obtenu dans le Chiller **E-207**. Le réfrigérant requis aux Chillers est fourni par système de réfrigération au propane.

Le rebouillage latéral du **T-201** est assuré par l'E-206 à contrecourant côté calandre avec les produits de fond du débutaniseur **T-202**.

Le rebouillage principal est fourni par le rebouilleur du déethaniseur **H-201** à l'aide des pompes **P-201 A/B/C**.

Les produits de fond du déethaniseur **T-201** sont préchauffés dans l'échangeur de préchauffe de charge (**T-202**) **E-217** côté calandre puis envoyés vers le débutaniseur **T-202**.

Les produits de tête provenant du **T-202** sont condensés dans l'aérocondenseur **E-211** à une température de **54°C**. Le GPL liquide est ensuite collecté dans un ballon de reflux du débutaniseur **V-209**, puis pompé par la pompe de reflux **P-205 A/B/C**.

Une grande partie de ce liquide est utilisée comme reflux pour le débutaniseur et le reste comme production vers le stockage du « CSTF » si le produit est « On Spec », ou vers le stockage du module IV si le produit est « Off Spec ».

Le rebouillage du fond de la même colonne est fourni par le rebouilleur du débutaniseur **H-202** par la pompe **P-204 A/B**.

Les produits du fond « condensat stabilisé » du débutaniseur **T-202** sont refroidis partiellement dans le **E-217** pour préchauffer la charge du débutaniseur (côté calandre) puis dans le **E-206** pour le rebouillage latéral du déethaniseur, mais aussi dans l'échangeur **E-216** pour préchauffer la charge de la même colonne (côté calandre) et enfin dans l'aéroréfrigérant **E-210** ou ils sont refroidis à environ **45°C**.

Le condensat stabilisé transite par le **V-208** d'où une partie est pompée par les pompes **P-203 A/B** et envoyé dans la tête du déethaniseur comme huile d'absorption.

Le reste est envoyé au stockage intermédiaire de condensat du module I (**S-204A/B/C**) ou directement vers **CSTF**.²⁹

²⁹ HRM.documents de SONATRACH

Chapitre 4 :

***Application de la méthode
ARAMIS sur le ballon v209***

4.1 Introduction :

Ce chapitre développera l'application de la méthode ARAMIS Opération A et B sur une installation industrielle au niveau de Sonatrach.

Dans l'opération A, identification des différents scénarios liés au ERC par la construction de l'arbre de défaillance et l'arbre d'évènement, et le nœud papillon à l'aide de logiciel BOWTIEXP, et l'opération B de la cartographie de sévérité avec logiciel ALOHA.

4.1.1 Description de système :

- Dans ce travail on a choisi le GPL comme un produit dangereux et le ballon V209 comme un équipement critique.
- Le système étudié est composé d'un ballon de reflux avec une capacité de 43m³



Figure 11 : Photo de ballon de reflux V-209

4.1.2 Généralités sur le ballon v209 :

- Est une capacité cylindrique de stockage intermédiaire horizontale utilisé pour le stockage sous pression de **GPL**.
- Anne de fabrication 1976
- Temps de service à partir de 1978
- Température de service 45C°
- Pression de service 11 BAR

4.1.3 Les barrières de préventions :

- **PSV** : vanne de pression de sécurité vers torche
- **PSE** : disque de rupture vers torche
- **PSE** : disque de rupture vers l'atmosphère
- Alarme de pression
- Alarme de niveau
- Détecteur de gaz
- Zone ATEX
- Permis de travail
- Camera

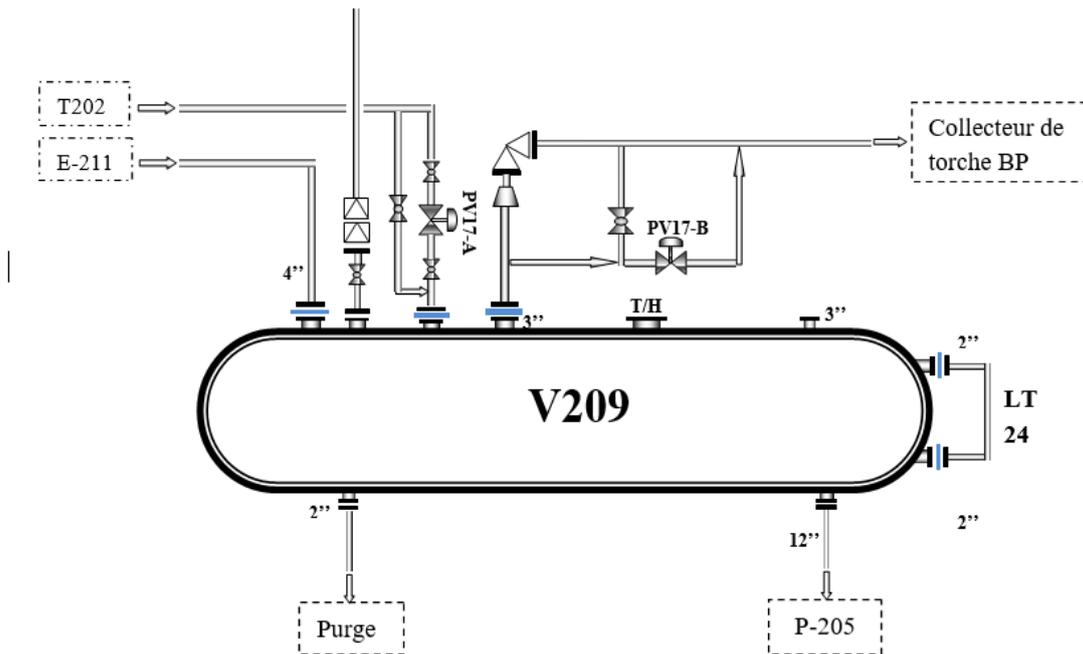


Figure 12 : Schéma du système étudié.

4.2 Opération A : identification des scénarios d'accident

- Etape préliminaire : définition de vocabulaire

Les principaux termes et notions utilisés de façon récurrente dans l'opération sont définis dans la liste des abréviations.

4.2.1 Opération A-0 : sélectionné les équipements critiques sur le site :

- identification de produit dangereux :

Le produit dangereux dans le cas de cette étude ; c'est le GPL avec une capacité de stockage 43m³ qui est remplis à 60 %, ce produit est classe dans le tableau suivant selon la typologie de la direction Seveso 2

<u>Produit</u>	<u>Catégorie</u>	<u>Phase de risque</u>
<u>GPL</u>	<u>Extrêmement inflammable</u>	<u>R12 Ts>Teb</u>

Tableau 12 : Classification de produit identifie.

Sélection des équipements : la sélection des équipements passe par une première étape de collecte d'informations.

Produit	GPL
Définition	Un mélange majoritaire de propène et butane
Odeur	Inodore
Volume de matière	25.9m ³
Masse volumique	477kg/m ³
Température d'ébullition	-25C°
Température de service	45C°

Tableau 13 : Les caractéristiques de produit.

Un équipement qui contient une substance dangereuse va être sélectionné comme un équipement critique si la quantité de la matière supérieur ou égale la masse de référence **Ma**.

Propriétés de la substance	Masse de référence (kg)		
	Solide	Liquide	Gaz
1 Très toxique	10.000	1.000	100
2 Toxique	100.000	10.000	1.000
3 Oxydant	10.000	10.000	10.000
4 Explosive (définition 2a annexe 1 Directive Seveso II)	10.000	10.000	---
5 Explosive (définition 2b annexe 1 Directive Seveso II)	1.000	1.000	---
6 Inflammable	---	10.000	---
7 Très Inflammable	---	10.000	---
8 Extrêmement inflammable	---	10.000	1.000
9 Dangereux pour l'environnement	100.000	10.000	1.000
10 autres classifications que celles ci-dessus impliquant des phrases de risques R14, R14/15, R29	10.000	10.000	---

Tableau 14 : Masse de références M_a selon la natures des substances

Pour définir la valeur du seuil qui sert de comparaison avec la quantité de référence une première quantité **M_a** est définie en fonction des caractéristiques des produits, la définition de quantité seuil **M_b** : la masse **M_a** doit être divisé sur un facteur **S** .

D'après la méthode **VADE-MECUM** on a :

$$M_b = \frac{M_a}{s} \text{ avec } s = (10)^{T_p - T_{eb}/100}$$

Application numérique :

$$M_a = 100000 \text{ kg}$$

$$T_p = 45^\circ \text{C}$$

$$T_{eb} = -25^\circ \text{C}$$

$$S = (10)^{(45 - (-25))/100} = 5.011$$

$$M_b = \frac{100000}{5.011} = \mathbf{1995 \text{ kg}}$$

$$\text{La masse volumique} = 477 \text{ kg/m}^3$$

$$M = \rho \times V = 477 \times 25.9 = \mathbf{12354 \text{ kg}}$$

Interprétation :

La masse de **GPL** Supérieur de la masse calcule **Mb**

12354>1995

Donc la quantité de **GPL** est suffisante pour appliquer les étapes d'**ARAMIS**.

4.2.2 OPERATON A-1 : méthode MIMAH

- La méthode MIMAH permet d'identifié de façon systématique l'ensemble des scenarios d'accident à partir de la typologie d'équipement et des dangers associes a la substance.
- La méthode MIMAH peut être décrite selon le logigramme suivant elle s'applique à chaque équipement sélectionné lors de l'étape précédente.

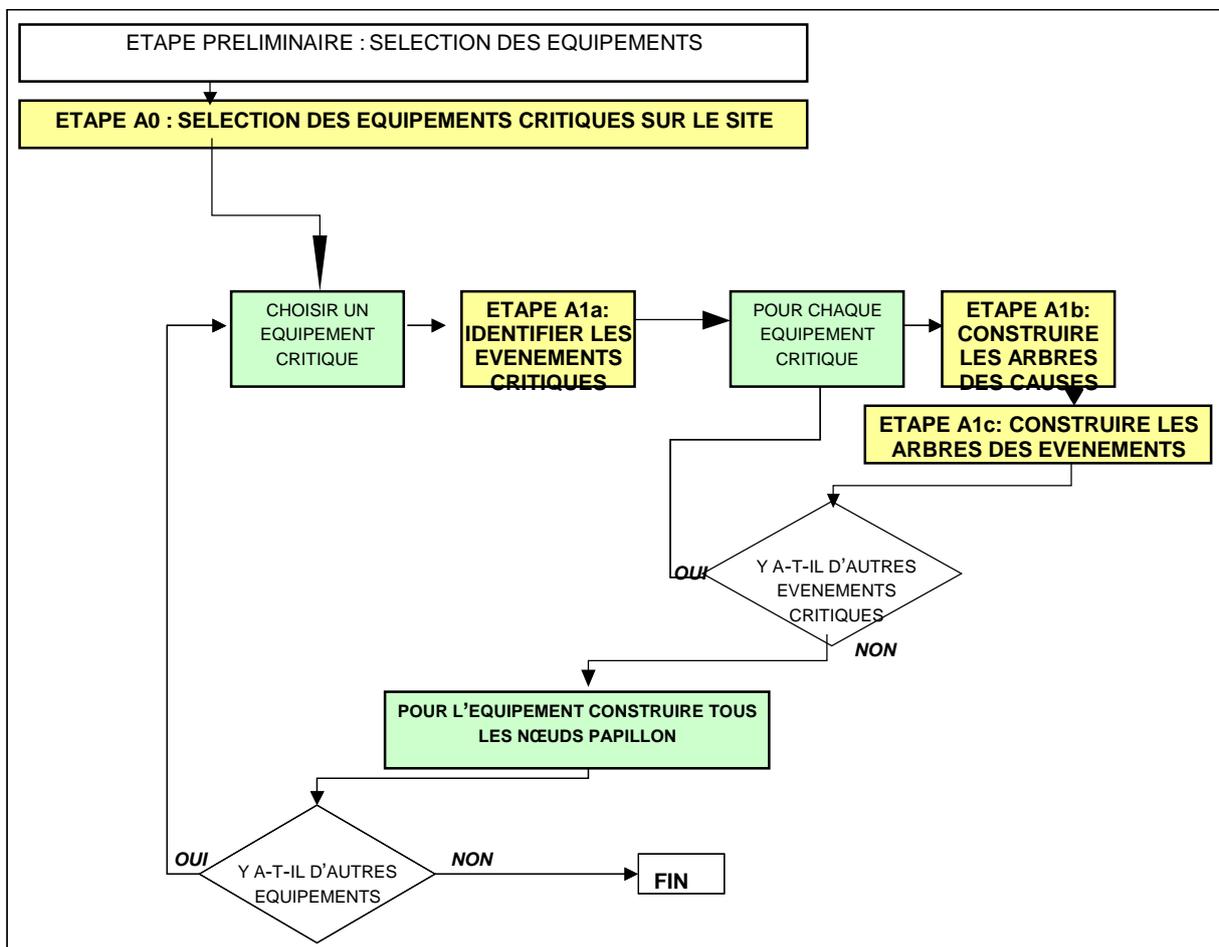


Figure 13 : Logigramme des étapes de la méthodes MIMAH

4.2.2.1 Etape A1a : identifie par équipement les événements critiques ou ERC :

D'après l'opération précédente et selon la typologie d'équipement considérée dans MIMAH on a choisit le ballon v 209 comme un équipement critique **EQ11**

EQ11	Stockage intermédiaire dans le procédé	Equipement de stockage sous pression
-------------	--	--------------------------------------

Tableau 15 : Identification d'équipement de l'ERC

Selon le type d'équipement critique sélectionné **EQ11** et la nature de produit dangereux choisi **R12** et à partir de la liste des événements redoute central on va choisir l'évènement critique suivant :

La rupture catastrophique (car elle est le cas le plus grave dans les installations de **GPL**)

ERC10	Rupture catastrophique	La rupture catastrophique correspond à la perte complète de l'équipement conduisant à un rejet complet et instantané. le BLEVE est considéré comme une rupture catastrophique particulière
-------	------------------------	--

Tableau 16 : Identification de type d'ERC

4.2.2.2 Etape A1b : élaborer un arbre de défaillance pour ERC :

- **ADD rupture catastrophique :** Il est important de définir les causes directes qui peuvent conduire à un ERC

Dans le cadre de cette étude les causes les plus probables sont :

- Surpression
- Erreur humaine
- Perte d'étanchéité

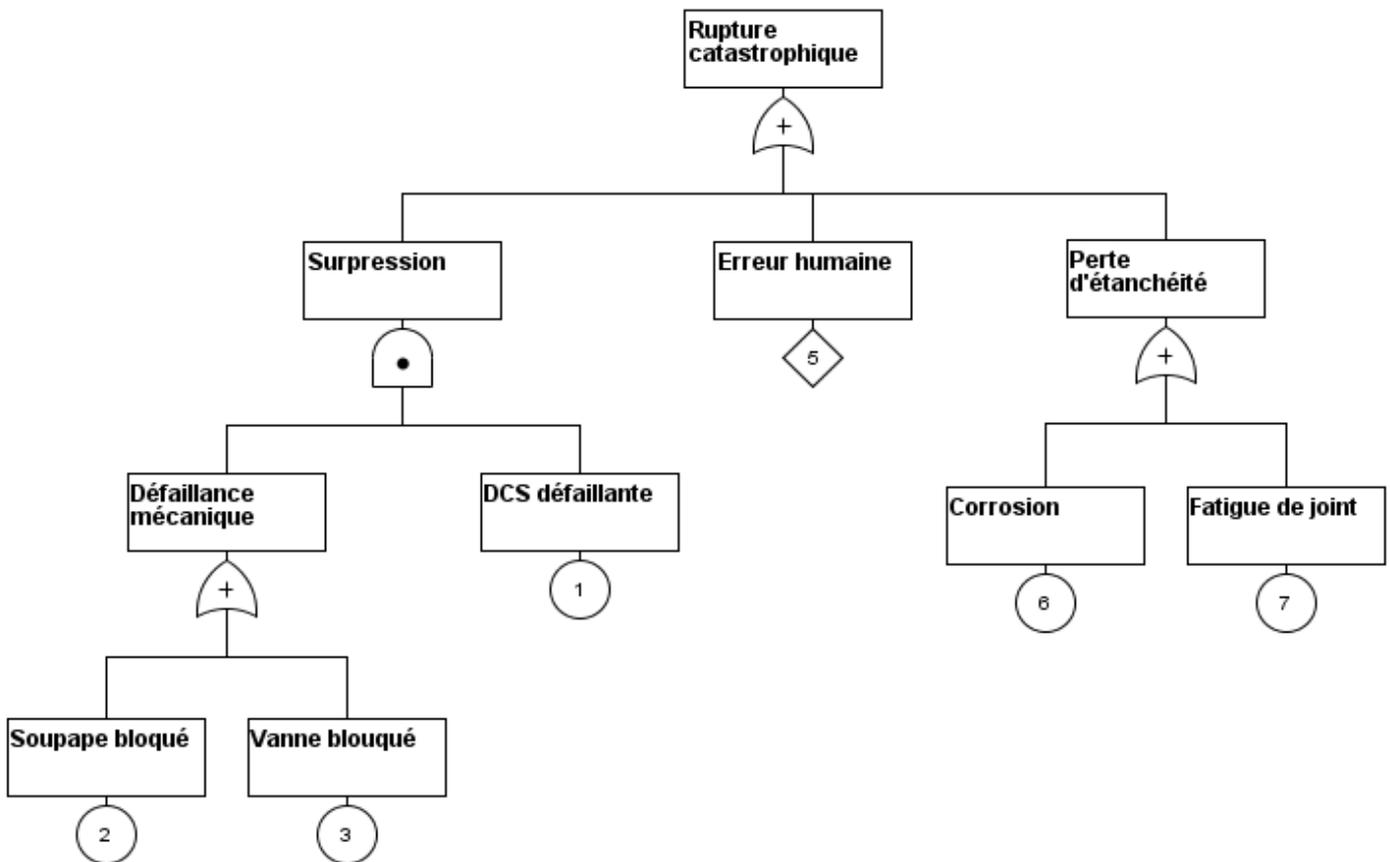


Figure 14 : ADD rupture catastrophique.

Chaque cause peut conduire à ERC :

- Surpression peut être due à une défaillance mécanique (soupape ou vanne) et une défaillance de DCS (tour de contrôle).
- Erreur humaine peut être due à une mauvaise intervention (intervention maintenance) ou négligence de l'opérateur.
- Perte d'étanchéité peut être due à une fatigue des joints ou une corrosion.

Etape A1c : élaborer un arbre d'évènement pour ERC :

Tous les accidents possibles peuvent être classifiés selon les effets physiques qui provoquent ils sont classés dans le tableau de annexe 5 de rapport D1c :

ERC : Evènement redouté central	ERS : Evènement redouté secondaire	ERT : Evènement redouté tertiaire	PhD : Phénomène dangereux	Est-il compatible avec la phrase de risque	EM : Evènement majeur	
ERC10 Rupture catastrophique	BLEVE	BLEVE	BLEVE	Oui	Effet missile	
				Oui	Effet de surpression	
				Oui	Radiation thermique	
	Perte de produit	Dispersion de gaz	Nuage toxique	Non	Non	Effet toxique
						UVCE
			Effet de surpression			
			Radiation thermique			
			Feu de flash	Oui	Radiation thermique	
	Dispersion du liquide	Pollution	Non	Non	Effet toxique	

Tableau 17 : Définition des évènements de l'ADE d'ERC 10 ³¹

³¹ Delvosalle, C.F., A. Pipart, Deliverable D.1.C. Report presenting the final version of the Methodology for the Identification of Reference Accident Scenarios". 2004, ARAMIS Project - 5th Framework Program of the European Community, p. 59 pages + 15 annex

Construction d'arbre des évènements :

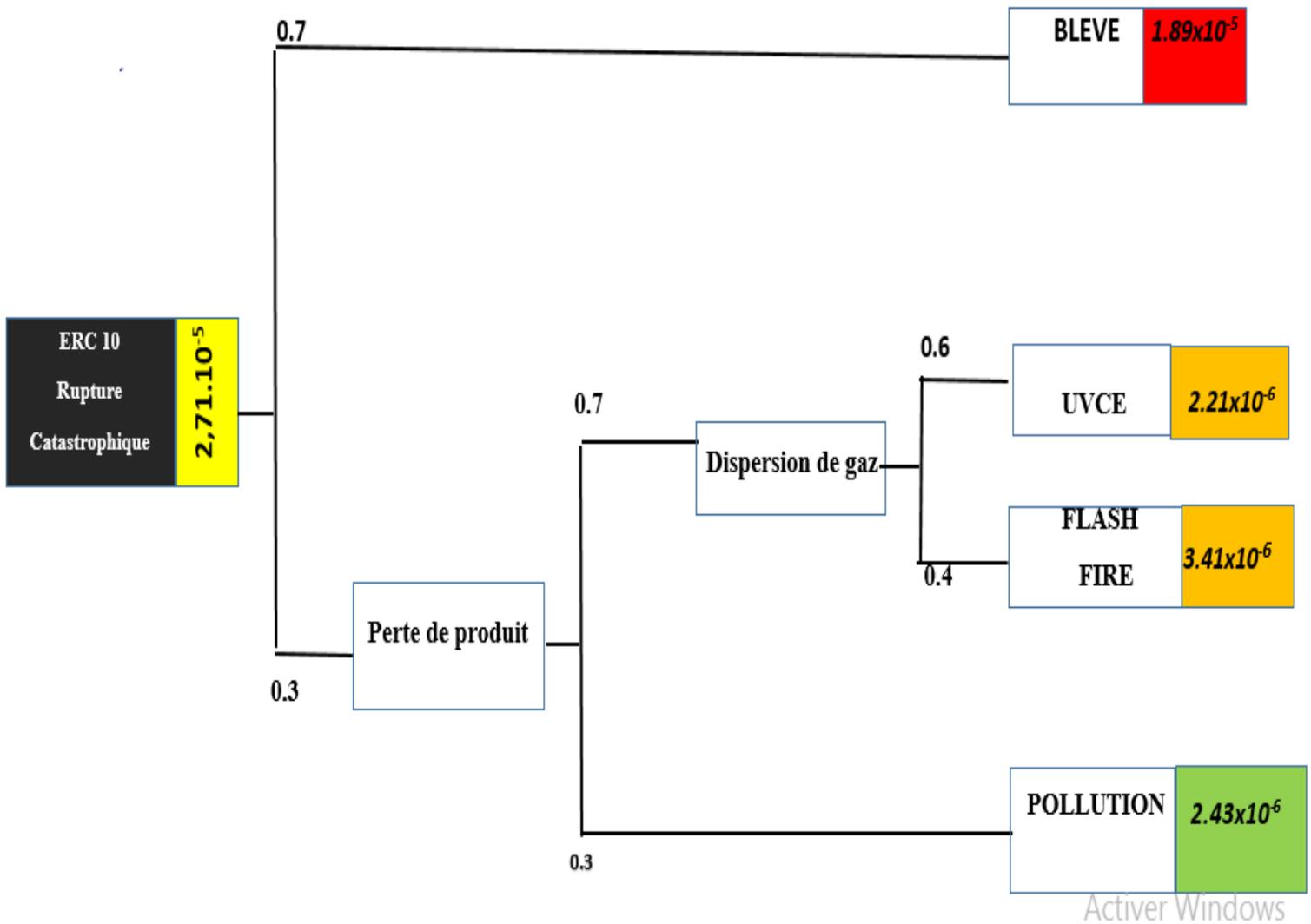


Figure 15 : Construction de l'ADE

Construction de nœud papillon :

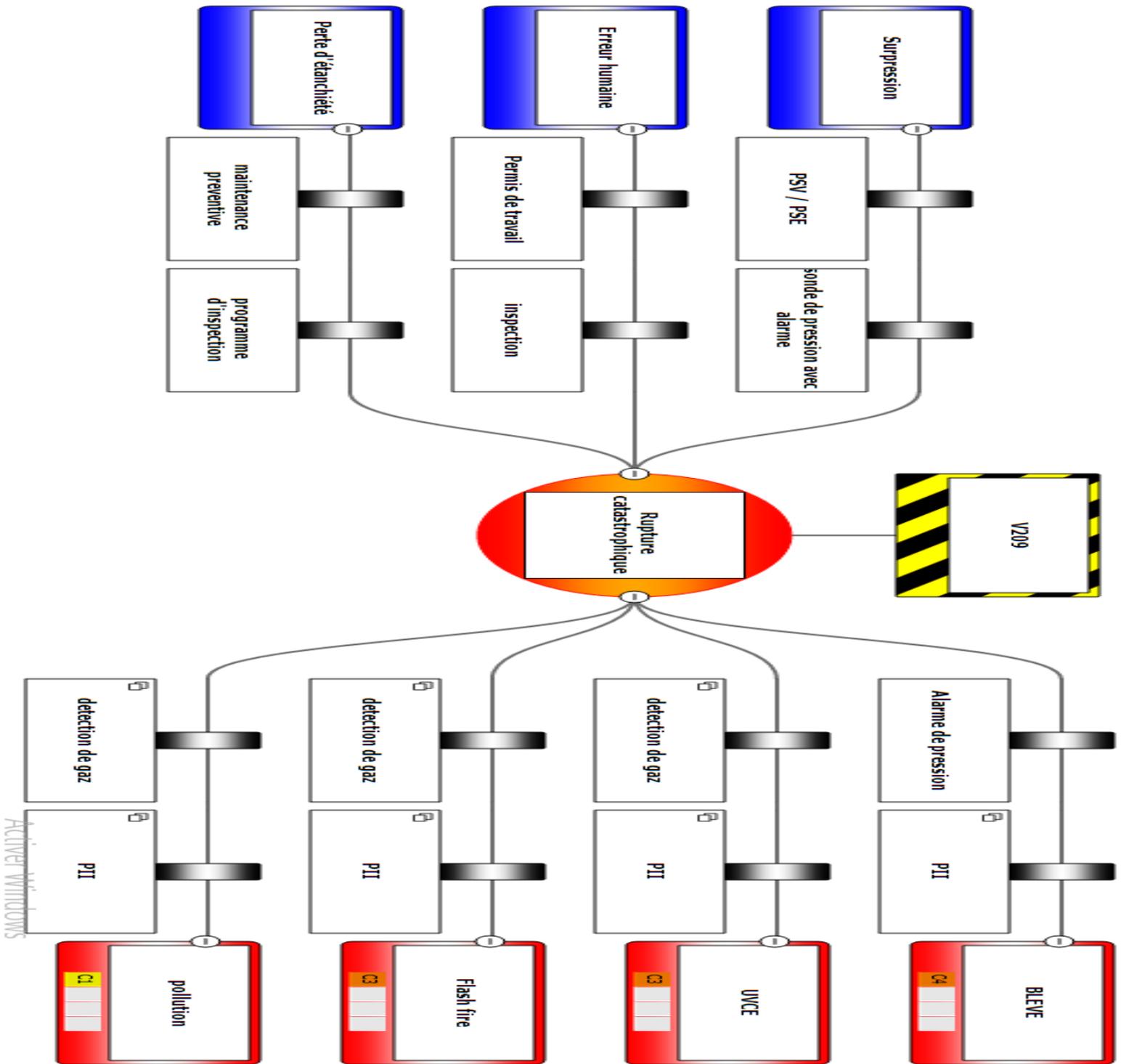


Figure 16 : Construction de nœud papillon

La partie gauche de nœud papillon représente des barrières de préventions qui jouent un rôle important pour réduire l'ERC et la partie droite on a des barrières de protection pour diminuer les conséquences

4.2.3 Opération A-2 : méthode MIRAS

- L'objectif de cette opération est la sélection des scénarios de référence qui seront modélisés et feront l'objet d'une cartographie de la sévérité le choix des scénarios de référence s'appuie sur une matrice de risque qui définit des zones d'acceptabilité en fonction notamment de la fréquence d'occurrence évaluée pour chaque phénomène dangereux identifié .
- Le logigramme ci-dessous résume les principales étapes de la méthode MIRAS.

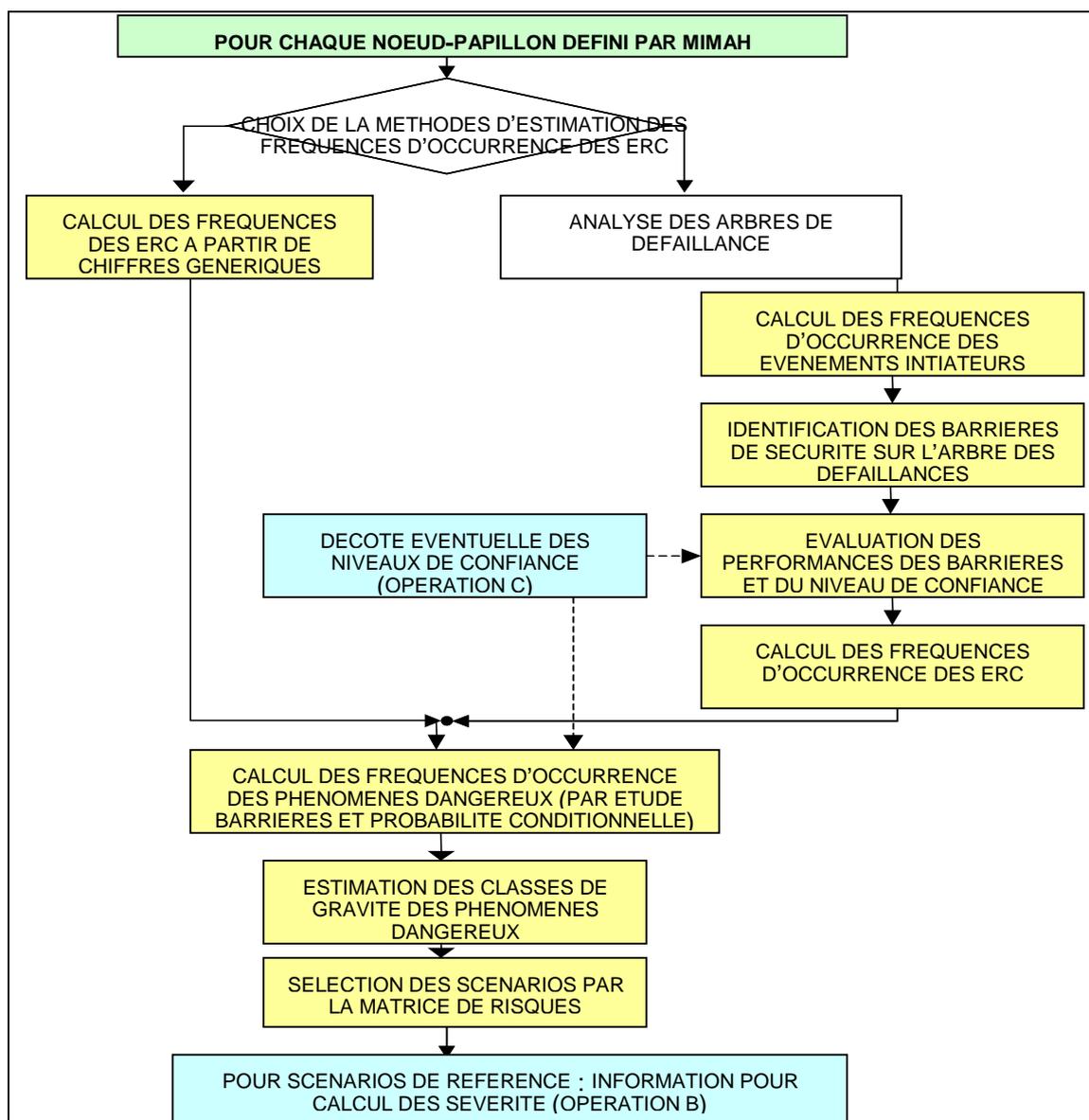


Figure 17 : Vue générale des étapes MIRAS

- **Pour calculer la fréquence finale de l'évènement redouté central :**

4.2.3.1 Etape 1 : calcul des fréquences d'occurrences des événements initiateurs

Etape1-a : estimation des fréquences d'occurrence des événements initiateurs

Dans la présente analyse des fréquences des événements initiateur sont prise d'une étude faite par l'équipe de travail sur l'unité, et nous avons aussi près en considération des valeurs de littérature propose par ARAMIS en annexe 7 de document D1c.

Cause	Fréquences
Surpression	7.4×10^{-3}
Erreur humaine	1.79×10^{-3}
Perte d'étanchéité	1.19×10^{-1}

Tableau 18 : Les fréquences de défaillance ³²

4.2.3.2 Etape 2 : identification des barrières de sécurité

Pour chaque scénario identifié par MIMAH, les barrières de sécurité pouvant limiter la probabilité d'un accident ou en limiter les effets sont identifiées et reportées sur le nœud papillon.

Limiter	Détecter	Prévenir
- Soupape de sécurité - Disque de rupture	- Détecteur de fumée - Détecteur de gaz - Détecteur de flamme -capture de Transmetteur de Pression -capture de transmetteur de T° -Capture de Transmetteur de débit	-permet de travail -zone ATEX -maintenance préventive -arrêt d'urgence avec isolement -inspection -nettoyage

Tableau 19 : Identification des barrières

³² SONATRACH DP Rapport Etude de dangers Région de Hassi R'Mel.

4.2.3.3 Etape 3 : Evaluation des performances des barrières et du niveau de confiance :

- Les barrières étant identifiés, une évaluation de leur robustesse permet ensuite de :
- vérifier que la barrière a des performances suffisantes et adaptées ; elle peut ainsi être retenue comme une barrière de sécurité
- évaluer son niveau de confiance, lie à sa probabilité de défaillance ; cette estimation du niveau de confiance est nécessaire pour calculer la probabilité d’occurrences des événements critiques.

Chaque barrières est créditée d’un niveau de confiance et chaque niveau de confiance correspond a un facteur de réduction de la probabilité d’occurrences de l’évènement redoute, donc du risque. Une barrière de sécurité avec un niveau de confiance de **n** aura une probabilité de défaillance $(10)^{-n}$ et réduira d’un facteur $(10)^n$ la probabilité de l’évènement.

Barriere	Niveau de confiance
Soupape	2
Alarme	1
Permis de travail	1
Inspection	2
Maintenance préventive	2

Tableau 20 : Performance des barrières

- *Calcule des fréquences avec NC des barrières :*
- $F' = f \times (10)^{-NC}$
- **Perte d’étanchéité :**

Inspection	Maintenance préventive	Perte d’étanchéité
NC=2	NC=2	1.19×10^{-1}

$$F' = 1.19 \times 10^{-1} \times 10^{-2+(-2)} = 1.19 \times 10^{-5} / \text{ans}$$

- **Supression :**

Soupape	Alarme	Supression
NC=2	NC=1	7.4×10^{-3}

$$F' = 7.4 \times 10^{-3} \times 10^{-2+(-1)} = 7.4 \times 10^{-6} / \text{ans}$$

- Erreur humaine :

Permis de travail	inspection	Erreur humaine
NC=1	NC=2	1.79×10^{-3}

$$F' = 1.79 \times 10^{-3} \times 10^{-1+(-2)} = 1.79 \times 10^{-6} / \text{ans}$$

4.2.3.4 Etape 4 : calcul de fréquence d'occurrence d'ERC :

Porte	Symbole	Entrées de la branche	Calcul de la sortie de la branche	Unité
Ou		P_A Ou P_B	$P(A \text{ Ou } B) = 1 - (1 - P_A) \times (1 - P_B)$ $= P_A + P_B + P_A \times P_B$ $\cong P_A + P_B$	
		F_A Ou F_B	$F(A \text{ Ou } B) = F_A + F_B$	Ans^{-1}
		P_A Ou F_B	Non autorisé	
Et		P_A Et P_B	$P(A \text{ Et } B) = P_A \times P_B$	
		F_A Et F_B	Non autorisé	
		P_A Et F_B	$F(A \text{ Et } B) = P_A \times F_B$	Ans^{-1}

Tableau 21 : Règle de calcul des fréquences et probabilité dans un arbre de défaillances

La fréquence d'ERC est égale :

$$F_{ERC} = F_{\text{surpression}} + F_{\text{erreur humaine}} + F_{\text{perte d'étanchéité}}$$

$$F_{ERC} = 7.4 \times 10^{-6} + 7.79 \times 10^{-6} + 1.19 \times 10^{-5}$$

$$F_{ERC} = \boxed{2,71.10^{-5} / \text{ans}}$$

4.2.3.5 Etape 5 : Calcule des fréquences d'occurrence des phénomènes dangereux :

Suite à un ERC de type rupture catastrophique, plusieurs phénomène dangereux susceptible de se produire:

- **BLEVE ;**
- **UVCE ;**
- **FLASH FIRE ;**
- **POULUTION**

Les probabilités (P) de l'arbre d'évènement sont tirées de Handbook fire 2009

➤ PhD1 BLEVE :

$$F_{phD1} = F_{ERC} \times P1$$

$$= 2.71 \times 10^{-5} \times 0.7 = 1.89 \times 10^{-5}$$

$$PhD1 \text{ BLEVE} =$$

$$1.89 \times 10^{-5} / \text{ans}$$

➤ PhD2 UVCE :

$$F_{PhD2} = F_{ERC} \times P2 \times P3 \times P5$$

$$= 2.71 \times 10^{-5} \times 0.3 \times 0.7 \times 0.4 = 2.21 \times 10^{-6}$$

$$PhD2 \text{ UVCE} =$$

$$2.21 \times 10^{-6} / \text{ans}$$

➤ PhD3 FLASH FIRE :

$$F_{phD3} = F_{ERC} \times p2 \times p3 \times p6$$

$$= 2.71 \times 10^{-5} \times 0.3 \times 0.7 \times 0.6 = 3.41 \times 10^{-6}$$

$$phD3 \text{ flash fire} =$$

$$3.41 \times 10^{-6} / \text{ans}$$

➤ PhD4 POLLUTION :

$$F_{phD4} = F_{ERC} \times p2 \times p4$$

$$= 2.71 \times 10^{-5} \times 0.3 \times 0.3 = 2.43 \times 10^{-6}$$

$$phD4 \text{ pollution} =$$

$$2.43 \times 10^{-6} / \text{ans}$$

4.2.3.6 Etape6 : Estimation des classe de gravite des phénomènes dangereux :

La sélection des scénarios d'accident de référence est basé sur l'évaluation des fréquences des phénomènes dangereux, ainsi que leurs conséquences potentielles, les conséquences de chaque phénomène dangereux doivent être de façon quantitative.

Cette évaluation sera basé sur les quatre classes des conséquences définies dans le **tableau 23**

CONSEQUENCES		CLASSE
Effet sur cibles humaines	Effets sur l'environnement	
Pas de blessures ou blessures légères ne nécessitant pas d'arrêt de travail	Pas d'action nécessaire, simple observation	C ₁
Blessures nécessitant une hospitalisation de durée supérieure à 24 heures	Sérieux effets sur l'environnement, nécessitant des moyens locaux d'intervention	C ₂
Blessures irréversibles ou morts sur site Blessures réversibles à l'extérieur	Sérieux effets sur l'environnement à l'extérieur du site, nécessitant des moyens nationaux d'intervention	C ₃
Blessures irréversibles ou morts à l'extérieur du site	Effets irréversibles sur l'environnement à l'extérieur du site, nécessitant des moyens nationaux d'intervention	C ₄

Tableau 22 : Définition de classe de gravité des PhD

ARAMIS propose une classification des phénomènes dangereux dans le tableau suivant :

Phénomène dangereux	Classe de conséquences
Feu de nappe	C2
Feu de cuve	C1
Jet enflammé	C2
VCE	C3 ou C4 (en fonction de la quantité émise)
Flashfire	C3
Nuage toxique	C3 ou C4 (en fonction des phrases de risques – C4 pour des substances très toxiques)
Feu	C2
Projection de missiles	C3
Création onde de surpression	C3
Boule de feu	C4
Dégâts à l'environnement	A juger sur site
Explosion de poussières	C2 ou C3 (en fonction de la substance et de la quantité)
Boilover et feu de nappe associé	C3

Tableau 23 : Estimation des classes de gravité par phd

4.2.3.7 *Etape 7 : sélection des scénarios par la matrice des risques :*

Les scénarios peuvent donc à ce stade être représentés par une matrice de risque, qui définit des critères d'acceptabilité et de sélection des scénarios en fonction de cette caractérisation en gravité/fréquence.

Fréquences	10 ⁻² /ans				
	10 ⁻³ /ans				
	10 ⁻⁴ /ans				
	10 ⁻⁵ /ans				BLEVE
	10 ⁻⁶ /ans	POLLUTION		UVCE/FLASH FIRE	
	10 ⁻⁷ /ans				
	10 ⁻⁸ /ans				
	Classe de gravité	C1	C2	C3	C4

Figure 18 : Position des phénomènes dangereux dans la matrice de risque.

Signification :

Effets importants
Effets moyens
Effets négligeables

D'après l'ARAMIS les phénomènes dans la zone jaune et rouge sont retenus pour la modélisation et constituent les scénarios de référence.

Donc, le BLEVE c'est un scénario de référence.

4.2.4 OPERATION B : Indice sévérité cartographique de la sévérité d'un site industriel :

Pour réaliser l'opération B, on a utilisé le logiciel ALOHA pour la modéliser de cartographe de la sévérité de scénario de référence BLEVE.

La configuration de logiciel et les résultats sont représentés par les figures suivantes :

4.2.4.1 Configuration du système :

- Localisation de site :

Location Input

Enter full location name:
Location is

Is location in a U.S. state or territory ?
 In U.S. Not in U.S.

Enter approximate elevation
Elevation is ft m

Enter approximate location
deg. min. N S
Latitude N S
 E W
Longitude E W

Figure 19 : Configuration de logiciel ALOHA sélection de localisation

4.2.4.2 Sélection de produit :

Chemical Information

View: Pure Chemicals
 Solutions

PHENYL PHOSPHINE
PHENYLTRICHLOROSILANE
PHOSGENE
PHOSPHINE
PHOSPHORUS OXYCHLORIDE
PHOSPHORUS PENTAFLUORIDE
PHOSPHORUS TRICHLORIDE
PHOSPHORUS TRIOXIDE
BETA-PICOLINE
ALPHA-PINENE
PIPERIDINE
PROPADIENE
PROPANE

Figure 20 : Configuration de logiciel ALOHA sélection de produit

4.2.4.3 Paramètre atmosphérique :

Atmospheric Options 2

Air Temperature is : Degrees F C

Stability Class is : A B C D E F

Inversion Height Options are :

No Inversion Inversion Present. Height is : feet meters

Select Humidity :

   OR enter value : %
(0 - 100)

Atmospheric Options

Wind Speed is : knots mph meters/sec

Wind is from : Enter degrees true or text (e.g. ESE)

Measurement Height above ground is:

  OR enter value : feet meters

Ground Roughness is :

Open Country Urban or Forest OR Input Roughness [Z₀] :

Open Water

Select Cloud Cover :

   OR enter value :
(0 - 10)

Figure 21 : Configuration de logiciel ALOHA paramètre atmosphérique

4.2.4.4 Paramètre de stockage :

Tank Size and Orientation

Select tank type and orientation:

Horizontal cylinder Vertical cylinder Sphere

Enter two of three values:

length diameter diameter diameter

diameter length volume diameter

5.11 2.1 43.1

feet meters liters cu meters

OK Cancel Help

Liquid Mass or Volume

Enter the mass in the tank OR volume of the liquid

The mass in the tank is: 12,372

pounds tons(2,000 lbs) kilograms

OR

Enter liquid level OR volume

The liquid volume is: 25.9

gallons cubic feet liters cubic meters

60 % full by volume

OK Cancel Help

Figure 22 : Configuration de logiciel ALOHA paramètre de stockage

4.2.4.5 *Choix scenarios d'accident :*

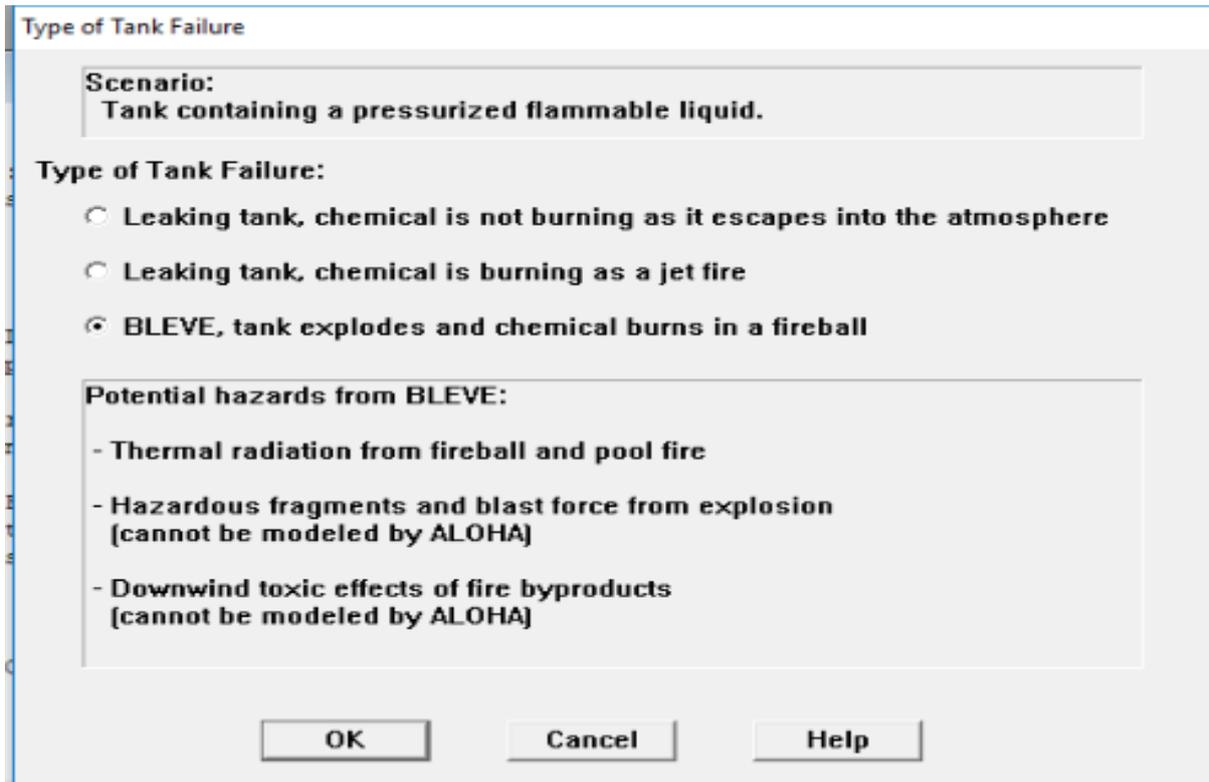


Figure 23 : Configuration de logiciel ALOHA choix de scenario

Resultat :

ALOHA 5.4.7 - [Text Summary]

File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help

SITE DATA:
Location: HRM,ALGERIE, ALGERIA
Building Air Exchanges Per Hour: 30 (user specified)
Time: April 17, 2018 1505 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: PROPANE
CAS Number: 74-98-6 Molecular Weight: 44.10 g/mol
AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm
IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm
Ambient Boiling Point: -44.1° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 10 meters/second from N at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 3 tenths
Air Temperature: 21° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 20%

SOURCE STRENGTH:
BLEVE of flammable liquid in horizontal cylindrical tank
Tank Diameter: 5.11 meters Tank Length: 2.1 meters
Tank Volume: 43.1 cubic meters
Tank contains liquid
Internal Storage Temperature: 45° C
Chemical Mass in Tank: 12,372 kilograms
Tank is 60% full
Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%
Fireball Diameter: 134 meters Burn Duration: 9 seconds

THREAT ZONE:
Threat Modeled: Thermal radiation from fireball
Red : 321 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: 454 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 709 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

Chapitre 4 Application de la méthode ARAMIS sur le ballon v209

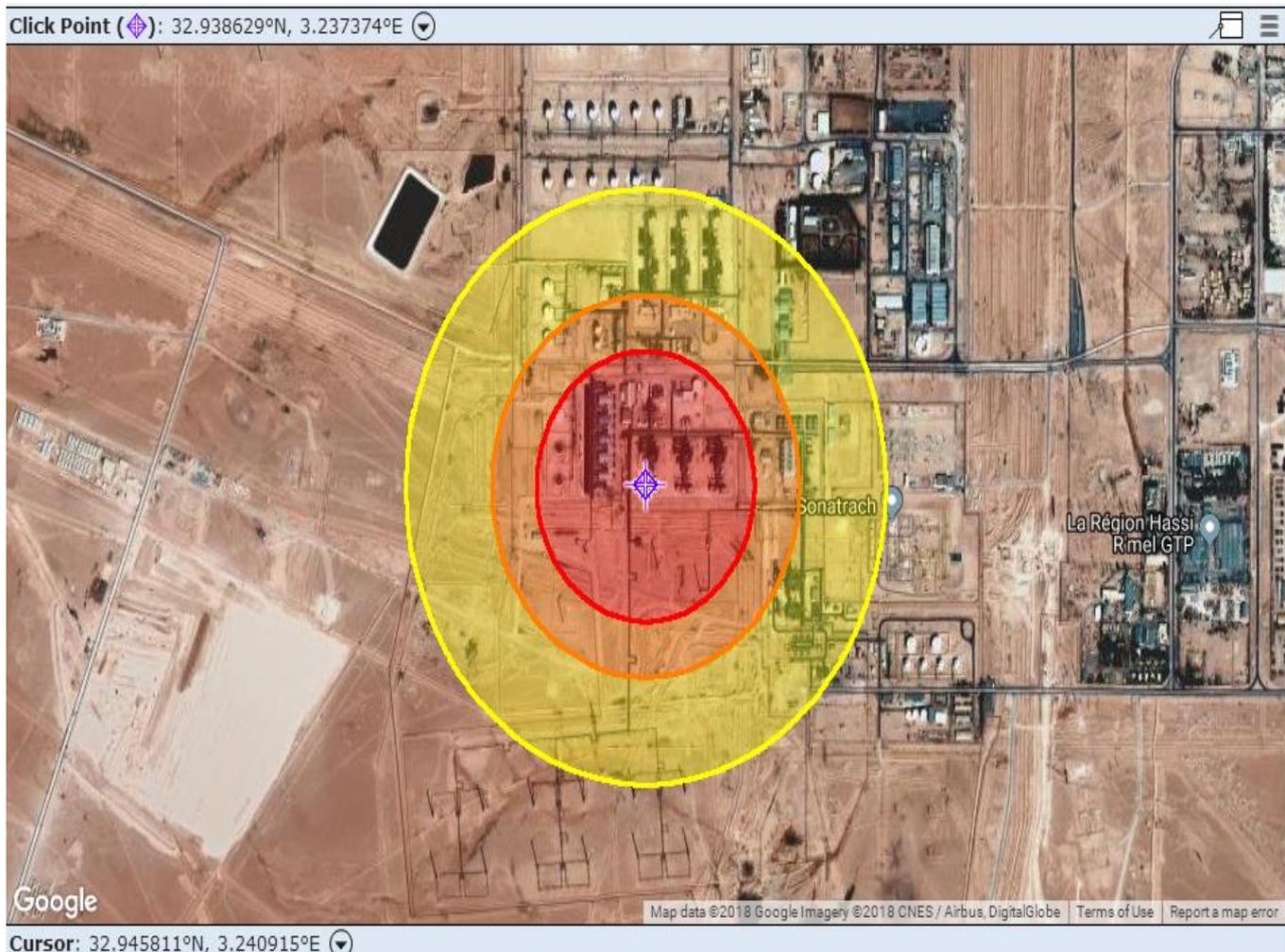
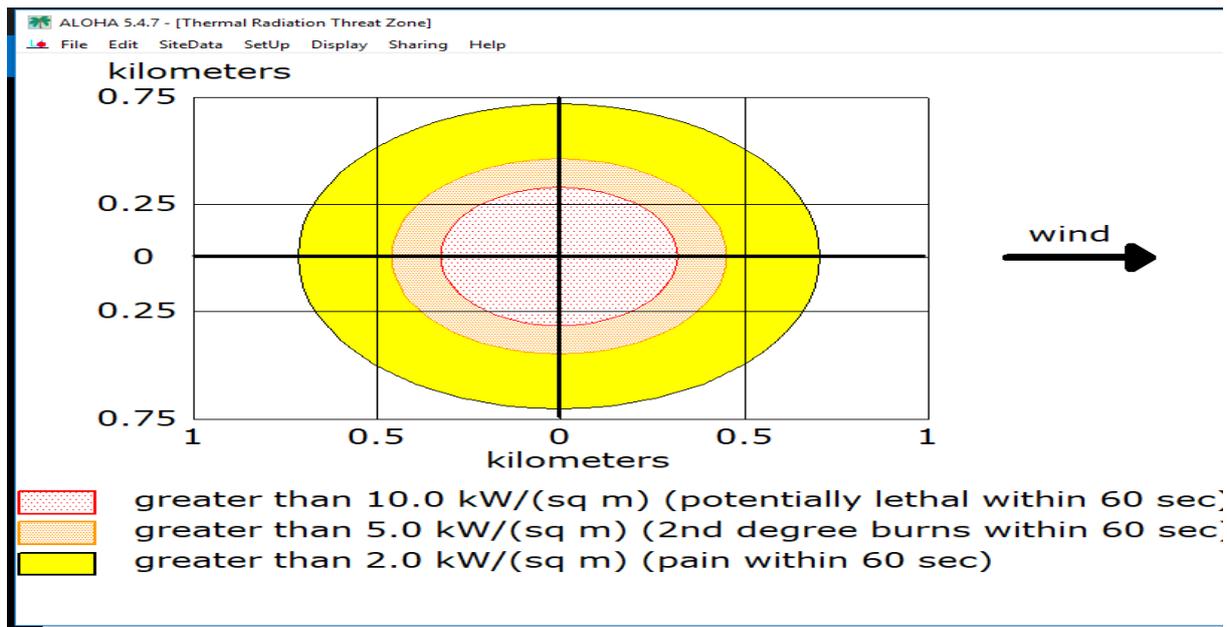


Figure 24 : Cartographie de la sévérité

4.2.5 Interprétation des résultats :

- La zone rouge avec un diamètre de **321m** et une puissance des rayonnements thermiques de **10 KW/m²**, qui représente la zone la plus dangereuse des **effets létaux**.
- La zone jaune avec un diamètre de **454m** et une puissance des rayonnements thermiques de **5 KW/m²**, qui représente des effets moyens, des brûleurs de **2^{eme} degré**.
- La zone verte avec un diamètre de **705m** et une puissance des rayonnements thermiques du **2 KW/m²**, la zone des **effets faibles**.

4.2.6 Recommandation :

-Prévention des risques liés aux défaillances mécaniques et la corrosion qui se produisent au niveau des conduites de ballon **v-209**.

- vérification de l'étanchéité après une intervention sur les vannes, joints et brides.
- Installation de rideaux d'eau entre v-209 et v-208, ces dispositifs constituent un moyen efficace d'isolement entre un nuage gazeux et les points chaud potentiel.
- Limiter la circulation dans cette zone.
- Mettre en place système de refroidissement.
- Formation et sensibilisation du personnel.

4.3 Conclusion :

Sécurité est une valeur, besoin est une obligation dans la gestion des risque majeurs dans toutes les installations industrielles nécessite des moyens pour satisfaire cette valeur, parmi ses moyens la méthode ARAMIS.

L'application de l'ARAMIS sur le v-209 nous a permis d'analyser des risques basés sur la composition d'un indice intégré, afin d'obtenir une bonne gestion des risques.

Perspectives envisageables

L'ARAMIS, est une méthode plus vaste qui nécessite le travail d'un groupe. Dans ce travail la dite méthodes par les opérations A et B Nous suggérons donc que l'accomplissement de l'opération C et D fera l'objet d'un travail futur

Annexe

Le logiciel ALOHA :

CAMEO-ALOHA est un logiciel utilisable pour des situations d'urgence. Il a été développé conjointement par les 2 entités américaines suivantes : l'Environmental Protection Agency's Office of Emergency Prevention, Preparedness and Response" (EPA) et le "National Oceanic and Atmospheric Administration's Office of Response and Restoration" (NOAA). Il existe une version libre de ce logiciel disponible sur le site internet de l'U.S. Environmental Protection Agency.

ALOHA modélise la dispersion atmosphérique de gaz neutre, par un module basé sur l'approche gaussienne, et de gaz plus lourd que l'air au moyen d'un module de gaz dans ALOHA permet notamment la modélisation d'émissions à partir de flaques en ébullition ou non, de réservoirs sous pression de gaz ou de liquide, de réservoirs liquides non pressurisés, de réservoirs contenant des gaz liquéfiés, de conduite de gaz sous pression.

Les modules

Le logiciel est composé de deux modules :

- Le module CAMEO, qui contient principalement des bases de données chimiques et toxicologiques
- Le module ALOHA ("Areal Locations of Hazardous Atmospheres") qui est un programme informatique permettant d'évaluer, dans des situations d'urgence, la dispersion atmosphérique, de composés rejetés dans des conditions accidentelles. Ce programme prend en compte les propriétés toxicologiques et physiques des polluants ainsi que les caractéristiques de la zone d'étude telles que les conditions atmosphériques et les conditions de rejets.

Les modèles de dispersion

ALOHA utilise un modèle gaussien pour la dispersion atmosphérique des gaz neutres et dispose d'un module complémentaire ALOHA-DEGADIS pour les gaz lourds.

Les entrées

Les paramètres d'entrée renseignent la localisation de l'accident, la substance chimique mise en cause, les conditions atmosphériques, les caractéristiques du site et du gazoduc ainsi que les conditions de rejet.