

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche**

**Scientifique**

**Université M'hamed BOUGARA -BOUMERDES-**

**Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie**



**Département de génie des procédés chimiques et pharmaceutique**

**-SPECIALITE : Génie des procédés      -OPTION : Sécurité industrielle**

**Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de master en Sécurité Industrielle**

**Intitulé**

**Evaluation Quantitative des Risques Industriels :  
Application dans le complexe du gaz du pétrole  
liquéfié Arzew**

**-Présenté par :**

**BELLA Youcef.  
GHERBI Toufik.**

**-Encadré par :**

**Mme. BENRAHOU.**

**Promotion 2015/2016**

## Résumé

L'objectif de ce travail est de réaliser une analyse quantitative des risques par l'approche QRA dans le complexe GP1/Arzew.

Cette étude a comme objectif de calculer le risque individuel et sociétal généré par le complexe en question sur la population concernée et de le comparer avec les critères d'acceptabilité conventionnel.

Si la situation n'est pas satisfaisante, des recommandations seront faites pour améliorer la sécurité au sein du complexe.

**Mot clés :** Analyse quantitative des risques, risque individuel, risque sociétal, critères d'acceptabilité.

## Abstract

The objective of this work is to achieve a quantitative risk analysis by the QRA approach in the complex GP1/Z.

This study aims to calculate the individual and societal risk generated by the complexe in question on the population and compare it with the conventional criteria for acceptability.

If the situation is not satisfactory, recommendations will be made to improve safety within the complex.

**Keywords :** Quantitative risk analysis, individual risk, societal risk, criteria for acceptability.

الهدف من هذه الدراسة هو تحقيق التحليل الكمي للمخاطر حسب منهجية ت.ك.م (التحليل الكمي للمخاطر) وذلك في مركب الغاز البترولي بأرزيو.

الهدف من هذه الدراسة التحليلية هو حساب الخطر الفردي و الجماعي الناتج عن المركب المذكور سابقا على الفئة السكانية المعنية بالامر مقارنتها مع المعايير المعمول بها دوليا. اذا كانت الوضعية غير قانونية سيتم اتخاذ إجراءات رامية الى تحسين

الجماعي، المعايير.

: التحليل

# Dédicace

*Nous dédions ce modeste travail en signe de respect :*

*A nos chers parents qui nous ont toujours soutenus, aidé et encouragé*

*pendant tout le long de ce travail,*

*A nos chers frères,*

*A toute notre famille et à tous nos amis,*

*Et enfin à tous ceux qui nous ont aidés à réaliser ce travail.*

# Remerciements

*D'abord, nous tenons à remercier notre Dieu, notre créateur, pour le courage et la patience qu'il nous a donné pour accomplir ce travail.*

*Nous tenons tout d'abord à remercier **Mme. BENRAHOU Fatima** de nous avoir suivi tout au long de l'accomplissement de ce modeste travail.*

*Nous tenons aussi à exprimer nos profonds remerciements aux membres de jury qui ont accepté de juger ce travail.*

*Nos remerciements également adressés à nos enseignants de la filière sécurité industrielle dont **Mr. KHALASSI, Mme.YOUNSSI, Mr. BENHABILES**, pour la formation que nous avons reçue.*

*Nos derniers remerciements et qui ne sont pas les moindres, vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.*

**BELLA Youcef, GHERBI Toufik**

## Liste des tableaux

|   |    |
|---|----|
| <b>Tableau N°01</b> : L'accidentologie liée aux installations de GPL à l'étranger.....  | 15 |
| <b>Tableau N°1.2</b> : Information recueillies sur des sources de données descriptives.....                                     | 34 |
| <b>Tableau N°1.3</b> : Données sur les Publications de la littérature spécialisée.....  | 36 |
| <b>Tableau N°1.4</b> : Les guides méthodologiques les plus utilisés dans le QRA.....  | 38 |
| <b>Tableau N°3.5</b> : Pluviométrie de la région d'Arzew Année 2015-2016.....   | 52 |
| <b>Tableau N°3.6</b> : Les températures moyennes observées à la région d'Arzew en 2015.....                                     | 53 |
| <b>Tableau N°3.7</b> : Les directions du vent observées à la région d'Arzew en 2015.....  | 53 |
| <b>Tableau N°3.8</b> : La vitesse des vents.....  | 54 |
| <b>Tableau N°3.9</b> : Définition des classes de stabilité Pasquill.....  | 54 |
| <b>Tableau N°3.10</b> : Le nombre d'habitant par groupe de travail à l'intérieur de GP1/Z.....                                  | 55 |
| <b>Tableau N°3.11</b> : Le nombre d'habitant par groupe de travail à l'extérieur de GP1/Z.....                                  | 56 |
| <b>Tableau N°3.12</b> : Probabilité d'ignition immédiate basée sur le taux de décharge et la réactivité de de la substance..... | 57 |
| <b>Tableau N°3.13</b> : Probabilités d'ignition pour différentes sources d'ignition (exposition de 60 secondes) .....           | 57 |
| <b>Tableau N°3.14</b> : Liste des scénarios d'accidents majeur dans GP1Z.....   | 59 |
| <b>Tableau N°3.15</b> : Caractéristiques du sphère 07-T-0011.....   | 60 |
| <b>Tableau N°3.16</b> : Caractéristiques d'une ligne ML 00029.....  | 61 |
| <b>Tableau N°3.17</b> : Caractéristiques du ballon V 5002.....  | 61 |
| <b>Tableau N°3.18</b> : Caractéristiques de colonne dépentaniseur V 1103.....   | 62 |
| <b>Tableau N°3.19</b> : Caractéristiques de colonne dééthaniseur V 1102.....  | 63 |
| <b>Tableau N°3.20</b> : Caractéristiques du ballon accumulateur propane réfrigérant V-1009.....                                 | 63 |
| <b>Tableau N°3.21</b> : Caractéristiques du Bac de stockage Propane T-0003.....   | 64 |
| <b>Tableau N°3.22</b> : Caractéristiques du Bac de stockage butane T-0007.....  | 65 |
| <b>Tableau N°3.23</b> : Caractéristiques d'une sphère de Stockage sous pression Propane T-0024..                                | 66 |
| <b>Tableau N°3.24</b> : Caractéristiques du Ballon condenseur V-0012.....   | 66 |
| <b>Tableau N°3.25</b> : Caractéristiques Ballon séparateur retour gaz M6 V-0022.....  | 67 |
| <b>Tableau N°3.26</b> : Caractéristiques Ballon Séparateur V-0531.....  | 67 |
| <b>Tableau N°4.27</b> : Probabilités d'ignition pour les sources d'ignition du site GP1/Z.....                                  | 68 |
| <b>Tableau N°4.28</b> : Taux de fatalité vis-à-vis du niveau de radiation et de surpression.....                                | 69 |

## Liste des figures

|   |    |
|---|----|
| <b>Figure N°1.1</b> : Situation géographique du complexe.....                                       | 08 |
| <b>Figure N°1.2</b> : Organigramme du complexe.....   | 11 |
| <b>Figure N°1.3</b> : Organigramme du département de Sécurité.....                                  | 12 |
| <b>Figure N°1.4</b> : Schéma du procédé de complexe.....  | 16 |
| <b>Figure N°2.5</b> : Position des barrières entre le danger et les enjeux.....                     | 20 |
| <b>Figure N°2.6</b> : Questions clés de la méthode QRA.....   | 24 |
| <b>Figure N°2.7</b> : Schéma général de l'approche QRA.....   | 26 |
| <b>Figure N°2.8</b> : Typologie des sources de données étudiées.....                                | 33 |
| <b>Figure N°2.9</b> : Construction des données génériques.....                                      | 35 |
| <b>Figure N°2.10</b> : Le risque individuel représenté dans une carte.....                          | 43 |
| <b>Figure N°2.11</b> : Procédure de calcul des contours de risque individuel.....                   | 45 |
| <b>Figure N°2.12</b> : La courbe (F/N) pour la représentation du risque sociétal.....               | 46 |
| <b>Figure N°3.13</b> : Population autour du site GP1/Z.....   | 56 |
| <b>Figure N°3.14</b> : Sources d'ignition existant au sein de GP1/Z.....                            | 68 |
| <b>Figure N°4.15</b> : Niveau de risque selon la référence.....                                     | 74 |
| <b>Figure N°4.16</b> : Critères d'acceptabilités de risque sociétal.....                            | 75 |
| <b>Figure N°4.17</b> : Contours du risque individuel GP1/Z.....                                     | 76 |
| <b>Figure N°4.18</b> : Le risque sociétal de GP1/Z par la courbe F/N.....                           | 77 |
| <b>Figure N°4.19</b> : Les cinq scénarios qui contribuent dans 60% de PLL.....                      | 78 |
| <b>Figure N°4.20</b> : Les effets de radiation lors d'une défaillance du colonne dépentaniseur..... | 79 |
| <b>Figure N°4.21</b> : Les effets de radiation lors d'une défaillance du colonne dééthaniseur.....  | 80 |
| <b>Figure N°4.22</b> : Les effets de radiation lors d'une défaillance du ballon V5002.....          | 81 |
| <b>Figure N°4.23</b> : Les effets de radiation lors d'une défaillance Bac de stockage butane.....   | 82 |
| <b>Figure N°4.24</b> : Les effets de radiation lors d'une défaillance de la sphère du GPL.....      | 83 |

## Liste des abréviations

**GPI/Z** : gaz du pétrole liquéfier de la zone d'Arzew.

**HSE** : Hygiène Sécurité Environnement.

**QHSE** : Qualité Hygiène Sécurité Environnement.

**ISO** : International Standard Office.

**OHSAS** : Occupational Health and Safety Advisory Services.

**BOG** : Boil Of Gaz.

**SIDEM** : Entreprise (publique économique) d'études et de réalisation des projets de sidérurgie et de métallurgie.

**DCS** : Distributed control system.

**RTO** : Région Transport Ouest.

**QRA** : Quantitative Risk Assesment.

**LOPA** : Layers Of Protection Analysis.

**PHA** : Process hazard analysis.

**POI** : Plan D'organisation Interne.

**ORSEC** : Organisation De Secours.

**PPRT** : Plan De Prévention Des Risques Technologiques.

**PUI** : Plan D'urgence Interne.

**PPI** : Plan Particulier D'intervention.

**ICPE** : Installation Classée Pour L'environnement.

**MARS** : Major Accident Reporting System.

**ZEMA** : Zentrale Melde- Central Reporting and Evaluation Office for Hazardous accidents and Incidents in Process Engineering Facilities)

**MHIDAS** : Major Hazard Incident Data Service.

**FACTS** : Failure and Accidents Technical information System.

**RMP** : Risk Management Program.

**PSID** : Process Safety Incident Database.

**COVO** : Cremer and Warner Ltd consulting chemical engineers.

**OREDA** : Offshore Reliability Database.

**PERD** : Process Equipment Reliability Database.

**HCR** : Offshore hydrocarbon releases.

**UKOPA** : United Kingdom Onshore Pipeline Operators Association.

**EIREDA** : European Reliability Data.

**COREDAT** : Component reliability data.

**CPR** : Committee for the Prevention of Disasters.

**EGIG** : European gas pipeline incident data group.

**ALARP** : As Low As Reasonably Practical.

**AMDEC** : Analyse Des Modes De Défaillances Et Leurs Criticités.

**HAZOP** : Hazard And Opérability Study.

**ADD** : Arbre De Défaillance.

**APR** : Analyse Préliminaire Des Risques.

**FIR** : Force d'Intervention Régionale.

**GNL3** : Gaz naturel liquéfié.

**GPL** : Gaz de Pétrole Liquéfié.

**PHAST** : Process Hazard Analysis Software Tool.

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

**UVCE** : Unconfined Vapeur Cloud Explosion.

**BLEVE** : Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion.

**PI** : Personnel interne.

**PE** : Personnel externe.

**DRH** : Direction des ressources humaine.

**SDV/ESDV** : Shutdown Valve and Emergency Shutdown Valve.

**LII** : Limite Inferieure D'Inflammabilité.

**PLL** : Potentiel loss of live.

**PPM** : Partie Par Million.

**ADF** : Antidéflagrant.

**ATEX** : ATmospheres Explosibles.

**EDF** : Électricité de France.

# SOMMAIRE

|  |    |
|--|----|
| Introduction générale.....   | 01 |
| Problématique.....   | 03 |
| Hypothèses.....  | 03 |
| Objectifs.....   | 04 |
| Organisation du document.....  | 05 |
| <b>Chapitre 1 : Présentation du complexe GP1/Z</b>                     |    |
| Introduction.....  | 07 |
| 1. Historique.....   | 08 |
| 2. Situation Géographique.....   | 08 |
| 3. Fiche technique du complexe.....                                    | 09 |
| 4. Principales installations du complexe.....                          | 10 |
| 5. Organisation du complexe.....                                       | 11 |
| 5.1. Département de sécurité.....                                      | 12 |
| 6. Description du procédé.....   | 13 |
| Conclusion.....  | 16 |
| <b>Chapitre 2 : Présentation de la méthode QRA</b>                     |    |
| Introduction.....  | 18 |
| 1. Prévention des risques industriels.....                             | 19 |
| 2. Objectifs d'analyse de risques.....                                 | 21 |
| 2.1. L'acceptabilité du risque, la tolérabilité de l'installation..... | 21 |
| 3. Enjeux.....   | 22 |
| 4. Qu'est-ce qu'une QRA ? .....  | 23 |
| 4.1. Les Méthodes quantitatives.....                                   | 24 |
| 4.2. Avantage de la méthode QRA.....                                   | 24 |
| 4.3. Limite de la méthode QRA.....                                     | 25 |
| 5. Présentation de la méthode QRA (Quantitative Risk Assessment) ..... | 25 |
| 5.1. Identification des dangers.....                                   | 26 |
| 5.2. Sélection des scénarios critiques.....                            | 31 |
| 5.3. Calcul des probabilités de défaillance.....                       | 32 |
| 5.4. Analyse des conséquences.....                                     | 39 |
| 5.5. Calcul de risque et évaluation.....                               | 41 |
| 6. Estimation du risque individuel et sociétal.....                    | 42 |
| 6.1. Notion du risque individuel.....                                  | 42 |
| 7. Notion du risque sociétal.....                                      | 46 |
| 7.1. Courbes F/N .....   | 47 |

|  |    |
|--|----|
| 8. Estimation du risque global pour la population..... | 48 |
| 9. Vulnérabilité.....                                  | 48 |
| Conclusion.....  | 49 |

### **Chapitre 3 : Application de la méthode QRA sur GP1/Z**

|  |    |
|--|----|
| Introduction.....  | 51 |
| 1. Données du site GP1/Z.....  | 52 |
| 1.1. Données météorologiques.....  | 52 |
| 1.2. Distribution de la population.....                                      | 55 |
| 1.3. Sources d'ignitions.....  | 56 |
| 2. Identification des dangers et développement des scénarios d'accident..... | 58 |
| 2.1. Identification des dangers.....   | 58 |
| 2.2. Définition des scénarios.....   | 58 |
| 2.3. Développement des scénarios.....  | 60 |
| 3. Analyse des fréquences.....   | 68 |
| 3.1. Ignition et Probabilité d'explosion.....                                | 68 |
| 3.2. Seuils d'Impact.....  | 69 |
| 4. Analyse des conséquences.....   | 70 |
| 5. Présentation du logiciel phast risk.....                                  | 71 |
| Conclusion.....  | 72 |

### **Chapitre 4 : Résultats et interprétations**

|  |           |
|--|-----------|
| 1. Définitions et critères.....  | 74        |
| 1.1. Critère du risque individuel.....   | 74        |
| 1.2. Critère du risque sociétal.....   | 75        |
| 1.3. Zone ALARP.....   | 76        |
| 2. Contours du risque individuel.....  | 76        |
| 3. Le risque sociétal par la courbe F / N.....                                 | 77        |
| 4. Sélection des scénarios majeurs.....  | 78        |
| 4.1. Calcul du PLL (potentiel loss of live).....                               | 78        |
| 4.2. Interprétation des effets des scénarios majeurs et leurs conséquence..... | 79        |
| 5. Axes d'amélioration.....  | 84        |
| Conclusion.....  | 85        |
| <b>Conclusion générale.....</b>  | <b>86</b> |
| <b>Références.....</b>   | <b>87</b> |
| <b>Annexes.....</b>  | <b>88</b> |

# Introduction générale

---

## Introduction générale

Depuis sa naissance, l'industrie est une source, à la fois, d'activité économique et de risques. Si, pendant longtemps, c'est surtout comme activité économique que l'industrie a été considérée, désormais la face risquée de l'industrie est devenue un thème majeur de débat public. Dès lors, l'acceptation et le développement des industries à risques passent nécessairement par la prise en considération des deux aspects.

Cette évolution s'est progressivement opérée et a conduit à un changement des pratiques industrielles, notamment parce que le « public » (particulièrement les associations de riverains les environnementalistes ainsi que les élus territoriaux) a voulu voir s'ouvrir le fonctionnement des usines à son regard. L'extension de la concertation publique sur les risques industriels a traduit cette tendance.

Les points de vue sur le risque industriel sont différents. Si les gestionnaires du risque, industriels et administratifs, combinent des calculs sur la possibilité de survenue et les effets potentiels d'un accident, le public, lui, semble s'intéresser d'abord aux effets potentiels. Cette confrontation entre points de vue est une base de progrès, tant pour la sécurité des installations que pour leur reconfiguration dans la perspective de réduire les risques. Pour que le dialogue soit efficace et pour qu'il ait des conséquences pratiques, il doit s'appuyer sur des éléments concrets.

L'entreprise nationale SONATRACH ayant vécu des accidents technologiques majeurs durant les dix dernières années, (les plus importants sont cités dans le tableau N°1), la sécurité, la santé et la protection de l'environnement deviennent un souci majeur du groupe SONATRACH.

**Tableau N°1 : Principaux accidents technologiques enregistrés au sein de la SONATRACH**

| Incidents/accidents  | Date             | Lieu                                    | Dégâts humains et /ou matériels  |
|--|------------------|---|--|
| Eruption non contrôlée du puits de gaz HR 64                       | Janvier 2000     | SH/DP/Hassi R'Mel                       | Puits abandonné  |
| Incident de GP2Z, incendie sur four rebouilleur                    | 15 Novembre 2003 | GP2Z, SH/Activité Aval, Arzew           | Four rebouilleur totalement détruit et un autre partiellement  |
| Accident de GL1K, forte explosion de gaz sur unité de liquéfaction | 19 Janvier 2004  | Complexe GL1K, SH/Activité Aval, Skikda | - 27 morts, plusieurs blessés<br>- destruction totale de l'unité 6 du complexe (3 modules indisponibles) |

## **Introduction générale**

---

En effet, les exploitants de sites industriels mettent en place des processus d'analyse de risques pour caractériser, évaluer et réduire les risques de leurs installations. Ces études concernent les dangers et risques intrinsèques aux produits utilisés, aux procédés et technologies mis en œuvre, ou dû à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation.

C'est dans ce cadre que nous nous intéressons dans la présente étude au complexe de traitement de gaz du pétrole liquéfié GP1/Z, considéré à haut risque vu son ancienneté et en plus de dangerosité du GPL qui est lourd. Face à la densité considérable de population qui se trouve à l'intérieur et à l'extérieur du site, il faut caractériser le niveau du risque généré par l'installation et assumé par les riverains.

A cet effet, il faut vérifier si la zone d'acceptabilité est respectée ou non et cela par l'étude des deux grandeurs de risques (individuel et sociétal).

Le cas échéant, il faut élaborer des mesures de réduction de risque. C'est l'objet de ce travail d'évaluation quantitative des risques QRA.

## **Problématique**

Dans ce contexte s'inscrit notre travail, donc ce rapport sera un traitement de cette problématique avec des résultats à la fin accompagnés par des hypothèses dans le cas où la situation est indésirable.

De récents accidents industriels ont tragiquement démontré combien les conséquences d'accidents pouvaient être sérieusement aggravées par la présence de sites dangereux à proximité de zones à forte densité de population. Parmi les modalités de gestion des risques technologiques majeurs, la maîtrise de l'urbanisation semble être la solution idéale pour faire face à ce problème d'une part.

D'autre part il y a des raisons qui nous ont obligés à réaliser cette étude en vue de la gestion des risques industriels majeurs. Le choix de ce sujet est fondé sur les points suivants :

- La croissance du nombre d'accidents technologiques au sein de la SONATRACH.
- La vétusté de l'installation GP1/Z (1983, année de mise en service).
- L'augmentation de la densité de population autour de site.
- Les exigences managériales (engagement du TOP Management de la SONATRACH dans la politique HSE) et réglementaires (décret exécutif n° 06-198).

## **Hypothèses**

L'analyse des risques consiste à calculer le niveau de risque généré par l'installation étudiée, pour cela l'étude de l'adaptation de la méthode avec le site est obligatoire afin d'assurer une exhaustivité totale, que ce soit dans la collection de données d'entrée ou dans la crédibilité des résultats à la sortie.

La méthode QRA semble être bien adaptée aux milieux industriels de fortes densités de population. Elle est fréquemment utilisée dans le secteur des hydrocarbures pour les raisons suivantes :

- La disponibilité des données sur les équipements du secteur.
- L'ampleur élevée du risque dans les installations pétrolières,
- La forte densité de population à l'intérieur et l'extérieur du site en question,
- L'engagement de l'entreprise SONATRACH en matière de sécurité (étude de dangers, les systèmes de management, les plans de formation...).

## Objectifs

Notre projet de fin d'étude dont l'intitulé est l'analyse quantitative des risques par l'approche QRA dans le complexe GP1/Z, a pour buts de :

- Mettre en conformité réglementaire l'installation.
- Réduire les risques à la source et mettre en œuvre les meilleures technologies disponibles à un coût économiquement acceptable.
- Procéder éventuellement à l'information préventive du personnel et des exploitants des installations voisines (pour la prise en compte d'éventuels effets dominos).
- Proposer des scénarios qui pourraient servir à l'élaboration des POI (plan d'organisation interne) et ORSEC (organisation de secours).
- Elaborer des plans d'urgences POI, ORSEC, PPRT (plan de prévention des risques technologiques).
- Maîtriser l'urbanisation et l'information du public.
- Favoriser l'émergence d'une culture du risque au voisinage des établissements dans le cadre de la mise en place progressive des Comités Locaux d'Information
- Mettre en place un système de gestion des risques (art.8 de la loi n° 04-20 du 25 décembre 2004).

Dans cette optique, des outils dit de sureté de fonctionnement plus adaptés permettant d'évaluer l'étendue des impacts de tels scénarios majeurs sur la population interne (Entreprises) et externes, dans le but de délimiter des périmètres de sécurité comme donnés d'entrée et une bonne maitrise de l'urbanisation autour des sites à hauts risques, la méthode QRA semble plus adaptée aux objectifs attendus de cette étude, qui tient compte des deux grandeurs définissant le risque (probabilité et gravité) en termes de calcul de niveau du risque (individuel et sociétal).

L'analyse de risques quantitatives (QRA) a pour objectif de fournir une analyse détaillée des risques potentiels associés aux installations d'un site industriel. Le but est de quantifier les risques relatifs aux installations du site étudié pour la population externe et de donner une appréciation globale sur leur niveau d'acceptabilité.

## **Organisation du document**

La présente mémoire est subdivisée en quatre chapitre :

- Le premier chapitre intitulé « Présentation du complexe GP1/Z » a pour objectif de présenter le complexe et son procédé de liquéfaction.
- Dans le deuxième chapitre « Cadrage de l'étude et l'étude conceptuelle », nous commençons par présenter le cadre global de ce mémoire. Dans un premier temps, nous parlons de quelques concepts et définitions fondamentales liés à la démarche d'analyse des risques industriels. Puis, nous examinons en détails la méthode QRA.
- Le troisième chapitre intitulé « Application de la méthode QRA sur GP1/Z » sera consacré à la description de l'environnement du complexe et l'identification des scénario de perte de confinement dans les différentes sections du complexe, afin d'appliquer la méthode sur ce site industriel.
- Le quatrième chapitre intitulé « Résultats et interprétations » a comme objectif d'interpréter les résultats concernant le risque individuel et sociétal généré par les différentes sections du complexe et de les comparer avec les critères d'acceptabilité.

Enfin, ce mémoire est clôturé par une conclusion générale décrivant le travail réalisé et les perspectives envisagées.

# Chapitre 1

## Présentation du complexe GP1/Z

---

## Introduction

L'Algérie se trouve dans une situation privilégiée dans le commerce international, parmi lesquelles nous citerons les réserves en hydrocarbures d'où la présence d'une large gamme de produits relatifs aux gisements de pétrole et de gaz, ce dernier est acheminé vers la côte méditerranéenne où se trouve une gigantesque zone industrielle sur la baie d'Arzew plus exactement, pour la séparation de ces produits et de leurs dérivés, notre pays a investi des sommes colossales dont la nécessité est d'acquiescer et installer ces grands complexes de traitement qui sont répartis en plusieurs unités comme c'est le cas du complexe GP1/Z.

En conséquence de la catastrophe du 19 Janvier 2004 à Skikda, les pouvoirs publics ont pris des décisions et des mesures strictes dans l'application des lois en matière de santé, sécurité et environnement.

La sécurité, la santé au travail et l'environnement a toujours fait partie des préoccupations essentielles du groupe SONATRACH (complexe GP1/Z). Afin d'améliorer ses performances dans ce contexte, SONATRACH a créé une structure chargée de représenter la fonction HSE et de définir les règles générales applicables aux différentes unités dans ce domaine et garantir la prise en compte du HSE au plus haut niveau du groupe.

Le complexe GP1/Z a adopté un système de management **QHSE**, certifier un système intégré en conformité avec les normes :

- **ISO 9001 (Qualité).**
- **ISO 14001(Environnement).**
- **OHSAS18001** (relative au système de management de la santé et la sécurité).

Les principes majeurs à respecter sont claires « pas d'accident, aucune atteinte aux personnes et aucun dommage à l'environnement ». Cela se confirme à ce qu'exige la politique HSE dans le complexe GP1/Z « développer une démarche préventive de gestion des risques HSE qui devra se traduire par la réduction des nombres d'accidents et d'incidents en matière de santé, sécurité et environnement ». Alors, on peut dire que la gestion des risques et une des composantes fondamentales de la réussite d'une entreprise, que ce soit en terme économique ou environnementale est un processus itératif fondé sur l'analyse des risques, étape qui permet d'identifier et de réaliser une première évaluation des risques.



### 3. Fiche technique du complexe

- Localisation** : Mers-El-Hadjadj.
- Superficie** : +120 hectares.
- Objectif** : 10,8 Millions t/an de GPL.
- Produit** : - Propane commercial.  
- Butane commercial.
- Procédé Utilisé** : Distillation sous pression.
- Nombre de Trains** : Neuf (09) trains de 1,2 Million t/an chacun.
- Constructeur** : Consortium japonais IHI (Ishikawajima Harima Heavy Industries) et  
C. ITOH Compagnies.
- Date de démarrage des travaux** : 10 Novembre 1980.
- Date de mise en production** : 12 décembre 1983.
- Date de mise en production de l'extension pour phase 2** : 24 février 1998.
- Date de mise en production de l'extension pour phase 3** : 24 février 2010.
- Destination de la production** : Exportation et Marché local.
- Source d'approvisionnement** : Gaz en provenance des champs gaziers et Pétroliers de  
Hassi R'Mel et Hassi Messaoud.
- Capacité de stockage** : - Stockage de la charge : 22 000 m<sup>3</sup>.  
- Stockage de produits réfrigérés : 560 000 m<sup>3</sup>.  
- Stockage de produits ambiants : 2 500 m<sup>3</sup>.

#### 4. Principales installations du complexe

- 22 sphères de stockage de la charge d'alimentation d'une capacité de 1000 m<sup>3</sup> chacun.
- 08 bacs de 70.000 m<sup>3</sup> de capacité unitaire pour le stockage des produits finis (propane et butane) à basse température.
- 04 sphères de 500 m<sup>3</sup> de capacité unitaire pour le stockage des produits finis propane et butane à température ambiante.
- 01 sphère de 500 m<sup>3</sup> de capacité pour le stockage du pentane.
- 09 trains de traitement du GPL dont trois nouvellement installés. Chaque train comprend les sections suivantes :
  - Section déshydratation.
  - Section séparation.
  - Section réfrigération.
  - Section huile chaude.
- 2 unités de récupération du BOG.
- Section dépentanisation pour les trois trains de la phase 3.
- Section démercurisation .
- 2 stations électriques alimentées par SONELGAZ.
- 5 salles de contrôle.
- 6 générateurs assurant l'énergie de secours du complexe.
- 2 quais de chargement (D1 et M6) pouvant recevoir des navires d'une capacité variant entre -4 000 et 45 000 tonnes de GPL.
- 1 rampe de chargement pour camions.
- 1 station pomperie d'eau de mer.
- 1 système de télésurveillance.
- 2 unités SIDEM de dessalement d'eau de mer.
- 2 stations de traitement des eaux de rejet.
- 1 unité de déshuilage.
- 1 unité de neutralisation des eaux de rejet chimique.

### 5. Organisation du complexe

Le complexe GP1/Z est géré suivant un organigramme bien déterminé de façon à bien maîtriser les tâches, il est composé d'une direction générale et deux sous-directions et plusieurs départements, comme le montre l'organigramme suivant :

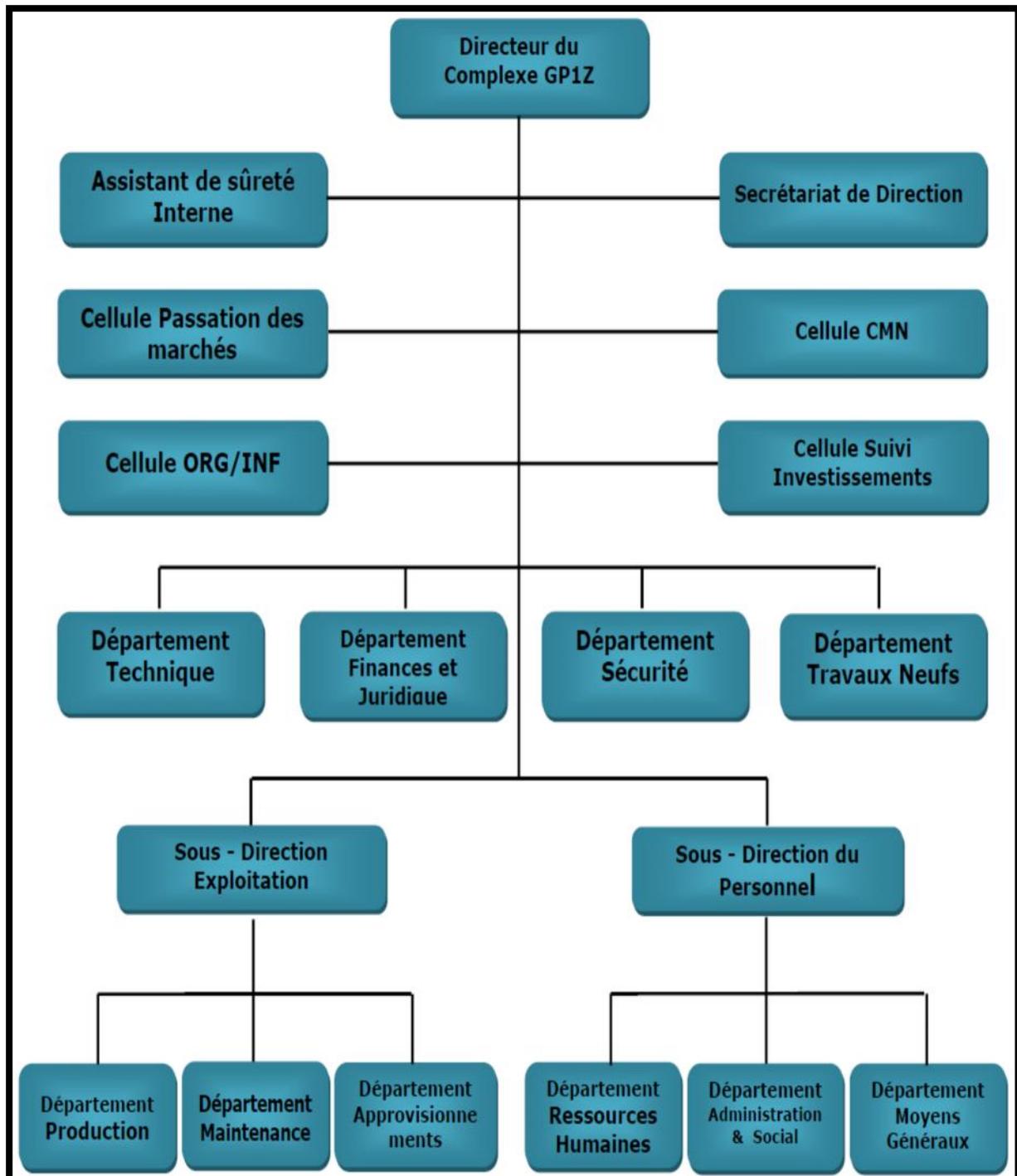


Figure N°1.2 : Organigramme du complexe.

## 5.1 Département de sécurité

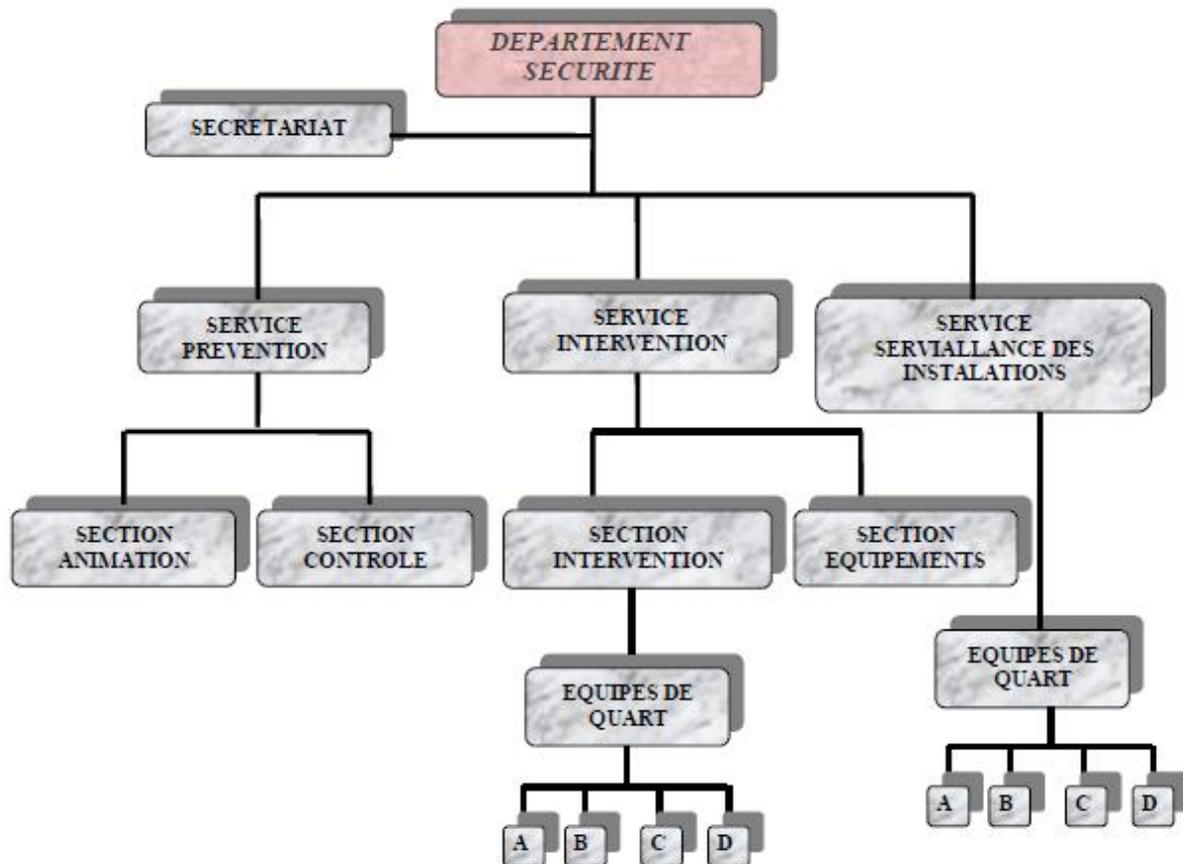


Figure N°1.3 : Organigramme du département de sécurité.

Ce département se compose de trois services :

**5.1.1 Service Prévention :** il dispose les moyens pour assurer les meilleures conditions de travail et sécuriser toutes les interventions.

Pour cela il est doté de deux sections :

**-Section animation :**

La section animation est chargée d'informer et de sensibiliser tout le personnel sur les mesures de sécurité à prendre par des affiches, des messages et des formations.

**-Section contrôle :**

Elle est constituée d'inspecteurs de sécurité afin d'assurer la sécurité lors des travaux effectués. Tous les travaux doivent passer par le département sécurité pour leur attribuer un permis de travail (permis de travail à froid, permis de travail à chaud, permis de travail de pénétration.)

**5.1.2. Service intervention :** ce service intervient à n'importe quel moment à travers ces deux sections :

**-Section équipement :**

Elle s'occupe de tout ce qui est matériel de sécurité, assure sa disponibilité pour toute intervention et le suivi en cas de réparation.

**-Section intervention :**

Cette section intervient en cas d'urgence (ex. incendie) elle a une salle de contrôle qui peut intervenir à distance et des équipements sur place.

Cette section regroupe quatre équipes toutes les 24 heures, gérées par quatre chefs de quart qui sont bien équipés pour intervenir à tout moment – leur numéro est le 31-5112

**-Section contrôle (Salle de contrôle sécurité) :**

Cette salle détient quarante caméras de surveillance avec six vidéos pour l'enregistrement de tout événement.

Elle a un matériel numérique qui sert à l'intervention à distance (DCS) et à tout moment plus d'autres équipements tels que les camions.

**5.1.3. Service surveillance des installations :**

Ce service assure la surveillance des installations comme il est chargé de veiller à l'exécution par son personnel des rondes régulières et systématiques d'inspection, de contrôle et de surveillance des installations de production. Il assure une assistance aux autres services de la sécurité, notamment dans le suivi lors de l'exécution des travaux d'exploitation et de maintenance. Il participe aussi dans l'étude de danger potentiel et contribue à l'élaboration des consignes de sécurité.

## **6.Description du procédé**

Le complexe GP1Z comprend neuf (09) trains, des moyens communs pour la charge, le stockage, le chargement et la reliquéfaction des vapeurs en off-site. Chaque train a été conçu pour une production nominale annuelle d'un million de tonnes de produits (propane et butane commercial) voir Figure N°04.

### **6.1. Section de stockage d'alimentation**

Le GPL provenant de RTO représente l'alimentation principale des neuf trains identiques installés en parallèle. Le GPL est stocké au niveau des 22 sphères dans la section de stockage de la charge, une fois introduit dans les trains, le GPL doit transiter à travers quatre sections.

Ces Installations (sphères) qui stockent temporairement la charge ont une capacité globale de 22000 m<sup>3</sup>, et de 1000 m<sup>3</sup> chacune. Les vingt-deux sphères sont réparties en quatre groupes comportant chacun quatre sphères et quatorze pompes d'alimentations plus un nouveau groupe qui comporte six sphères : dont trois groupes pour la phase I et un seul groupe identique pour la phase II et un seul groupe identique pour la phase III.

### **6.2. Section déshydratation**

Le but de la section de déshydratation est de réduire la teneur d'eau dissoute dans le GPL de 100 ppm à 5 ppm en poids pour éviter ainsi la formation de glace et de bouchons de givre dans les parties froides de l'installation (réfrigération).

La section de déshydratation est constituée de plusieurs équipements qui seront après une défaillance le siège d'un incendie ou une explosion.

### **6.3. Section séparation**

C'est la section qui assure la séparation du GPL en deux produits finis, propane et butane en très grandes quantités, mais encore l'éthane et le pentane en très faibles quantités. Cette séparation est basée sur le principe d'une distillation simple.

### **6.4. Section de réfrigération de propane et de butane**

Cette section est conçue dans le but de refroidir les produits finis à leurs températures de stockage, soit (-40 °C) pour le propane et (-6 °C) pour le butane, pour être canalisés vers leurs bacs de stockages respectifs.

Le procédé consiste à refroidir les produits finis à réfrigérer par un autre produit auxiliaire appelé propane réfrigérant tout en évaporant ce dernier, qui sera ensuite comprimé, condensé et réutilisé.

### **6.5. Section d'huile chaude**

Cette section d'huile chaude est utilisée comme source de chaleur pour les équipements. Le circuit de l'huile est aussi une boucle fermée, les pompes en circulation aspirent l'huile du ballon d'expansion et le refoulent vers le four. Au niveau du four l'huile est chauffée premièrement par convection puis radiation jusqu'à 180°C ensuite elle est dirigée vers les différents utilisateurs, à son retour l'huile est refroidie à 130°C.

### **6.6. Section bacs de stockage**

Cette section assure le stockage des produits butane et propane réfrigérés.

Actuellement, le complexe GP1Z utilise 4 bacs destinés au stockage de propane réfrigéré et de 4 bacs destinés au stockage de butane réfrigéré. Les bacs sont de type double intégrité et ont une capacité unitaire est de 70000 m<sup>3</sup>.

### **6.7. Section BOG (Boil- Off- Gas)**

Les gaz d'évaporation provenant des différentes capacités de l'usine (bacs de stockage et l'évaporation des gaz des citernes des navires en chargement) sont récupérés, liquéfiés par pressurisation au moyen d'un compresseur, refroidis à travers des aéroréfrigérants et renvoyés vers les bacs de stockage. La section récupération se compose de deux ensembles indépendants, un pour le propane et un pour le butane.

### **6.8. La section chargement navires**

Deux jetées sont prévues pour le chargement des navires, la jetée M6 et la jetée D1. Deux circuits de chargement distincts de GPL sont prévus pour le chargement du propane ou bupro et pour celui du butane. Le débit de chargement maximum est de 4000m<sup>3</sup>/h pour la jetée D1 pour les petits navires et 10000m<sup>3</sup>/h pour la jetée M6 pour les gros navires. Le chargement peut s'effectuer simultanément sur les 02 jetées D1 et M6.

### **6.9. La section utilités gaz naturel**

Le gaz naturel entrant dans la section de distribution de GN est fourni à GP1/Z pour l'utiliser principalement comme combustible, passe d'abord par un filtre puis par un réchauffeur à vapeur ensuite un demister afin d'être distribué pour les utilisateurs suivants : (Trains, Tanks BT, Sphères de charge, Sphères ambient, Chaudières et Turbine à Gaz) à des différents paramètres pour chacun.

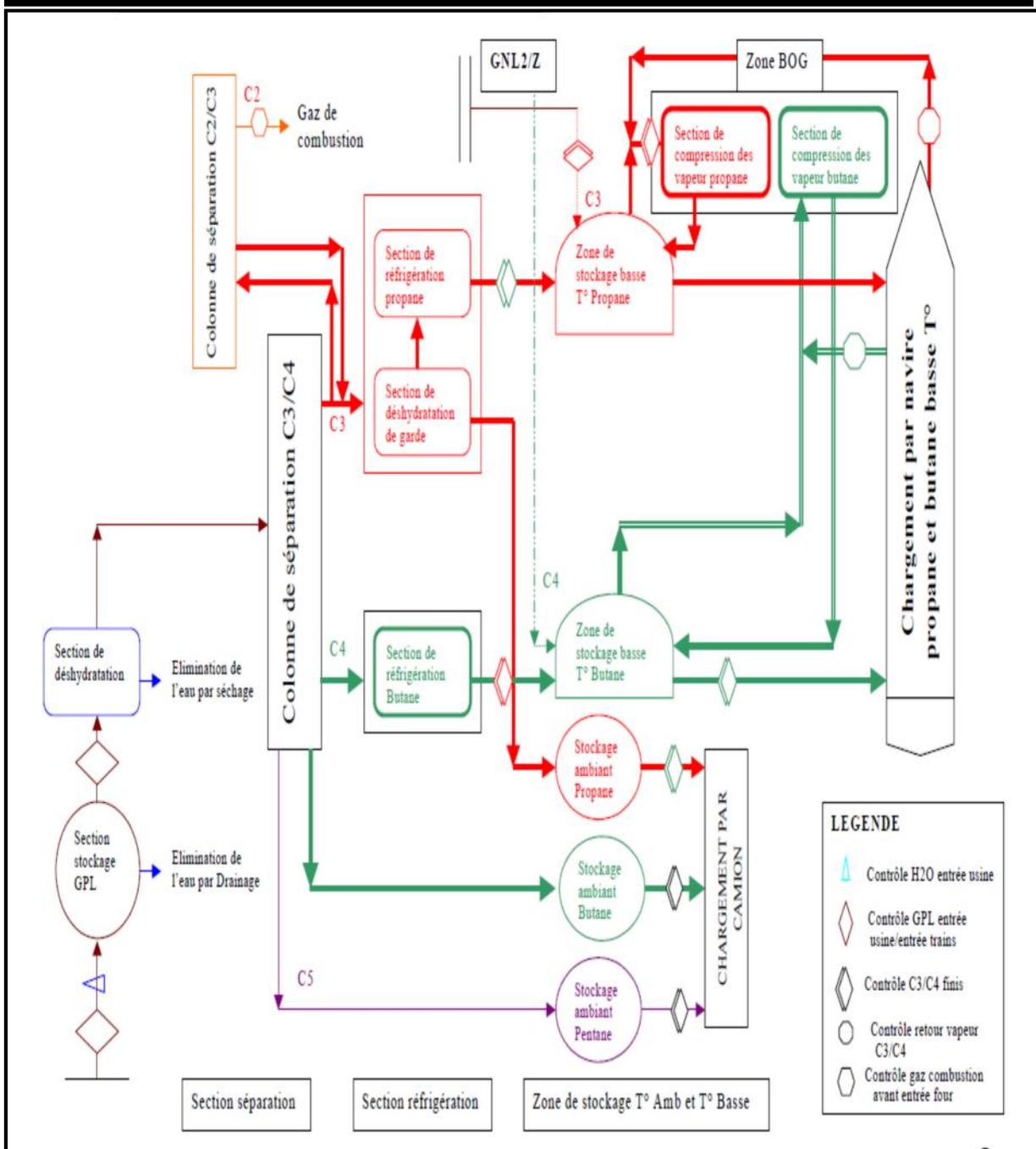


Figure N°1.4 : Schéma du procédé de complexe.

### Conclusion

L'objectif de ce premier chapitre c'est la présentation de l'entreprise, l'historique du complexe, son emplacement, les principales installations et une description générale du procédé.

# Chapitre 2

## Présentation de la méthode QRA

---

## Introduction

Durant ces dernières décennies, 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 complexe. Les systèmes industriels ont connu une augmentation notable du nombre des accidents majeurs et des catastrophes telles que les incendies et les explosions occasionnant des impacts et des effets 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 analyses qualitatives, semi-quantitatives et quantitatives des risques, reposant sur à un certain nombre de données et d'information sur le système analysé et son environnement ainsi que sur le phénomène étudié.

Au cours de ces dernières années, plusieurs techniques et modèles mathématiques de prévision des risques ont été développés. Citons à titre d'exemple, l'analyse des dangers du procédé (Process hazard analysis :PHA), l'analyse des couches de protection (Layers Of Protection Analysis :LOPA) et l'analyse quantitative des risques (QRA). Cette approche consiste principalement à identifier les scénarios d'accidents potentiels ou représentatifs, estimer leur fréquence et analyser leurs conséquences, moyennant des méthodes d'analyse des risques (HAZOP, Arbre des Causes, Arbre des Evénements, ....) et des modèles mathématiques des effets et de vulnérabilité. La finalité étant d'estimer les risques individuels et sociétaux et par suite appliquer les mesures qui répondent convenablement à cette estimation.

Dans ce cadre, notre objectif par ce document est orienté vers l'analyse quantitative des risques du complexe GP1/Z « **QRA** », c'est une approche rigoureuse et avancée visant une industrie plus sûre et se révèle indispensable et nécessaire pour une bonne estimation et maîtrise des risques.

## **1. Prévention des risques industriels**

Les exploitants de sites industriels mettent en place des processus d'analyse de risques pour caractériser, évaluer et réduire les risques de leurs installations. Ces études concernent les dangers et risques intrinsèques aux produits utilisés, aux procédés et technologies mis en œuvre, ou dû à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation [1].

La prévention des risques industriels s'articule autour de cinq axes :

### **1.1. La réduction du danger à la source**

Il s'agit de mettre en œuvre des technologies qui limitent le danger (lorsque cela est possible):

- Diminution des quantités de produits stockés sur les sites industriels.
- Remplacement de produits dangereux par des produits moins dangereux.
- Utilisation de procédés « intrinsèquement sûrs ».

### **1.2. La maîtrise du risque**

Les exploitants de sites industriels mettent en place des dispositifs de prévention des accidents [1] (supervision humaine du bon fonctionnement de l'installation, systèmes instrumentés de sécurité, . . .) et des dispositifs de protection contre les effets des accidents (systèmes d'alarme, dispositifs d'arrosage anti incendie, . . .).

Ils mettent également en place des moyens humains et des procédures destinées à s'assurer que ces dispositifs maintiennent leur performance dans le temps, en s'appuyant sur l'analyse des facteurs humains et organisationnels de la sécurité.

### **1.3. L'organisation des secours**

Même si le risque résiduel est faible, les exploitants de sites industriels et l'état préparent des plans d'intervention incluant procédures d'alerte et organisation des secours. En cas d'accident à l'intérieur d'un établissement, les industriels appliquent leur Plan d'Opération Interne (POI) ou leur Plan d'Urgence Interne (PUI). Celui-ci concerne les moyens à mettre en place à l'intérieur de l'établissement en cas d'accident, pour remettre les installations dans un état sûr. À partir de l'étude de dangers et du POI et si les accidents susceptibles de se produire dans l'installation risquent de déborder de l'enceinte de celle-ci, le Wali élabore un Plan Particulier d'Intervention (PPI) qui prévoit l'organisation et l'intervention des secours. [1]

### **1.4. La maîtrise de l'urbanisation**

Dans un monde idéal, le risque résiduel d'un établissement industriel ne déborderait pas du foncier de l'exploitant. Dans la mesure où, pour des raisons historiques, cela n'est souvent pas possible en pratique, il est important de mettre en place des moyens de maîtrise de

l'urbanisation autour des sites industriels présentant des risques d'accident majeur, afin d'éviter d'augmenter la densité de population autour des sites.

Le Décret n° 85- 231 du 25 août 1985, fixe les conditions et modalités d'organisation et mise en œuvre des interventions et secours en cas de catastrophes. [1]

### 1.5. L'information préventive des populations

Une information des populations sur les risques, le signal d'alerte et la bonne conduite à avoir en cas d'accident est réalisée par les élus locaux dans les zones concernées par le risque technologique majeur, en s'appuyant sur des documents fournis par les exploitants d'établissements.

La figure N°05 montre les différentes barrières entre le danger et les enjeux :

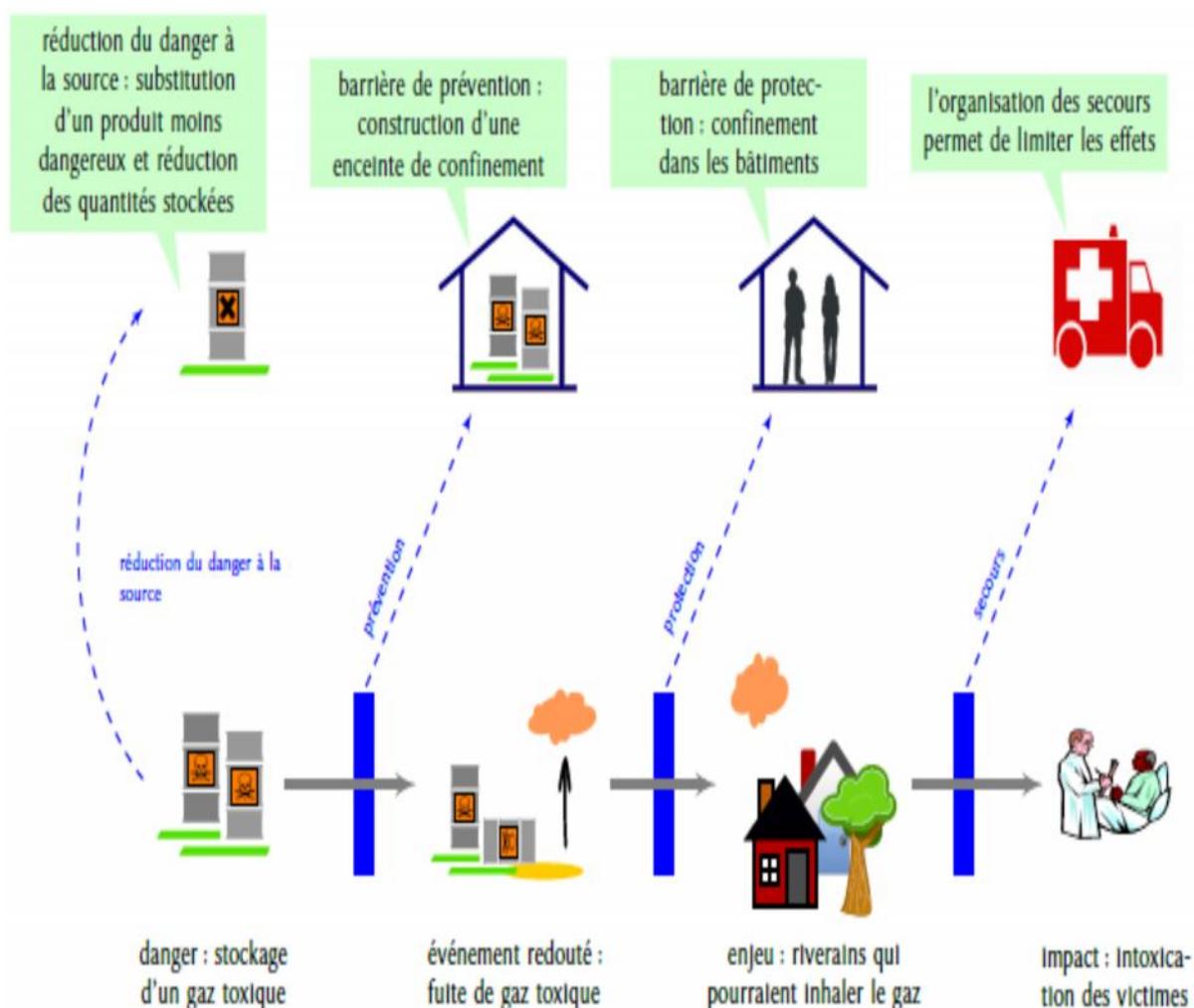


Figure N°2.5 : Position des barrières entre le danger et les enjeux

## 2. Objectif de l'analyse de risques

Cette étude a pour objectifs de :

- Identifier les différentes sources de dangers potentiels et de nuisance générées par l'établissement classé.
- Réduire les risques à la source : une meilleure connaissance des risques permet d'apporter des modifications au procédé à l'étude (diminution de la quantité de matières dangereuses, modification de l'implantation des équipements...etc).
- Informer les autorités publiques : la connaissance des risques permet aux autorités responsables de juger de l'acceptabilité environnementale du projet et/ou du procédé à l'étude en considérant la sécurité et les mesures de gestion proposées.
- Informer le public : la participation du public est une dimension essentielle de la procédure d'étude de dangers et d'impacts environnementaux aussi, l'analyse de risque est un outil d'information publique qui doit être facilement accessible.
- Planifier les mesures d'urgence en tenant compte des risques majeurs : le maître d'ouvrage doit, en concertation avec les autorités publiques, développer des plans d'intervention pour les accidents aux conséquences majeurs afin de préparer adéquatement les intervenants.

### 2.1. L'acceptabilité du risque, la tolérabilité de l'installation

La sécurité consiste à amener et maintenir une installation ou une situation à un niveau de risque que l'on choisit de considérer comme acceptable. L'acceptabilité d'une situation est une notion subjective, éventuellement variable dans le temps et fonction du regard que l'on porte sur les faits et de son rôle dans le processus décisionnel [1] :

- L'exploitant du site industriel, qui gère le risque, conduit une évaluation technique du risque et compare le niveau estimé à des objectifs fixés par l'entreprise, voire par la réglementation.
- Si le niveau de risque résiduel est trop élevé, l'exploitant le réduit par la mise en place de barrières complémentaires, ou (lorsque c'est possible) par la réduction du danger à la source. Il justifie que ce niveau de risque résiduel est aussi bas que possible.
- Dans des conditions économiquement acceptables, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de son environnement. Il demande une autorisation pour exploiter son installation.

- L'administration compétente en matière de police des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) émet un avis sur la recevabilité de l'évaluation des risques résiduels de l'installation.
- Le Wali décide de l'autorisation d'exploiter, en fonction des risques résiduels de l'installation et d'autres critères (comme l'intérêt socio-économique de l'activité et les avis émis par les parties prenantes).
- Les acteurs de la société civile qui peuvent être consultés, mais qui n'ont pas de pouvoir décisionnel (les riverains du site, les salariés, etc.) évaluent l'acceptabilité de l'installation, selon de multiples critères, dont certains éléments non-techniques. Le voisinage du site industriel porte un jugement sur l'acceptabilité d'une situation ou d'une activité, sur la base de la confiance qu'il accorde au gestionnaire du risque et sur la dynamique d'évolution de la situation, plutôt que sur le niveau de risque évalué.

**Remarque :** L'acceptabilité ne se décrète pas, elle se construit (ou peut se construire) par la concertation.

### 3. Enjeux

L'analyse des risques comme n'importe quel processus, ayant des éléments d'entrée et des éléments de sortie avec une valeur ajoutée pour l'entreprise, les retours d'expérience montrent des bénéfices importants pour l'entreprise sous divers aspects, ces derniers on peut les résumer comme suit :

#### 3.1. Les enjeux humains

Un accident technologie majeur sur le complexe du gaz du pétrole liquéfié à Arzew, peut avoir des conséquences dramatiques en interne/externe (la perte de vies humaines, des incapacités permanentes totales ou partielles, des effets psychologiques irréversibles suite à une explosion de gaz GPL types : BLEVE, UVCE).

#### 3.2. Les enjeux techniques

L'analyse des risques industriels joue un rôle important pour la préservation de l'outil de production, à travers l'identification des sources de dangers et par la suite mettre en place les barrières de prévention et de protection les plus efficaces dans le cadre de la sûreté de fonctionnement de l'installation.

#### 3.3. Les enjeux environnementaux

Un accident technologique majeur dans ce complexe, peut avoir des conséquences catastrophiques sur l'écosystème (pollution atmosphérique, pollution du sol et du sous-sol, impact sur la faune et flore).

### 3.4. Les enjeux économiques

Un financement très important suite à un accident technologique majeur s'il est réparable. Des coûts de réparation, de dépollution, de réhabilitation du site et d'indemnité des victimes. De plus, une perte de la confiance vis-à-vis des partenaires sociaux et économiques de l'entreprise (image de marque).

### 3.5. Enjeux règlementaires

L'analyse des risques s'inscrit dans le cadre d'une étude de dangers, l'enjeu réglementaire est de se maintenir en conformité avec la réglementation en vigueur.

Cette réglementation définit en termes limites, mesures, plans, programmes. Le constat de non-conformité ayant des conséquences économiques (arrêt de production, amende, travaux de mise en conformité, retrait de l'autorisation d'exploitation etc.) et des conséquences stratégiques (la perte de confiance des partenaires financiers, économiques et institutionnels de l'entreprise, dégradation de l'image de marque auprès du public, etc.)

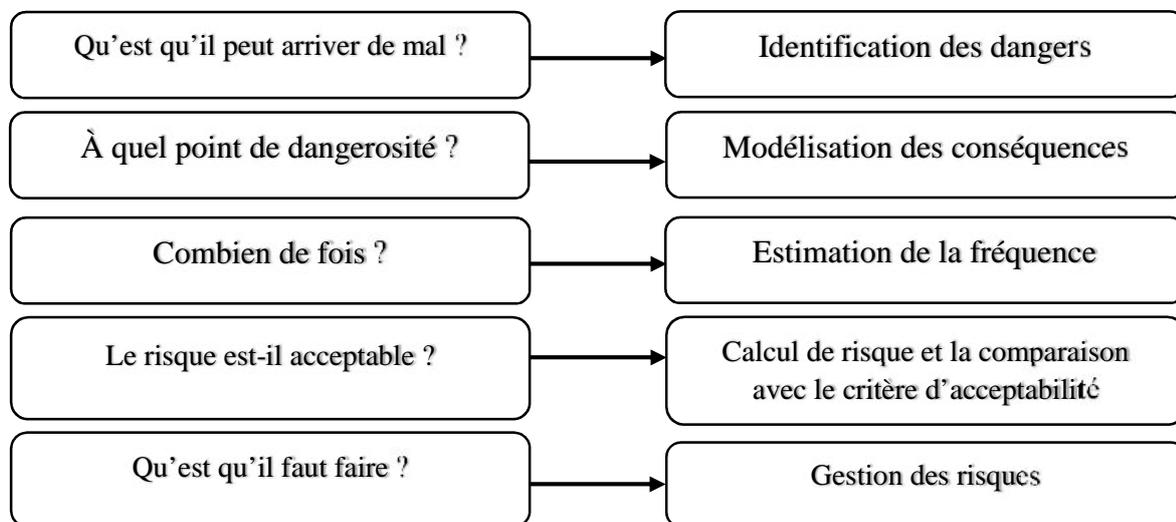
## 4. Qu'est-ce qu'une QRA ?

L'analyse quantitative des risques, en anglais quantitative risk assessment (QRA) est une méthode dont l'objectif est d'évaluer la probabilité de dommages causés par un accident potentiel. Cette méthode initialement développée dans le domaine des transports et dans le nucléaire a été progressivement adaptée à l'industrie des procédés notamment dans les pays du nord de l'Europe, la particularité des méthodes de QRA tient dans la façon d'exprimer et de présenter les résultats de l'analyse de risque, on calcule généralement d'une part la probabilité qu'un individu, à un emplacement donné, meurt des effets de l'accident, qualifiée de risque individuel et d'autre part, la fraction de la population susceptible de mourir des effets de l'accident et la fréquence associée, qualifiées de risque sociétal.[2]

Il est à noter que le QRA ne prend donc souvent en compte que les effets létaux sur les personnes, ces résultats sont généralement représentés sous forme de courbe fréquence / gravité (ou courbe F/N) pour le risque sociétal ou de courbe iso risque pour le risque individuel. L'Estimation Quantitative du Risque (QRA) est un moyen de mesurer objectivement les risques d'une activité qui porte une ampleur de risque considérable. Les risques sont mesurés par deux facteurs principaux qui sont la probabilité et les conséquences et cela par la comparaison avec les critères du risque convenable. [2]

Les résultats peuvent nous aider pour décider si l'installation est inacceptable, ou si les améliorations sont nécessaires. Les critères du risque peuvent être imposés par la législation, ou elles peuvent être des cibles internes produites par une compagnie ou organisation pour

l'aider à répartir ses opérations. La méthode QRA essaie de répondre à cinq questions simples. A côté de chaque question, nous avons introduit le terme technique pour cette activité dans le processus de l'estimation du risque :



**Figure N°2.6 :** Questions clés de la méthode QRA.

#### 4.1. Les méthodes quantitatives

L'analyse quantitative des risques est considérée comme l'approche la plus retenue pour une bonne prise de décision sur les risques. Cette approche consiste à caractériser les différents paramètres d'analyse des risques par des mesures probabilistes.

L'obtention de ces mesures passe généralement par un traitement mathématique en prenant en compte les données relatives aux différents paramètres évalués et aussi aux informations qui sont de nature quantitative.

A l'égard de l'application de cette démarche, une attention particulière aux données utilisées, à leur origine et à leur adéquation aux cas étudiés doit être portée, car une simple erreur remettra l'étude en cause.

#### 4.2. Avantage de la méthode QRA

L'analyse quantitative des risques permet au futur exploitant d'une installation de disposer d'une appréciation chiffrée du risque auquel son personnel est exposé. Elle permet également de mesurer et comparer le gain potentiel en réduction du risque apporté par différentes mesures de maîtrise des risques envisagés. Une étude QRA est donc un outil précieux d'aide à la décision et d'économies de temps et d'argent.

### 4.3. Limite de la méthode QRA

La QRA et les autres outils analytique classique sont basés sur des modèles mathématiques issus de la logique binaire : les états de défaillance et de fonctionnement des composants sont précisément distingués, les taux de défaillance sont à valeurs précises et par conséquent, une valeur unique d'estimation du risque est obtenue.

Cette valeur est souvent assez conservatrice, car elle est basée sur le principe « cas le plus défavorable ». Cependant, la variabilité des taux de défaillance et des paramètres physiques ainsi que les différentes suppositions sur les modèles mathématiques utilisés sont souvent incertains et de nature subjective. Ainsi, dans une QRA, chaque étape qu'elle soit qualitative (identification des scénarios d'accident potentiel) ou quantitative (estimation des probabilités et des conséquences) est une source potentielle d'incertitudes.

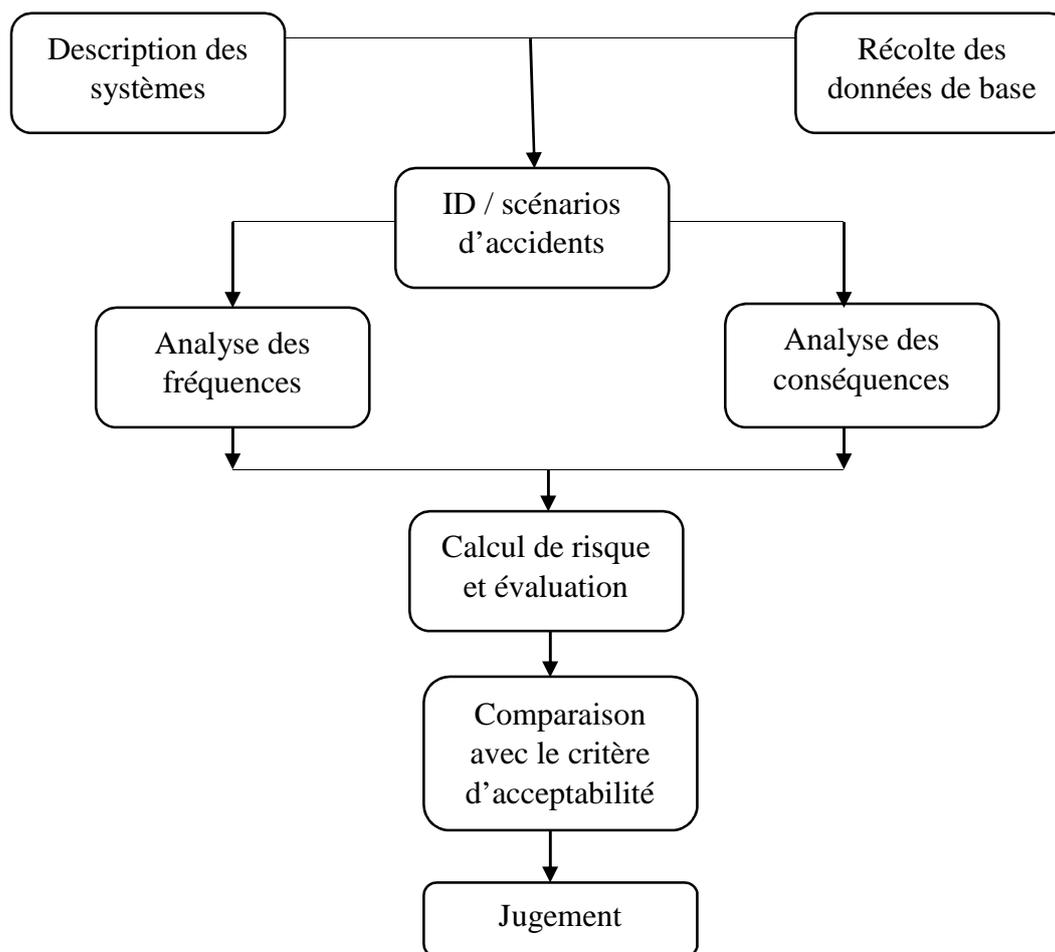
On distinguera d'ailleurs trois types d'incertitudes [14] :

- Les incertitudes liées à la complétude : elles concernent le choix et la pertinence des phénomènes accidentels étudiés ainsi que les relations causales qui s'y attachent.
- Les incertitudes liées à la modélisation : elles concernent les insuffisances et l'inadéquation des modèles utilisée pour le calcul des probabilités et surtout des conséquences. Pour ces dernières, ces incertitudes sont de nature subjective et de jugement d'expert.
- Les incertitudes liées aux paramètres d'entrée d'une QRA : leur source potentielle étant l'imprécision voire l'indisponibilité des données sur les différents paramètres, soit par manque information. Ce type d'incertitude est inhérent à toutes les étapes d'une QRA.

## 5. Présentation de la méthode QRA (Quantitative Risk Assessment)

Un schéma général de l'approche est repris ci-dessous. La méthodologie suit l'approche classique d'un QRA :

- Identification des dangers et développement des scénarios.
- Calcul des conséquences et des impacts potentiels.
- Analyse des fréquences.
- Combinaison des conséquences et fréquences afin de prédire le risque.
- Evaluation du risque et proposition de mesures complémentaires afin de réduire/contrôler le risque.



**Figure N°2.7 :** Schéma général de l'approche QRA.

### 5.1. Identification des dangers

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

Suivant les outils ou méthodes employés, la description des situations dangereuses est plus ou moins approfondie et peut conduire à l'élaboration de véritables scénarios d'accident.

L'analyse des risques permet aussi de mettre en lumière les barrières de sécurité existante en vue de prévenir l'apparition d'une situation dangereuse (barrières de prévention) ou d'en limiter les conséquences (barrières de protection).

Consécutivement à cette identification, il s'agit d'estimer les risques en vue de hiérarchiser les risques identifiés au cours de l'analyse et de pouvoir comparer ultérieurement ce niveau de risque aux critères de décision. [3]

L'estimation du risque implique la détermination :

- D'un niveau de probabilité que le dommage survient.
- D'un niveau de gravité de ce dommage.

Il peut aussi être exprimé en termes de :

- Niveau de probabilité qu'un phénomène dangereux puisse se produire.
- Niveau d'intensité du phénomène en question.
- Présence d'enjeux ou éléments vulnérables exposés.
- Vulnérabilité des enjeux.

### **5.1.1. Démarche à adopter**

La démarche adoptée pour l'analyse des risques associés à l'exploitation d'installations industrielles, se décompose généralement en plusieurs étapes :

#### ***5.1.1.1. Définition du système à étudier et des objectifs à atteindre***

Cette étape préliminaire permet de définir clairement le cadre de l'analyse des risques.

L'analyse des risques est un travail qui peut s'avérer complexe et mobiliser des ressources importantes. Il est donc indispensable d'identifier clairement le système à étudier et de déterminer sans ambiguïtés les limites de l'étude.

Il peut, par exemple, s'agir d'étudier les risques associés à une nouvelle installation devant être implantée, d'identifier les risques associés à la modification d'un procédé existant ou de passer en revue les risques à l'échelle d'un site industriel complet.

Cette définition permet notamment de limiter la description du système aux informations nécessaires et suffisantes au champ de l'étude.

La définition des objectifs de l'analyse des risques est une étape essentielle qui permet notamment de définir les critères d'acceptabilité des risques.

Il peut par exemple être nécessaire de mener une analyse des risques dans l'un des buts particuliers suivants :

- Analyser les risques d'accidents de manière générale et les évènements pouvant nuire à la bonne marche du procédé (pannes, incidents...).
- Analyser plus spécifiquement les risques aux postes de travail, réaliser une étude EVRP (Evaluation Des Risques Professionnels).
- Analyser les risques d'accidents majeurs (cas de l'étude des dangers).

**Remarque :** Selon les objectifs poursuivis, la démarche et les outils utilisés pourront être significativement différents.

#### ***5.1.1.2. Recueil des informations indispensables à l'analyse des risques***

Cette seconde étape vise à collecter l'ensemble des informations pertinentes pour mener le travail d'analyse de façon efficace. Outre la description fonctionnelle de l'installation à étudier et de son environnement, il est indispensable d'avoir clairement identifié [3] :

- Les dangers associés aux installations et aux substances qu'elles contiennent, transforment ou produisent.
- Les risques d'agressions externes sur l'installation étudiée.
- L'analyse des accidents survenus sur des installations similaires.
- La vulnérabilité de l'environnement.

Le recueil des informations nécessaires à l'analyse des risques est probablement une des phases les plus longues du processus mais également une des plus importantes.

Avant de mettre en œuvre la démarche d'identification des scénarios, il est généralement nécessaire de respecter les étapes suivantes :

#### **a. Description fonctionnelle et technique du système**

La description fonctionnelle vise notamment à collecter l'ensemble des informations indispensables pour mener l'analyse de manière très générale, il s'agit de traiter les points suivants :

- Identifier les fonctions du système étudié.
- Caractériser la structure du système.
- Définir les conditions de fonctionnement du système, décrire les conditions d'exploitation du système.

#### **b. Description de son environnement**

La description de l'environnement du système est importante à double titre :

- L'environnement peut être une source d'agressions pour le système.
- L'environnement constitue généralement un ensemble d'éléments vulnérables pouvant être affectés en cas d'accident.

#### **c. Identification des potentiels de dangers**

##### **- Internes**

La définition des potentiels de dangers internes doit être réalisée de la façon la plus exhaustive possible [3] :

- Les dangers liés aux produits (plus exactement, les substances et préparations). Il s'agit alors de qualifier les dangers (inflammabilité, toxicité...) présentés par les produits présents ou susceptibles d'être présents sur le site en quantité suffisante pour être à l'origine d'un accident majeur. Dans le cadre de cet examen, il est également indispensable d'étudier les incompatibilités entre produits.
- Les conditions opératoires : il s'agit d'identifier les conditions opératoires pouvant présenter un danger intrinsèque ou augmenter la gravité d'un accident potentiel. Par

exemple, il convient de repérer les installations fonctionnant à des pressions élevées ou encore les équipements intégrant des pièces tournant avec une énergie cinétique importante.

- Les réactions chimiques : Pour les procédés mettant en jeu des réactions physico-chimiques, une classification des réactions permet de mettre en lumière les réactions présentant des risques d'emballement ou des réactions incontrôlées dangereuses. Il est alors important de spécifier les conditions (température, pression, mélange...) à partir desquelles les réactions chimiques peuvent devenir dangereuses.

### **- Externes**

L'identification des potentiels de dangers externes doit permettre de caractériser les risques d'agressions externes sur le système.

Si parfois un examen rapide de ces potentiels de dangers externes apporte des éléments de réponse satisfaisants, dans d'autres cas, il est nécessaire de mettre en œuvre des outils spécifiques, cela peut notamment être le cas pour :

- Les risques d'agressions sismiques.
- Les risques d'inondation.
- Les risques liés à la foudre (Arrêté du 28 janvier 1993 concernant la protection contre la foudre de certaines installations classées).
- Les synergies d'accidents ou effets dominos.

#### ***5.1.1.3. Analyse des incidents/accidents passés***

L'analyse des accidents passés joue un rôle fondamental dans l'analyse des risques à de nombreux titres :

Elle permet d'identifier a priori les incidents ou accidents susceptibles de se produire à partir:

- Des accidents ou incidents s'étant déjà produits sur le site étudié.
- Des accidents survenus sur des installations comparables à celles étudiées.
- Elle met en lumière les causes les plus fréquentes d'accidents et donne des renseignements précieux concernant les performances de certaines barrières de sécurité.
- Elle constitue une base de travail pertinente pour l'analyse des risques en groupe de travail qui devra identifier a priori des scénarios d'accidents. Cette analyse porte à la fois sur les incidents et accidents survenus sur les installations étudiées ou sur des installations similaires.

#### **5.1.1.4. Définition de la démarche à adopter**

Dans cette étape, il est notamment question de choisir un ou plusieurs outils ou méthodes pour mener l'identification des dangers liées à l'installation étudiée. Les outils d'analyse des risques doivent être choisis en fonction des caractéristiques des installations à étudier et du niveau de détail recherché. Ainsi, il est possible de différencier les méthodes telles que l'APR est réservée à une analyse « en surface » des risques ou à des installations peu complexes et les méthodes dédiées à une analyse plus détaillée et généralement centrée sur des sous-systèmes bien définis, comme l'AMDEC, par exemple. [1]

Bien entendu, le domaine d'application et le niveau de détail sont également fonction des compétences et de l'expérience des personnes qui mèneront ce travail. En d'autres termes, certains outils peuvent être adaptés afin d'être utilisés dans un domaine d'application sensiblement différent de leur domaine d'origine.

Il existe un grand nombre d'outils ou méthodes dédiés à l'identification des dangers et des risques associés à un procédé ou une installation. Quelques-unes des méthodes les plus fréquemment utilisées sont :

- L'Analyse Préliminaire des Risques (APR),
- L'Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC).
- La méthode « What-if ? » qui est une adaptation de la méthode HAZOP.
- L'Analyse par arbre des défaillances.
- L'Analyse par arbre d'évènements.
- L'Analyse par Nœud Papillon.

Ces méthodes prises individuellement ou de façon combinée permettent le plus souvent de répondre aux objectifs d'une analyse des risques portant sur un procédé ou une installation. D'une manière générale, le choix de retenir une méthode particulière d'analyse des risques s'effectue à partir de son domaine d'application et de ses caractéristiques.

**Note :** il n'y a pas de « bonne » ou « mauvaise » méthode d'analyse des risques. Ces méthodes ne sont que des aides guidant la réflexion et il convient donc de retenir celles qui sont les mieux adaptées aux cas à traiter.

#### **5.1.1.5. Mise en œuvre de l'analyse de risques, de préférence dans le cadre d'un groupe de travail**

De manière générale, les méthodes d'analyse des risques sont destinées à être mises en œuvre dans le cadre d'un groupe de travail. Si leur utilisation par une personne seule n'est pas impossible, les résultats obtenus risquent néanmoins de perdre de leur pertinence.

Leur intérêt réside en majeure partie dans la confrontation d'avis et de remarques de personnes ayant des expériences et des connaissances complémentaires. Cette richesse de points de vue permet généralement de tendre vers un examen le plus exhaustif possible des situations de dangers.

Au sein de l'équipe, il convient de distinguer les personnes assurant un rôle d'encadrement et d'orientation (animateur, secrétaire...) des autres membres du groupe de travail apportant une contribution uniquement technique.

L'équipe doit être pluridisciplinaire. Pour cela, elle doit être composée des personnes travaillant au quotidien sur les installations étudiées ou ayant une connaissance approfondie des installations (cas des projets).

La composition habituelle des participants contribuant sur les aspects techniques peut être, à titre d'exemple, la suivante :

- Responsable du projet.
- Personne chargée de la sécurité.
- Personne spécialiste du procédé, ingénieur procédé.
- Personne chargée de la maintenance.
- Instrumentistes, automaticiens...
- Personne travaillant en production, exploitant...

## **5.2. Sélection des scénarios critiques**

Pour chaque installation retenue pour le QRA, la méthode prévoit d'établir la liste des évènements de perte de confinement potentiel.

A chaque type d'événement le « Purple book » (guide méthodologique) associe une valeur de fréquence qui est utilisée pour les calculs probabilistes qui suivent. Ces valeurs sont issues d'étude statistique réalisée dans les années quatre-vingts essentiellement aux Pays-Bas.[4] Elle reflète donc un niveau de maîtrise moyen correspondant à la technologie de l'époque et du lieu ainsi qu'aux types d'industries concernées par l'étude, la méthode prévoit qu'il est possible d'altérer les données statistiques en fonction de l'environnement de l'exploitation en augmentant de façon forfaitaire (correction par un facteur de 3 à 10) la fréquence de référence si l'installation soumise à des vibrations, des cycles thermiques important ou des sources de corrosion/érosion.

Si les barrières de sécurité supplémentaire sont présentes pour limiter ou mitiger les conséquences d'une perte de confinement, il est en théorie possible de les prendre en compte en appliquant les méthodes de type arbre d'évènement.

En revanche, il n'est pas prévu de prendre en compte des barrières de prévention spécifique qui viendraient réduire la probabilité d'une perte de confinement.

### 5.3. Calcul des probabilités de défaillance

Les données d'entrée nécessaires à l'estimation de la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux et accidents potentiels seront fonction de la finesse de la description des séquences accidentelles retenue pour mener l'estimation probabiliste. [5]

-Si l'objectif est d'apprécier directement la probabilité d'occurrence annuelle des phénomènes dangereux ou accidents majeurs sans passer par l'étude d'événements intermédiaires tels que l'occurrence d'une perte de confinement, le dysfonctionnement des mesures de maîtrise des risques, les données d'entrée étudiées seront directement des fréquences d'occurrence d'accidents majeurs ou de phénomènes dangereux.

-Si l'objectif est d'apprécier la probabilité d'occurrence annuelle des phénomènes dangereux ou accidents majeurs à partir d'un événement redouté central de type "la perte de confinement de produit dangereux", les données d'entrée étudiées seront des fréquences d'occurrence d'événements redoutés centraux, des probabilités de défaillance des mesures de maîtrise des risques en protection, des probabilités d'occurrence d'événements secondaires telles que des probabilités de présence de source d'inflammation, de vent, de pluie etc.

-Si l'objectif est d'apprécier la probabilité d'occurrence annuelle des phénomènes dangereux ou accidents majeurs à partir d'événements initiateurs, il faudra étudier en complément des données précédentes les fréquences d'occurrence des événements initiateurs et les probabilités de défaillance des mesures de maîtrise des risques en prévention.

#### Exemple :

- La fréquence de rupture d'un flexible est estimée à  $10^{-2}$  par opération de transfert.
- 40 opérations sont effectuées par an.
- La fréquence annuelle de rupture du flexible est donc estimée à :  
 $(10^{-2} / \text{opération}) * (40 \text{ opérations} / \text{an}) = 4.10^{-1} / \text{an}.$

#### 5.3.1. Typologie des sources de données

Les sources de données européennes et internationales disponibles pour mener une quantification probabiliste des phénomènes dangereux ou accidents potentiels sont multiples, couvrent des domaines d'activités divers et traitent d'événements de nature variée (fréquence d'occurrence d'accident, fréquence de défaillance d'équipements au sein d'installations industrielles etc.). [5]

Cette abondance prend ses origines dans la multiplicité des situations et des éléments qui doivent être traités pour fournir une vision claire des phénomènes complexes et rares que sont les accidents.

De nombreuses sources sont aujourd'hui régulièrement citées dans les études de dangers pour répondre aux exigences de l'évaluation probabiliste.

Le schéma suivant illustre les différents types des sources de données :

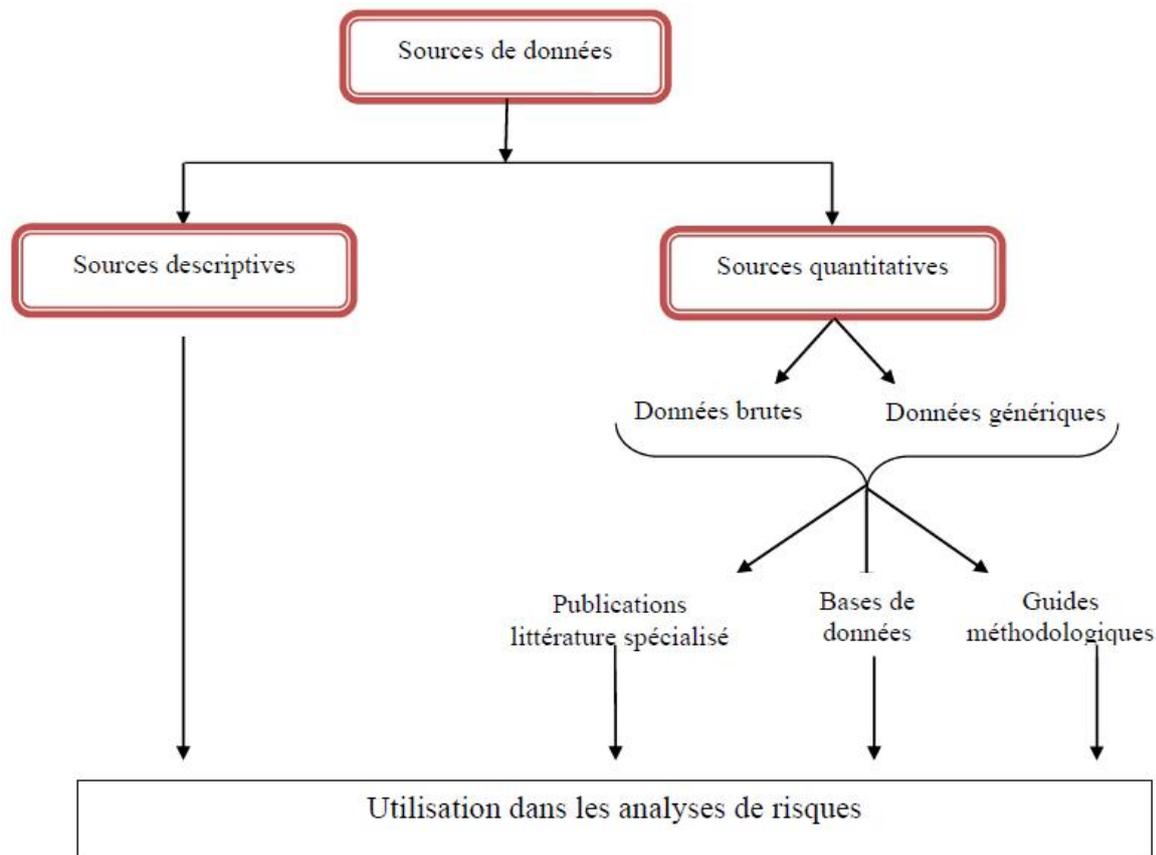


Figure N°2.8 : Typologie des sources de données étudiées.

### 5.3.1.1. Sources descriptives

Sous la terminologie « **descriptives** » sont regroupées les sources de données présentant des descriptions d'événements, n'ayant pas pour vocation première d'être exploitées à des fins quantitatives.

Elles donnent en revanche des informations sur le déroulement des événements mentionnés, en expliquant éventuellement les causes, les facteurs techniques ou organisationnels liés à l'occurrence de ces événements, ou tout élément susceptible d'être exploité ou utilisé à des fins de retour d'expérience par exemple. Cette catégorie de sources concerne uniquement des bases de données d'accidentologie on citant par exemple (MARS, ZEMA, MHIDAS, FACTS, RMP Info, PSID....etc.).[5]

Grâce à ce type d'information, un fabricant pourra par exemple améliorer :

- Le design de son produit.
- La sécurité de ses équipements, de son installation.
- Les techniques du procédé.

Un organisme public pourra également utiliser ces informations pour définir sa politique en matière d'études de dangers, d'aménagement du territoire et de gestion des situations d'urgence. Les informations capitalisées dans ces sources sont collectées sous la forme de textes descriptifs : descriptions d'accident, descriptions de causes, conséquences, enseignements, mesures d'urgence.

Ces données sont issues de rapports d'enquête sur les accidents, de déclarations d'accidents reportés par les opérateurs ou extraites de publications variées.

Les champs classiquement renseignés dans ces sources de données sont les suivants :

- Date et lieu (pays) de l'accident.
- Description de l'accident et/ou du presque-accident selon la source.
- Causes probables.
- Description des conséquences.
- Nombre de morts et de blessés.
- Type et quantité de substances impliquées.

Le tableau N°02 synthétise les informations recueillies sur ces sources de données.

**Tableau N°2.2** : Informations recueillies sur des sources de données descriptives

| Nom de la source de données            | Organisme Gestionnaire | Pays   | Type de données capitalisées                  | Description générale   | Nombre d'évènements collectés |
|--|------------------------|--------|---|--|-------------------------------|
| MARS (Major Accident Reporting System) | MAHB                   | Italie | A/donnée d'accidentologie : Accidents majeurs | MARS collecte des informations sur les accidents majeurs qui ont lieu sur le territoire européen dans le cadre de la directive Européenne SEVESO | 450 accidents                 |

### 5.3.1.2. Sources quantitatives

Pour alimenter en données les méthodes d'analyse quantitative des risques, la communauté des ingénieurs des procédés a réalisé de nombreuses recherches et des campagnes de collecte. L'objectif est alors de couvrir l'ensemble des besoins en données pour mener l'évaluation quantitative des risques. [5] Les données collectées sont alors principalement :

- Des fréquences de fuites sur équipements.
- Des données de fiabilité des équipements des installations industrielles : des fréquences de défaillance d'équipements en fonction de leurs modes de défaillance.
- Des fréquences d'événements initiateurs.
- Des probabilités d'inflammation.

Ces données permettent d'estimer la probabilité d'occurrence d'un scénario accidentel.

Parmi les données citées ci-dessus, deux « familles » de données sont à distinguer :

- Les données brutes.
- Les données génériques.

### Définitions :

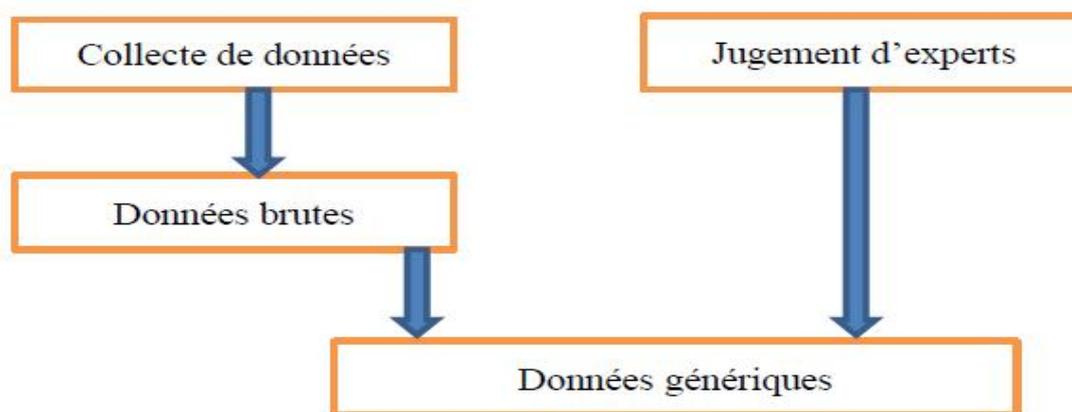
**1) Les données brutes** sont des données issues directement du terrain, capitalisées dans un contexte donné et pour un objectif fixe (exemple : données capitalisées par les équipes de maintenance d'une installation pour optimiser la fréquence de contrôle des équipements). Leur analyse permet d'extraire des fréquences d'occurrence d'événements représentatifs d'une réalité de terrain.

**NB :** Ces données sont souvent rares et couvrent peu de secteurs d'activité par rapport à la multitude des configurations d'installations existantes actuellement.

**2) Les données génériques** telles que sont définies dans ce rapport peuvent être :

- Des moyennes de données brutes ou combinaison de données brutes et d'autres données génériques.
- Des jugements d'experts ou combinaisons de jugements d'experts.
- La combinaison de ces deux informations.

La figure N°09 synthétise un mode de construction des données génériques.



**Figure N°2.9 :** Construction des données génériques.

Les sources de données quantitatives souvent utilisées dans les études quantitatives des risques sont présentées dans les paragraphes suivants selon la typologie présentée précédemment [5] :

- Publications de la littérature spécialisée.
- Bases de données.
- Guides méthodologiques.

### A. Publications de la littérature spécialisée

Le nombre de publications dans la littérature spécialisée est vaste, les plus utilisés dans le domaine des hydrocarbures sont :

- COVO studie, source principale du « Purple book »,
- « Loss prevention in the process industries »

Ces deux publications sont présentées dans le tableau N°03 :

**Tableau N°2.3 : Données sur les Publications de la littérature spécialisée**

| Nom de la publication                     | Auteur   | Objectifs  |
|---|--|--|
| COVO studie                               | Cremer and Warner LTD<br>Consulting chemical Engineers | Mise en place et évaluation d'une méthode d'analyse quantitative des risques sur une sélection d'installation industrielles dans la région du Rijnmond aux Pays Bas.     |
| Loss prevention in the process Industries | F.P. Lees  | Regrouper et synthétiser les recherches menées sur l'analyse des risques, couvrir les avancées des recherches dans le domaine, fournir une bibliographie compréhensible. |

Ces deux publications ont des points commun d'être régulièrement citées dans les études de dangers, les recherches sur la sécurité des installations industrielles et utilisées dans la constitution de données génériques. Ces sources de données contiennent des données quantitatives de nature diverse dont :

- Des fréquences de fuites d'équipements.
- Des données de fiabilité d'équipements.
- Des fréquences d'événements initiateurs.
- Des probabilités d'inflammation.

---

**B. Les Bases de données****B.1. Les bases de données brutes****B.1.1. Base de données de défaillances sur des équipements d'installations industrielles**

Il y a deux bases de données brutes de fiabilité (données sur les défaillances d'équipements au sein d'installations industrielles) qui sont fréquemment utilisés :

- **OREDA** est la base de données la plus ancienne (la base a été lancée en 1981)

L'enregistrement des données dans l'OREDA est organisé par « phase » d'un, deux ou trois ans. Au cours de ces phases, les industriels enregistrent les défaillances observées sur les équipements objets du suivi OREDA. Les modes de défaillance observées sont notifiées. Les industriels capitalisent également les données de fonctionnement de ces équipements et les données relatives aux opérations de maintenance effectuées. Cette collecte de données s'effectue par les équipes de maintenance. Après approximativement deux phases, l'OREDA publie un manuel qui synthétise les données collectées.

-**PERD** elle a un fonctionnement similaire à celui de l'OREDA mais a été créée beaucoup plus récemment (lancement du projet en 1998, collecte effective des données à partir de 2004). Cependant, à la différence de OREDA, la base PERD concerne les industries chimiques. Un manuel sera probablement édité pour publier les données de cette base.

**Remarque : Ces deux bases de données sont les deux seules bases de données identifiées qui contiennent des données brutes traduisant une réalité du terrain.**

**B.1.2. Base de données sur des fréquences de fuites de substances dangereuses**

Il existe trois bases de données brutes capitalisant des fréquences de fuite de substances dangereuses :

-La base de données **HCR** (OffShore Hydrocarbon release) gérée par le HSE qui capitalise des données brutes sur les fuites d'hydrocarbures dans les installations offshore.

-Les bases de données de l'**EGIG** (European gas pipeline incident data group).

-L'**UKOPA** (United Kingdom Onshore Pipeline Operator's Association) qui capitalisent des données brutes de fuites de substances dangereuses pour les pipelines.

**B.2. Les bases de données génériques**

Les données brutes étant rares et difficiles à collecter, l'usage est de les accomplir par des données génériques qui sont plus abondantes. Trois bases de données génériques qui sont plus utilisées à l'échelle internationale :

-**EIREDA** est majoritairement composée de données brutes issues du retour d'expérience d'EDF en France sur la fiabilité des composants de centrales nucléaires entre 1977 et 1987.

Ces données ont ensuite été mises à jour via un traitement statistique « Bayésien » pour intégrer les observations de la période 1988-1993. Ce complément d'information explique pourquoi cette base de données a été qualifiée de générique.

**-COREDAT** a une part plus importante de données génériques. Les données qu'elle capitalise proviennent elles d'observations faites sur des centrales nucléaires. Cette base a été une des premières sources de données de fiabilité et a été largement exploitée pour les études de fiabilité des années 60, 70 et 80.

**-FRED** est une base majoritairement générique, les valeurs proposées synthétisent d'autres valeurs issues de publications de la littérature spécialisée ou d'autres sources de données génériques. La base FRED a pour vocation d'uniformiser les données utilisées par le HSE dans ses analyses des risques et ainsi d'en améliorer la lisibilité et la transparence.

### C. Guides méthodologiques

Les guides méthodologiques d'analyse de risques quantitatives sont des sources de données à compléter bien que ce ne soit pas leur vocation première. [6]

L'objectif de ces guides est de décrire une méthodologie complète d'évaluation des risques pour des usagers définis, dans un contexte particulier.

Les données présentées dans ces guides ont donc pour vocation d'alimenter une méthode d'analyse de risques prédéfinis. Ces données sont génériques.

Le tableau N°04 cite les guides méthodologiques fréquemment utilisés dans les études QRA :

**Tableau N°2.4 : les guides méthodologiques les plus utilisés dans le QRA**

| Nom de la source de donnée  | Organisme gestionnaire | Pays       | Types de donnée capitalisé  |
|---|------------------------|------------|---|
| Purple book   | CPR                    | Hollande   | Donnés d'accidentologie, fréquence de fuites de substance dangereuse, fiabilité d'équipement ,probabilités d'inflammation     |
| Handbook Faillure   | Aminal                 | Belgique   | Données d'accidentologie, Fréquence de fuites de substances dangereuses, fiabilité d'équipements, probabilités d'inflammation |
| The Hazrdous Materials Release ana accident Frequencies for Process plant | J.R. Taylor            | Etats-Unis | Données d'accidentologie, fréquences de fuites de substance dangereuse, fiabilité d'équipements                               |

### 5.3.2. Comparaison entre les données brutes et les données génériques

-**Les données brutes** sont à priori les données d'entrée les plus fiables pour mener les analyses de risques, car elles traduisent la réalité d'un contexte industriel « terrain », et les conditions d'observation de ces données peuvent en principe être facilement retracées. Ce sont donc des données bien adaptées pour des cas d'études similaires aux installations de référence.

Mais, les données brutes accessibles dans le domaine public sont rares (OREDA, une partie de l'EIREDA et de COREDAT) et ne suffisent pas à couvrir toutes les situations rencontrées dans une analyse de risques.

-**Les données génériques** sont beaucoup plus nombreuses et généralement plus faciles d'utilisation que les données brutes. Elles sont donc couramment utilisées pour pallier les insuffisances en données brutes.

Il semble que les fréquences d'occurrence d'accidents et de défaillances varient largement en fonction des standards de design de l'installation, des conditions d'opération et de maintenance. C'est pourquoi, il est courant d'utiliser une donnée générique comme base pour qualifier la fréquence d'un événement redouté central, et d'y appliquer un certain nombre de facteurs correctifs (dépendant par exemple, de la substance dangereuse traitée, de l'environnement de l'installation, du type de sollicitations de cet équipement, etc.). Ces facteurs correctifs sont définis principalement par jugements d'experts.

#### **Conclusion :**

**« Les données d'entrée idéales dans une analyse de risques restent les données collectées dans l'installation analysée elle-même. »**

### 5.4. Analyse des conséquences

Cette étape consiste à modéliser les conséquences retenues pour chaque scénario accidentel. Elle conduit à calculer l'intensité du phénomène dangereux pour chaque événement de perte de confinement. [7]

L'intensité des phénomènes considéré s'exprime par la répartition des :

-Concentrations en substance toxique, niveaux de flux thermique, niveaux de surpression.

Les modèles à utiliser sont ceux qui sont décrits dans le "purple book"[CPR 18<sup>E</sup> 1999]. Il s'agit de modèles de dispersion, d'effets thermiques et d'explosion classiques. [8]

Les modélisations sont réalisées pour différentes conditions météorologiques auxquelles sont associées des probabilités d'occurrence. Chaque ensemble de conditions initiales est aussi qualifié en termes de probabilité.

Les conséquences peuvent être calculées à l'aide de tables et abaqués, ou à l'aide de formule mathématique et de modèles de vulnérabilité permettant la modélisation des accidents potentiels et de leurs conséquences sur les récepteurs.

Des logiciels permettent une automatisation de certaines approches de calculs sont disponibles sur internet, notamment le logiciel de l'EPA 'ALOHA', s'ajoutent les logiciels commerciaux tels que 'PHAST' et 'SAFETI'.

Les résultats ainsi obtenus seront utilisés dans la dernière étape pour calculer le risque individuel et le risque sociétal. A ce stade, ces résultats sont exprimés en termes d'intensité du phénomène et de probabilité associée à cette intensité.

Les phénomènes qui peuvent avoir lieu généralement dans les installations pétrolières sont à titre exemple :

### 1. Le BLEVE

Le terme générique de BLEVE provient de l'expression Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (« Vaporisation explosive d'un liquide surchauffé »). Le BLEVE est un événement particulièrement redouté sur les stockages de produits liquéfiés.

Par définition, le BLEVE consiste en une vaporisation violente à caractère explosif consécutive à la rupture d'un réservoir contenant un liquide à une température significativement supérieure à sa température normale d'ébullition à la pression atmosphérique. Défini d'une autre manière, le BLEVE est une explosion résultant d'une vaporisation « quasi instantanée » ayant pour conséquence de générer une onde de souffle.

### 2. UVCE

Un UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion) est une explosion de gaz à l'air libre. Dans le cas d'un gaz inflammable, tel que les GPL, cette explosion produit :

- Des effets thermiques.
- Des effets de pression.

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

### 3. Le Boilover

Le Boilover est un phénomène de grandes ampleurs impliquant le feu du réservoir de stockage et entraînant la vaporisation d'un fond d'eau, d'eau libre ou en émulsion dans la masse. Le boilover est un phénomène thermique radiatif de courtes durées (inférieure à une minute) dont la valeur du flux est fortement variable dans le temps. Pour qu'un boilover se produise, il faut que les 4 conditions suivantes soient réunies :

- Un feu de bac.
- La présence d'eau à transformer en vapeur.
- La création d'une onde de chaleur qui entre en contact avec le fond d'eau situé sous la masse d'hydrocarbures.
- Un liquide stocké suffisamment visqueux que la chaleur ne puisse pas traverser facilement depuis le bas.

### 5.5. Calcul de risque et évaluation

Le risque se définit par la probabilité de survenue d'un événement potentiellement néfaste (risques majeurs) et par la gravité de ses conséquences et par probabilité de la présence d'enjeux (population). Donc C'est la combinaison d'enjeux soumis à un danger. On le trouve ainsi traduit de façon simple en termes mathématiques :

**Risque = fréquence \* conséquence \* vulnérabilité.**

La détermination de la probabilité due à l'exposition à des effets cités ci-dessus est basée sur la probabilité de mort. Pour faire il y a des équations dites de probit qui permettent la conversion des intensités des effets à des probabilités de mortalité [9]:

#### 1. Radiation :

$$Y = -36,25 + 2,56 \ln(D) \text{ avec : } D = Q^{4/3} * t$$

Y : valeur du probit.

Q : radiation exprimée en (kw/m<sup>2</sup>).

T : la durée d'exposition (s).

#### 2. Pression :

$$Y = -1,47 + 1,37 \ln(D) \text{ avec : } D = P_s$$

Y : valeur du probit.

P<sub>s</sub> : pression exprimée en Pa.

#### 3. Nuage toxique :

$$Y = -5,3 + 0,5 \ln(D) \text{ avec } D = C^{2,75} * t$$

Y : valeur du probit.

C : concentration du nuage toxique exprimé en (mg/m<sup>3</sup>).

T : durée d'exposition (s).

## 6. Estimation du risque individuel et sociétal

Lors de l'estimation des risques liée à une installation, le risque peut être calculé pour chaque type de conséquences (décès, blessures, la perte économiques, ...ect). Cependant, l'analyse quantitative des risques prend souvent en compte les effets mortels, car les critères d'acceptabilité des risques portent principalement sur le risque de décès.

Dans une analyse quantitative des risques, après avoir évalué les probabilités d'occurrence des événements redoutés et leurs conséquences, on mesure le risque à l'aide des deux métriques de représentation que sont le risque individuel et le risque sociétal.

### 6.1. Notion du risque individuel

**La notion de risque individuel** c'est la probabilité qu'une personne exposée de façon permanente au danger soit tué, l'unité utilisée pour mesurer le risque individuel est  $\text{an}^{-1}$ . On peut le quantifier à partir des fonctions de Probit. Cette notion est habituellement représentée sur une carte des environs du site par des courbes d'isorisque individuel (distance d'effet maximale à laquelle un individu est exposé à une probabilité de mort). [6]

Le risque individuel à un endroit donné est défini mathématiquement par [11] :

$$IR_{x,y} = \sum_{i=1}^{i=n} IR_{x,y,i}$$

Où :  $IR_{x,y}$  est le risque total de décès à l'endroit géographique  $(x,y)(\text{an}^{-1})$ ,  $IR_{x,y,i}$  est le risque individuel de décès à l'endroit géographique  $(x,y)$  suite à un scénario d'accident « i » ( $\text{an}^{-1}$ ) et 'n' est le nombre total de scénarios d'accidents identifiés dans l'analyse.

Le  $IR_{x,y,i}$  est exprimé en fonction de la fréquence et de la probabilité par :

$$IR_{x,y,i} = f_{Ci} \cdot P_{Fi}$$

Où :  $F_{ci}$  est la fréquence du scénario d'accident « i » ( $\text{an}^{-1}$ ) et  $P_{Fi}$  est la probabilité que ce scénario entraîne un décès à l'endroit  $(x, y)$ .

La valeur de la  $P_{fi}$  est obtenue en appliquant les modèles de vulnérabilité. Enfin, la  $F_{ci}$  est calculée à partir de la fréquence de l'incident (événement initiateur) et de la probabilité que la séquence des événements menant au scénario d'accident « i ».

$$f_{Ci} = f_i \cdot P_{\text{sequence } i}$$

Où : la  $f_i$  est la fréquence d'occurrence de l'incident ou l'évènement initiateur ( $\text{an}^{-1}$ ) et  $P_{\text{sequence } i}$  est la probabilité globale de la séquence d'évènement qui mènent au scénario d'accident « i » .

Les événements initiateurs ayant des fréquences de moins de  $10^{-9}$  an<sup>-1</sup> sont généralement retenues dans l'analyse quantitative des risques. Il en est de même pour les accidents dont la probabilité de létalité au-delà d'une certaine distance est de 1 %. [16].

La figure N°10 représente une carte du risque individuel telle-que les courbes en jaune indiquent respectivement un risque de  $10^{-5}$  et  $10^{-6}$  pour l'ensemble des scénarios considérés dans l'étude.



**Figure N°2.10 :** Le risque individuel représenté dans une carte.

### 6.1.1. Contours de risque individuel

Les contours représentent les niveaux de risque individuel autour de l'installation analysée. Un contour de risque relie tous les endroits géographiques autour d'une activité dangereuse à un risque individuel égal, c'est-à-dire tous les endroits ayant la même probabilité globale de létalité. Afin d'établir un contour de risque, il est nécessaire de calculer les contributions respectives des différents scénarios d'accidents, dont chacun à sa propre probabilité de létalité. Le risque globale résultant est la somme des risques correspondants à chacun des scénarios d'accident.

Afin d'établir les contours de risque, il est nécessaire d'effectuer les calculs correspondant aux :

- Différents scénarios d'accident.
- Différentes réactions du système suite à un incident particulier (défaillance du système, intervention de l'opérateur, .....ect).
- Différentes conditions météorologiques (stabilité atmosphériques, direction et vitesse du vent, ....).
- Différents lieux d'ignition.

Les contours de risque individuel peuvent être de forme circulaire, si les effets physiques des accidents sont répartis uniformément dans toutes les directions, ou de forme irrégulière si l'intensité des effets varie en fonction de la direction. On peut donc distinguer entre le risque radial et le risque directionnel.

Le risque radial produit des contours de risque circulaire. Où la valeur du risque diminue avec le rayon. Les scénarios d'accident typiquement liés à ce type de risque est le BLEVE, car le rayonnement thermique et la surpression sont répartis uniformément dans toutes les directions.

Le risque directionnel produit des contours de risque irréguliers dû à la distribution non homogène de la direction du vent en fonction du temps (rose des vents). Aux diverses catégories possibles de la stabilité atmosphérique et à certains paramètres directionnels physiques. Les scénarios d'accidents liés à ce type de risque sont la dispersion atmosphérique des substances inflammables ou toxiques et l'éjection des missiles lors de l'explosion des récipients cylindriques.

Quand les risques radiaux et directionnels chevauchent, les contours du risque globaux sont obtenus en ajoutant les risques correspondants à chaque scénario d'accidents et par conséquent, la forme du contour sera modifiée.

### **6.1.2. Procédure de calcul des contours de risque individuel**

La procédure de calcul des contours de risque individuel est généralement réalisée à travers une série d'étapes qui sont citées ci-après :

1. définir un maillage de points permettant de calculer le risque individuel. Le maillage doit inclure l'activité/usine analysée et doit couvrir au moins la distance maximale sur laquelle les conséquences mortelles des scénarios d'accidents sont observées. Les mailles sont généralement de 25m×25m pour des distances de moins de 300 m et de 100m×100m pour des distances plus grandes.
- 2-Etablir les coordonnées (x,y)du point à partir duquel le scénario d'accident(j) commence. Etablir la fréquence( $f_{ji}$ )de l'évènement initiateur pour ce scénario d'accident.
- 3-Etablir les données météorologiques :la classe de stabilité et sa probabilité correspondante( $P_m$ ). Etablir la probabilité de la direction du vent (rose des vents) pour chaque secteur( $P_w$ ).  $P_m=P_w=1$ .Pour les scénarios d'accidents qui produisent des radiations thermiques.
- 4-déterminer la probabilité du scénario d'accident final( $P_{jf}$ ). Déterminer la surface couverte par des effets létaux et les probabilités de décès ( $P_d$ )pour chaque classe de stabilité et direction du vent pour chaque point de maille.

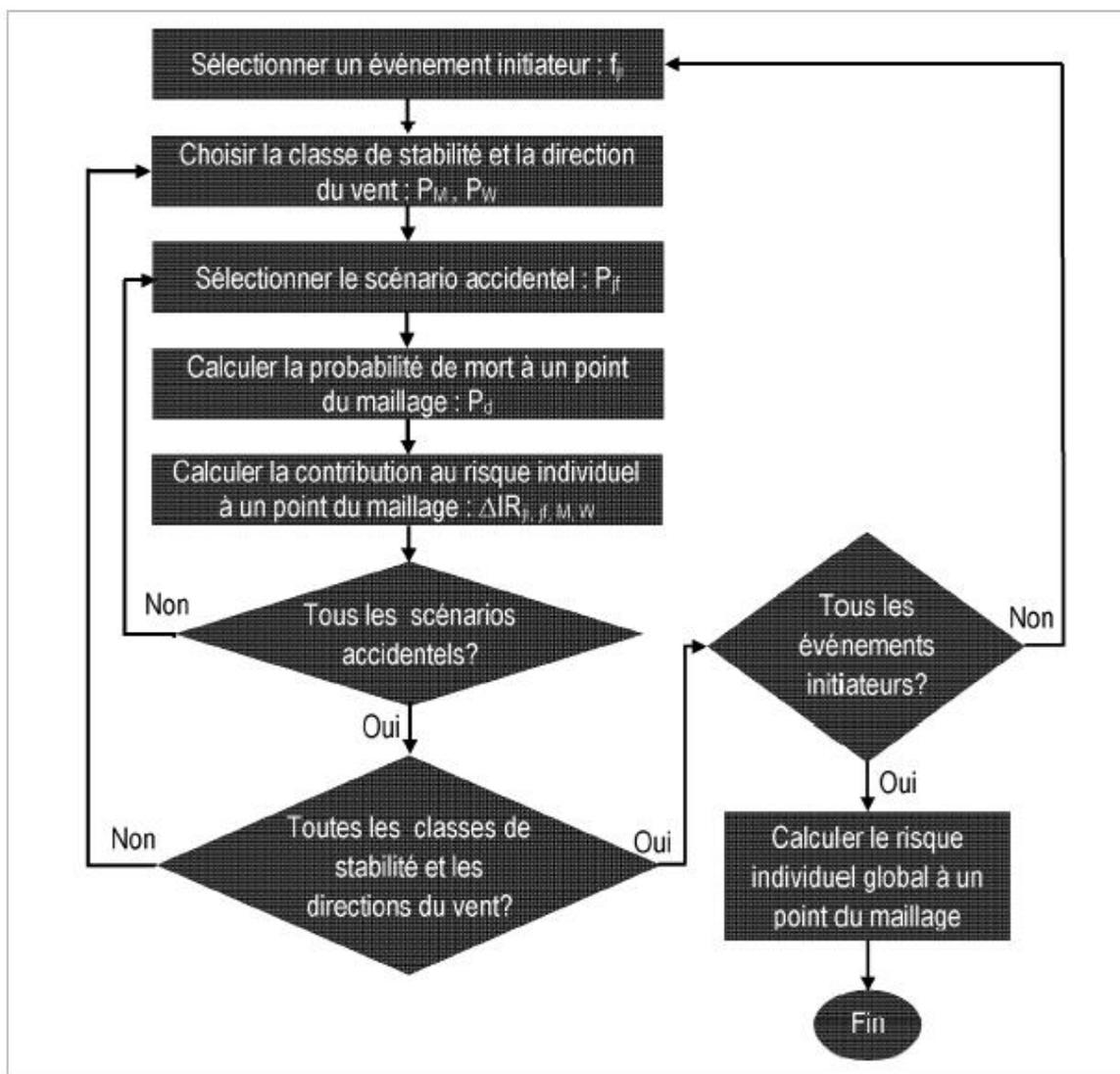


Figure N°2.11 : Procédure de calcul des contours de risque individuel [12]

5. Calculer la contribution au risque individuel ( $\Delta IR_{j_i, j_f, M, W}$ ) pour le scénario d'accident considéré, incluant la fréquence de l'évènement initiateur, la probabilité d'accident final, la probabilité de la classe de stabilité, la probabilité de la direction du vent et la probabilité de mort à un point donné de la maille :

$$\Delta IR_{j_i, j_f, M, W} = f_{j_i} \cdot P_{j_f} \cdot P_M \cdot P_W \cdot P_d$$

6. Le risque individuel global à un point donné de la maille est exprimé par :

$$IR = \sum_{j_i} \sum_{j_f} \sum_M \sum_W \Delta IR_{j_i, j_f, M, W}$$

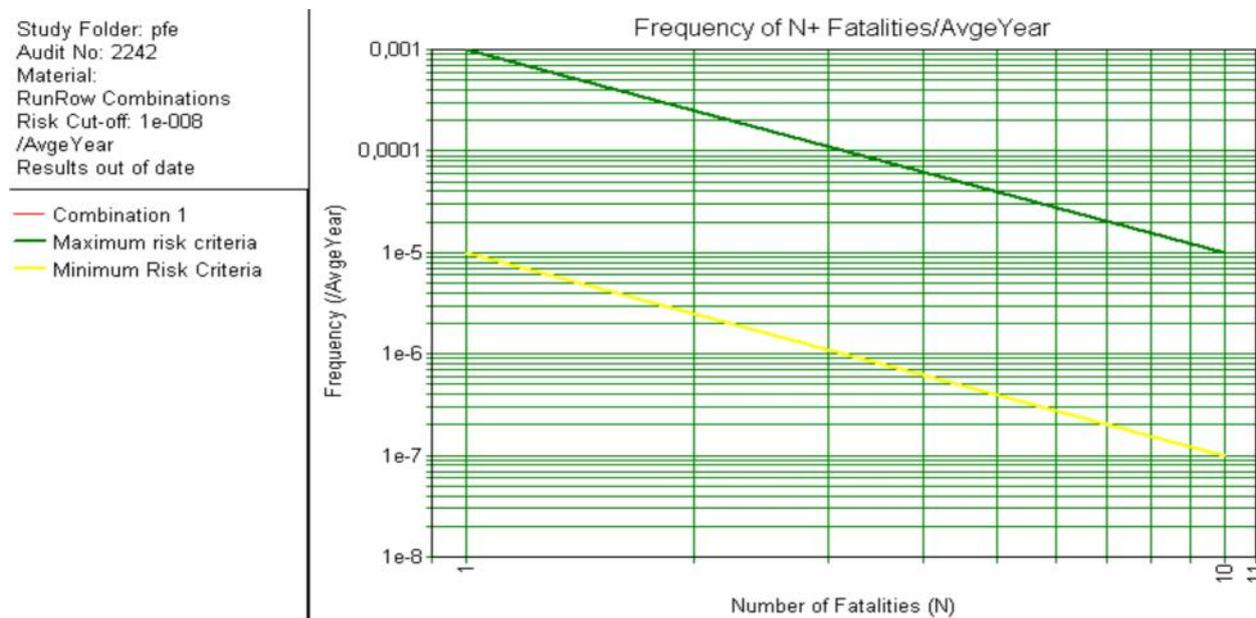
Les contours de risque individuel sont généralement tracés pour des ordres de grandeur, car ce processus de calcul est assez complexe et couramment effectué par l'utilisation des codes informatiques appropriés [13].

### 7. Notion du risque sociétal

**La notion de risque sociétal** : C'est la probabilité lors d'un accident de causer la mort de plus d'un certain nombre de personnes. [6] Cette notion est habituellement représentée à l'aide de courbes dites F/N (fréquence annuelle de N morts ou plus en fonction du nombre de fatalités).

On peut la définir aussi par la relation entre la fréquence d'occurrence d'un accident et le nombre de personnes subissant l'impact (généralement le décès) de l'accident, dans une population donnée. Son calcul est complexe puisqu'il demande la connaissance de l'occupation des sols et des mouvements de population dans le temps (présence selon l'heure de la journée, selon le jour de la semaine, selon les saisons), afin d'établir le profil de la population exposée.

La figure ci-dessous représente la courbe représentative du risque sociétal telle-que les lignes vertes et jaunes représentent la limite maximale de tolérabilité et la limite minimale de tolérabilité respectivement et la zone entre les deux lignes dite la zone ALARP (As Low As Reasonably Practical).



**Figure N°2.12** : la courbe (F/N) pour la représentation du risque sociétal

Le risque sociétal est exprimé mathématiquement par [12] :

$$\text{Risque sociétal} = \iint (\text{risque individuel}) \cdot [\text{densité de la population (x,y)}] dx dy$$

On peut considérer que le risque est ALARP si :

- La réduction de risque n'est pas pratique ou si les coûts sont disproportionnés par rapport au risque à réduire.
- Les mesures existantes correspondent aux bonnes pratiques.
- Tous les aspects et mesures de sécurité sont bien étudiés.
- Les risques sont révisés périodiquement.

Le calcul du risque individuel et le risque sociétal nécessite la probabilité de mortalité de la population exposée à ce risque, la probabilité de mortalité est calculée à partir des fonctions de probit cité ci-dessus. [10]

La relation entre la probabilité de mortalité P et la valeur de probit Pr correspondante est donnée par l'équation suivante :

$$P = 0.5 \times \left[ 1 + \operatorname{erf} \left( \frac{Pr - 5}{\sqrt{2}} \right) \right] \quad \text{Avec} \quad \operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt$$

### 7.1. Courbes F/N

Le risque sociétal est couramment représenté à l'aide de courbe dite F/N comme la montre la figure N°12. Ces courbes sont obtenues en traçant la fréquence cumulative des scénarios d'accident qui cause N ou plus de morts par an en fonction de N (généralement sur une échelle log-log).

Afin de calculer une courbe F/N il est important que les fréquences et le nombre de morts soient combinés correctement. Le nombre de  $N_i$  de morts de chaque scénario d'accident est calculé par [11] :

$$N_i = \sum_{x,y} P_{x,y} \cdot P_{Fi}$$

Où :  $P_{xy}$  est le nombre de personnes à l'endroit (x, y) et  $P_{Fi}$  est la probabilité que le scénario d'accident « i » entraîne un décès à l'endroit (x, y).

Le nombre de morts et sa fréquence associée doivent être estimés pour chaque scénario d'accident et par conséquent, la fréquence cumulative est exprimée par [11] :

$$f_N = \sum_i f_{Ci} \quad \text{pour tous les scénarios d'accidents "i" pour lesquels } N_i \geq N$$

Où :  $f_N$  est la fréquence de tous les scénarios d'accident avec N ou plus de mort ( $\text{an}^{-1}$ ),  $f_{Ci}$  est la fréquence du scénario d'accident « i » ( $\text{an}^{-1}$ ) et  $N_i$  est le nombre de mort suite au scénarios d'accident « i ».

## 8. Estimation du risque global pour la population

En combinant les conséquences et leurs fréquences correspondantes, on obtient le risque individuel à n'importe quelle distance souhaitée et par conséquent, on estime le risque global pour la population.

Le risque individuel moyen est calculé comme la moyenne des risques individuels de toutes les personnes exposées dans un établissement donné. Notons que le risque individuel moyen est souvent calculé pour la population exposée, mais il pourrait être calculé pour la population totale dans une zone donnée sans prendre en compte si la totalité ou une partie seulement des personnes sont exposées. Cela peut considérablement réduire la valeur du risque moyen.

Le risque individuel moyen pour la population exposée est calculé par [11] :

$$IR_{av} = \frac{\sum_{x,y} IR_{x,y} \cdot P_{x,y}}{\sum_{x,y} P_{x,y}}$$

Où:  $IR_{av}$  est le risque individuel moyen (population exposée) ( $an^{-1}$ ) et  $P_{x,y}$  est le nombre de personnes dans l'endroit (x,y)

## 9. Vulnérabilité

Une fois que les conséquences (caractéristique) d'un accident (rayonnement thermique, surpression, dose d'une substance toxique) sont établies, ses effets doivent être déterminés en estimant les impacts sur les individus, les installations et l'environnement.

Cette estimation peut être faite à l'aide de tables et abaque, ou à l'aide de formule et modèles mathématiques. La validité de l'estimation dépendra de la bonne application de ces modèles et comme dans d'autres domaine d'ingénierie.

---

## Conclusion

La méthode présentée dans ce chapitre a été développée pour compenser certaines limites des outils d'analyse simples tels que l'AMDEC, l'HAZOP.

Elle vise avant tout à organiser l'utilisation des outils dans une démarche globale d'estimation des risques. Elle ne se limite donc pas à l'identification des scénarios et à l'estimation rapide de la probabilité, mais intègre des étapes d'estimation de l'intensité des phénomènes, d'identification et de qualification des barrières de sécurité, de présentation des résultats dans des formats adaptés à une utilisation dans le cadre d'un processus décisionnel donné.

D'autres points forts de la méthode QRA c'est qu'elle propose généralement des outils supports à leur mise en œuvre : listes guides, outils logiciels (phast risk), systèmes d'information géographique. Elle précise la manière d'opérer pour certaines estimations qui demeurent non définies dans les outils de base : estimation de la probabilité, de la fiabilité des barrières de sécurité, etc.

La méthode QRA vise à tendre vers le plus d'exhaustivité possible. Néanmoins, force est de constater qu'il est impossible de garantir une exhaustivité totale.

En d'autres termes, son utilisation ne garantit pas une identification complète de toutes les causes potentielles d'un accident majeur car :

-La richesse de la méthode s'appuie sur l'expérience acquise au sein du groupe de travail. Il semble néanmoins humainement impossible d'envisager toutes les causes possibles d'un accident potentiel. Ce constat apparaît d'autant plus vrai que l'on traite le plus souvent d'évènements ou de combinaisons d'évènements particulièrement rares.

-La qualité des résultats et leur caractère exhaustif dépendent également du temps et des moyens consacrés à l'analyse. Plus ces moyens seront importants, plus on tendra vers une exhaustivité totale. Cette remarque met en outre en lumière l'importance du caractère itératif de la méthode.

En résumé, retenons donc que l'utilisation de la méthode QRA présentée dans ce document constitue une aide précieuse pour l'identification des risques mais ne garantit pas à 100 % que tous les accidents susceptibles de survenir ont bien été identifiés.

Nous avons consacré ce chapitre à la présentation de notre cadre de travail. Après avoir présenté la démarche générale de la gestion des risques, il était question de mettre l'accent sur les méthodes d'analyse et d'évaluation des risques. Un intérêt particulier est prêté à la méthode d'analyse quantitative des risques QRA. Son principe est ses étapes, ses avantages et ses limites.

# **Chapitre 3**

## **Application de la méthode QRA sur GP1Z**

---

**Introduction**

L'analyse des risques par la méthode QRA exige la présence de certaines données et informations sur les différents paramètres d'évaluation des risques telles que, les fréquences d'évènements initiateurs, les données physico-chimiques du système et aussi les probabilités de défaillance des différentes barrières de sécurité existantes.

Ces données sont obtenues généralement à partir de l'historique du système analysé. Dans l'absence ou par manque de données sur l'état de système, on fait appel à d'autres sources citées. Malgré que le choix des données se fait en respectant l'adaptation de ces données au système étudié en se basant sur son historique et sur des systèmes similaires ayant le même mode de fonctionnement, il paraît important de souligner la non-prise en compte convenable des imperfections liées aux données utilisées par les différentes méthodes d'analyse des risques y compris la méthode QRA.

La démarche QRA fournit un outil efficace pour l'analyse et l'évaluation des risques des scénarios d'accidents industriels. Cependant son efficacité dépend de la disponibilité et la qualité de données et d'information objectives recueillies durant sa mise en œuvre, qui sont souvent non représentatives (retour d'expérience faible), et même si ces données sont disponibles, elles devraient être ajustées à l'équipement ou au système étudié et à ses conditions opératoires pour qu'elle puisse être utilisées. Ce chapitre est consacré à l'application de la méthode QRA au niveau du GP1/Z.

## 1. Données du site GP1/Z

Pour l'estimation des effets d'accidents majeurs impliquant une fuite de gaz ou l'évaporation de vapeurs inflammables, il est nécessaire de connaître les paramètres météorologiques qui influenceront la dispersion atmosphérique de la substance. Selon les conditions météorologiques, la position des limites d'inflammabilité de la substance sera différente ainsi que les distances auxquelles sont atteintes les doses de radiations thermiques, de surpressions par rapport à la source.

Les données météorologiques représentées dans ce document ont été relevées à la station de Arzew, au sein de la Wilaya d'Oran.

### 1.2. Les conditions météorologiques de la région d'Arzew

Pour les données météorologiques, les principaux facteurs climatiques intervenants dans les processus de transformation (biodégradation) et la diffusion des polluants sont : les pluies, la température, les vents, les brouillards.

#### A. Pluviométrie

Pour les pluviomètres les précipitations moyennes des pluies dans la région d'Arzew sont montrées dans le tableau suivant.

**Tableau N°3.5 : Pluviométrie de la région d'Arzew Année 2015-2016**

| Le mois                       | SEP | OCT | NOV | DEC | JAN | FEV | MAR | AVR | MAI | JUIN | JUIL | AOU | ANNEE |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-------|
| <b>Hauter des pluies (mm)</b> | 10  | 30  | 60  | 70  | 60  | 50  | 50  | 30  | 20  | 00   | 00   | 00  | 380   |
| <b>Nombre des jours</b>       | 07  | 02  | 08  | 14  | 06  | 05  | 08  | 02  | 00  | 00   | 00   | 00  | 52    |

#### Interprétation

La moyenne établie est de 249 jours ensoleillés, 52 jours de pluie et pendant les 64 autres jours, le ciel est nuageux et couvert. L'analyse des données pluviométrique du complexe fait apparaître une répartition assez régulière.

Des pluies pendant neuf mois de l'année, avec un maximum pluviométrique en janvier de l'ordre de 53,4 mm, et une seconde période plutôt sèche et aride qui ne dure que trois mois (juin, juillet et août). De manière générale, la pluviométrie demeure faible au complexe GP1/Z.

**B. Les températures moyennes mensuelles**

Pour la température le complexe met en évidence l'existence de deux périodes :

- Pour une période froide allant décembre à mars.
- La saison estivale à savoir, juin, juillet, août et septembre avec des valeurs assez élevées oscillant entre 23,5°C et 30, 5°C.

**Tableau N°3.6 :** Les températures moyennes observées à la région d'Arzew en 2015

| Mois  | Jan  | Fév  | Mar | Avr  | Mai | Juin | Juil | Aout | Sep  | Oct  | Nov  | Dec |
|-------|------|------|-----|------|-----|------|------|------|------|------|------|-----|
| T°(C) | 12.5 | 14.5 | 15  | 17.5 | 20  | 23.5 | 27   | 30.5 | 25.5 | 20.5 | 17.5 | 14  |

**C. Régime et directions des vents**

Le golfe d'Arzew est ouvert à tous les vents du large depuis le Nord-Ouest jusqu'au Nord-Est. Les vents dominants sont les vents du nord ; ils soufflent généralement avec force du mois d'Octobre au mois de mai.

Les directions du vent observées à 12 h durant l'année 2015 sont réparties comme suit :

**Tableau N°3.7 :** Les directions du vent observées à la région d'Arzew en 2015.

|                   |           |
|-------------------|-----------|
| <b>Nord</b>       | 148 jours |
| <b>Nord Est</b>   | 57 jours  |
| <b>Est</b>        | 06 jours  |
| <b>Sud/Est</b>    | 05 jours  |
| <b>Sud</b>        | 08 jours  |
| <b>Sud/Ouest</b>  | 53 jours  |
| <b>Ouest</b>      | 74 jours  |
| <b>Nord-Ouest</b> | 13 jours  |
| <b>Calme plat</b> | 1         |

Le complexe est situé dans un couloir de vent qui a une vitesse de 10 m/s et les vitesses des vents sont montrés dans le tableau suivant :

**Tableau N°3.8** : La vitesse des vents.

| Direction des vents | N  | NE   | E    | SE  | S    | SW | W    | NW |
|---------------------|----|------|------|-----|------|----|------|----|
| 7h                  | 22 | 21   | 15   | 14  | 60   | 66 | 34   | 12 |
| 13h                 | 48 | 57   | 6    | 5   | 8    | 53 | 74   | 13 |
| 18h                 | 59 | 71   | 16   | 3   | 3    | 58 | 68   | 32 |
| Moyenne             | 43 | 49,6 | 12,3 | 7,3 | 23,6 | 59 | 58,6 | 19 |

La direction des vents suivant la période de la journée :

- En début de journée, la fréquence dominante est de Direction sud-ouest et une direction secondaire du sud.

- Les mi-journées sont caractérisées par trois directions prépondérantes à savoir le nord, le sud - ouest et enfin l'ouest.

- Quand à la fin de la journée, la fréquence dominante est de la direction nord avec des fréquentations secondaires sud-ouest et ouest.

#### D. Humidité

La zone côtière de l'Oranie se caractérise par une humidité relative de plus de 60% tout le long de l'année. L'humidité annuelle moyenne de la zone d'étude est de 76%, avec une moyenne de minimums de 70 % et une moyenne des maximums de 80 %.

#### E. Classes de stabilité

Le logiciel de la simulation Phast Risk 6.51 que nous avons utilisé dans cette étude possède des classes de stabilité de l'air avec des vitesses des vents.

La stabilité atmosphérique est souvent décrite à l'aide de l'échelle de Pasquill. On distingue ainsi 6 classes de stabilité allant des atmosphères très instables (A, B), aux atmosphères très stables (E, F), en passant par des atmosphères neutres (C, D).

**Tableau N°3.9** : Définition des classes de stabilité Pasquill.

| Classe | Stabilité     | Commentaire  |
|--------|---------------|--|
| A      | Très instable | Ensoleillé et vent faible                          |
| B      | Instable      | Semblable à A avec moins de soleil ou plus de vent |

|   |                        |   |
|---|------------------------|---|
| C | Modérément<br>Instable | Nuageux et assez venteux ou ensoleillé et vent<br>Faible        |
| D | Neutre                 | Peu de soleil et vent fort ou temps couvert/nuit                |
| E | Modérément stable      | Semblable à D avec ciel moins couvert et nuit<br>moins venteuse |
| F | Stable                 | Nuit avec ciel modérément nuageux et vent<br>faible/modéré      |

Dans cette étude QRA on a travaillé avec une classe de stabilité catégorie D qui représente le moyen des vitesses du vent qui est le cas le plus crédible et très proche de la réalité durant toute l'année, l'ensoleillement et les conditions générales de l'atmosphère au niveau du site.

### 1.2. Distribution de la population

La population fera l'objet de cette étude QRA que cette carte ci-dessous illustre l'ensemble de personnel qui se trouve à l'intérieur et à l'extérieur de GP1/Z.

Le nombre d'habitants est indiqué dans les tableaux N°10, N°11 :

#### A. A l'intérieur du site

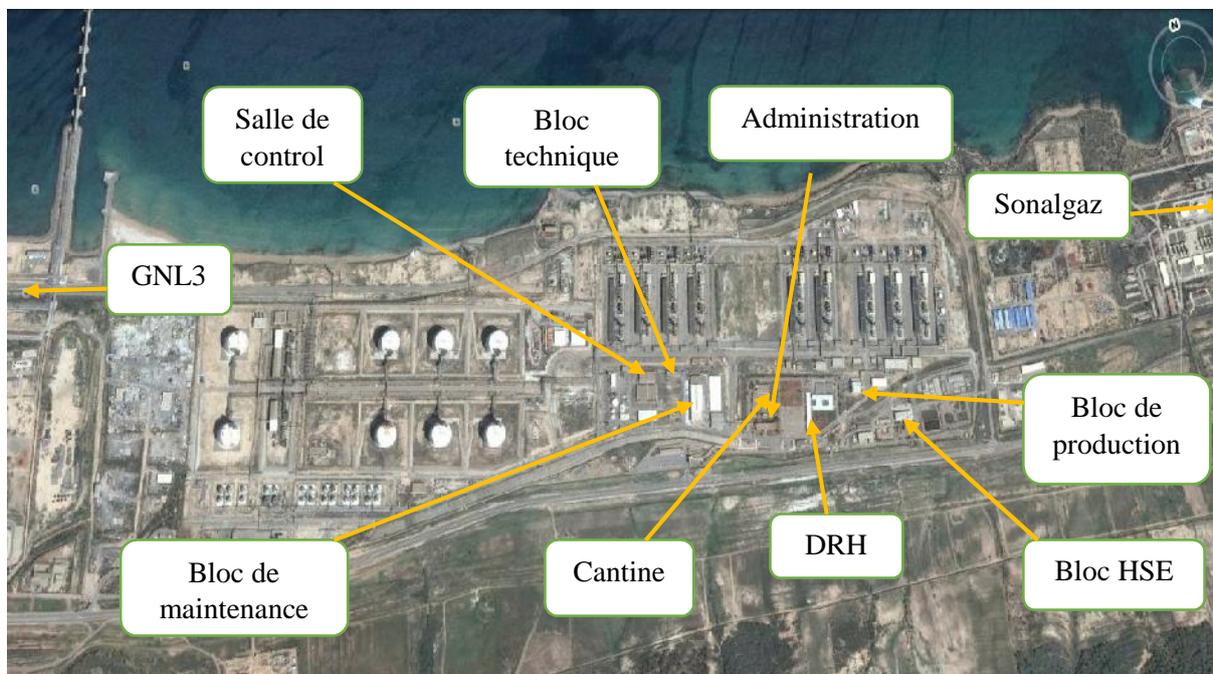
**Tableau N°3.10 :** Le nombre d'habitant par groupe de travail à l'intérieur de GP1/Z.

| Groupes de travail               | Effectifs |
|----------------------------------|-----------|
| 1. La Direction                  | 4         |
| 2. Département Sécurité          | 74        |
| 3. Département Finance           | 18        |
| 4. Département Production        | 199       |
| 5. Département Maintenance       | 127       |
| 6. Département Approvisionnement | 13        |
| 7. Département moyens généraux   | 22        |
| 8. Département Technique         | 64        |
| 9. Département Travaux neufs     | 12        |
| 10. Dpt Ressources Humaines      | 9         |
| 11. Administration et social     | 25        |
| 12. Assistance sûreté interne    | 3         |

**B. A l'extérieur du site****Tableau N°3.11** : Le nombre d'habitant par groupe de travail à l'extérieur de GP1/Z

| Localisation                         | Population |
|--------------------------------------|------------|
| ARZEW                                | 82600      |
| Ain El Biya                          | 31595      |
| Bethioua                             | 17660      |
| Mers El Hadjadj                      | 12689      |
| Complexe production électricité      | 300        |
| Centre d'intervention FIR (pompiers) | 20         |
| GNL3                                 | 415        |

**NB** : Les premières habitations sont situées à environ 4000 m du complexe GP1Z.

**Figure N°3.13** : Population autour du site GP1/Z.**1.3. Sources d'ignition**

Les hypothèses sur le choix des probabilités d'ignition sont les suivantes :

- La probabilité d'ignition immédiate est basée sur le taux de décharge et sur les caractéristiques du produit relâché.
- La probabilité d'ignition retardée est basée sur les sources d'ignition existantes sur site.

Les sources d'ignition ont été identifiées et introduites dans le modèle.

Le tableau N°12 est utilisé pour déterminer les probabilités d'ignition immédiate, basé sur la décharge et la substance.

**Tableau N°3.12** : Probabilité d'ignition immédiate basée sur le taux de décharge et la réactivité de la substance.

| Décharge    |               | Substance                                  |                        |                               |
|-------------|---------------|--|------------------------|-------------------------------|
| Continu     | Instantané    | Liquide inflammable (point d'éclair <21°C) | Gaz, peu de réactivité | Gaz, moyenne/haute réactivité |
| <10kg/s     | <1000 kg      | 0.065                                      | 0.02                   | 0.2                           |
| 10-100 kg/s | 1000-10000 kg | 0.065                                      | 0.04                   | 0.5                           |
| >100 kg/s   | > 10000 kg    | 0.065                                      | 0.09                   | 0.7                           |

**Source : Purple Book**

Pour la détermination de la probabilité d'ignition retardée, il faut d'abord identifier les sources d'ignition (sur site et hors site).

-Ce tableau récapitule les données existantes dans le logiciel Phast Risk et utiliser dans notre étude de QRA.

**Tableau N°3.13** : Probabilités d'ignition pour différentes sources d'ignition (exposition de 60 secondes).

| Type de sources | Sources d'ignition        | Probabilité d'ignition Basée sur une exposition de 60 secondes |
|-----------------|---------------------------|--|
| Point           | Torche                    | 1  |
|                 | Turbines                  | 1  |
|                 | Fours (extérieur)         | 0,9  |
|                 | Four (intérieur)          | 0,45   |
|                 | Boiler (extérieur)        | 0,45   |
|                 | Boiler (intérieur)        | 0,23   |
| Ligne           | Câble haut tension (100m) | 0,2  |
|                 | Trafic                    | /  |
| Population      | Maison                    | 0,01   |
|                 | Bureau                    | 0,01   |

**Source : Bevi Reference Manual Bevi Risk Assessments**

---

## 2. Identification des dangers et développement des scénarios d'accident

La première étape dans une étude QRA consiste à identifier tous les scénarios potentiels qui peuvent nous amener à des conséquences graves soit sur l'installation elle-même ou sur le personnel interne ou externe du site industriel et cela est relatif à la gravité de l'accident engendré par le scénario et sa probabilité d'occurrence.

### 2.1. Identification des dangers

En 2009/2010 Une analyse de risque du complexe GP1Z dans le cadre de l'étude de danger a été effectuée, utilisant la méthodologie Hazop (Hazard and Operability study).

Cette étude elle nous a permis de dresser une liste reprenant tous les accidents majeurs potentiels relatifs au complexe GP1Z, incluant toutes les mesures de prévention et de protection mise en place

Les facteurs clés dans la définition des scénarios sont :

- Le type de produit / phase relâché (gaz, liquide pressurisé, liquide cryogénique, etc.).
- Conditions à la brèche (l'inventaire, le débit d'alimentation, etc.).
- Conditions de procédé (la température et la pression).
- Localisation de la fuite (la zone, hauteur de fuite).
- Les moyens d'isolation (par SDV/ESD).

### 2.2. Définition des scénarios

Les scénarios repris dans ce tableau seront considérés dans la suite ce document comme des scénarios d'accidents majeurs.

Dans le cadre de l'étude de dangers du complexe, les potentiels de danger identifiés sont des relâchements massifs à l'atmosphère de produits inflammables suite à une perte de confinement d'une capacité ou d'une canalisation pouvant conduire à :

- Un BLEVE
- La formation d'un nuage de gaz inflammable.
- Un feu de nappe.

La localisation des potentiels de dangers et des phénomènes dangereux associés sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau N°3.14** : Liste des scénarios d'accidents majeur dans GP1/Z

| Scénario N° | Défaillance générique                                      | Équipement représentatif |
|-------------|--|--------------------------|
| 1           | Défaillance d'une sphère du stockage du GPL                | 07-T-0011                |
| 2           | Défaillance d'une ligne                                    | ML 00029                 |
| 3           | Défaillance d'un ballon                                    | V 5002                   |
| 4           | Défaillance du colonne dépentaniseur                       | V 1103                   |
| 5           | Défaillance d'une colonne dééthaniseur                     | V 1102                   |
| 6           | Défaillance d'un ballon accumulateur propane réfrigérant   | V-1009                   |
| 7           | Défaillance d'un bac de stockage propane                   | T-0003                   |
| 8           | Défaillance d'un bac de stockage butane                    | T-0007                   |
| 9           | Défaillance d'une sphère de stockage sous pression propane | T-0024                   |
| 10          | Défaillance d'un ballon condenseur                         | V-0014                   |
| 11          | Défaillance d'un ballon séparateur retour gaz              | M6 V-0022                |
| 12          | Défaillance d'un ballon séparateur                         | V-0531                   |

**NB :** Les scénarios repris dans ce tableau seront considérés dans la suite ce document comme des scénarios d'accidents majeurs.

Pour chaque phénomène dangereux, les scénarios rupture totale de la capacité a été étudié, à cause des dégâts importants qui peuvent se produire

Les types de brèches retenus permettent de couvrir l'ensemble des tailles de brèches. En effet, les types de brèches retenus sont :

- La brèche 50% retenue pour les brèches allant de 0 à 50%,
- La rupture 100% retenue pour les brèches allant de 50% à 100%.

Les modélisations sont effectuées pour les scénarios sélectionnés. Cependant pour l'étude d'une section fonctionnelle, le phénomène dangereux majorant est retenu pour le calcul de la gravité.

La gravité est évaluée à deux niveaux :

- Le personnel interne (PI),
- Les personnes hors des limites de propriété de la SONATRACH (PE).

### 2.3. Développement des scénarios

#### Perte de confinement sur la section d'arrivée et de stockage de la charge

**Scénario N°01 :** Défaillance de la sphère du stockage du GPL 07-T-0011.

#### Description de l'équipement :

Chaque groupe de sphères est équipé par 02 (PV) pour régler la pression. L'une en cas de la surpression (Soulage le block vers torche à P : 12.5 Kg/Cm<sup>2</sup>) et l'autre en cas de chute de pression (Injecte du GN dans le block à P : 2.7 Kg/Cm<sup>2</sup>).

La pression de service dans les réservoirs sphériques peut fluctuer entre ces deux limites en fonction de la tension de vapeur du G.P.L. brut et delà température ambiante.

**Tableau N°3.15 :** Caractéristiques du sphère 07-T-0011

| Section Principale               | Produit          | Fonction                  | Volume (m <sup>3</sup> ) | P service (b Abs) | T service (°C) | Fréquence de défaillance                     |
|----------------------------------|------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------|----------------|--|
|                                  |                  |                           |                          |                   |                | Rupture ou vidange de l'inventaire en 10 min |
| Arrivée et stockage de la charge | Mélange C3 et C4 | Stockage arrivée GPL BRUT | 1000                     | 7-9               | 25             | 5,5.10 <sup>-6</sup>                         |

#### L'événement redouté

L'événement redouté est une rupture complète et instantanée des sphères. Les fuites seront également étudiées (fuite du taille 75 mm). Le scénario étudié est donc la perte de confinement d'une quantité importante du GPL.

Les phénomènes dangereux redoutés sont :

- UVCE.
- BLEVE.

**Scénario N°02 :** Défaillance d'une ligne ML 00029.

Le site comporte une multitude de lignes, pour étudier ce scénario en détails, la ligne majorant est choisie afin de représenter l'ensemble des lignes. Les critères de sélection principaux sont la longueur, le diamètre, la pression et le débit de la ligne.

#### Description de l'équipement

La sélection se porte sur la ligne ML 00029 reliant la pompe FV 0004 au vanne entrée train XV 5001 en alimentant le train par le GPL brut du fait de la très haute pression régnante dans la ligne (34 b abs) et du débit élevé (1440 m<sup>3</sup>/h), on a pris cette ligne représentative de toutes les autres lignes.

**Tableau N°3.16 : Caractéristiques d'une ligne ML 00029**

| Section Principale | Produit  | Diamètre | Longueur (m) | P service (b abs) | T service (°C) | Débit Procédé kg/h     | Fréquence de défaillance |                     |
|--------------------|----------|----------|--------------|-------------------|----------------|------------------------|--------------------------|---------------------|
|                    |          |          |              |                   |                |                        | Brèche 50%               | Brèche 100%         |
| Déshydratation     | GPL brut | 16"      | 1800         | 34                | 25             | 1440 m <sup>3</sup> /h | 2.10 <sup>-07</sup>      | 1.10 <sup>-07</sup> |

**L'événement redouté**

Pour les caractéristiques du modèle, une température opératoire égale à la température de service de 25°C et la pression égale à la pression de service de 34 b Abs.

- La masse contenue dans la ligne : avec un diamètre de 16'' et une longueur de 1800 mètres, le volume calculé dans la ligne est de 233.37 m<sup>3</sup>.

Le temps de fuite est pris égal à 10 min. (celle qu'on va utiliser dans la modélisation) avec le débit cité dans le tableau précédent (1440 m<sup>3</sup>/h).

Vu les moyens de protection installés, on considère un temps de fuite égal à 10 min.

- Le scénario est une rupture de ligne avec le temps de fuite ajustée à 10 minutes.
- La hauteur de libération a été estimée à 1 mètre.
- La direction de libération est horizontale.

**Perte de confinement sur la section de déshydratation**

**Scénario N°03 : Défaillance du ballon V 5002.**

**Description de l'équipement**

La section comporte une multitude de séparateur. Afin de les représenter, le séparateur eau/gaz V5002 est un ballon de capacité 55 m<sup>3</sup> est étudié en raison de la pression élevée et du volume important.

**Tableau N°3.17 : Caractéristiques du ballon V 5002.**

| Section Principale | Fonction           | Produit | Volume (m <sup>3</sup> ) | P service (b abs) | T service (°C) | Débit Procédé kg/h    | Fréquence de défaillance                     |
|--------------------|--------------------|---------|--------------------------|-------------------|----------------|-----------------------|--|
|                    |                    |         |                          |                   |                |                       | Rupture ou vidange de l'inventaire en 10 min |
| Déshydratation     | Séparateur eau/gaz | GN      | 55                       | 20                | 25             | 120 m <sup>3</sup> /h | 1.10 <sup>-05</sup>                          |

**L'événement redouté**

L'éclatement de la capacité suite à un défaut de régulation PV-1001 ou bien entraînement de GN causé par LV-1002 trop ouvert. Donc le scénario étudié est la perte de confinement d'une grande quantité de gaz naturel.

**Scénario N°04 :** Défaillance de colonne dépentaniseur V 1103.

**Description de l'équipement**

Le produit de fond du fractionnateur est envoyé vers le dépentaniseur V1103 (Qui contient 50 plateaux) commun à l'ensemble des trains, afin de réduire sa teneur en pentane.

Le butane sortant de la tête de dépentaniseur, est envoyé à la section de réfrigération. Le pentane recueilli du fond du dépentaniseur sera refroidi par aéroréfrigérant et envoyé vers le stockage ambiant.

**Tableau N°3.18 :** Caractéristiques du colonne dépentaniseur V 1103

| Section Principale | Fonction   | Produit         | Volume (m <sup>3</sup> ) | P service (b abs) | T service (°C) | Débit Procédé kg/h    | Fréquence de défaillance                    |
|--------------------|------------|-----------------|--------------------------|-------------------|----------------|-----------------------|---|
|                    |            |                 |                          |                   |                |                       | Rupture ou vidange de l'inventeur en 10 min |
| Séparation         | Séparation | Butane +pentane | 430 (50% rempli)         | 6.5               | 59.3<br>102.1  | 240 m <sup>3</sup> /h | 1.10 <sup>-02</sup>                         |

**L'événement redouté**

L'augmentation du débit contribue à une grande ouverture du FV -1002 qui va donner naissance à une fuite et dans l'autre cas un moins de débit La FV-1002 se ferme et on risque l'éclatement de la colonne. L'événement redouté est une rupture complète et instantanée de la colonne. Le scénario étudié est donc la perte de confinement d'une quantité importante de butane. Autre évènement prise dans la modélisation c'est d'avoir une grande fuite au niveau des lignes de connexion en tête et en bas de la colonne.

Le phénomène dangereux redouté est :

- (UVCE).

**Scénario N°05 :** Défaillance du colonne dééthaniseur V 1102.

**Description de l'équipement**

Dans le but de produire du propane commercial, plus au moins pur, les produits de tête de colonne passent au dééthaniseur, ce dernier est une colonne de fractionnement équipée de 25 plateaux à clapets. Le gaz riche en éthane sortant de la partie supérieure du dééthaniseur est utilisé comme combustible du four.

**Tableau N°3.19 : Caractéristiques de colonne dééthaniseur V 1102**

| Section Principale | Fonction   | Produit | Volume (m <sup>3</sup> ) | P service (b abs) | T service (°C) | Débit Procédé kg/h    | Fréquence de défaillance                    |
|--------------------|------------|---------|--------------------------|-------------------|----------------|-----------------------|---|
|                    |            |         |                          |                   |                |                       | Rupture ou vidange de l'inventeur en 10 min |
| Séparation         | Séparation | Propane | 40                       | 22                | 45             | 140 m <sup>3</sup> /h | 1.10 <sup>-03</sup>                         |

**L'événement redouté**

L'événement redouté est une rupture complète et instantanée de la colonne. Le scénario étudié est donc la perte de confinement d'une quantité importante de propane.

Autre évènement prise dans la modélisation c'est d'avoir une grande fuite au niveau des lignes de connexion en tête et en bas de la colonne.

Le phénomène dangereux redouté est :

- (UVCE).

**Perte de confinement sur la section de réfrigération**

**Scénario N°06 : Défaillance du ballon accumulateur propane réfrigérant V-1009.**

**Description de l'équipement**

D'une capacité de 65 m<sup>3</sup>, ce ballon est conçu pour récupérer le propane réfrigérant refoulé par le compresseur, une fois condensés dans les aéros E-N027, sa pression est contrôlée par le PIC-N221, ce dernier agit en split-range soit sur l'inclinaison des aéros pour refroidir ou sur l'ouverture de la PV-N221 pour les contourner et chauffer davantage, en cas où la pression dépasse 17.2 Kg/Cm<sup>2</sup> la PV-N219 s'ouvre vers torche (Sous contrôle du PIC-N219).

**Tableau N°3.20 : Caractéristiques du ballon accumulateur propane réfrigérant V-1009**

| Section Principale | Fonction | Produit | Volume (m <sup>3</sup> ) | P service (b abs) | T service (°C) | Fréquence de défaillance                    |
|--------------------|----------|---------|--------------------------|-------------------|----------------|---|
|                    |          |         |                          |                   |                | Rupture ou vidange de l'inventeur en 10 min |
| Réfrigération      | Ballon   | Propane | 65 (rempli à 50%)        | 13                | 35             | 1.10 <sup>-05</sup>                         |

**L'événement redouté**

Une augmentation de la pression conduit à un éclatement de tubes dans un des échangeurs et donc à l'éclatement du ballon. Donc le scénario étudié est la perte de confinement d'une grande quantité de propane.

### Perte de confinement sur la section bacs de stockage

**Scénario N°07** : Défaillance Bac de stockage Propane T-0003.

#### Description de l'équipement

Le bac de stockage du Propane T-0003 assure la capacité requise du propane de qualité commerciale pendant les intervalles d'opérations de chargement de navires, le débit de calcul de ce bac est 786 t/h. Chaque bac est également doté de trois pompes de chargement (pompes de chargement de propane réfrigéré pour bac de propane). Les bacs sont construits en béton pré-contraint.

**Tableau N°3.21** : Caractéristiques du Bac de stockage Propane T-0003

| Section Principale                      | Fonction                   | Produit | Volume (m <sup>3</sup> ) | P service (b Abs) | T service (°C) | Fréquence de défaillance                                     |
|---|----------------------------|---------|--------------------------|-------------------|----------------|--|
|   |                            |         |                          |                   |                | Rupture ou vidange de l'inventeur en 10 min Double enveloppe |
| Section de stockage produits réfrigérés | Stockage basse température | Propane | 70000                    | 0.08              | -45            | 1,3.10 <sup>-08</sup>  |

#### L'événement redouté

Pour le bac on parle de risque de la rupture du bac causé par une augmentation de pression qui sera suivie d'un PV-0438 trop ouverte. Donc l'événement redouté est une rupture complète et instantanée du bac de propane. Le scénario étudié est donc la perte de confinement d'une quantité importante de propane (C<sub>3</sub>).

Autre évènement prise dans la modélisation c'est d'avoir une grande fuite au niveau du bac.

Les phénomènes dangereux redoutés sont :

- Un feu de flaque en cas d'ignition de la flaque
- Une explosion retardée (UVCE)
- Un feu flash suite à l'évaporation de la flaque et à une ignition retardée.

Le Boilover du bac est également envisagé. Le Boilover est un effet secondaire survenant en cas de feu de bac. La possibilité de survenance du phénomène de Boilover est conditionnée par trois paramètres :

- La présence d'eau en fond du bac de stockage étudié.
- Une viscosité du liquide stocké suffisamment élevée.
- Un feu apportant une énergie thermique au bac.

**Scénario N°08 : Défaillance Bac de stockage butane T-0007.**

### Description de l'équipement

Comme le bac de stockage du propane le bac de stockage du butane T-0007 est construit en béton pré-contraint dans le but de stocker le butane à une température de -6 °C. Le débit de calcul de ce bac est 702t/h.

**Tableau N°3.22 : Caractéristiques du Bac de stockage butane T-0007**

| Section Principale                      | Fonction                   | Produit | Volume (m <sup>3</sup> ) | P service (b Abs) | T service (°C) | Fréquence de défaillance  |
|---|----------------------------|---------|--------------------------|-------------------|----------------|---|
|   |                            |         |                          |                   |                | Rupture ou vidange de l'inventeur en 10 min<br>Double enveloppe |
| Section de stockage produits réfrigérés | Stockage basse température | Butane  | 70000                    | 0.08              | -6             | 1,3.10 <sup>-08</sup>   |

### L'événement redouté

La même chose comme le bac du propane, le bac du butane est exposé au même risque sauf qu'il est causé par la grande ouverture HV-0353

Autre évènement prise dans la modélisation c'est d'avoir une grande fuite au niveau du bac.

Les phénomènes dangereux redoutés sont :

- Un feu de flaque en cas d'ignition de la flaque.
- Une explosion retardée (UVCE).
- Un feu flash suite à l'évaporation de la flaque et à une ignition retardée.

### Perte de confinement sur le stockage de produits finis à température ambiante

**Scénario N°09 : Défaillance d'une sphère de Stockage sous pression Propane T-0024**

### Description de l'équipement

Le sphère de stockage sous pression propane T-0024 est un réservoirs de capacité 500 m<sup>3</sup>, la pression dans le sphère varie en fonction de la température.

**Tableau N°3.23** : Caractéristiques d'une sphère de stockage sous pression Propane T-0024

| Section Principale                                | Stockage               | Produit | Volume (m <sup>3</sup> ) | P service (b abs) | T service (°C) | Fréquence de défaillance                                     |
|---|------------------------|---------|--------------------------|-------------------|----------------|--|
|   |                        |         |                          |                   |                | Rupture ou vidange de l'inventeur en 10 min Double enveloppe |
| Stockage de produits finis à température ambiante | Stockage sous pression | Propane | 500                      | 8                 | 25             | 5,5.10 <sup>-06</sup>  |

### L'événement redouté

L'événement redouté est une rupture complète et instantanée de la sphère. Le scénario étudié est donc la mise à l'atmosphère quasi instantanée du propane. Le phénomène qui en découlera est connu sous le nom de BLEVE.

### Perte de confinement sur la section BOG

**Scénario N°10** : Défaillance du Ballon condenseur V-0012.

#### Description de l'équipement

Le ballon condenseur V-0012 c'est réservoir de récupération de propane condensé, il est pris dans le cadre de notre étude à cause de son grand volume et sa pression importante par rapport au ballon condenseur V-0014 du butane.

**Tableau N°3.24** : Caractéristiques du Ballon condenseur V-0012.

| Section Principale | Stockage  | Produit | Volume (m <sup>3</sup> ) | P service (b abs) | T service (°C) | Fréquence de défaillance                    |
|--------------------|-----------|---------|--------------------------|-------------------|----------------|---|
|                    |           |         |                          |                   |                | Rupture ou vidange de l'inventeur en 10 min |
| BOG                | Réservoir | Propane | 30 (50% rempli)          | 26                | 50             | 1.10 <sup>-05</sup>                         |

### Perte de confinement sur la section chargement navires

**Scénario N°11** : Défaillance du Ballon séparateur retour gaz M6 V-0022.

#### Description de l'équipement

Le ballon séparateur M6 V-0022 est considéré dans notre étude l'équipement le plus dangereux dans la section chargement navire, il représente un volume important par rapport aux autres équipements qui se trouvent cette section.

**Tableau N°3.25 : Caractéristiques Ballon séparateur retour gaz M6 V-0022.**

| Section Principale | Stockage          | Produit | Volume (m <sup>3</sup> ) | P service (b abs) | T service (°C) | Fréquence de défaillance                    |
|--------------------|-------------------|---------|--------------------------|-------------------|----------------|---|
|                    |                   |         |                          |                   |                | Rupture ou vidange de l'inventeur en 10 min |
| Chargement Navire  | Ballon Séparateur | Butane  | 20 m <sup>3</sup> vapeur | 1.5 abs           | 2              | 1.10 <sup>-05</sup>                         |

**L'événement redouté**

L'UVCE est la conséquence la plus dotée au niveau du M6 V- Ballon séparateur retour gaz 0022 qui peut être causé par agression externe suite un choc mécanique donc la perte d'étanchéité externe.

**Perte de confinement sur la section utilités gaz naturel**

**Scénario N°12 : Défaillance du Ballon Séparateur V-0531.**

**Description de l'équipement**

C'est un ballon conçu pour éliminer la buée résiduelle dans le gaz. (Pour désembuer le GN et le rendre propre) afin d'éviter le givrage par détente dans les vannes de contrôle.

**Tableau N°3.26 : Caractéristiques Ballon Séparateur V-0531.**

| Section Principale              | Stockage          | Produit | Volume (m <sup>3</sup> ) | P service (bar) | T service (°C) | Fréquence de défaillance(/an)               |
|---------------------------------|-------------------|---------|--------------------------|-----------------|----------------|---|
|                                 |                   |         |                          |                 |                | Rupture ou vidange de l'inventeur en 10 min |
| La section utilités gaz naturel | Ballon Séparateur | GN      | 9                        | 21              | 13             | 1.10 <sup>-05</sup>                         |

**L'événement redouté**

Le Ballon séparateur V-0531 à cause de la grande pression risque éclatement de la capacité lorsque PV-5551 ou PV-5558 seront trop ouvertes. Donc le scénario étudié dans ce cas-là est la perte de confinement d'une grande quantité de GN.

### 3. Analyse des fréquences

#### 3.1. Ignition et Probabilité d'explosion

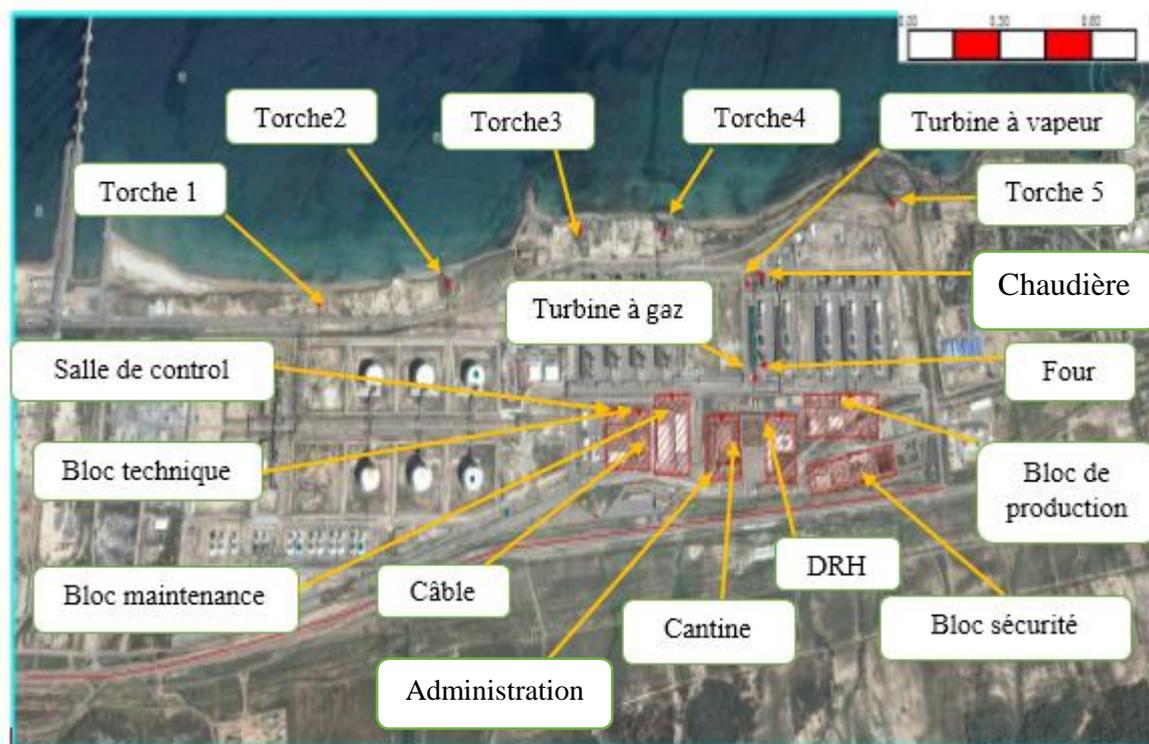
Les sources d'ignition sur le site GP1/Z et dans les environs sont présentées sur la figure et spécifiées dans le tableau ci-dessous. Toutes les probabilités sont applicables pour une période de 60s (durée de passage de nuage inflammable).

Il est à noter que la population externe prise en considération comme source d'ignition en PHAST Risk.

**Tableau N°3.27** : Probabilités d'ignition pour les sources d'ignition du site GP1/Z

| Source d'ignition                 | Probabilité d'ignition |
|-----------------------------------|------------------------|
| Torches (1,2,3,4,5)               | 1                      |
| Fours                             | 0.9                    |
| Chaudière                         | 0.23                   |
| Salle de control                  | 0.03                   |
| Bloc technique                    | 0.03                   |
| Bloc maintenance                  | 0.03                   |
| DRH                               | 0.03                   |
| Cantine                           | 0.03                   |
| Bloc de production                | 0.03                   |
| Bloc de sécurité                  | 0.03                   |
| Administration                    | 0.03                   |
| Turbine à gaz et à vapeur         | 1                      |
| Lignes électriques à haut tension | 0.2 pour 100m          |

La figure N°14 représente les sources d'ignition existantes dans GP1/Z et utilisé dans l'étude.



**Figure N°3.14** : Sources d'ignition existant au sein de GP1/Z.

### 3.2. Seuils d'Impact

Dans le cadre de cette étude, le calcul de risque pour les personnes est basé sur des seuils d'effets létaux utilisés mondialement pour le calcul des risques externes. Ces seuils sont définis suivant la durée et l'intensité de l'exposition aux effets radiatifs, de surpression ou d'éventuels impacts toxiques. [11]

Pour les feux,

- On utilise un taux de létalité de 100% à partir d'un niveau de radiation de 35 KW/m<sup>2</sup>.
- Une valeur de 10 KW/m<sup>2</sup> correspond à 1% létalité pour des personnes situées à l'extérieur.
- De manière conservatrice, on suppose que la probabilité de létalité est de 100% pour un individu situé dans le nuage inflammable défini par la LII en cas de feu flash (sans faire la distinction entre les personnes qui se trouvent à l'intérieur ou à l'extérieur du site).

- La fonction Probit suivante est utilisée pour les effets radiatifs :

$$Y = -36,25 + 2,56 \ln(D) \text{ avec : } D = Q_{4/3} * t$$

- Pour les effets de surpression, les taux de létalité sont définis par les seuils de 100 et 300 mbar (valeurs utilisées aux Pays-Bas et par défaut dans PHAST Risk).

- A partir de 300 mbar, on considère 100% de létalité, en dessous 100 mbar, 0% de fatalité.

- Entre 100 et 300 mbar, le taux de létalité dépend de la localisation des personnes exposées (c'est-à-dire, si elles se trouvent à l'intérieur ou à l'extérieur du site).

Les différentes valeurs utilisées dans notre étude sont renseignées dans le tableau N°28 :

**Tableau N°3.28 : Taux de fatalité vis-à-vis du niveau de radiation et de surpression**

| Dangers          | Niveau D'impact                                     | Risque Individuel        | Taux de létalité (Population externe) | Taux de létalité (Population interne) |
|------------------|---|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Feu de chalumeau | >37.5kw/m <sup>2</sup>                              | 1                        | 1                                     | 1                                     |
|                  | <37.5kw/m <sup>2</sup>                              | P léta (basé sur probit) | 0.14 P léta                           | 0                                     |
| Feu de flash     | Nuage à LII   | 1                        | 1                                     | 1                                     |
| Explosion        | >300 mbar   | 1                        | 1                                     | 1                                     |
|                  | 100-300 mbar  | 0                        | 0                                     | 0.25                                  |
|                  | <100 mbar   | 0                        | 0                                     | 0                                     |
| Boule de feu     | Rayon >37.5kw/m <sup>2</sup> <37.5kw/m <sup>2</sup> | 1                        | 1                                     | 1                                     |
|                  |   | P léta (basé sur probit) | 0.14 P léta                           | 0                                     |

**Remarque :**

Il n'est pas toujours aisé de modéliser des mélanges complexes afin de simuler les effets d'un accident majeur. Pour pallier cet inconvénient, les méthodes suivantes sont appropriées :

1. choisir le composant dominant dans le mélange et modéliser la substance avec ce composant.
2. choisir un composant pur dans la base de données dont les propriétés ressemblent à celles du mélange.
3. Choisir le composant dominant dans le mélange et ajuster ses propriétés physiques afin de prendre en compte l'effet des autres composant.

Dans le cas où on étudie Le GPL (sphère de stockage), Ce dernier est un mélange majoritairement composé de propane. Cet élément a été choisi pour se rapprocher davantage des propriétés physico-chimiques, inflammables et toxicologiques du mélange présenté.

**4. Analyse des conséquences**

L'analyse des conséquences consiste à évaluer les différentes évolutions possibles des scénarios retenus et à modéliser leurs impacts à l'aide du logiciel PHAST Risk (version 6.51).

Le programme de calcul PHAST simule la perte de confinement de la substance dangereuse (termes source : débit à la brèche, état physique du rejet, conditions de service... etc.), puis son évolution (formation d'un nuage, ...) et enfin les phénomènes dangereux associés (feu chalumeau, boule de feu, explosion, ...etc.).

**1.** Les événements avec ignition immédiate sont : feu chalumeau, feu de flaque et boule de feu

-Le feu de chalumeau est modélisé horizontalement dans chaque cas (approche conservative).

-Toutes les décharges instantanées ou très rapides (< 20s) sont modélisées comme boule de feu.

-Les autres décharges (en cas d'ignition immédiate) sont modélisées comme feu chalumeau.

**2.** Evénements avec ignition retardée (feu flash et UVCE) :

-Les nuages de vapeurs inflammables sont superposés sur une grille définie dans PHAST Risk selon la rose de vent. Pour chaque décharge et chaque direction de vent, le modèle détermine la probabilité d'ignition basée sur l'input des sources d'ignition (troues, bâtiments de contrôles, routes, ...). En cas d'ignition, on considère une probabilité d'apparition de feu flash de 60% et de UVCE de 40%.

-La portée du feu flash se limite à la distance à laquelle se trouve la LII (limite inférieure d'inflammabilité).

-L'enveloppe du nuage inflammable pour l'explosion est aussi limitée au LII (limite inférieure d'inflammabilité) comme pour les feux flash.

## **5. Présentation du logiciel phast risk**

Dans notre travail, la modélisation des conséquences des phénomènes dangereux est élaborée à l'aide de l'outil SAFETI (PHAST RISK). Cet outil de DNV Software fournit une méthode conviviale pour l'industrie en vue de réaliser des évaluations quantitatives des risques pour des installations onshore chimiques et pétrochimiques.

### **5.1. Définition :**

PHAST RISK est l'outil le plus avancé pour la quantification des risques des industries de procédés. Il est conçu pour réaliser dans un cadre de travail structuré tous les éléments d'une évaluation quantitative du risque (QRA) tels que les calculs, les traitements de données et la présentation de résultats.

PHAST RISK analyse les conséquences complexes des scénarios accidentels prenant en compte les populations locales, l'occupation des sols et les conditions météorologiques pour quantifier les risques associés aux fuites de produits chimiques dangereux et incorpore la modélisation des conséquences de PHAST qui est lui-même un logiciel de référence dans l'industrie.

### **5.2. Caractéristiques de PHAST RISK**

- Modélisation de dispersion intégrée.
- Gamme large de modèles d'effets inflammables et toxiques.
- Intègre courbes de niveau de risque et courbes FN (fréquences-décès).
- Hiérarchisation du risque de scénarios de défaillance.
- Définition des sources d'ignition et des données de population.

### **5.3. Avantages**

- Facilite la réduction des coûts en termes de pertes et d'assurances.
- Hiérarchise les risques et identifie les zones dangereuses pour faciliter de possibles réductions des risques.
- Fournit une traçabilité et une uniformité dans les calculs.
- Génère des courbes F/N pour comparaison avec les critères d'acceptation définis par l'utilisateur.
- Intègre la modélisation des conséquences de PHAST pour l'analyse des risques.
- Permet l'incorporation de l'évaluation quantitative du risque (QRA) pour les activités de gestion continue de votre site.

---

**Conclusion**

Dans le cadre de ce chapitre, nous avons appliqué l'approche quantitative d'analyse des risques QRA sur le complexe GP1/Z. Cette application qui a été faite moyennant l'outil informatique SAFETI, nous a permis d'estimer l'ampleur des effets dangereux et visualiser les différents contours du risque individuel et associés.

L'application de ce genre d'approche qui consiste principalement à estimer les fréquences des scénarios d'accidents potentiels et analyser leurs conséquences, s'avère délicate. Beaucoup de difficultés ont été soulevées à savoir le manque de données sur le système et son environnement et l'incertitude au niveau des paramètres des modèles utilisés, les probabilités d'ignitions et les paramètres physiques tels que la température ambiante, .....etc.

# Chapitre 4

## Résultats et interprétations

## 1. Définitions et critères

Le but des critères de risque est de traduire une estimation numérique du risque par des valeurs indiquent la probabilité de mortalité et qui reflètent le niveau de risque existant (par exemple, la fréquence de subir un effet létal est de  $10^{-3}/\text{an}$ ) en un jugement (le risque est-il acceptable ?).

Notons qu'après une recherche sur l'information, les autorités Algériennes ainsi que SONATRACH En se basant sur le critère d'acceptabilité (risque maximum tolérable) est arrêté à  $10^{-5}/\text{an}$  [15], mais pour notre étude on a fait référence à un éventail de critères largement acceptés internationalement, on parle du critère défini par la Grande-Bretagne, qui est considéré le plus sévère permet tous les critères existants.

### 1.1. Critère du risque individuel

UK HSE (**La Grande-Bretagne**) utilise les critères suivants pour le risque individuel :

- Risque Maximum tolérable pour la population :  $10^{-3}/\text{an}$ .
- Risque Négligeable (ou largement acceptable) :  $10^{-5}/\text{an}$ .

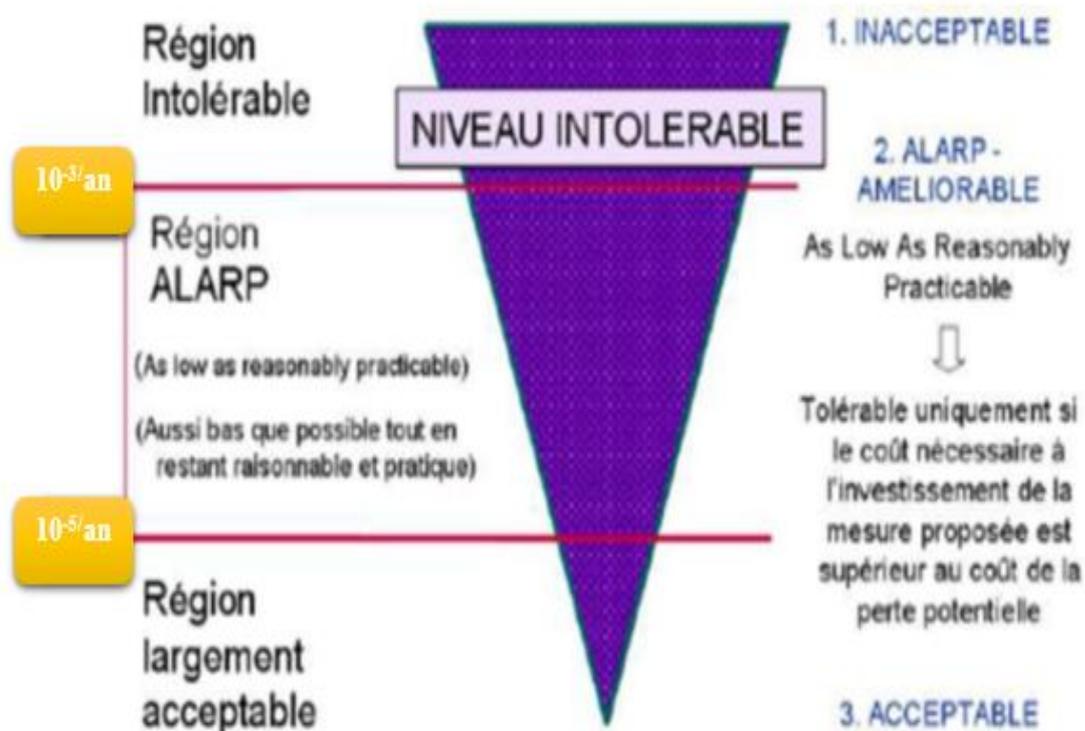


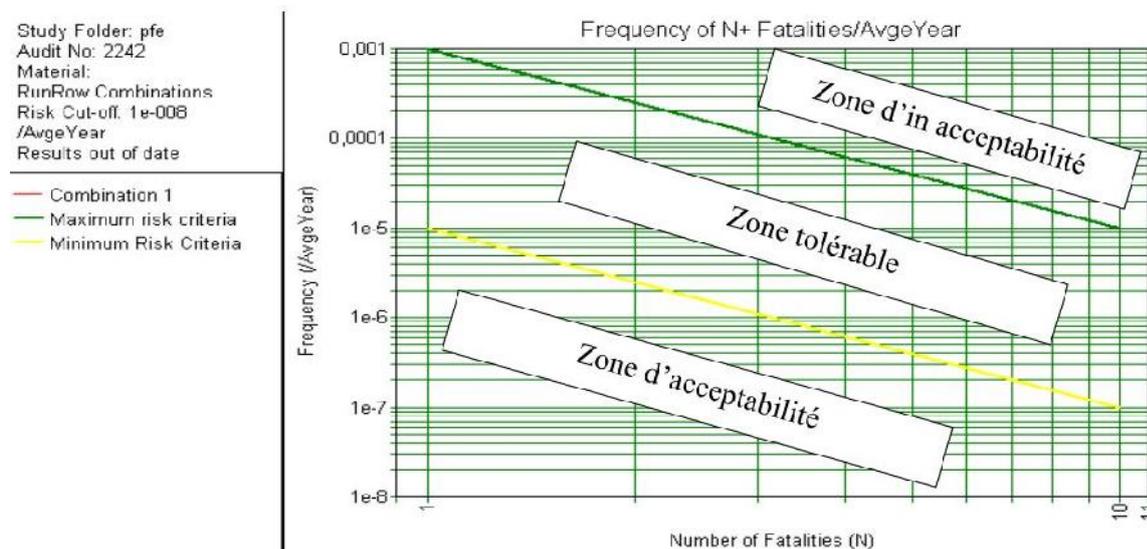
Figure N°4.15 : Niveau de risque selon la référence

## 1.2. Critère du risque sociétal

Le risque sociétal représente le risque pour un groupe de personnes. Le HSE a entrepris une étude reprenant plusieurs sites industriels afin de connaître les risques imposés par la zone industrielle sur la population avoisinante (Canvey Study – 1978 et 1981) et de définir des critères d'acceptabilité pour le risque sociétal.

Concernant le risque sociétal, le seuil est donné par des fonctions de type hyperbolique dans le plan (F, N) afin de traduire l'aversion qu'éprouve la société à l'égard des accidents rares mais dramatiques (le seuil est de  $10^{-3} / N^2$  pour tous les types d'installation).

Lorsqu'un risque est jugé inacceptable, des mesures de réduction sont impérativement adoptées. [15] La figure N°16 représente ces critères :



**Figure N°4.16 :** Critères d'acceptabilités de risque sociétal

Notons que la courbe F/N ne va pas jusqu'à N=1. Ceci est une convention normale lors de la définition des critères de risque sociétal suite à une possible confusion entre le risque individuel et le risque sociétal.

### 1.3. Zone ALARP

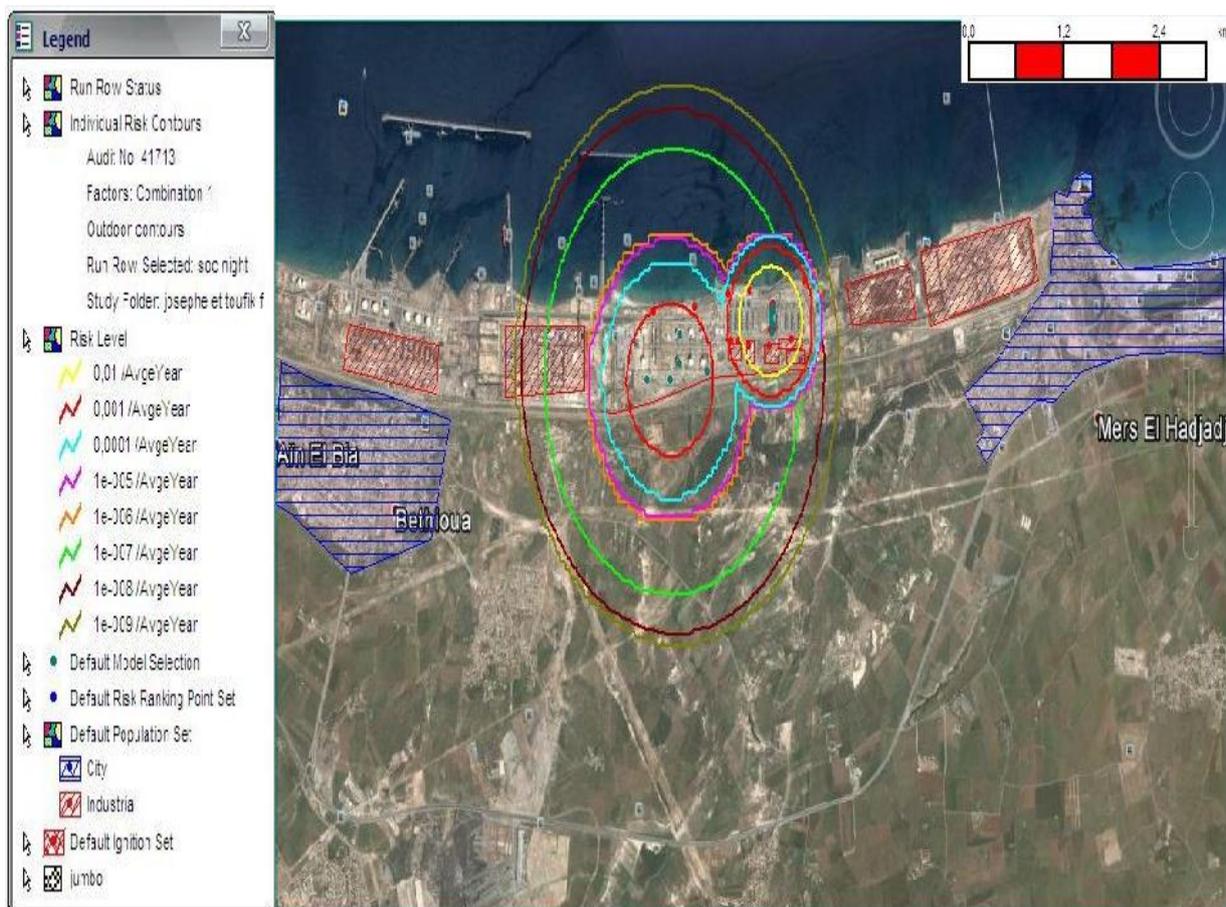
La zone entre risque acceptable et le risque non-acceptable est appelée la zone ALARP

On peut considérer que le risque est ALARP si :

- La réduction de risque n'est pas pratique ou si les coûts sont disproportionnés par rapport au risque à réduire.
- Les mesures existantes correspondent aux bonnes pratiques.
- Tous les aspects et mesures de sécurité sont bien étudiés.
- Les risques sont révisés périodiquement.

### 2. Contours du risque individuel

La figure N°17 montre les contours de risque individuel de GP1/Z .



**Figure N°4.17 : Contours du risque individuel GP1/Z**

#### Interprétation :

Les courbes de risque les plus élevés de  $10^{-2}$ /an (contours jaune) et  $10^{-3}$ /an (contours rouge) et  $10^{-4}$ /an (contours bleu) restent à l'intérieur des limites du site industriel, d'une superficie qui dépasse 500 km<sup>2</sup>.

Le risque individuel auquel les opérateurs sont exposés ( $10^{-2}/\text{an}$ ) est jugé inacceptable, puisqu'il dépasse le Risque Maximum tolérable pour la population :  $10^{-3} / \text{an}$ , il dépasse la région ALARP.

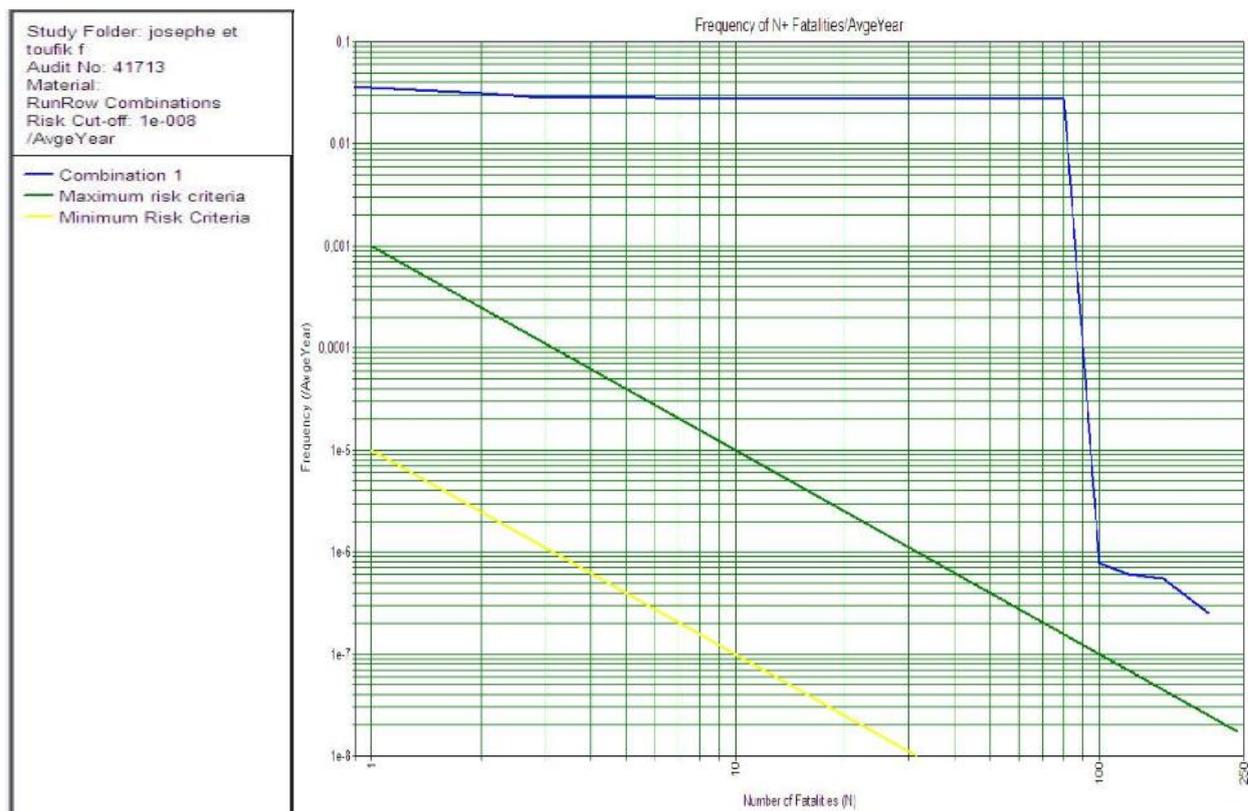
La zone la plus critiques dans le site c'est la section de séparation et la section de stockage des équipements (les dépentaniseur, dééthaniseur, bacs...), donc par une première vision la population la plus proche de ces 02 sections est exposée à un niveau de risque très élevé, il varie entre  $10^{-2}/\text{an}$  et  $10^{-3}/\text{an}$ .

Les populations concernées par ce niveau de risque sont : la salle de contrôle, bloc maintenance, bloc technique, bloc production et moins touché sera le bloc de sécurité qui est éloigné et qui se trouve à une hauteur de 60 m par rapport au site.

Parmi ces derniers le bloc de production est la cible la plus vulnérable vu sa localisation dans le site, elle est située à l'intérieur de courbe de risque de  $10^{-2}/\text{an}$  à une distance d'environ 35 m du dépentaniseur.

### 3. Le risque sociétal par la courbe F / N

La figure N°18 montre la courbe de risque sociétal de GP1/Z :



**Figure N°4.18 :** Le risque sociétal de GP1/Z par la courbe F/N

Après la simulation des données dans phast risk La courbe F/N du risque sociétal (couleur bleu) trouvé est situé dans la zone de risque inacceptable, donc dans ce cas la situation est indésirable par rapport aux critères cités ultérieurement.

#### 4. Sélection des scénarios majeurs

##### 4.1. Calcul du PLL (potentiel loss of live)

PLL est l'exposition annuelle des risques de l'ensemble de l'installation, et est donc une mesure importante du risque global, Les valeurs PLL peuvent être présentées avec les différentes contributions, provenant de différents risques qui lui sont applicables.

La valeur de PLL trouvé dans cette étude QRA de GP1/Z est :  $2,5688 \cdot 10^{-2}$  fatalités/an c.-à-d. que ce complexe GP1/Z va engendrée un décès chaque **38.93 ans**.

Les cinq scénarios qui contribuent dans cette valeur avec un pourcentage de 60% sont représentés dans la figure N°19 :

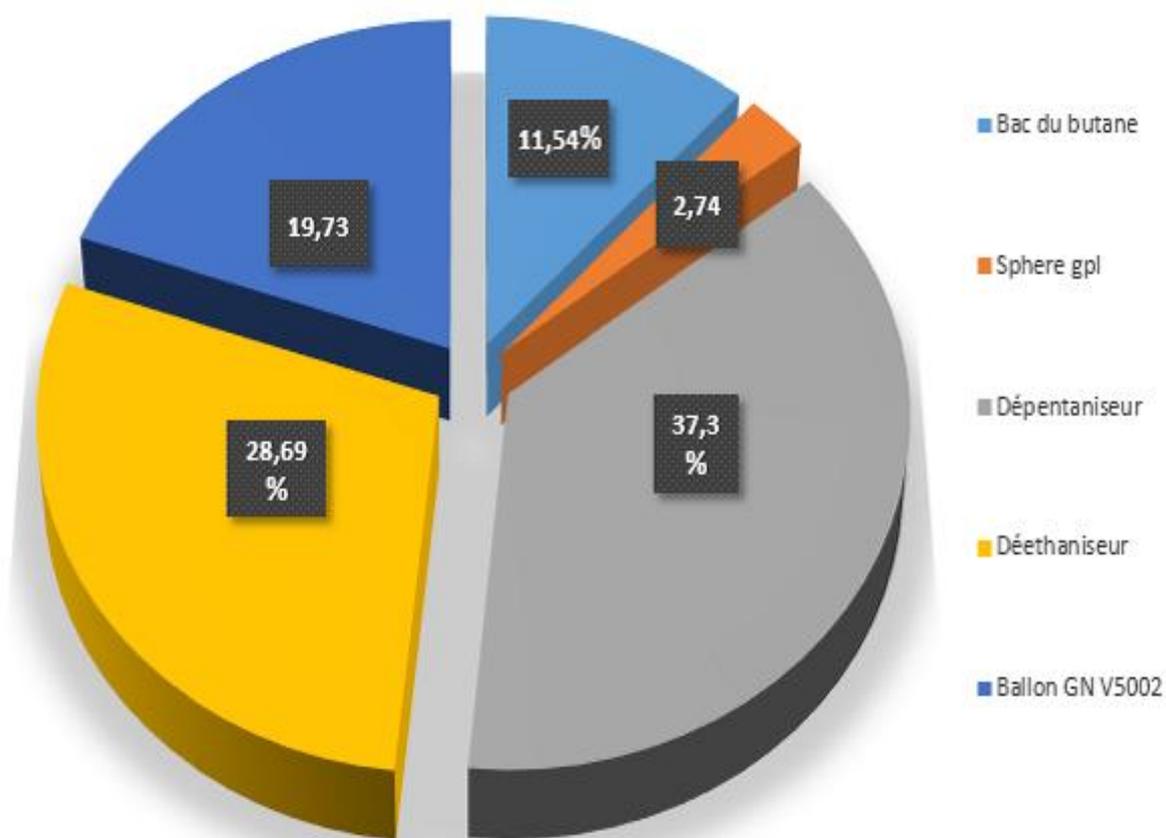
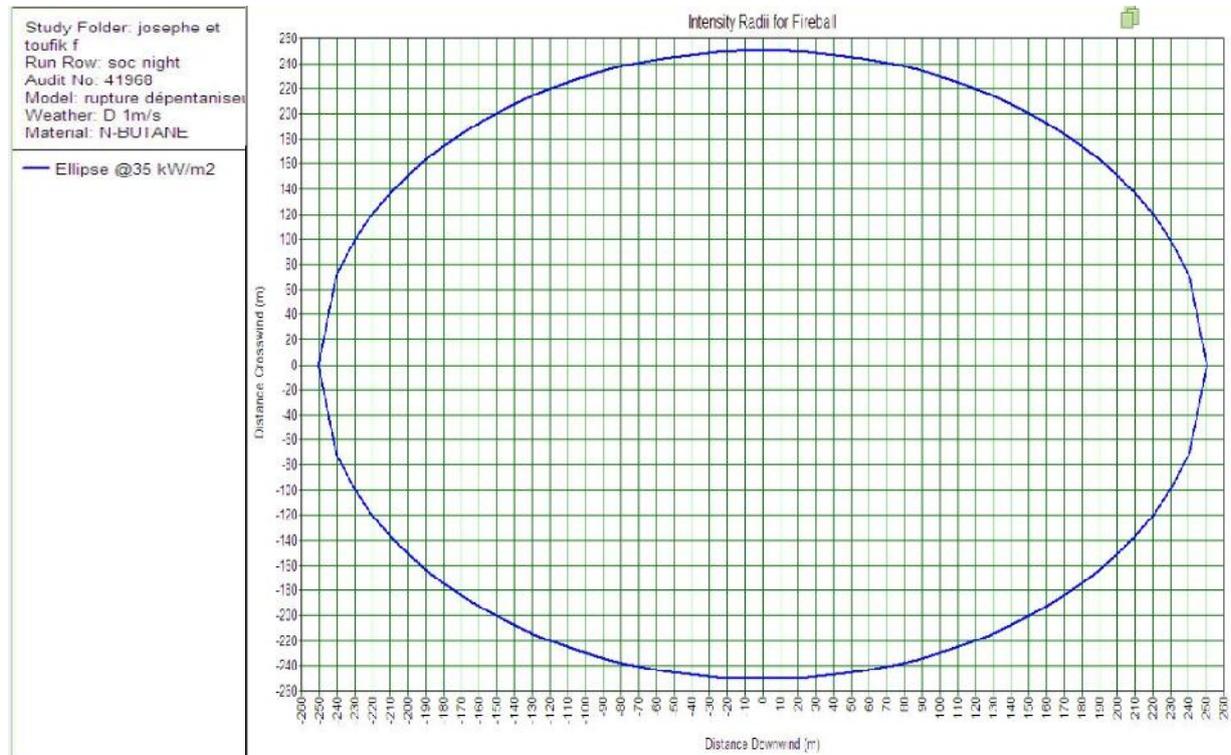


Figure N°4.19 : Les cinq scénarios qui contribuent dans 60% de PLL.

## 4.2. Interprétation des effets des scénarios majeurs et leurs conséquences

-**Scénario N°01** : Défaillance du colonne dépentaniseur.

Ce scénario à une contribution qui dépasse les 37% dans cette étude QRA, l'effet radiatif de ce scénario est représenté dans la figure N°20 :



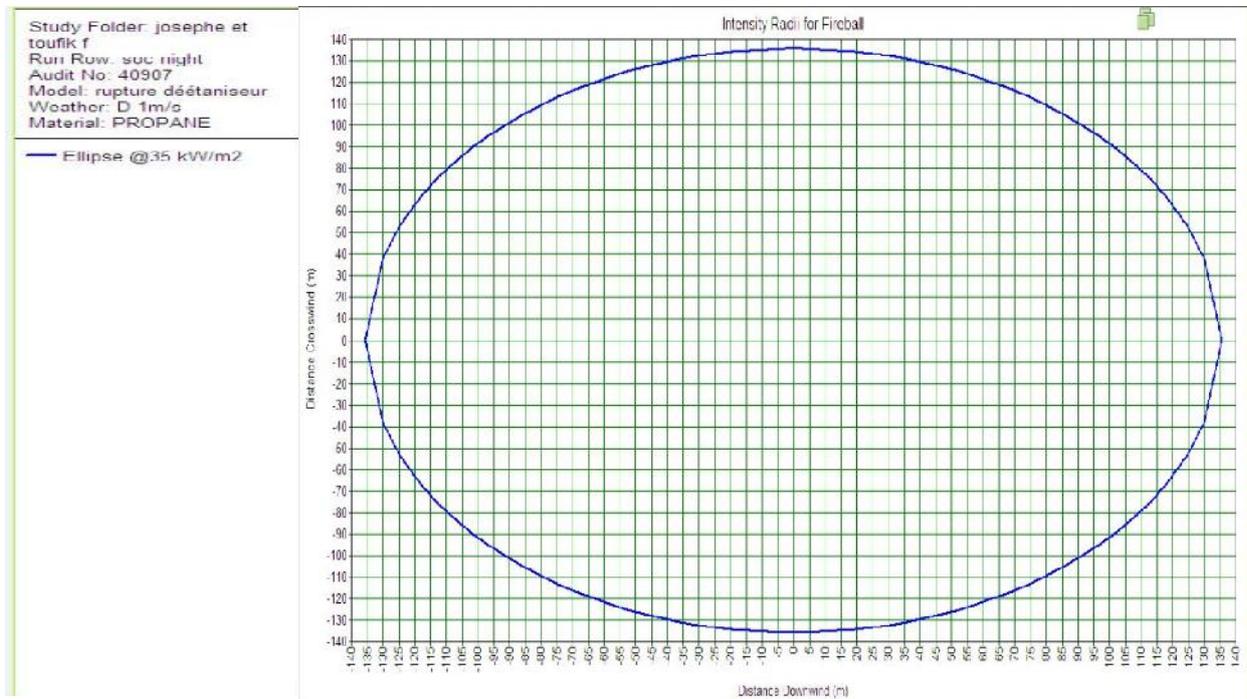
**Figure N°4.20** : Les effets de radiation lors d'une défaillance du colonne dépentaniseur.

### Interprétation :

L'effet radiatif engendré par le dépentaniseur en cas d'une défaillance et la perte d'une quantité importante du butane donne une naissance à une boule de feu qui peut avoir un rayon de 260 m avec intensité mortel de  $35\text{kw/m}^2$ .

**-Scénario N°02 : Défaillance du colonne dééthaniseur**

Vue sa contribution dans le PLL avec un pourcentage qui dépasse 28 % en prenant la deuxième place, on a voulu représenter l'effet radiatif ce scénario figure N°21 :



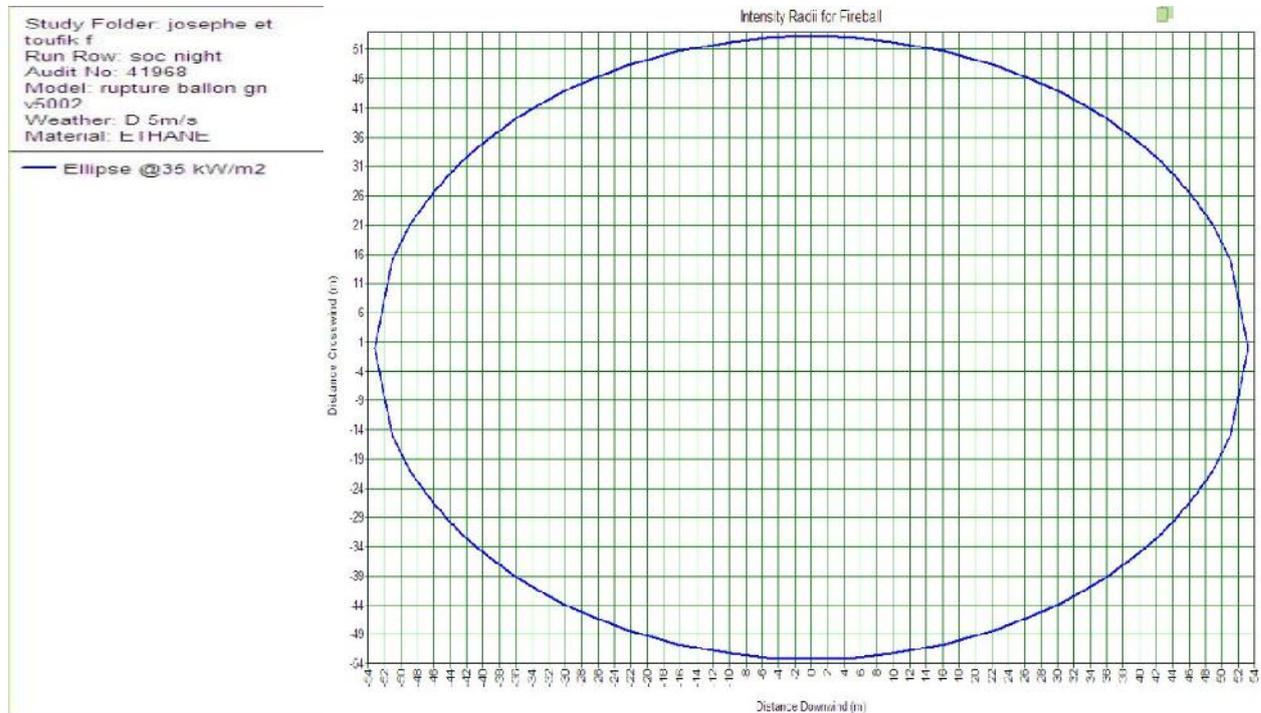
**Figure N°4.21 :** Les effets de radiation lors d'une défaillance du colonne dééthaniseur.

**Interprétation :**

L'effet radiatif engendré par le dééthaniseur en cas d'une défaillance et la perte d'une quantité importante du propane donne une naissance à une boule de feu qui peut avoir un rayon de 140 m avec intensité mortel de  $35\text{kw/m}^2$ .

**-Scénario N°03 : Défaillance du ballon V 5002.**

L'éclatement du ballon V 5002 qui contient un volume important de gaz naturel contribue avec un pourcentage important dans le PLL calculé, on a donc décidé de présenter l'effet radiatif engendré par ce ballon.



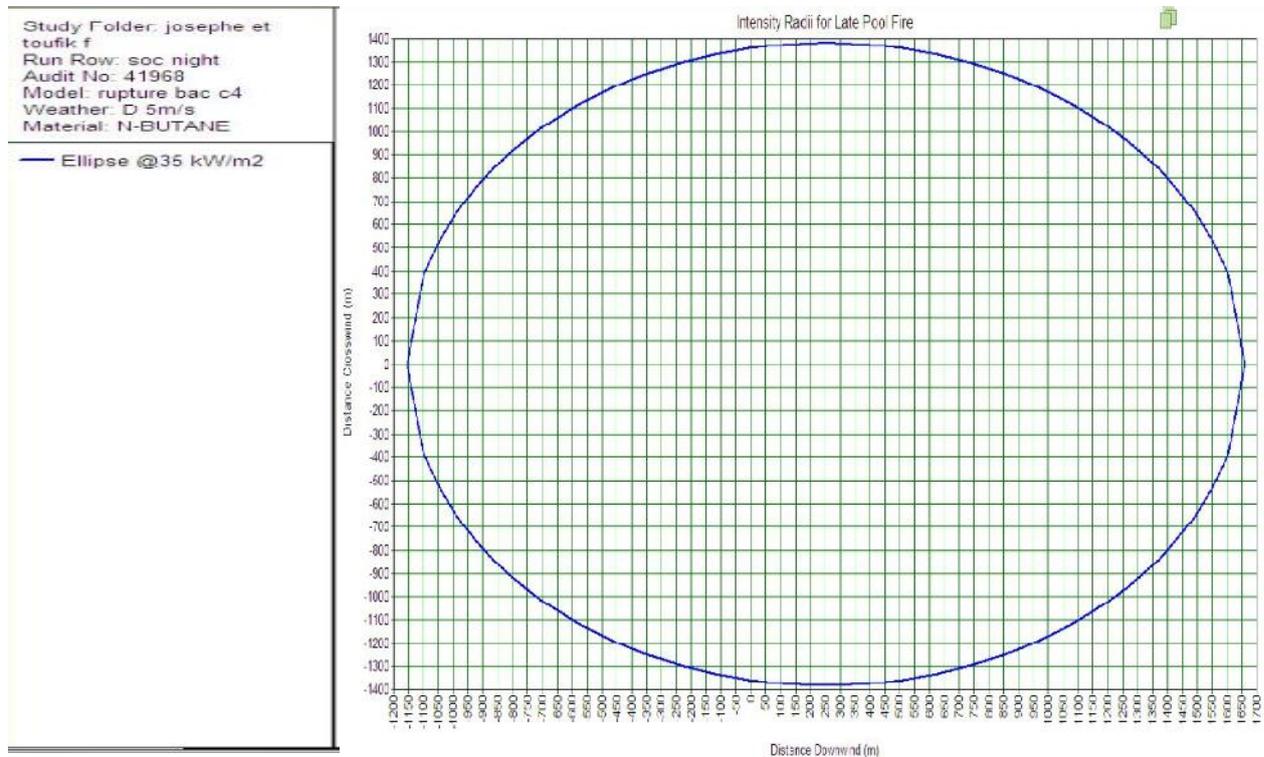
**Figure N°4.22 :** Les effets de radiation lors d'une défaillance du ballon V5002.

**Interprétation :**

L'effet de radiation engendré par le ballon V5002 à un rayon de 54m L'intensité de radiation de ce scénario atteinte une valeur de 35 KW/m<sup>2</sup> dans la probabilité de mortalité lors d'une exposition à cette intensité est 1.

**-Scénario N°04 : Défaillance Bac de stockage butane.**

Vu son volume important le bac du butane va engendrer un grand effet radiatif représenté par la figure N°23.



**Figure N°4.23 : Les effets de radiation lors d'une défaillance Bac de stockage butane**

**Interprétation :**

L'effet de radiation engendré par le bac du butane en cas d'une défaillance et la perte d'une quantité importante du butane peut avoir un rayon de 1650 m avec intensité mortel de  $35\text{kw/m}^2$ .

-Scénario N°05 : Défaillance de la sphère du stockage du GPL.

Figure N°24 représente l'effets radiatif lors d'une défaillance de la sphère du stockage du GPL.

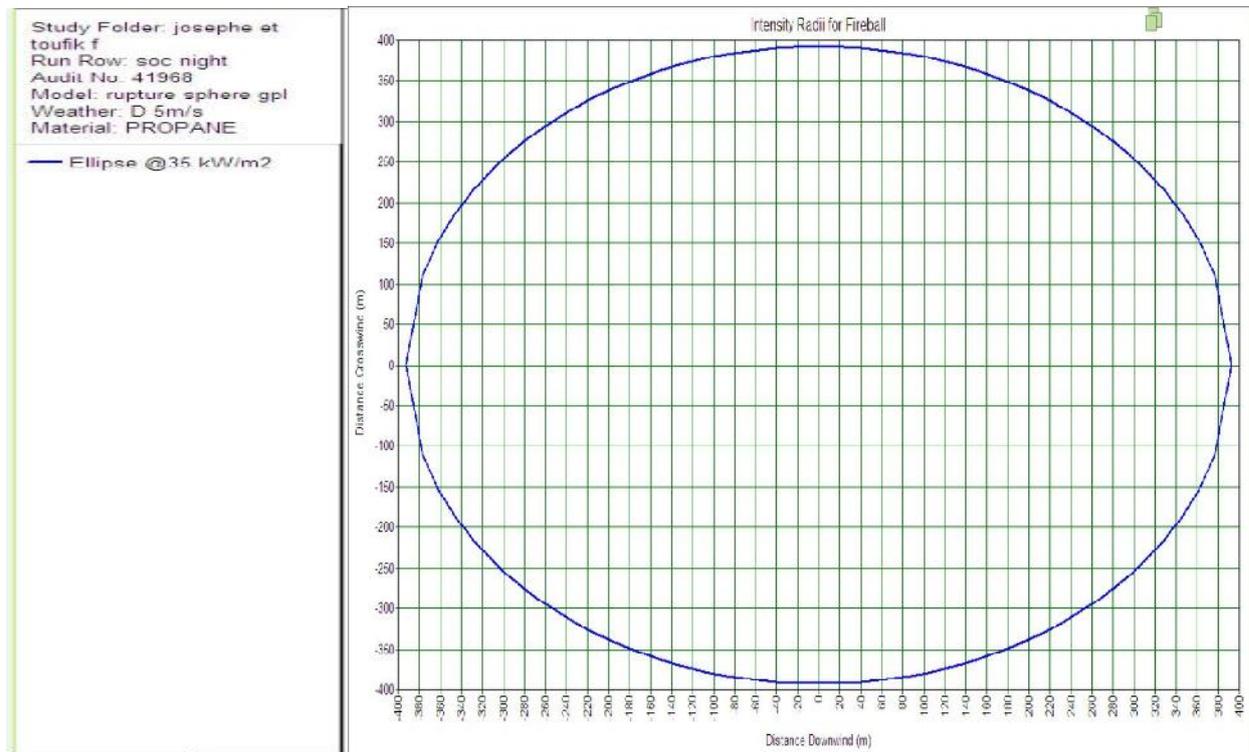


Figure N°4.24 : Les effets de radiation lors d'une défaillance de la sphère du GPL.

#### Interprétation :

L'effet radiatif engendré par la sphère du GPL en cas d'une défaillance et la perte d'une quantité importante du propane donne une naissance à une boule de feu qui peut avoir un rayon de 400 m avec intensité mortel de  $35\text{kw}/\text{m}^2$ .

## 5. Axes d'amélioration

Afin de réduire et de maîtriser les risques à un niveau acceptable ou d'au moins ALARP, diverses actions ont été recommandées dans le présent document. Les principales recommandations sont reprises ci-après :

- S'assurer que la salle de contrôle, bloc sécurité, bloc maintenance, poste de garde et autres bâtiments à l'intérieur ou à proximité du site soient blast proof (explosion) et fireproof (flux thermique).

- Mettre en place des détecteurs de gaz types émetteur-récepteur dans l'espace entre les trains et la salle de contrôle afin de détecter toute fuite de gaz possible.

Cette recommandation permettra aux personnes à l'intérieur de bâtiment d'avoir le temps de mettre en place les mesures d'interventions nécessaires en cas d'accident et de pouvoir évacuer de manière sécurisée si nécessaire. Il sera ainsi possible de diminuer la gravité importante de certains phénomènes d'explosion (UVCE) ou d'incendie (Feu chalumeau, feu de flaque, feu flash, boule de feu).

- Agir de manière préventive afin d'éviter toute fuite de produit inflammable. Pour ce faire, la mise en place d'un planning d'inspection établissant des critères de priorités est une solution intéressante pour garantir l'intégrité des lignes, vannes et équipements.

Ce type de planning sera mise en place pour réduire la fréquence des fuites des équipements.

- La mise en place d'un système de refroidissement de ballon est nécessaire afin d'éviter un phénomène de BLEVE au niveau de ce dernier.

- Refaire une étude approfondie sur le dimensionnement des cuvettes de rétention (très vaste en termes de surface) d'une manière à assurer une intervention rapide en cas de rupture d'un bac de stockage ou d'une sphère GPL.

- Veiller au fonctionnement normal de groupe électrogène pour éviter des déclenchements non-souhaités des systèmes de la sécurité active (système de CO<sub>2</sub>, la poudre...) en cas d'un problème de surcharge sur SONELGAS surtout en été ou la consommation atteinte des gammes énormes.

- Vérification périodique des systèmes d'intervention, autour des équipements à protéger pour assurer qu'ils seront exploitables en cas d'accident majeur.

- Des mesures spécifiques de sécurité (emploi du matériel ADF, inertage, matériels ATEX, anti-étincelles, détection des gaz inflammables, etc....) sont obligatoirement applicable pour éviter toute source d'ignition.
- Assurer le suivi des développements urbains dans les environs du site qui pourraient augmenter le niveau de risque.
- Limiter au maximum la présence des personnes dans les zones à haut risque
- Une information des populations sur les risques, le signal d'alerte et la bonne conduite à avoir en cas d'accident doit être réalisée.
- Compétence, formation et sensibilisation et cela par :
  - Identification des besoins de formation associés au système de gestion des risques de l'entreprise.
  - Formation systématique du personnel au poste.
  - Habilitation du personnel dans les poste opérationnels (ex : habilitation électrique).
  - Sensibilisation du personnel en matière HSE.
  - Des séminaires, portes ouvertes, journées d'études.
  - Audit interne, inspection périodique HSE pour contrôler l'efficacité du système de management de la sécurité de l'entreprise
  - Développement de l'aspect communication HSE entre les différentes structures de la région.
  - Ce qui confirme les recommandations données par les assureurs qui ont proposé l'installation des détecteurs de flammes dans la zone d'avec un système déluge (rideau d'eau) automatique pour limiter les conséquences.

### **Conclusion**

A travers ce chapitre nous avons interprété les résultats du risque individuel et sociétal en les comparant par les critères d'acceptabilité. Puis, nous avons évoqué la « PLL » cette dernière nous a aidé à identifier les scénarios majeurs qui contribuent avec un pourcentage très important dans les résultats trouvés.

Puisque les résultats sont jugés inacceptable, nous avons proposé des améliorations en espérant qu'elles seront prises en considération à l'avenir.

## Conclusion Générale

---

### Conclusion générale

L'analyse des risques que nous avons réalisé est rentré dans le cadre d'une complémentarité d'études de dangers du complexe GP1 ARZEW, visant le calcul de niveau de risque engendré par le complexe en question, et pour cela nous étions obligé de passer principalement par :

- L'identification des scénarios possibles qui peuvent avoir lieu lors d'exploitation.
- Modélisation des conséquences engendrées par les scénarios indiqués avec leurs probabilités d'occurrence basant sur le guide méthodologique purple book et cela à l'aide d'un logiciel (phast risk).

Calcul de niveau de risque résulté par les scénarios sélectionné et le comparé avec les critères d'acceptabilités de Sontrach et UK.

Le choix de la méthode QRA dans cette étude est fondé sur le fait qu'elle soit plus adaptée à la problématique et aux objectifs recherchés qui tendent vers le calcul numérique de niveau de risque individuel et sociétal du complexe GP1/Z.

De plus, c'est une méthode qui possède une approche probabiliste, Elle s'intéresse non seulement à l'évaluation des conséquences mais aussi la fréquence d'occurrence des événements indésirables, cette dernière est plus importante dans la définition du risque.

L'analyse a démontré que le risque individuel est inacceptable selon les critères d'acceptabilité cités. La population qui se trouve à l'intérieur du site (personnel de SONATRACH + sous-traitant) est exposée à un risque d'au moins  $10^{-4}$ /an.

Pour les personnes vivantes hors du site tel-que : SONELGAZ, Bethioua, Mers El Hadjadj, ils sont exposés à un risque ALARP.

La difficulté rencontrée au cours de cette étude réside dans la quantité de données à récolter que ce soit celle liées à la population et aux équipements pour mener une analyse exhaustive et aussi dans l'absence des références nationales qui définissent les critères d'acceptabilité. Pour mieux cadrer l'étude, elle fera l'objet d'une exploitation des résultats trouvé dans l'implantation d'un plan de prévention des risques technologiques.

## Références

- [1] : Monso, É., *LES CAHIERS DE LA SÉCURITÉ INDUSTRIELLE*. Vol. 67. 2009.
- [2] : B. DEBRAY, S.C., S. DESCOURIERE, V. TROMMETER, *Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle*. 2006. 119.
- [3] : MAVROULI, J.C.O.-C., *Estimation quantitative du risque (QRA) pour les bâtiments liés aux éboulements rocheux : progrès et défis*. 2013. 229.
- [4] : Hans Pasmana, G.R., *Past, present and future of Quantitative Risk Assessment (QRA) and the incentive it obtained from Land-Use Planning (LUP)*. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2014. 28 : p. 8.
- [5] : Valérie DE DIANOUS, C. and A.A. BOUISSOU, *Intégration de la dimension probabiliste dans l'analyse des risques – partie 2 : données quantifiées*. 2006.
- [6] : AVEN, T., *Quantitative risk assessment : the scientific platform*. Cambridge University Press, 2011. 225.
- [7] : Valerio Cozzani, G.A., Gigliola Spadoni, *Quantitative assessment of domino scenarios by a GIS-based software tool*. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2005. 14.
- [8] : all, K.P.P.a., *Risk measures constituting a risk metrics which enables improved decision making: Value-at-Risk*. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2010. 219 : p. 9.
- [9] : Jeffrey LaChance a, A.T., Angunn Engebo, *Development of uniform harm criteria for use in quantitative, risk analysis of the hydrogen infrastructure*. *International journal of hydrogen energy*, 2010: p. 8.
- [10] : Hans Pasman, W.R., *Bayesian networks make LOPA more effective, QRA more transparent and flexible, and thus safety more definable*. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2012. 442 : p. 9.
- [11] : CCPS. *Guidelines for Consequence Analysis of Chemical Releases*. AICHE, New York, 1999.
- [12] : Joaquim Casal. *Evaluation of the Effects and Consequences of Major Accidents in Industrial Plants*. Industrial Safety Series, vol. 8, Elsevier Science, 2008.
- [13] : DNV Software. *PHAST & SAFETI user's Manual, version 6.51*. Det norske Veritas ,London, 2006.
- [14] : Adam S. Markowski, M. Sam Mannan, Agata Kotynia (Bigoszezwska), Dorota Siuta. *Uncertainty aspects in process safety analysis*. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 23, pp. 446-454, 2010.
- [15] : SONATRACH. *Rapport Etude de dangers*. Direction Regionale HRM, Division Production, SONATRACH, 2010.
- [16] : Joaquim Casal. *Evaluation of the Effects and Consequences of Major Accidents in Industrial Plants*. Industrial Safety Series, vol. 8, Elsevier Science, 2008.

### Annexe1

#### **Contexte réglementaire de l'analyse des risques**

L'analyse des risques que nous avons réalisée, rentre dans le cadre de l'élaboration des études de danger, en référence aux différents textes réglementaire :

- Décret exécutif n° 07-144 du 19 mai 2007 fixant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.
- Décret exécutif n° 06-198 du 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement.
- Loi n° 05-07 du 28 avril 2005, promulguée le 19 juillet 2005, relative aux hydrocarbures.
- Loi n° 04-20 du 25 décembre relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.
- Décret exécutif n°03-451 du 1 décembre 2003, définissant les règles de sécurité applicables aux activités portant sur les matières et produits chimique dangereux ainsi que les récipients de gaz sous pression.
- Instruction Ministérielle R1 du 22 septembre 2003 relative à la maîtrise et la gestion des risques industriels impliquant des substances dangereuses.
- Décret n° 90-245 du 18 août 1990, portant réglementation des appareils pression de gaz.
- Arrêté du 15 janvier 1986, fixant les limites du périmètre de protection autour des installations et infrastructures du secteur des hydrocarbures.
- Décret n° 85- 231 du 25 août 1985, fixant les conditions et modalités d'organisation et mise en œuvre des interventions et secours en cas de catastrophes.
- Décret n° 85-232 du 25 août 1985, relatif à la prévention des risques de catastrophes.
- Décret n°84-105 du 12 mai 1984 portant institution d'un périmètre de protection des installations et infrastructures.
- Décret n°84-385 du 22 décembre 1984 fixant les mesures destinées à protéger les installations, ouvrages et moyens.
- Décision N°45/DG du 18 janvier 2006 du PDG- SH, directive générale relative à la sécurité des installations et des travailleurs.

## Annexe2

### La Configuration d'une analyse avec le logiciel PHAST RISK 6.51

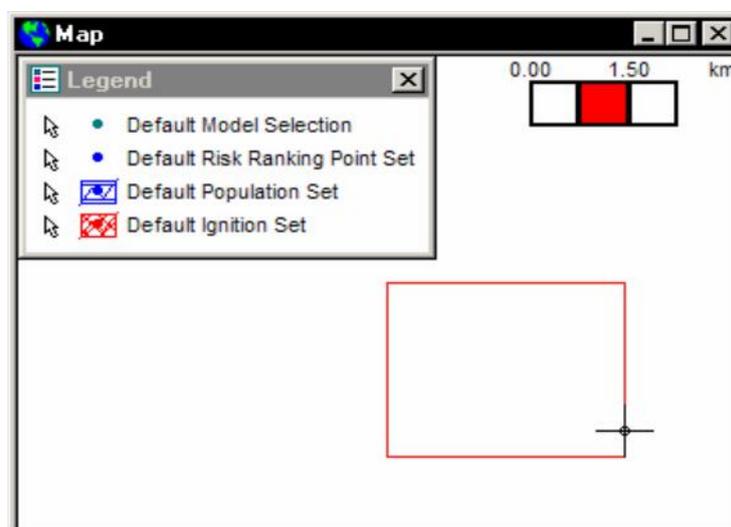
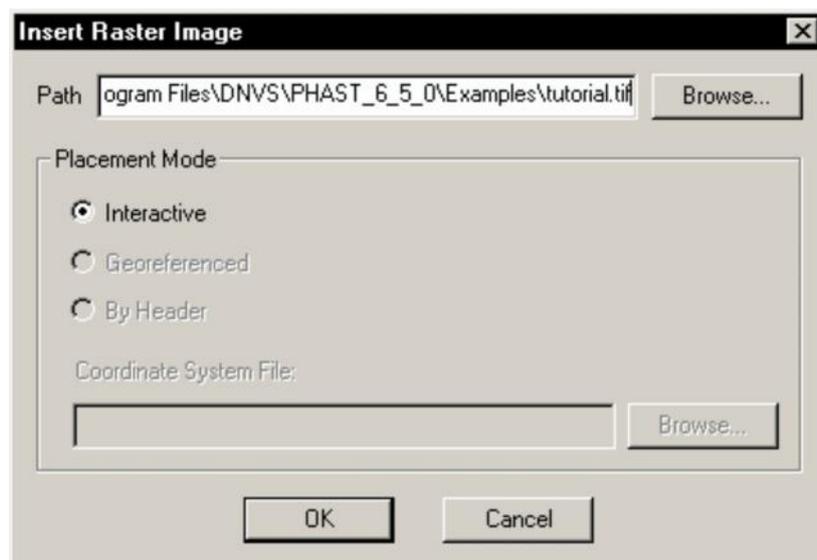
#### 1.Création d'un nouveau dossier d'étude

Pour créer un nouveau dossier d'étude, sélectionnez Nouveau dans le menu Fichier ou la barre d'outils. Le programme ferme le dossier d'étude Exemple BEVI et un nouveau dossier d'étude ouvrira, avec un nom présenté comme "Untitled".

#### 2.Insertion de l'image raster et mise en place de l'image dans la fenêtre Carte

Lorsque vous cliquez sur OK dans la Raster Insérer dialogue Image, il y aura brève pause et la fenêtre de carte sera alors ouverte à la droite du volet Arbre d'étude.

Le curseur sera sous la forme de croix, et vous devez faire glisser et déposer pour placer le l'image dans la fenêtre. Ceci définit la première valeur pour les coordonnées cartographiques pour le images.



## Annexes

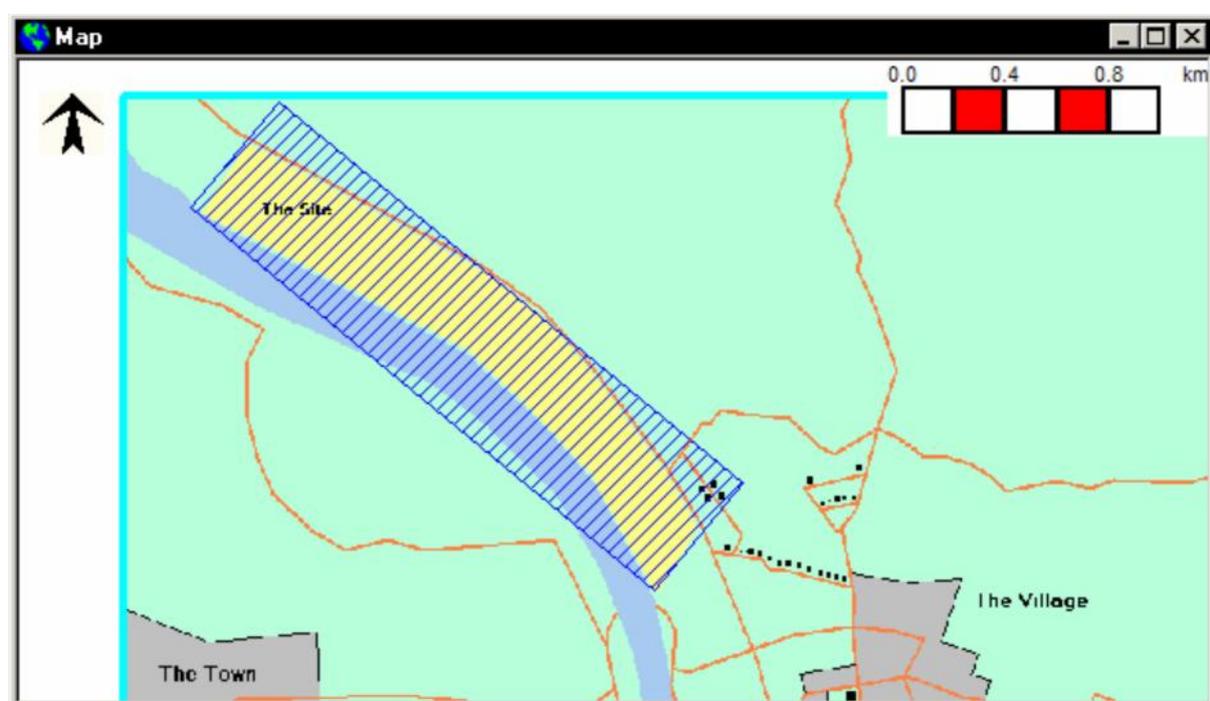
### 3. Réglage des Coordonne et taille de l'image

Double-cliquez sur l'icône de tutoriel pour ouvrir la boîte de dialogue d'entrée pour l'image, passer à la section de l'onglet Géométrie, et définir les valeurs indiquées. L'origine d'une image de la carte est le haut-gauche coin.

|          |                                     |       |
|----------|-------------------------------------|-------|
| Origin X | <input type="text" value="196855"/> | m ▶   |
| Origin Y | <input type="text" value="436053"/> | m ▶   |
| Width    | <input type="text" value="4489"/>   | m ▶   |
| Height   | <input type="text" value="3570"/>   | m ▶   |
| Rotation | <input type="text" value="0"/>      | deg ▶ |

### 4. Définition de l'emplacement de décalage pour la Facilité

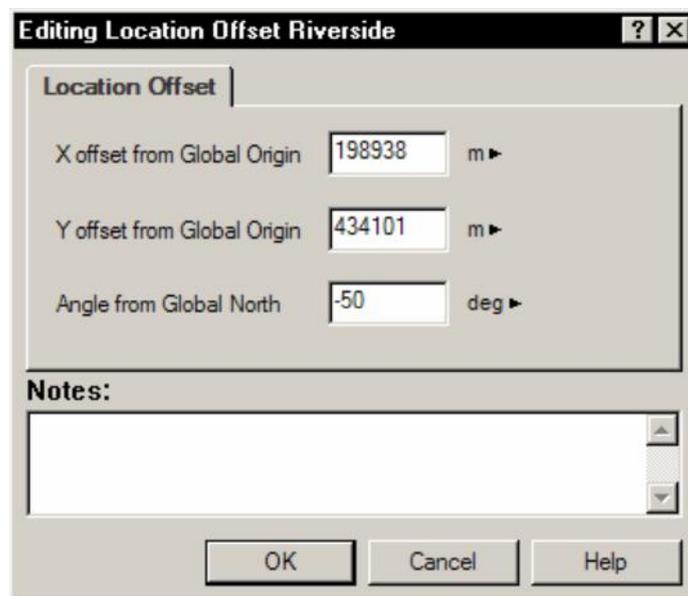
Le programme vous permet de définir les coordonnées d'un emplacement sur la plante ou de l'installation puis de placer les modèles par rapport à cet endroit, soit à travailler dans un local ou par rapport système de coordonnées. Cela rend l'emplacement-données pour les modèles plus faciles à travailler, depuis les valeurs de coordonnées seront beaucoup plus courte que six chiffres.



## Annexes

### 5. Définissez les Coordonner les valeurs pour le décalage

Double-cliquez sur l'icône et changer le la coopération Les valeurs des ordonnées à partir des valeurs par défaut de zéro à ceux représentés.



**Editing Location Offset Riverside** [?] [X]

**Location Offset**

X offset from Global Origin  m ▶

Y offset from Global Origin  m ▶

Angle from Global North  deg ▶

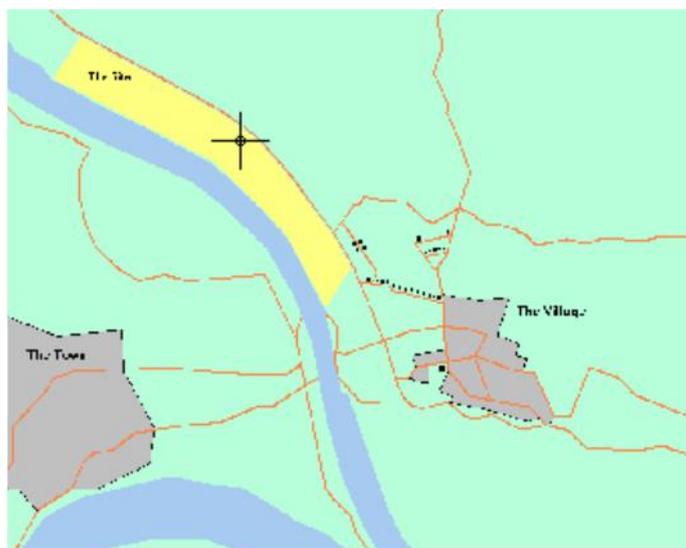
**Notes:**

OK Cancel Help

### 6. Insérez un / tuyau Source Modèle de navire

Sélectionnez le dossier Toxic, puis sélectionnez navire ou tuyau Source dans le menu Insertion ou le clic droit menu. La fenêtre de la carte sera ouverte si elle ne déjà ouvert et le curseur se tourner vers réticule., et vous devez cliquer à un point près le centre du site tel que représenté à placer le Modèle.

Après avoir cliqué, une icône sera ajoutée à l'arbre d'étude, et un point apparaîtra sur la Carte pour montrer l'emplacement du modèle.



## Annexes

### 7. Réglage des données d'entrée

Double-cliquez sur l'icône du modèle pour ouvrir la boîte de dialogue d'entrée.

Tous les champs de la première section de l'onglet sont vides, et celles qui sont activées ont rouge les frontières. Un champ avec une bordure rouge est un champ obligatoire : vous devez fournir une valeur pour un tel domaine, et vous ne serez pas en mesure d'exécuter les calculs pour un modèle qui a tout champs obligatoires unset.

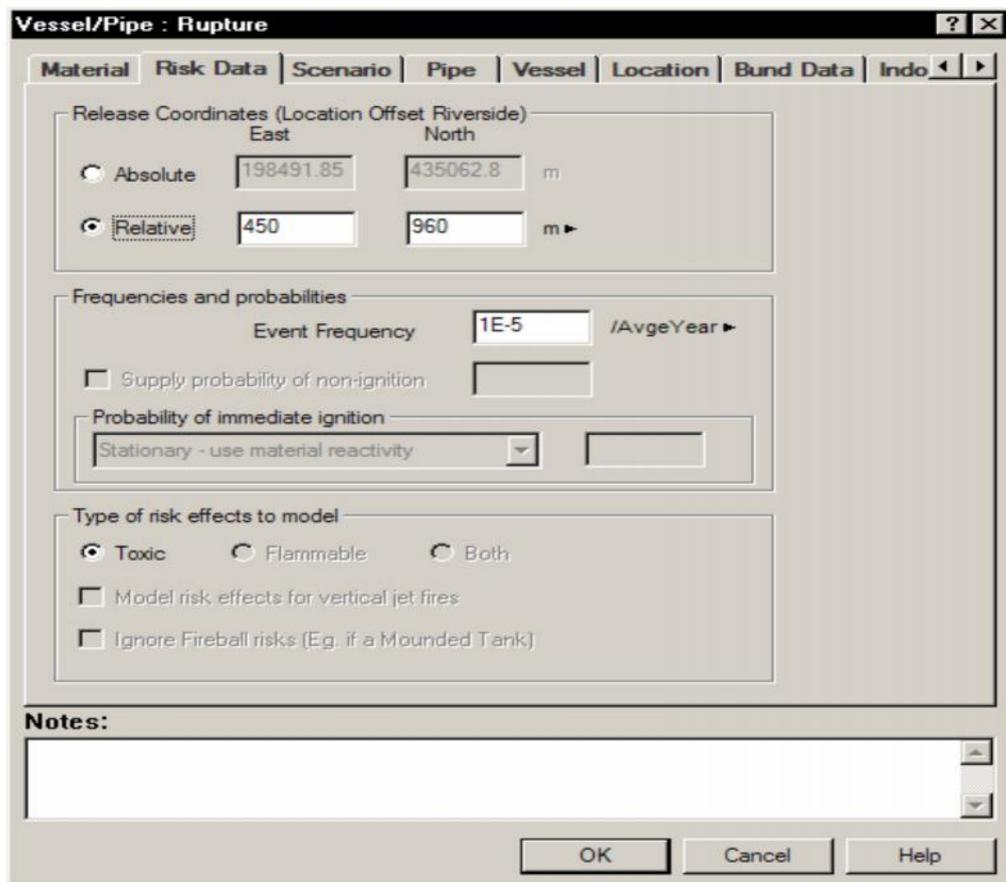


Process Conditions

|                  |                              |           |        |
|------------------|------------------------------|-----------|--------|
| Saturated Liquid | Temperature                  | 10        | degC ▶ |
| Temperature      | Pressure (gauge)             | 4.0571554 | bar    |
| Phase: 2-Phase   | Fluid Type: Saturated Liquid |           |        |

### 8. La Section des risques onglet Données

Cette section de l'onglet contient des données qui est utilisé dans les risques calculs, mais pas dans les calculs de conséquences. Si la Mode de calcul est réglée sur conséquence que cette section de l'onglet ne sera pas apparaître dans la boîte de dialogue, et vous serez en mesure d'exécuter les calculs de conséquences, même si ces valeurs sont unset. Cependant, il est plus efficace de saisir toutes les données pour un modèle en une seule opération, plutôt que de retour pour fournir les données de risque après avoir exécuté les calculs de conséquences



Vessel/Pipe : Rupture

Material Risk Data Scenario Pipe Vessel Location Bund Data Indo

Release Coordinates (Location Offset Riverside)

|   |           |          |     |
|---|-----------|----------|-----|
|   | East      | North    |     |
| <input type="radio"/> Absolute            | 198491.85 | 435062.8 | m   |
| <input checked="" type="radio"/> Relative | 450       | 960      | m ▶ |

Frequencies and probabilities

Event Frequency 1E-5 /AvgeYear ▶

Supply probability of non-ignition

Probability of immediate ignition

Stationary - use material reactivity

Type of risk effects to model

Toxic  Flammable  Both

Model risk effects for vertical jet fires

Ignore Fireball risks (Eg. if a Mounded Tank)

Notes:

OK Cancel Help

## Annexes

### 9. La section Scénario Tab

Vous utilisez cette section de tabulation pour préciser le type de danger si vous souhaitez modéliser. La gamme de types de volonté disponibles dépendra du processus les conditions que vous avez spécifié.

The screenshot shows a software dialog box titled "Vessel/Pipe : Chlorine Rupture" with a "Scenario" tab selected. The dialog is organized into several sections:

- Scenario Type:** Contains radio buttons for "Catastrophic Rupture" (selected), "Leak", "Vent from Vapor Space", "Line Rupture", "Fixed Duration", "Long Pipeline", "Disc Rupture", "Relief Valve", and "Tank Roof Failure".
- Outdoor / In-Building Release:** Contains radio buttons for "Outdoor Release" (selected) and "In-Building Release", along with a checkbox for "Droplets Trapped".
- Building Wake Effect:** Contains checkboxes for "Roof / Lee Effect" and "Chimney Effect".
- Phase to be Released:** Contains radio buttons for "Vapor", "Liquid" (selected), and "Two-Phase".
- Tank Roof Effect:** Contains radio buttons for "Roof Collapsed" and "Roof Removed", and a dropdown menu for "Model Effect" set to "Instantaneous Effects".
- Basic scenario data:** Includes input fields for "Hole Diameter" (mm), "Gas Volume Flow" (m3/hr), "Pump Head" (m), "Burst pressure(g)" (bar), and "Duration (for fixed duration releases)" (s) with the value "600".

At the bottom, there is a "Notes:" section with a text area and three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

## Annexes

### 10. Les calculs et les résultats des risques

Allez sur l'onglet Lignes de Run, sélectionnez les lignes icône Exécuter, puis sélectionnez les modèles Run option. Pour chaque rangée Exécutez à son tour, le programme aura exécuté les calculs de conséquences pour toutes les combinaisons de modèles, Weathers et paramètres qui ne sont pas encore courir, et ensuite procéder à des calculs de risque. Les calculs seront probablement 5 minutes, en fonction de la vitesse de votre machine



### 11. Exécution des calculs pour le "Sociétal - Dag" Run Row

Réglez le mode de calcul pour Conséquence et du risque, puis sélectionnez le Sociétal - Dag Run Row et exécutez les calculs. Les calculs se dérouleront en 2-4 minutes, et vous pourrez être en mesure de voir la courbe FN comme indiqué.

