

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 20 AOUT 1955

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCEDES



# Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

## Master




**Filière :** Hygiène et sécurité industrielle

**Spécialité :** Sécurité des procédés industriels et maîtrise des risques

***ETUDE DE DANGER LIES AUX SYSTEME DE STOCKAGE DE GPL  
AUX NIVEAUX DE SPHERE S181 PAR LA METHODE HAZOP ET  
SIMULATION PAR ALOHA ET PHAST, CAS : RAIK SKIKDA***

Soutenu le 25/06/2023

Réalisé par :

 Chetioui Nabil  
 Benrais Meriem  
 Soltane Chahra

Encadrer par :

Mm. Hallaci Ibtissem

Année Universitaire : 2022-2023



# Remerciement

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements et notre profonde gratitude à Mm. HALLACI IBTISSEM, de nous avoir encadré dans notre mémoire de fin d'étude.

Un gros merci également à nos familles pour leurs soutiens aussi bien moral que financier et pour leurs sacrifices.

Nous tenons également à remercier tous le staff administratif et pédagogique de la Faculté de génie procédés SKIKDA, nos amis et tous les étudiants du Master d'étude fondamentales.

Finalement, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.



# *Dédicace*

A notre cher parent, source de vie d'amour et d'affection.

A notre frère et sœurs, source de joie et de bonheur.

A notre famille, source d'espoir et de motivation.

A nos amis, qui ont toujours encouragés.

Et à vous cher lecteurs.

# Sommaire

---

**Remercîment**

**Dédicace**

**Sommaire**

**Liste des Figures**

**Liste des Tableaux**

**Liste des Abréviations**

**Introduction générale**.....01

## **Chapitre I : Etude de Danger**

**Introduction**.....04

**I.1. Notion de basse**.....04

I.1.1. Le risque.....04

I.1.2. Danger.....05

I.1.3. Installation classée.....05

I.1.4. Accident.....05

I.1.5. Accident de travail.....05

**I.2. Etude De Danger EDD**.....05

I.2.1. L'objectif de l'étude de danger.....05

I.2.2. Références réglementaire.....06

I.2.3. Quand faire une étude de danger.....06

I.2.4. Qui fait l'étude de dangers.....06

I.2.5. Contenu de l'étude de danger.....06

**I.3. Description des méthodes d'identification des accidents majeurs**.....07

I.3.1. Accident majeurs.....07

I.3.2. Les méthodes d'identification des accidents majeurs utilisée dans le cadre d'étude de danger.....07

I.3.2.1. La méthode APR.....08

I.3.2.1.1. Limites et avantage APR.....08

I.3.2.2. La méthode HAZOP.....09

I.3.2.2.1. Le processus HAZOP.....09

I.3.2.2.2. Utilisation de la méthode HAZOP.....10

## Sommaire

---

I.3.2.2.3. Entrée d'une étude HAZOP.....	10
I.3.2.2.4. Processus de la méthode HAZOP.....	11
I.3.2.2.5. La procédure d'étude HAZOP.....	11
I.3.2.2.6. Les avantages d'analyse de la méthode HAZOP.....	12
I.3.2.2.7. Les limites de la méthode HAZOP.....	12
I.3.2.3. La méthode LOPA.....	13
I.3.2.3.1. Principe de la méthode LOPA.....	13
I.3.2.3.2. Les étapes d'élaboration de la méthode LOPA.....	14
I.3.2.3.3. Avantages, limites de la méthode LOPA conventionnelle.....	14
I.3.2.3.3.1. Les avantages de la méthode LOPA.....	14
I.3.2.3.3.2. Les limites de la méthode LOPA.....	14
I.3.2.4. La méthode AMDEC.....	15
I.3.2.4.1. Secteurs d'activité utilisant l'AMDEC.....	15
I.3.2.4.2. Limites de l'AMDEC.....	16
I.3.2.5. La Méthode ADE.....	16
I.3.2.5.1. L'objectif de la méthode ADE.....	16
I.3.2.5.2. Mise en œuvre la méthode ADE.....	17
I.3.2.5.3. Intérêt et limites de la méthode.....	17
I.3.2.6. La Méthode d'évaluation des risques.....	17
<b>I.4. Le principe de la gestion du risque.....</b>	<b>19</b>
I.4.1. Démarche de maîtrise des risques.....	20
I.4.2.1. Analyse des risques.....	20
I.4.2.2. Evaluation du risque.....	21
I.4.2.3. Réduction du risque.....	22
<b>Conclusion.....</b>	<b>22</b>
<b>Chapitre II : Risque liés au stockage du GPL</b>	
<b>Introduction.....</b>	<b>23</b>
<b>II.1. Définition de gaz pétrole liquéfié GPL.....</b>	<b>23</b>
<b>II.2. Caractéristiques d'explosivité d'un mélange gazeux.....</b>	<b>24</b>
<b>II.3. Les principes réservoirs de stockage des gaz.....</b>	<b>26</b>

## Sommaire

---

II.3.1. Réservoir sous pression.....	26
II.3.1.1. La sphère.....	26
II.3.1.2. Le sphéroïde.....	26
II.3.1.3. Ballon cylindriques horizontaux (cigare).....	27
II.3.2. Stockage atmosphériques.....	27
II.3.3. Stockage réfrigérés.....	28
<b>II.4. Identification des dangers du GPL.....</b>	<b>28</b>
<b>II.5. Les risques des réservoirs au GPL.....</b>	<b>28</b>
<b>II.6. Les risques liés au stockage du gaz.....</b>	<b>29</b>
II.6.1. Le BLEVE.....	29
II.6.1.1. Description des effets du BLEVE.....	30
II.6.1.1.1. Effets thermiques.....	30
II.6.1.1.2. Effets surpression.....	30
II.6.1.1.3. Effets missiles.....	30
II.6.1.2. Estimation des différents types d'effets thermiques.....	31
II.6.1.2.1. Modélisation des effets de feux flash.....	31
II.6.1.2.2. Modélisation des effets de feux de flaque.....	31
II.6.1.2.3. Modélisation des effets de boule de feu.....	31
II.6.1.2.4. Modélisation des effets de Jet enflamme.....	31
II.6.2. Boilover.....	32
<b>II.7. La démarche de la prévention.....</b>	<b>33</b>
II.7.1. Les principes généraux de prévention.....	33
II.7.2. Mesures et consigne générales en cas d'incident.....	33
<b>Conclusion.....</b>	<b>34</b>
<b>Chapitre III : Présentation du lieu de stage</b>	
<b>Introduction.....</b>	<b>35</b>
<b>III.1. Vue historique sur l'organisation de l'activité raffinage.....</b>	<b>35</b>
<b>III.2. La raffinerie de Skikda (RA1/K).....</b>	<b>35</b>
III.2.1. Présentation de la raffinerie de Skikda.....	35
III.2.2. Situation géographique.....	36

## Sommaire

---

III.2.3. Objectif de la RA1K.....	36
III.2.4. Principales installation de la RA1K.....	36
III.2.5. Présentation des différentes unités de production.....	37
III.2.5.1. Unité de distillation atmosphérique U10-11.....	37
III.2.5.2. Unité de magnaforming U100 et Platforming U101 et 103.....	37
III.2.5.3. Unité d'extraction des aromatiques U200.....	37
III.2.5.4. Unité de séparation du paraxylène U400.....	37
III.2.5.5. Unité de production de bitume U70.....	38
III.2.5.6. Unité d'isomérisation du naphta légère A U700/701/702/703.....	38
III.2.5.7. Unité de séparation et traitement des gaz U30-31. 104.....	38
III.2.5.8. Unité MELEX U600.....	38
III.2.5.9. Unité 1050 : centrale thermoélectrique (CTE).....	38
III.2.5.10. Unité 1020 : Tour de refroidissement.....	39
III.2.5.11. Unité 1110 : Production d'azote.....	39
III.2.5.12. Unité 1060 : Circuit vapeur (HP, MP, BP).....	39
III.2.5.13. Unité 1080 : Air comprimé.....	39
III.2.5.14. Unité 62 de déminéralisation.....	39
III.2.5.15. Laboratoire de contrôle.....	39
<b>III.3. Programme de réhabilitation-modernisation et adaptation des installations de la raffinerie de Skikda.....</b>	<b>40</b>
III.3.1. Projet de réhabilitation et adaptation de la raffinerie de Skikda.....	40
III.3.2. Capacité de traitement et de production avant et après la réhabilitation.....	41
III.3.3. Interconnexion de la RA1K au sein du pôle « hydrocarbures de Skikda ».....	42
<b>Conclusion.....</b>	<b>42</b>
<b>Chapitre IV : Application de l'HAZOP et simulation par l'ALOHA et MARPLOT et PHAST</b>	
<b>Introduction.....</b>	<b>43</b>
<b>IV.1. Présentation de la sphère S181.....</b>	<b>43</b>
IV.1.1. Les principaux constituants de sphère.....	43
IV.1.2. Caractéristique de la sphère S181.....	44
IV.1.3. Risque de BLEVE en stockage de GPL.....	45

## Sommaire

---

<b>IV.2. Les barrières de sécurité de la sphère</b> .....	45
IV.2.1. Limiteurs de débits et clapets.....	45
IV.2.2. Collecteurs et soupapes de sécurité.....	45
IV.2.3. Les jauges de niveau pour GPL.....	46
IV.2.4. Les manomètres.....	46
IV.2.5. Les thermomètres.....	47
IV.2.6. Contrôleur de circulation.....	47
IV.2.7. Détendeurs et limiteurs de pression.....	47
IV.2.8. Filtres pour GPL.....	48
IV.2.9. multi-vannes.....	48
<b>IV.3. Application de la méthode HAZOP</b> .....	49
IV.3.1. Présentation de schéma PID.....	49
IV.3.2. Tableau HAZOP.....	50
IV.3.3. Recommandations.....	55
<b>IV.4. Application du logiciel ALOHA</b> .....	56
IV.4.1. Présentation du logiciel.....	56
IV.4.2. L'objectif d'un logiciel ALOHA.....	56
IV.4.3. Les avantages de l'ALOHA.....	56
IV.4.4. Application du logiciel ALOHA.....	57
IV.4.4.1. Cas d'étude : fuite au niveau de la sphère de stockage GPL.....	57
IV.4.4.2. Les étapes d'application du logiciel ALOHA sur la sphère S181.....	57
IV.4.4.3. Modélisation des différents types de risque.....	61
IV.4.4.3.1. Modélisation de l'explosion du nuage gazeux.....	62
IV.4.4.3.2. Modélisation d'inflammations.....	65
IV.4.4.3.3. Modélisation de dispersion des polluants.....	65
IV.4.5. Affichage des cartographies par le logiciel MARPLOT.....	66
IV.4.6. Comparaison entre les scénarios.....	69
IV.4.7. Recommandation.....	69
<b>IV.5. Application et simulation du logiciel PHAST</b> .....	70
IV.5.1. Présentation de logiciel et simulation PHAST.....	70

## Sommaire

---

IV.5.2. L'objectif d'un logiciel PHAST.....	70
IV.5.3 Les étapes d'application du logiciel PHAST sur la sphère S181.....	70
IV.5.4. Résultats de modélisation par PHAST.....	78
IV.5.4.1. Rapport récapitulatif des conséquences.....	78
IV.5.4.2. Modélisations de la dispersion.....	78
IV.5.4.3. Modélisations des effets thermiques.....	79
IV.5.4.4. Modélisations des effets de surpressions.....	80
IV.5.5. Recommandations.....	80
IV.5.6. Comparaison entre les résultats ALOHA et PHAST.....	81
Conclusion.....	81
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>82</b>
<b>Bibliographique.....</b>	<b>84</b>
<b>Annexe</b>	
<b>Résumé</b>	

## Liste des figures

---

---

<b>Figure I.1</b> : Exemple d'arbre.....	14
<b>Figure I.2</b> : Zone de risques.....	18
<b>Figure I.3</b> : Matrice de risques.....	18
<b>Figure I.4</b> : Processus pour la gestion des risques.....	20
<b>Figure II.5</b> : Le butane et le propane.....	24
<b>Figure II.6</b> : Les limites d'inflammabilité.....	24
<b>Figure II.7</b> : La sphère.....	26
<b>Figure II.8</b> : Le sphéroïde.....	27
<b>Figure II.9</b> : Ballon cylindriques horizontaux.....	27
<b>Figure II.10</b> : Le BLEVE.....	29
<b>Figure II.11</b> : Le Boilover.....	32
<b>Figure III.12</b> : Situation géographique de la RA1K dans la zone industrielle de Skikda.....	36
<b>Figure III.13</b> : Configuration avant réhabilitation de la raffinerie [présentation de la raffinerie de Skikda (RA1K)].....	41
<b>Figure III.14</b> : Configuration finale de la raffinerie.....	41
<b>Figure III.15</b> : Interconnexion de la RA1K au sein du pôle hydrocarbures de Skikda.....	42
<b>Figure IV.16</b> : Sphère de stockage.....	44
<b>Figure IV.17</b> : Les limiteurs de débits et les clapets.....	45
<b>Figure IV.18</b> : collecteurs et soupapes de sécurité.....	46
<b>Figure IV.19</b> : Les jauges de niveau de GPL.....	46
<b>Figure IV.20</b> : Monomètres.....	46
<b>Figure IV.21</b> : Les thermomètres.....	47
<b>Figure IV.22</b> : contrôleur de circulation.....	47
<b>Figure IV.23</b> : Détendeurs et limiteurs de pression.....	48
<b>Figure IV.24</b> : Filtres pour GPL.....	48
<b>Figure IV.25</b> : Multi-vannes.....	49
<b>Figure IV.26</b> : Situation Géographique de la zone concernée.....	57
<b>Figure IV.27</b> : Affichage ALOHA.....	58
<b>Figure IV.28</b> : Choisir butane.....	58
<b>Figure IV.29</b> : Affichage ALOHA.....	59
<b>Figure IV.30</b> : Choix des conditions atmosphériques.....	59

## Liste des figures

---

---

<b>Figure IV.31</b> : Affichage ALOHA.....	60
<b>Figure IV.32</b> : Choix de la sphère S181.....	60
<b>Figure IV.33</b> : Choix du diamètre de la fuite. ....	61
<b>Figure IV.34</b> : Affichage ALOHA.....	61
<b>Figure IV.35</b> : Les différents types de risque évaluer par ALOHA.....	62
<b>Figure IV.36</b> : Les zones d'impacts pour différentes quantités.....	62
<b>Figure IV.37</b> : Les différents zones d'explosion du nuage gazeux.....	63
<b>Figure IV.38</b> : Suivi des zones d'explosion d'un nuage gazeux en fonction du temps.....	64
<b>Figure IV.39</b> : Les différents zones d'inflammation par ALOHA.....	65
<b>Figure IV.40</b> : Evaluation du risque dispersion des polluants par ALOHA.....	65
<b>Figure IV.41</b> : Les différents zones dispersion des polluants par ALOHA.....	66
<b>Figure IV.42</b> : Zone de surpression parcelle affichés sur une carte MARPLOT.....	67
<b>Figure IV.43</b> : Zone d'inflammations affichées sur une carte MARPLOT.....	68
<b>Figure IV.44</b> : Zones dispersion des polluants affichées sur une carte MARPLOT.....	68
<b>Figure IV.45</b> : La carte géographique.....	71
<b>Figure IV.46</b> : Les dimensions de la carte géographique.....	71
<b>Figure IV.47</b> : Introduire les données météorologiques.....	72
<b>Figure IV.48</b> : Le choix d'équipement sous pression.....	73
<b>Figure IV.49</b> : Introduire la localisation.....	73
<b>Figure IV.50</b> : Introduire les données de produit.....	74
<b>Figure IV.51</b> : Le choix du scénario.....	75
<b>Figure IV.52</b> : l'étendus des effets sur la carte géographique.....	76
<b>Figure IV.53</b> : Un graphe d'une fuite.....	77
<b>Figure IV.54</b> : Les effets sur la carte géographique.....	77
<b>Figure IV.55</b> : La concentration des polluants en ppm par rapport à la distance.....	78
<b>Figure IV.56</b> : L'étendu des effets.....	79
<b>Figure IV.57</b> : les zones touchées par les radiations thermiques.....	79
<b>Figure IV.58</b> : les zones touchées par les ondes de pressions.....	80

## Liste des tableaux

---

<b>Tableau I.1</b> : présente GLAGEON-BOCAHUT- Analyse Préliminaire.....	08
<b>Tableau I.2</b> : Exemple de feuille de travail HAZOP.....	11
<b>Tableau I.3</b> : De cotation de la gravité des dommages.....	19
<b>Tableau I.4</b> : De cotation de la fréquence d'exposition.....	19
<b>Tableau II.5</b> : Propriétés physico-chimiques de GPL.....	25
<b>Tableau III.6</b> : relation de tonnages entre les matières premières utilisées et les différents produits finis.....	41
<b>Tableau IV.7</b> : Description de la sphère S181.....	44
<b>Tableau IV.8</b> : Application HAZOP sur la sphère S181.....	50
<b>Tableau IV.9</b> : Comparaison entre les phénomènes.....	69
<b>Tableau IV.10</b> : les résultats obtenir par ALOHA et PHAST.....	81

## Liste des abréviations

---

**ADC** : Arbre des Cause.

**ADE** : Arbre des Evènement.

**AMDEC** : Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets.

**APR** : Analyse Préliminaire des Risques.

**Atex** : Atmosphérique Explosion.

**B/D** : Blow Down.

**BLEVE** : Boiling Liquid Expending Vapor Explosion/ vaporisation Explosion d'un Liquide Surchauffé.

**BRI** : Brut Réduit Importé.

**CCPS** : Center for Chimical Process Safty.

**CTE** : Central Thermoélectrique.

**EDD** : Etude De Danger.

**ERDP** : Entreprise nationale de Raffinage et Distribution des produits Pétroliers.

**ETU** : Unité de transport-Est.

**FMECA** : Failure Mode, Effects and Criticality Analysis/ Analyse des modes, des effets et de la criticité des défaillances.

**GNL** : Gaz Naturel Liquéfié.

**GPL** : Gaz Pétrolier Liquéfié.

**HAZOP**: Hazards and OPerability Study.

**HSE** : Hygiène et Sécurité Environnement.

**IC**: Installation Classée.

**IPL**: Independent Protection Layers.

**LAH**: Level Alarm High.

**LAHH**: Level Alarm High High.

**LAL**: Level Alarm Low.

## Liste des abréviations

---

**LALL:** Level Alarm Low Low.

**LES :** Limite Supérieure d'Explosivité.

**LIE :** Limite Inférieure d'Explosivité.

**LOPA:** Layer Of Protections Analysis.

**MOV:** Motorised Valve, vanne avec moteur.

**MP:** Motorised Pumper.

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

**PID :** Piping Instrumentation diagramme.

**POI :** Plans d'Opération Interne.

**PPI :** Plans Particuliers d'Intervention.

**PSV :** Pressure switche valve.

**SdF :** Sécurité de Fonctionnement.

**SR :** Système Refroidissement.

**UDM :** Unified Dispersion Model.

**WW :** Water Water/ eau de rejet.

# **INTRODUCTION**

## **GENERALE**

## Introduction générale

---

Il est indéniable que les secteurs de l'industrie des hydrocarbures, qui incluent la production, le stockage et la distribution de ces produits, présentent des niveaux de risque élevés.

En cas d'accidents industriels majeurs, les conséquences peuvent être considérables. Une réaction non désirée ou non contrôlée peut entraîner une explosion et la libération de produits toxiques ou inflammables dans l'environnement.

La gestion des risques liés aux dangers potentiels repose sur une étude de danger qui permet d'identifier les séquences de défaillances susceptibles de conduire à des accidents majeurs. Cette étude est essentielle pour garantir la sécurité dans le cadre de processus industriels à haut risque.

L'étude de danger consiste à évaluer la probabilité (fréquence annuelle), l'intensité (rayon d'impact) et la cinétique (temps disponible pour les personnes situées dans le rayon d'impact pour se mettre à l'abri) d'un événement potentiellement dangereux. Cette évaluation permet de mieux comprendre les risques et de prendre des mesures préventives appropriées.

Une analyse de risques est réalisée pour déterminer les différents accidents majeurs qui peuvent survenir, ainsi que les mesures prises par l'exploitant pour réduire le risque à la source et limiter les impacts à l'extérieur de l'établissement. Cette analyse permet d'identifier les dangers potentiels et de mettre en place les mesures de prévention nécessaires pour garantir la sécurité des personnes et de l'environnement.

L'étude de danger (EDD) est au cœur du processus de gestion des risques d'origine accidentelle pour les installations classées (IC). Elle s'attache à démontrer la maîtrise des risques d'accidents majeurs associés aux installations et activités industrielles dangereuses [1].

La réalisation d'une étude de danger sur un site industriel est désormais une obligation afin de mettre en place une stratégie efficace de prévention et de protection, en accord avec les objectifs du nouveau système de management HSE. Toutefois, l'étude de danger est souvent négligée en raison de l'importance accordée à la gestion générale des risques, à l'analyse des risques et à la prévention globale des risques sur les installations et sur l'environnement en général.

## Introduction générale

---

Les incidents impliquant des stockages de GPL sont extrêmement dévastateurs et peuvent entraîner de graves sinistres, parfois mortels, ainsi que des dégâts matériels importants et une pollution environnementale. Ces incidents peuvent avoir différentes causes, notamment des erreurs humaines liées à un manque de sensibilisation aux dangers ou de formation, des défauts de conception technique ou des événements naturels imprévus.

C'est pour cela qu'on a opté pour « l'étude des dangers liés au système de stockage de GPL par la méthode HAZOP et simulation par ALOHA et PHAST au niveau de raffinerie Skikda « **sphère S181** ».

Tout événement qui se produit sur un site industriel, avec des conséquences graves pour le personnel, l'environnement, est qualifié d'accident industriel.

Des incendies, des explosions, des fuites de gaz inflammables sont des accidents très destructeurs, entraînant souvent des sinistres graves faisant des victimes et causant d'importants dégâts matériels et une à l'environnement.

Ces accidents sont assez rares vu les réglementations imposées en matière de sécurité dans un locale industriel, et peut engendrer des répercussions significatives sur la vie des travailleurs, de l'entreprise ainsi que l'environnement. Et par conséquent, un manque d'efficacité dans la phase de prévention et au cours des interventions à postériori : secours et extinction des incendies.

La gestion du risque majeur de type technologique est largement influencée par les grands accidents industriels, et mettre en place des politiques de prévention.

L'avenir de l'industrie du gaz se profiler autour des notions de sécurité intrinsèque et d'intensification des procédés permettent de diminuer le risque de la source. Dans ce cas il est vraisemblablement possible d'appliquer l'étude de danger lié au système stockage de sphère du GPL.

Le but de ce mémoire est de répondre à la problématique de l'étude de danger en identifiant et évaluant les risques associés au système de stockage de gaz dans une sphère. Cette analyse sera réalisée en utilisant la méthode HAZOP (Hazards and Operability Study), et faire une simulation à l'aide de logiciel ALOHA et PHAST, une technique simplifiée largement utilisée dans l'industrie pétrochimique. L'objectif est de mettre en évidence les scénarios d'accidents probables et graves, de déterminer les pratiques et les moyens à mettre en place, ainsi que de formuler des recommandations pour améliorer la sécurité.

## Introduction générale

---

Notre mémoire est organisé selon le plan suivant :

Dans notre introduction générale, nous abordons les dangers des installations pétrolières et mettons en évidence l'importance de l'étude de dangers en tant que fondement de toute approche de sécurité.

Le premier chapitre propose une revue bibliographique approfondie sur l'étude de dangers et les différentes méthodes d'analyse des risques.

Le deuxième chapitre présente une description générale du GPL (gaz de pétrole liquéfié) ainsi que les risques associés aux stockages de GPL.

Le troisième chapitre se concentre sur une description détaillée de RA1K SKIKDA, en mettant en évidence ses caractéristiques principales.

Le quatrième chapitre est consacré à l'application de la méthode HAZOP sur la sphère S181, ainsi qu'à la modélisation de scénarios d'accidents à l'aide des outils ALOHA et PHAST.

Enfin, nous concluons notre mémoire en soulignant l'importance de l'étude de dangers dans la perspective de prévention des risques, en mettant en avant la qualification des principaux acteurs en termes de sécurité industrielle et l'action effective de toutes les parties concernées, notamment l'exploitant, les autorités et le personnel de sécurité.

# **CHAPITRE I :**

## **ETUDE DE DANGERS**

**Introduction**

L'étude de danger consiste en une analyse approfondie des activités et des équipements présents sur le site, ainsi que des risques associés. Elle prend en compte les scénarios d'accidents les plus probables et les plus graves, en évaluant les conséquences sur les personnes et l'environnement.

L'étude de danger est une étape importante dans la gestion des risques industriels et la sécurité des sites industriels. Elle est souvent exigée par la réglementation et constitue une base essentielle pour l'élaboration des plans de prévention des risques technologiques.

Les méthodes d'analyse des dangers sont des outils essentiels utilisés lors de l'étude de danger. Elles permettent d'identifier et d'évaluer les différents types de dangers potentiels, tels que les risques chimiques, les risques mécaniques, les risques électriques...etc.

Parmi les méthodes d'analyse les plus couramment utilisées sont (HAZOP, AMDEC, APR, LOPA, ADE).

Ces méthodes d'analyse des dangers fournissent des informations précieuses pour prendre des décisions éclairées en matière de sécurité.

L'étude de danger et l'application de ces méthodes sont donc essentielles pour assurer la sécurité et la protection des personnes et de l'environnement dans milieu de travail.

**I.1. Notion de basse****I.1.1. Le risque**

Est La probabilité qu'un dommage ou une atteinte au bien-être des travailleurs se présente dans certaines conditions d'utilisation ou d'exposition à un danger et l'ampleur éventuelle de ce dommage ou de cette atteinte. [2].

**Sécurité fonctionnelle des systèmes industriels** définit le risque comme étant « la mesure d'un danger associant une mesure de l'occurrence d'un événement indésirable et une mesure de ses effets et conséquences ». (Évaluation du risque = probabilité x conséquences).

On peut distinguer deux grands domaines de risques

- Ceux à très faible probabilité, mais aux conséquences catastrophiques ;
- Ceux à forte probabilité, mais aux conséquences unitaires limitées [3].

**I.1.2. Danger**

Le danger est une propriété intrinsèque d'une substance, d'un agent, d'une source d'énergie ou d'une situation qui peut entraîner des conséquences indésirables.

Les dangers sont associés aux matières dangereuses nécessaires au projet, aux procédés et aux équipements ainsi qu'à la localisation géographique du projet [4].

**I.1.3. Installation classée (IC)**

Toute unité technique fixe dans laquelle interviennent une ou plusieurs activités figurant dans la nomenclature des installations classées telle que fixée par la réglementation en vigueur.

**I.1.4. Accident**

Événement indésirable conduisant à des dommages pour les personnes.

**I.1.5. Accident du travail**

Aux termes de l'article L. 411-1 du Code de la sécurité sociale, « est considéré comme accident du travail, quelle qu'en soit la cause, l'accident survenu par le fait ou à l'occasion du travail à toute personne salariée ou travaillant, à quelque titre ou en quelque lieu que ce soit, pour un ou plusieurs employeurs ou chefs d'entreprise ». Pour qu'il y ait accident de travail, deux conditions doivent être remplies : il faut qu'il y ait un fait ayant entraîné une lésion immédiate ou différée et que cet accident survienne à l'occasion ou par le fait du travail [5].

**I.2. Etude des dangers**

L'étude de danger a pour objet de préciser les risques directs ou indirects par lesquels l'activité de l'établissement classé met en danger les personnes, les biens et l'environnement, que la cause soit interne ou externe.

L'étude de danger doit permettre de définir les mesures d'ordre technique propres à réduire la probabilité et les effets des accidents ainsi que les mesures d'organisation pour la prévention et la gestion de ces accidents.

**I.2.1. Objectif De L'étude De Dangers EDD**

➤ De rendre compte de l'examen qu'a effectué l'exploitant pour :

- 
- Identifier et analyser les risques, que leurs causes soient d'origine interne ou externe à l'installation concernée ;
  - Évaluer l'étendue et la gravité des conséquences des accidents majeurs identifiés ;
  - Justifier les paramètres techniques et les équipements installés ou à mettre en place pour la sécurité des installations permettant de réduire le niveau des risques pour les populations et pour l'environnement.
- D'exposer les éventuelles perspectives d'amélioration en matière de prévention des accidents majeurs ;
  - De contribuer à l'information du public et du personnel ;
  - De fournir les éléments nécessaires à la préparation des Plans d'Opération Interne (POI) et des Plans Particuliers d'Intervention (PPI) ;
  - De permettre une concertation ultérieure entre acteurs locaux en vue d'une définition des zones dans lesquelles une maîtrise de l'urbanisation autour de l'établissement est nécessaire pour limiter les conséquences des accidents [6].

### **I.2.2. Références réglementaires**

- Décret exécutif n° 06-198 du 4 Jomada El Oula 1427 correspondant au 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement ;
- Décret exécutif n°07-144 du 19 Mai 2007 Fixant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.

### **I.2.3. Quand Faire Une Étude De Dangers**

Elle est requise lors du dépôt d'un dossier de demande d'autorisation pour les installations classées pour la protection de l'environnement.

### **I.2.4. Qui Fait L'étude De Danger**

- Par des bureaux d'études ;
- Par des bureaux d'expertise ;
- Par des bureaux de consultation compétents en la matière et agréés par le ministre chargé de l'environnement.

### **I.2.5. Contenu De L'étude De Danger**

- Une présentation générale du projet ;

- 
- La description de l'environnement immédiat du projet et du voisinage potentiellement affecté en cas d'accident ;
  - La description du projet et ses différentes installations (implantation, taille et capacité, accès, choix du procédé retenu, fonctionnement, produits et matières mis en œuvre, ...) en se servant au besoin de cartes (plan d'ensemble, plan de situation, plan de masse, plan de mouvement...)
  - L'identification de tous les facteurs de risques générés par l'exploitation de chaque installation considérée. Cette évaluation doit tenir compte non seulement des facteurs intrinsèques mais également des facteurs extrinsèques auxquels la zone est exposée ;
  - L'analyse des risques et des conséquences au niveau de l'établissement classé afin d'identifier de façon exhaustive les événements accidentels pouvant survenir, leur attribuer une cotation en terme de gravité et de probabilité permettant de les hiérarchiser, ainsi que la méthode d'évaluation des risques utilisée pour l'élaboration de l'étude de danger ;
  - L'analyse des impacts potentiels en cas d'accidents sur les populations (y compris les travailleurs au sein de l'établissement), l'environnement ainsi que les impacts économiques et financiers prévisibles ;
  - Les modalités d'organisation de la sécurité du site, les modalités de prévention des accidents majeurs et du système de gestion de la sécurité et des moyens de secours.

### **I.3. Description des méthodes d'identification des accidents majeurs**

#### **I.3.1. Accidents majeurs**

L'expression accident majeur désigne un événement inattendu et soudain, y compris en particulier une émission, un incendie ou une explosion de caractère majeur, dû à un développement anormal dans le déroulement d'une activité industrielle, entraînant un danger grave, immédiat ou différé, pour les travailleurs, la population ou l'environnement à l'intérieur ou à l'extérieur de l'installation et mettant en jeu un ou plusieurs produits dangereux.

#### **I.3.2. Les méthodes d'identification des accidents majeurs utilisées dans le cadre d'étude de danger**

Dans toute installation à risques d'accident majeur, l'exploitant devrait procéder à une étude des dangers. Cette étude devrait être suffisamment complète pour permettre :

- De déceler les points faibles éventuels du système de sécurité ;

- D'identifier le risque résiduel du système de sécurité en place ;
- D'élaborer les mesures de protection optimales à appliquer au plan technique et en matière d'organisation en cas de fonctionnement anormal de l'installation.

L'étude des dangers devrait être effectuée selon une méthode appropriée, telles celles qui suivent :

- Méthode d'analyse préliminaire des risques (APR) ;
- Analyse des risques HAZOP ;
- Analyse des risques LOPA ;
- Arbre des causes ;
- Analyse des conséquences des accidents ;
- Analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDEC);
- Analyse par check-list.

La méthode devrait être choisie en fonction de la nature et de la complexité de l'installation ; elle devrait viser à la protection des travailleurs, de la population et de l'environnement.

**I.3.2.1. La Méthode APR**

L'APR est une méthode couramment utilisée dans le domaine de l'analyse des risques. Il s'agit d'une méthode inductive, systématique et assez simple à mettre en œuvre. Concrètement, l'application de cette méthode réside dans le renseignement d'un tableau en groupe de travail pluridisciplinaire [7].

Le tableau utilisé est présenté ci-après :

**Tableau I.1 :** présenté Analyse Préliminaire.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Système/ fonction	Produit/ équipement	Situation dangereuse	causes	conséquence	Mesures de sécurité existantes	Estimation du risque/ danger (criticité)	Proposition d'amélioration	observations
						G   F		

**I.3.2.1.1. Limites et avantages APR**

Le principal avantage de l'Analyse Préliminaire des Risques est de permettre un examen relativement rapide des situations dangereuses sur des installations. Par rapport aux

---

autres méthodes présentées ci-après, elle apparaît comme relativement économique en terme de temps passé et ne nécessite pas un niveau de description du système étudié très détaillé. Cet avantage est bien entendu à relier au fait qu'elle est généralement mise en œuvre au stade de la conception des installations. En revanche, l'APR ne permet pas de caractériser finement l'enchaînement des événements susceptibles de conduire à un accident majeur pour des systèmes complexes. Comme son nom l'indique, il s'agit à la base d'une méthode préliminaire d'analyse qui permet d'identifier des points critiques devant faire l'objet d'études plus détaillées. Elle permet ainsi de mettre en lumière les équipements ou installations qui peuvent nécessiter une étude plus fine menée grâce à des outils comme l'AMDEC, l'HAZOP ou l'analyse par arbre des défaillances. Toutefois, son utilisation seule peut être jugée suffisante dans le cas d'installations simples ou lorsque le groupe de travail possède une expérience significative de ce type d'approches.

### **I.3.2.2. La Méthode HAZOP**

HAZOP est l'acronyme de HAZard and OPerability study (Etude de danger et d'exploitabilité). Il s'agit de l'examen structuré et systématique d'un produit, d'un processus, d'un mode opératoire ou d'un système planifié ou existant. Cette technique permet d'identifier les risques auxquels sont confrontés les personnes, les équipements, l'environnement et/ou les objectifs de l'organisation. L'équipe chargée de l'étude a également pour prérogative, dans la mesure du possible, d'apporter des solutions visant à éliminer le risque en question. L'HAZOP est l'outil adéquat, qui répond à notre besoin d'étude, c'est-à-dire l'identification des scénarios et surtout les événements initiateurs qui provoquent des accidents.

#### **I.3.2.2.1. Le processus de la méthode HAZOP**

Est une technique qualitative reposant sur l'utilisation de mots-guides permettant de déterminer dans quelle mesure il n'est pas possible d'obtenir la conception ou les conditions de fonctionnement désirées à chaque étape de la conception, du processus, du mode opératoire ou du système. D'une manière générale, elle est mise en place par une équipe pluridisciplinaire à la suite de plusieurs réunions.

- L'analyse HAZOP ressemble à l'analyse AMDEC puisqu'elle identifie les modes de défaillance d'un processus, d'un système ou d'un mode opératoire, ainsi que leurs causes et leurs conséquences.

- 
- La différence est que l'équipe tient compte des résultats et écarts indésirables par rapport aux résultats et conditions prévus, et revient aux causes et modes de défaillance possibles, tandis que l'analyse AMDEC commence par identifier les modes de défaillance.

#### **I.3.2.2.2. Utilisation de la méthode HAZOP**

A l'origine, la technique HAZOP a été développée pour analyser les systèmes de production chimique mais elle a été étendue à d'autres types de systèmes et d'opérations complexes. Ceux-ci incluent, notamment, les systèmes mécaniques et électroniques, les modes opératoires, les systèmes logiciels. Elle a même été appliquée aux changements organisationnels et à la conception et l'examen de contrats juridiques.

Le processus HAZOP peut concerner toutes les formes d'écart par rapport à la conception prévue, à la suite de défaillances de conception, de composants, de modes opératoires et actions humaines planifiées.

Est largement utilisé dans le cadre d'examens de conception logicielle. Lorsqu'il est appliqué au contrôle des appareils essentiels de sécurité et aux systèmes informatiques, il peut être connu sous le nom de CHAZOP (Control HAZards and OPerability analysis – Analyse de danger et d'exploitabilité de commandes, ou Computer HAZard and OPerability analysis – Analyse de danger et d'exploitabilité informatique). D'une manière générale, une étude HAZOP est réalisée à l'étape de la conception détaillée, lorsqu'un diagramme exhaustif du processus prévu est disponible, mais que des modifications peuvent encore être apportées à la conception. Elle peut cependant être réalisée dans le cadre d'une approche progressive en appliquant différents mots-guides à chaque étape au fur et à mesure du développement de la conception.

Une étude HAZOP peut également être réalisée lors du fonctionnement, mais les modifications nécessaires peuvent à cette étape s'avérer onéreuses.

#### **I.3.2.2.3. Entrées d'une étude HAZOP**

Les entrées essentielles d'une étude HAZOP sont des informations actuelles relatives au système, au processus ou au mode opératoire à examiner, ainsi qu'aux spécifications de conception et de performances prévues. Les entrées peuvent inclure : des dessins, des fiches techniques, des organigrammes, des diagrammes logiques et de contrôle de processus, des dessins de disposition, des modes opératoires de fonctionnement et de maintenance et des modes opératoires d'intervention d'urgence. Pour les éléments non matériels liés à l'analyse HAZOP, il peut s'agir de tout document décrivant les fonctions et éléments du système ou du

mode opératoire en cours d'étude. Par exemple, les entrées peuvent être des diagrammes organisationnels et des descriptions de poste, un projet de contrat, voire de mode opératoire.

**I.3.2.2.4. Processus de la méthode HAZOP**

L'analyse HAZOP traite de la conception et de la spécification du processus, du mode opératoire ou du système en cours d'étude et en examine chacune des parties afin de détecter les écarts susceptibles de se produire par rapport aux performances prévues, et ainsi déterminer les causes potentielles et les conséquences éventuelles. Pour ce faire, il s'agit d'examiner de manière systématique le comportement de chaque partie du système, du processus ou du mode opératoire lorsque des modifications sont apportées aux paramètres essentiels à l'aide de mots guides pertinents. Il est possible de personnaliser les mots-guides en fonction d'un système, processus ou mode opératoire particulier, ou d'utiliser des mots génériques englobant tous les types d'écart. Des mots-guides similaires tels que « trop tôt », « trop tard », « trop -beaucoup », « trop peu – pas assez », « trop long », « trop court », « mauvaise direction », sur « mauvais objet », « mauvaise action » peuvent être utilisés pour identifier les modes d'erreur humaine.

Feuille de travail HAZOP Le tableau ci-dessous présente un exemple de feuille de travail HAZOP.

**Tableau I.2 :** exemple de feuille de travail HAZOP.

<b>Date</b>								
<b>Ligne ou équipement</b>								
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>N°</b>	<b>Mot Clé</b>	<b>Paramètre</b>	<b>déviation</b>	<b>Causes</b>	<b>Conséquences</b>	<b>Détection</b>	<b>Protection</b>	<b>Actions d'amélioration</b>

**I.3.2.2.5. La procédure d'étude HAZOP**

- Nomination d'une personne responsable et disposant de toute la latitude nécessaire à la conduite de l'étude HAZOP, et en mesure d'appliquer toutes les actions qui en résultent ;
- Définition des objectifs et du domaine d'application de l'étude ;
- Etablissement d'un ensemble de mots-clés ou de mots guides correspondant à l'étude ;
- Constitution de l'équipe HAZOP. En principe, il s'agit d'une équipe pluridisciplinaire. Il convient qu'elle soit composée de personnel de conception et d'exploitation aux

---

compétences techniques appropriées, afin d'évaluer les effets des écarts constatés par rapport à la conception prévue ou actuelle.

- Il est recommandé d'intégrer dans l'équipe des personnes n'étant pas directement impliquées dans la conception ou dans le système, le processus ou le mode opératoire en cours d'examen ;
- Collecte de la documentation requise ;
- Acceptation de la conception prévue pour chaque sous-système, sous-processus ou sous-élément, puis pour chacun de leurs éléments, en appliquant successivement les mots-guides, de manière à anticiper les écarts possibles qui produiront des résultats indésirables;
- En cas d'identification d'un résultat indésirable, acceptation de la cause et des conséquences dans chaque cas, puis suggestion de la manière dont ils peuvent être traités afin d'éviter qu'ils ne se reproduisent ou de limiter les conséquences, le cas échéant ;
- Documentation de la discussion et acceptation des actions spécifiques pour traiter les risques identifiés.

Résultats Compte rendu des réunions HAZOP avec éléments enregistrés pour chaque point examiné. Il convient que cela comprenne : le mot-guide utilisé, le/les écart(s), les causes possibles, les actions à entreprendre pour résoudre les problèmes identifiés et la personne responsable de l'action.

Il convient que le risque lié à un écart qui ne peut pas être corrigé soit évalué.

#### **I.3.2.2.6. Les avantages d'analyse de la méthode HAZOP**

HAZOP présente les avantages suivants :

- Offre le moyen d'examiner de manière systématique et rigoureuse un système, un processus ou un mode opératoire ;
- Implique la constitution d'une équipe pluridisciplinaire, composée de personnes aux compétences opérationnelles pragmatiques et en mesure de procéder à des opérations de traitement ;
- Génère des solutions et des moyens de traitement du risque ;
- Permet d'aborder de manière explicite les causes et conséquences d'une erreur humaine ;
- Permet d'enregistrer par écrit le processus qui peut être utilisé pour éviter les actes de négligence.

#### **I.3.2.2.7. Les limites de la méthode HAZOP**

- Elle peut prendre beaucoup de temps et donc être onéreuse ;

- 
- Elle nécessite un niveau élevé de documentation ou de spécification de système/processus et de mode opératoire ;
  - L'attention peut porter exclusivement sur la recherche de solutions plutôt que sur les raisons qui motivent une action (ceci peut être limité par une approche progressive) ;
  - La discussion peut porter essentiellement sur des détails de conception et non sur des questions plus larges ou externes ;
  - Elle est limitée par le projet de conception et la conception elle-même, ainsi que par le domaine d'application et les objectifs imposés à l'équipe ;
  - Le processus s'appuie fortement sur l'expertise des concepteurs, ces derniers pouvant trouver difficile de rester suffisamment objectifs quant aux problèmes que peuvent présenter leurs conceptions.

### **I.3.2.3. La méthode LOPA**

L'analyse des couches de protection LOPA décrite dans la partie 3 de la norme IEC 61511 et développée par CCPS (Center for Chemical Process Safety) à la fin des années 1990 est une méthode semi-quantitative d'analyse et d'évaluation des risques.

LOPA est un cas particulier de la méthode Arbre des Evénements (AdE), établie dans le but de déterminer la fréquence d'une conséquence indésirable pouvant être prévenue par une ou plusieurs couches de protection.

Le but principal de LOPA est de déterminer s'il y a suffisamment de couches de protection pour la maîtrise d'un scénario d'accident bien défini, c'est-à-dire de vérifier si le risque est réduit à un niveau au moins tolérable.

#### **I.3.2.3.1. Principe de la méthode LOPA**

Une autre façon de comprendre LOPA est de la considérer comme un cas particulier de la méthode de l'Arbre des Evénements qui est une méthode quantitative d'évaluation de risque. Un arbre d'événements analyse toutes les conséquences possibles d'un événement initiateur, alors que LOPA n'étudie qu'un seul scénario à la fois (couple cause- conséquence), ce qui représente un seul chemin sur l'arbre d'événements. LOPA utilise un événement initiateur de la même façon que l'AdE, mais elle exige qu'il soit exprimé en termes de fréquence. Les couches de protection dans LOPA correspondent aux branches d'un AdE (Figure I.1). Dans LOPA, chaque branche est souvent un ensemble d'événements complémentaires dans lequel la couche de protection accomplit sa fonction de sécurité avec succès ou se trouve défaillante. LOPA estime la fréquence de la conséquence indésirable, de

la même façon que fait l'AdE, en multipliant la fréquence de l'événement initiateur par le produit des PFD des IPL (Independent Protection Layers).

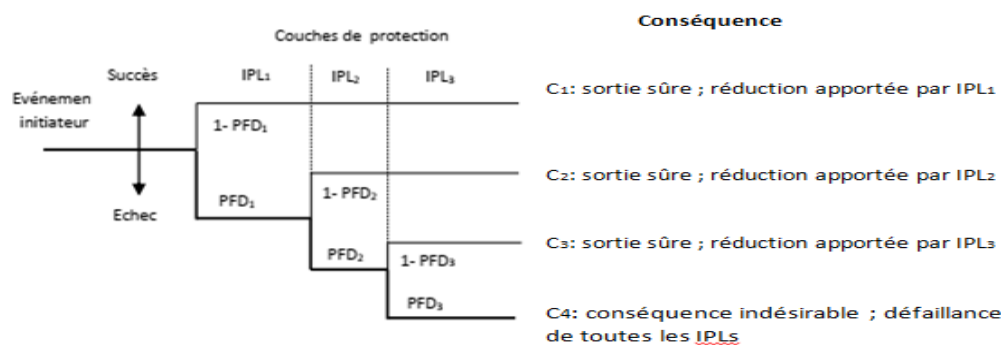


Figure I.1 : exemple d'Arbre d'Evénements avec trois couches de protection.

### I.3.2.3.2. Etapes d'élaboration de la méthode LOPA

- Établissement des critères d'acceptabilité des scénarios d'accidents ;
- Développement et sélection d'un scénario d'accident ;
- Identification de l'événement initiateur du scénario et estimation de sa fréquence ;
- Identification des IPLs et estimation de leurs PFD ;
- Calcul de la fréquence de la conséquence réduite ;
- Evaluation du risque par rapport aux critères d'acceptabilité.

### I.3.2.3.3. Avantages, limites de la méthode LOPA conventionnelle

#### I.3.2.3.3.1. Les avantages de la méthodes LOPA

- C'est un outil performant et efficace d'évaluation des risques et de prise de décision quant aux mesures de protection et de réduction.
- C'est un outil d'estimation des conséquences limites.
- C'est est un outil d'aide à la décision quant à l'acceptabilité du risque.

#### I.3.2.3.3.2. Les limites de la méthode LOPA

- La limitation relative à la prise en compte d'un scénario résultant d'un simple couple cause-conséquence ;
- LOPA est un outil qui ne peut pas être appliqué pour étudier tous les scénarios d'accidents surtout ceux qui présentent des combinaisons des défaillances ;

- 
- L'objectivité et l'efficacité des résultats de LOPA dépendent de la disponibilité des données, alors qu'en réalité on ne peut pas se passer des jugements d'experts et des bases de données.

#### **I.3.2.4. La Méthode AMDEC**

L'Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) est un outil de sûreté de fonctionnement (SdF) et de gestion de la qualité. AMDEC est la traduction de l'anglais FMECA (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis), litt. « Analyse des modes, des effets et de la criticité des défaillances ») [8].

La criticité d'un mode de défaillance se détermine généralement par le produit (indice de fréquence)  $\times$  (indice de gravité)  $\times$  (indice de détection). Ces indices sont définis par le client, l'entreprise qui fixe également un seuil d'acceptabilité, au-dessus duquel toute criticité doit être réduite, par un moyen à définir (reprise de conception, plan de maintenance, action de surveillance, ...).

Le but est de hiérarchiser les actions d'amélioration à conduire sur un processus, un produit, un système en travaillant par ordre de criticité décroissante.

La démarche Pour chaque mode on identifie et évalue :

- Sa (ses) cause(s) et l'indice de fréquence (classe d'occurrence) ;
- Ses effets et l'indice de gravité (classe de sévérité) ;
- Les mesures mises en place pour détecter la défaillance et l'indice de détection (classe de probabilité de détection).

On calcule la criticité : (indice de fréquence)  $\times$  (indice de gravité)  $\times$  (indice de détection) :

- Si la criticité seuil est atteinte, on engage des actions correctives ;
- Si le but poursuivi est l'amélioration, on traitera en priorité les causes des modes de défaillance présentant les plus fortes criticités.

**Remarque :** Dans certaines applications, on utilise les probabilités au lieu des indices.

##### **I.3.2.4.1. Secteurs d'activité utilisant l'AMDEC**

L'AMDEC est très utilisée dans le secteur de l'automobile, de l'aéronautique, du ferroviaire et du matériel médical, tout au long du processus de conception, développement et exploitation.

---

Une méthode dérivée de l'AMDEC est aussi utilisée dans les industries agro-alimentaire, chimique et pharmaceutique. Cette méthode s'intéresse plus particulièrement à la fabrication et s'apparente à l'AMDEC processus.

Depuis la mise en place de la nouvelle directive ATEX, les fabricants de machines utilisées en atmosphère explosible doivent obligatoirement réaliser une AMDEC ATEX, qui permettra d'identifier les risques d'échauffement ou d'étincelles, quelle que soit leur origine.

Dans les nouvelles méthodes d'étude de la fiabilité, l'AMDEC est aussi employée pour déterminer les contributions intrinsèques et extrinsèques des divers mécanismes de défaillances. À partir de cette analyse, les paramètres importants pour la compréhension des dégradations survenues lors de la qualification ou du retour opérationnel du système électronique ou optoélectronique permettent d'effectuer le suivi du système amélioré lors d'un nouveau test d'endurance.

#### **I.3.2.4.2. Limites de l'AMDEC**

L'AMDEC est un outil très intéressant pour la sûreté de fonctionnement, elle ne permet pas cependant d'avoir une vision croisée des pannes possibles et de leurs conséquences : deux pannes surviennent en même temps sur deux sous-systèmes, quelle est la conséquence sur le système tout entier ? Dans ce cas, des études complémentaires sont nécessaires, par arbres de défaillances ou blocs diagrammes de fiabilité notamment.

L'AMDEC ne permet pas de tenir compte des phénomènes dynamiques. La qualité d'une AMDEC est liée à l'exhaustivité des modes de défaillance identifiés. Celle-ci est fortement dépendante de l'expérience des auteurs de l'étude.

De plus, l'outil AMDEC ne doit pas devenir une fin en soi. Les actions préconisées doivent être mises en œuvre et un suivi de leur efficacité doit être assuré.

#### **I.3.2.5. La Méthode ADE**

Méthode appelée aussi arbre des conséquences.

##### **I.3.2.5.1. L'objectif de la méthode ADE**

À partir d'un événement indésirable, rechercher les scénarios possibles d'évolution en événement accidentels. Estimer les probabilités d'occurrence de chacun des scénarios.

**I.3.2.5.2. Mise en œuvre de la méthode ADE**

- Définir l'évènement indésirable : évènement processus et évènement non processus.
- Calculer ou rechercher dans des banques de données sa probabilité d'occurrences. Représenter graphiquement par un arbre les scénarios chronologiques d'évènements aggravants.

**I.3.2.5.3. Intérêt et limites de la méthode**

- Méthode qui permet d'envisager de manière systématique tous les déroulements possibles d'un évènement indésirable ;
- Le positionnement de barrière de sécurité, il permet :
  - Diminuer la probabilité d'occurrences de l'évènement redouté ;
  - Limiter ses effets.
- Volume de travail considérables pour les installations complexes : grande nombre de scénarios d'arbres ;
- Difficultés pour utiliser des probabilités d'occurrences ou des facteurs correctifs spécifiques à l'installation étudiée.

**I.3.2.6. La Méthode d'évaluation des risques**

Disposer d'une méthode d'évaluations du risque est important pour définir l'acceptabilité ou non de ce risque. Il est donc indispensable de fixer des critères d'acceptabilité pour les effets et pour le niveau de probabilité.

Ce ou ces critères visent à délimiter l'évènement probable des évènements peu probables.

De même pour le risque, défini plus haute comme étant le produit de la gravité par la probabilité d'occurrences de l'évènement.

La (figure I.2) ci-dessous permet de visualiser les zones des risques acceptables et les zones inacceptables.

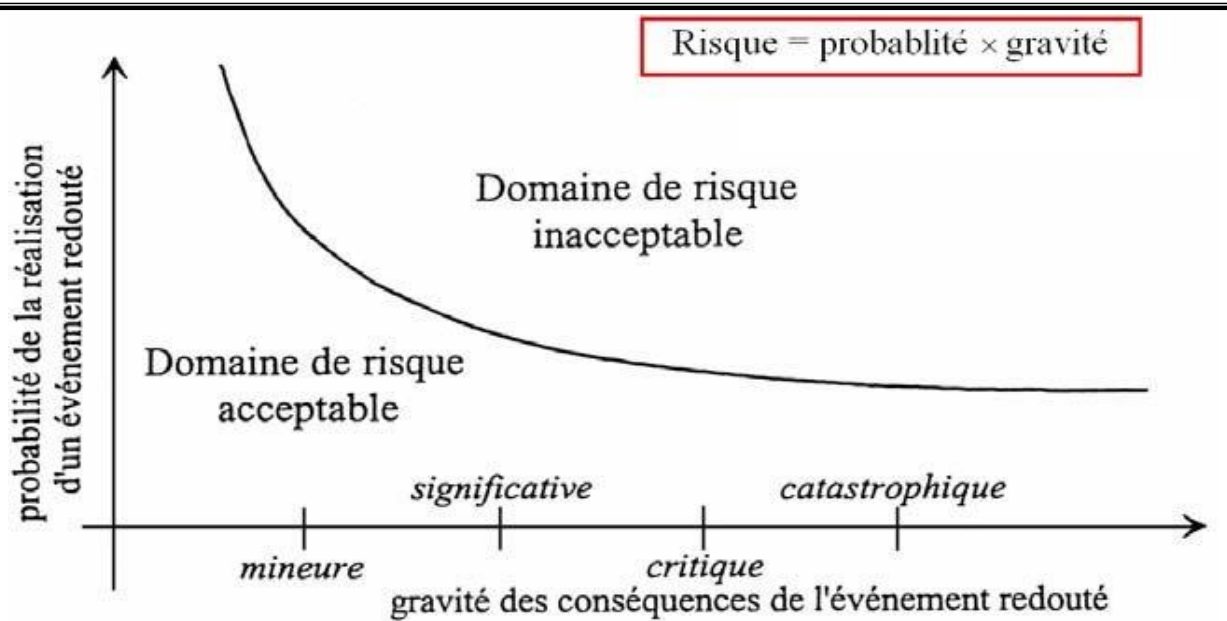


Figure I.2 : zones de risques.

L’exploitant tien compte dans cette approche de l’efficacité des mesures actives et passives mise en place au sein du site étudiant et pour les équipements critiques ayant un niveau de de conséquences inacceptables, des recommandations sans étude de détail ni chiffrage sont proposées afin de réduire ces risques à une valeur acceptable.

Une matrice de risques est utilisée pour la cotation. Les classes de gravités et de probabilités sont décrites en détails ci-après [9] :

GRAVITE					
Majeure	4	4	8	12	16
Importante	3	3	6	9	12
Modérée	2	2	4	6	8
Mineure	1	1	2	3	4
		1	2	3	4
		PROBABILITE			
		Très improbable    Improbable    Probable    Très probable			

Figure I.3 : matrice de risques.

Avec :

➤ Echelle de gravité :

**Tableau I.3 :** de cotation de la gravité des dommages.

Niveau de gravité	Echelle	Commentaires
1	Faible	Blessure ou symptômes bénins Pas ou peu de dommage sans arrêt de travail
2	Moyenne	Blessure ou symptômes demandant des soins médicaux sans arrêt de travail
3	Grave	Blessure ou maladie provoquant un arrêt de travail Dommages réversibles entraînant une incapacité partielle ou permanente
4	Très grave	Blessure ou maladie mortelle

➤ Echelle des occurrences :

**Tableau I.4 :** de cotation de la fréquence d'exposition.

Niveau de fréquence	Echelle	commentaires
1	Très rare	Exposition pouvant survenir au maximum une fois par an ou peu vraisemblable ou jamais rencontrée
2	Rare	Exposition pouvant survenir au maximum plusieurs fois par an sur le lieu de travail
3	Fréquent	Exposition pouvant survenir au maximum une fois par mois sur le lieu de travail
4	Très fréquent	Exposition pouvant survenir au maximum plusieurs fois par mois sur le lieu de travail

#### I.4. Le principe de la gestion du risque

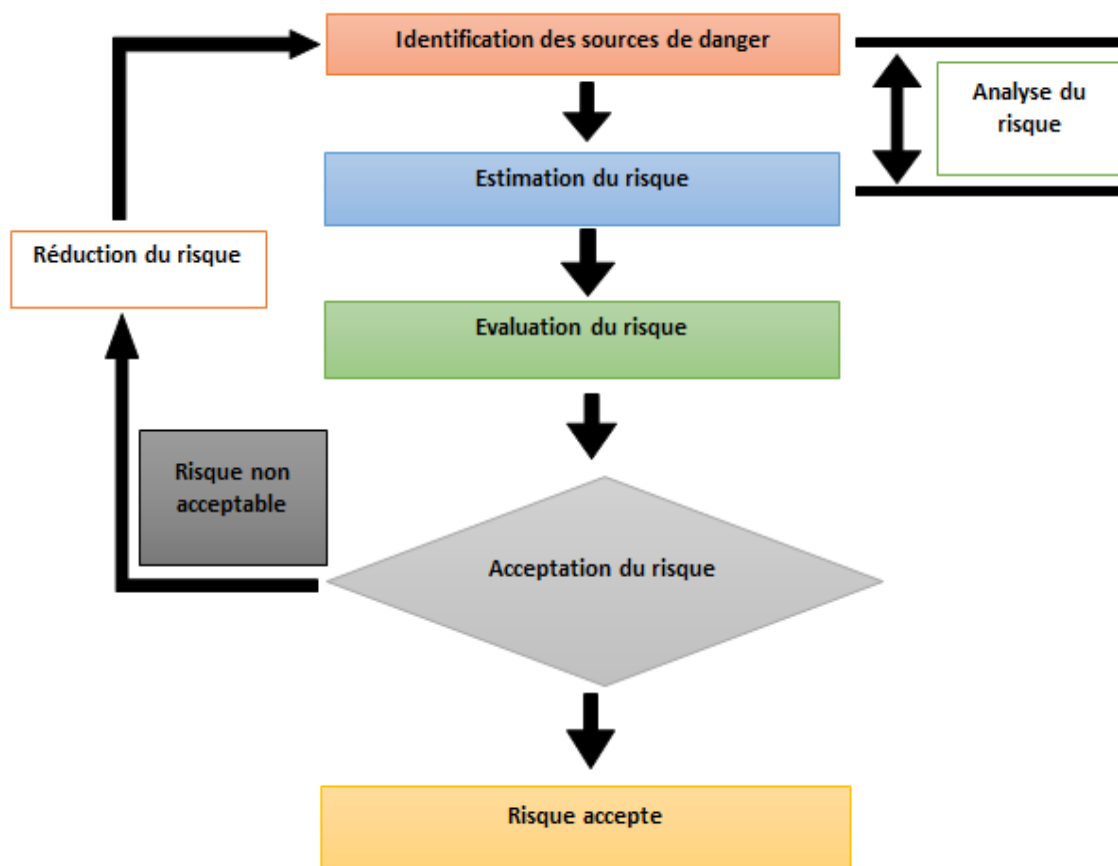
La gestion du risque peut être définie comme « l'ensemble des activités coordonnées en vue de réduire le risque à niveau jugé tolérable ou acceptable », cette définition, cohérente avec les concepts présentés dans les Guides ISO/CEI 51 et 73 s'appuie ainsi sur un critère d'acceptabilité du risque.

L'AFNOR (2000) définit la gestion des risques comme « l'ensemble des activités coordonnées visant à diriger et piloter un organisme vis-à-vis du risque ».

La gestion des risques est une opération commune à tout type d'activité, les objectifs poursuivis peuvent concerner par exemple :

- Le gain de rentabilité, de productivité ;
- La gestion des couts et des délais ;
- La qualité d'un produit.

**I.4.1. Démarche de maitrise des risques**



**Figure I.4 :** processus pour la gestion des risques.

**I.4.2. Les étapes de la gestion des risques**

**I.4.2.1. Analyse des risques**

L'analyse des risques occupe une place centrale dans le processus de gestion des risques, cette étape sert à définir le système ou l'installation à étudier en recueillant toutes les

---

informations et données nécessaires, dans ce volet, une description à trois niveaux, structurel, fonctionnel et temporel est indispensable afin de mener une analyse efficace et atteindre les objectifs voulus en matière de maîtrise des risques

#### **I.4.2.2. Evaluation du risque**

Une fois « l'analyse des risques » terminée, il est nécessaire de rechercher les mesures de sécurité qui permettront de les éviter ou de les réduire.

Cependant, il est impossible de pouvoir mener cette recherche sur tous les points simultanément. De plus, il est possible de décider, face à certains risques mis en évidence, de décider que le niveau de sécurité est suffisamment atteint (ex : la probabilité d'occurrence du dommage est extrêmement faible, la gravité du dommage est peu importante...).

Il est donc nécessaire d'établir une hiérarchie des risques pour déterminer les priorités d'action au sein de l'entreprise. Il s'agit plus d'une réflexion (avec les acteurs de la prévention des risques professionnels) qui a pour objectif la mise en œuvre de mesures destinées à prévenir les risques de dommages.

« L'évaluation du risque désigne une procédure fondée sur l'analyse du risque pour décider si le risque tolérable est atteint », elle revient à comparer le niveau de risque estimé à un niveau jugé acceptable ou tolérable.

Il y a un certain nombre de méthodes pour l'évaluation des risques liés aux dangers identifier, la plupart des méthodes suivant les mêmes principes généraux de :

- Détermination de la sévérité des pertes potentielles si une perte se produit en raison du danger identifié ;
- Déterminant la fréquence de l'exposition, par le personnel, équipement et environnement au danger identifié ;
- Déterminant la probabilité d'une perte se produisant en raison du danger identifié étant présente pendant un événement.

Les échelles de probabilité, gravité et non détection utilisées pour une évaluation quantitative simplifiée des risques doivent être adaptées à l'installation étudiée.

**I.4.2.3. Réduction du risque**

La réduction du risque (ou maîtrise du risque) désigne l'ensemble des actions ou dispositions entreprises en vue de diminuer la probabilité ou la gravité des dommages associés à un risque particulier.

La recherche de mesures de sécurité doit s'effectuer dans le cadre des "Principes généraux de prévention".

C'est ainsi que l'on recherchera : en priorité des mesures de sécurité intrinsèque, si cela s'avère impossible ou insuffisant, on recherchera des mesures de sécurité collective, si cela s'avère impossible ou insuffisant, on recherchera des mesures de sécurité individuelle pour les compléter éventuellement par des consignes.

**Conclusion**

Les normes et réglementations en matière d'étude de danger varient selon les pays et les secteurs d'activité, mais l'objectif reste toujours le même : garantir la sécurité et la protection des personnes et de l'environnement. En conclusion, l'étude de danger est un processus essentiel pour anticiper les risques et protéger la santé et la sécurité publiques, ainsi que pour assurer la durabilité des activités industrielles et économiques.

# **Chapitre II :**

## **Risque liés aux stockages du GPL**

## Introduction

Le stockage de Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL) comporte des risques importants. Le GPL composé de propane et de butane, est utilisé dans divers secteurs. Pour gérer ces risques, une étude de danger approfondie est nécessaire. Des méthodes d'analyse des dangers, telles que HAZOP, sont utilisées pour identifier les scénarios à risque et mettre en place des mesures de prévention adéquates.

La sécurité du stockage de GPL repose sur la conception du système, les dispositifs de sécurité, les procédures opérationnelles.

En outre, la formation et la sensibilisation des employés sont essentielles pour garantir une manipulation sûre du GPL, y compris le respect des procédures de sécurité, la maintenance régulière des équipements et la gestion appropriée des situations d'urgence.

En résumé, le stockage de GPL comporte des risques importants, mais ceux-ci peuvent être gérés efficacement par le biais d'une étude de danger approfondie et l'application de mesures de sécurité appropriées. La vigilance, la conformité aux normes de sécurité et la formation continue sont essentielles pour assurer la sécurité lors du stockage et de l'utilisation du GPL.

### II.1. Définition de gaz pétrole liquéfié (GPL)

Les gaz de pétroles liquéfié appelés GPL sont définis comme des hydrocarbures saturés (composés de carbone et d'hydrogène) de la famille des alcanes de formule générale  $C_nH_{2n+2}$ .

Leurs formules chimiques indiquent qu'ils sont composés de carbone et d'hydrogène, Butane  $C_4H_{10}$  et propane  $C_3H_8$ .

Le butane et le propane commercialisés ne sont pas des produits chimiquement purs mais des mélanges d'hydrocarbures répondant à des spécifications officielles bien définis (**Figure II.5**) :

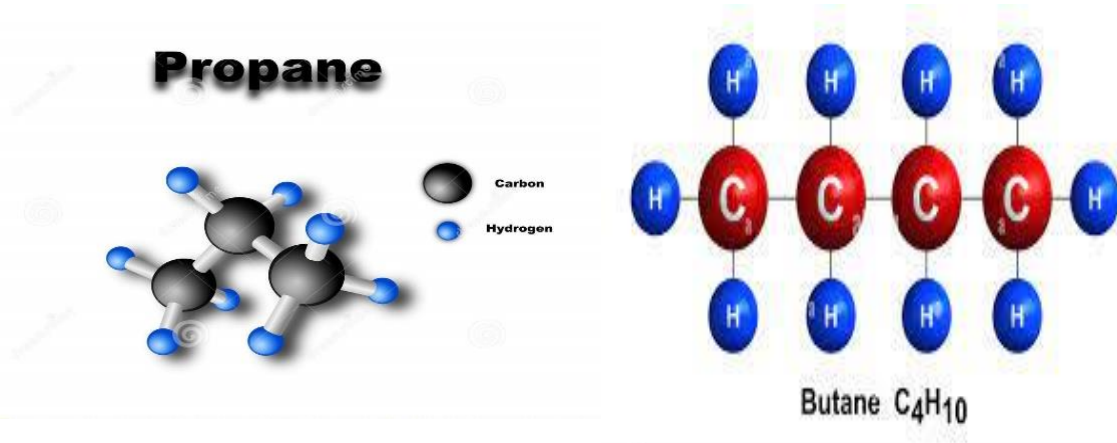


Figure II.5 : le butane et le propane.

Le butane et le propane, défini sous le terme général de GPL sont extraits soit du pétrole brut au cours des opérations de raffinage, soit du gaz naturel et des gaz associés dans les gisements de pétrole, au titre indicatif le raffinage de 100 tonne de pétrole brut fournit environ 4 tonne de GPL, les constituants contribuant aux dangers, sont très inflammables.

## II.2. Caractéristiques d’explosivité d’un mélange gazeux

La limite supérieure d’explosivité LES d’un gaz ou d’une vapeur dans l’air est la concentration maximale en volume dans le mélange au-dessous de laquelle il peut être enflammé. On peut lui faire correspondre une température limite supérieure d’inflammabilité

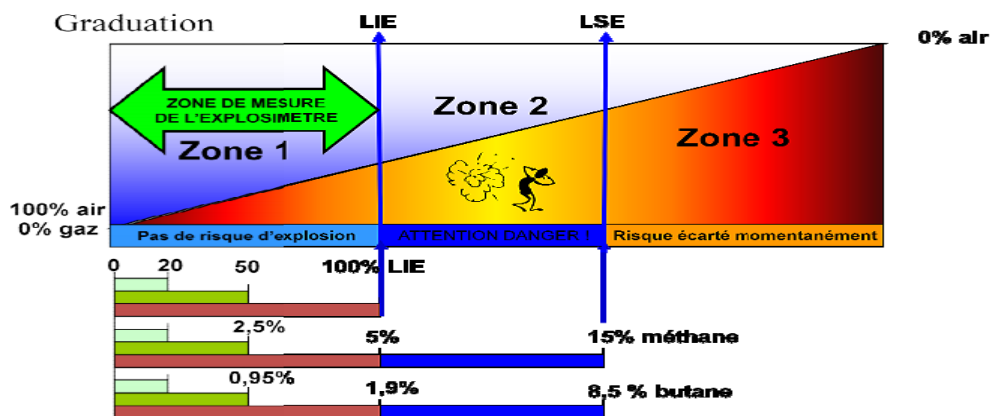


Figure II.6 : les limites d’inflammabilité.

La LIE et la LSE peuvent être aussi exprimées en poids de vapeur par litre ou mètre cube de mélange. Ces limites variant en fonction de la température et de la pression.

La température d'auto-inflammation d'un gaz ou d'une vapeur est la température la plus basse d'une surface chaude à laquelle, dans des conditions spécifiées, l'inflammation d'une atmosphère explosive peut se produire [10].

Température à partir de laquelle, sous la pression atmosphérique, un liquide se vaporise dans sa masse. Ces propriétés sont décrites sur le tableau suivant :

**Tableau II.5 :** propriétés physico-chimiques de GPL.

Constantes	Butane	propane	Définition
Masse moléculaire	58,12	44,09	La masse moléculaire d'un corps et le rapport de la masse de la molécule de ce corps au 1/16 de la masse de l'atome d'oxygène, elle s'obtient à partir des masses atomiques des éléments qui entrent dans la composition des molécules.
Pourcentage de carbone d'hydrogène en poids T° d'auto-inflammation	82,66 17,34 420	81,71 18,29 480	Rapports des masses de Carbone et Hydrogène dans la température minimale au-dessus de laquelle les vapeurs ou les gaz émis par le liquide peuvent s'enflammer spontanément.
Vitesse de propagation de la flamme (cm/s)	33	32	Ou vitesse de déflagration du mélange air/gaz
LIS	1,8	2,1	LIS est la teneur minimale des hydrocarbures dans l'air au-dessus de laquelle on peut avoir une inflammation
LES	8,4	9,5	LES est la teneur maximale des explosifs dans l'air au-dessus de laquelle on peut avoir une inflammation

## II.3. Les principaux réservoirs de stockage des gaz

### II.3.1. Réservoirs sous pression

#### II.3.1.1. La sphère

Dans ce type de réservoir, et pour ce qui concerne les raffineries, sont stocké sous pression des produits sous phases liquide tels que le propane, le butane. Les sphères représentent la forme idéale pour les stockages sous forte pression. Elles permettent de réaliser économiquement des capacités importantes [11].

Les sphères supportent également très bien d'importantes dépressions internes pouvant aller jusqu'au vide totale. Les pertes de produit dues à la variation de la température ambiante ou aux mouvements de produit sont nulles.

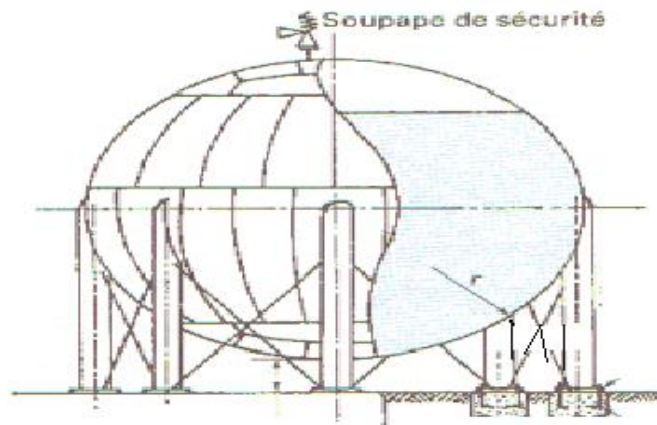


Figure II.7 : la sphère.

Les stockages aériens sont situés à l'intérieur de cuvettes de rétention. Un dispositif d'arrosage fixe permet d'arroser les réservoirs en cas de nécessité pour les refroidir lorsqu'ils sont soumis à un feu ou au rayonnement thermique d'un feu voisin.

#### II.3.1.2. Le sphéroïde

Ils sont utilisés comme moyen de stockage intermédiaire entre les réservoirs cylindriques verticaux sous faible pression et les ballons ou les sphères sous forte pression.

Ces réservoirs stockent également des produits plus volatils comme, par exemple, l'iso pentane.

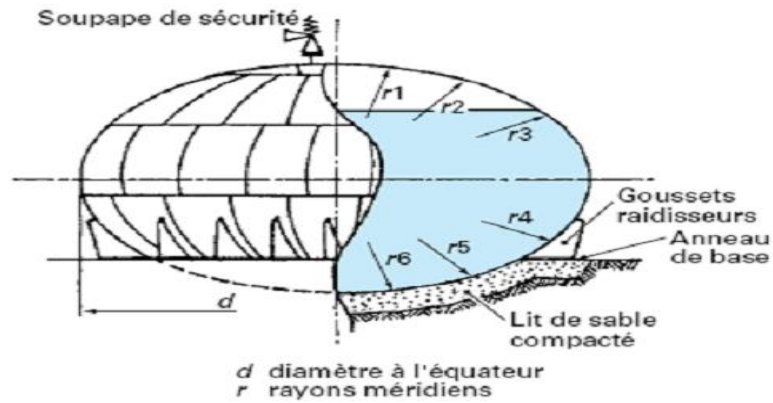


Figure II.8 : le sphéroïde.

### II.3.1.3. Ballons cylindriques horizontaux (cigare)

Ces réservoirs couvrent essentiellement le domaine du stockage sous forte pression des gaz liquéfiés. Ces produits très volatils présentent à température ambiante des tensions de vapeur élevées. Dans ces enceintes, le produit est à la fois présent sous forme liquide et gazeuse.

Le stockage de ces gaz liquéfiés est effectué sous des pressions effectives, pour la plupart des gaz et pour une température maximale d'étude de l'ordre 50°C.

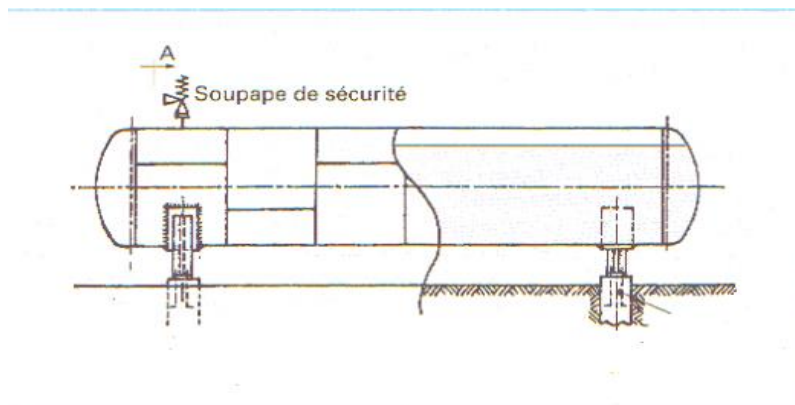


Figure II.9 : ballon cylindriques horizontaux.

### II.3.2. Stockage atmosphériques

Les gaz liquéfiés peuvent aussi être stockés sous pression atmosphérique on distingue [12].

**II.3.3. Stockage réfrigérés**

Pour les gaz de pétrole liquéfiés (G.P.L) tels le butane et le propane, on distingue les réservoirs sphériques ou cylindriques horizontaux fonctionnant à la température ambiante où les produits, liquéfiés sous pression, sont en équilibre avec leur vapeur.

**II.4. Identification des dangers du GPL**

Effets néfastes à la santé en phase gazeuse, à haute dose peut avoir un léger effet anesthésique, et/ou un effet asphyxiant par raréfaction de la teneur en oxygène de l'atmosphère.

En phase liquide peut provoquer des brûlures froides, les dangers physico-chimiques sont un extrêmement inflammables en cas de fuites, le GPL étant plus lourd que l'air se répand au niveau du sol et est susceptible de s'accumuler dans les points bas, en l'absence de ventilation.

L'échauffement accidentel intense d'un récipient de GPL (en cas d'incendie par exemple) peut produire à sa rupture et à dispersion du produit dont l'inflammation des vapeurs peut, dans certaines conditions, conduire à une déflagration ou une explosion

Le GPL est un produit extrêmement inflammable (catégorie f+), cancérogène de catégorie 1 et mutagène de catégorie 2 s'il contient plus de 0.1% de 1,3-butadiène, résumé des consignes en cas d'urgence, bien ventiler, sortir les éventuelles victimes, à l'air libre, fermer les vannes du stockage, éliminer les causes possibles d'ignition [13].

**II.5. Les risque des réservoirs au GPL**

L'opération de transvasement et stockage du produit butane ou propane vers les capacités de stockages (Sphère et cigares) peut aussi provoquer des incidents ou accident au niveau des installations fixes dont les conséquences parfois sont importantes causant des dommages humains, matériels et environnementale, à savoir :

- ✓ Fuite de gaz importante non enflammée ;
- ✓ Fuite de gaz enflammé en présence d'une source d'activation risque d'incendie ;
- ✓ Corrosion avancée plus pression élevée peut provoquer l'éclatement des capacités et tuyauteries de gaz BLEVE à froid et à chaud en présence d'une source d'activation ;
- ✓ Surchauffèrent du compresseur à gaz peut entraîner une explosion ou un incendie ;
- ✓ Risque identique à tous les appareils à pression de gaz ;

✓ Évacuation des soupapes à l'air libre.

## II.6. Les risques liés au stockage du gaz

Le risque principal est la perte de confinement qui peut causer plusieurs scénarios qui sont les suivants :

### II.6.1. 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 est un vaporisation violent à caractère explosif d'un liquide, consécutive à la rupture brutale du réservoir le contenant. Le phénomène peut survenir avec tout liquide, inflammable ou non, lors d'un apport thermique contraint dans une enceinte rigide et hermétique, qui lui fait dépasser la température d'ébullition du liquide (dans les conditions normales de température et de pression). Il peut se produire à froid (température ambiante, par exemple à la suite d'un accident ou d'une défaillance mécanique) ou à chaud (à la suite d'un incendie, faisant augmenter la température et la pression à l'intérieur du contenant).

Les contenants sont généralement des cuves ou des réservoirs, souvent en milieu industriel, mais aussi des camions ou wagons-citernes pour transport du produit. Il s'agit souvent de gaz liquéfiés, comme le gaz de pétrole liquéfié (GPL).

Le BLEVE est très redouté dans les industries stockant des gaz liquéfiés sous pression, ainsi que par les sapeurs-pompiers lors d'incendies concernant ce genre de moyen de stockage et de transport.

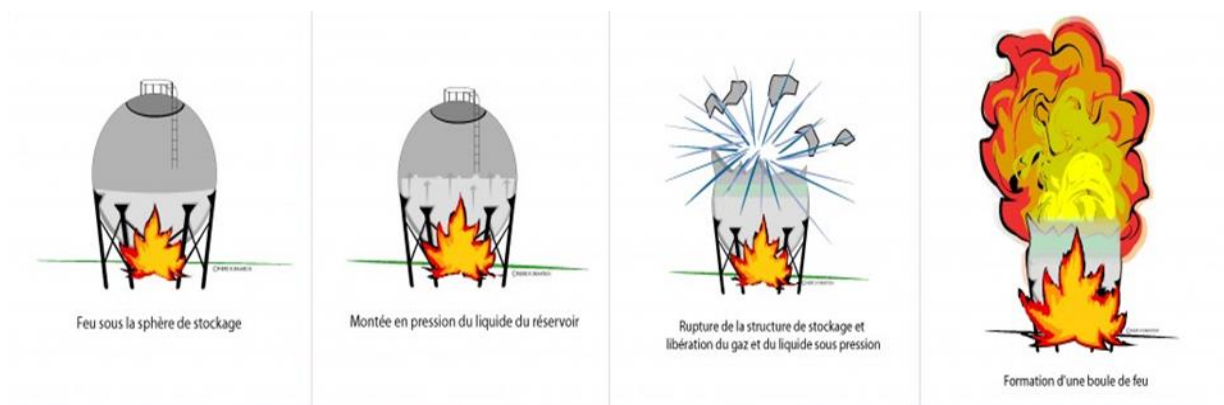


Figure II.10 : le BLEVE.

**II.6.1.1. Description des effets du BLEVE**

Lorsque l'on comprime un gaz, à partir d'une certaine pression, il devient liquide. Cette propriété permet de stocker de grandes quantités de gaz dans des réservoirs (butane, propane, gaz pétrole liquéfié (GPL)...). Il apparaît alors au-dessus du liquide in « ciel gazeux » (la plus grande partie du produit est liquide, une petite partie est gazeuse et occupe le volume restant). En fonctionnement normal, lorsque l'on soutire du gaz du réservoir dans les conditions normales de température et de pression, le liquide bout et la vapeur ainsi produite compense le volume retiré jusqu'à atteindre la pression de vapeur saturante.

En théorie, le BLEVE « froid » engendrer des effets moindres que le BLEVE « chaud » car la pression et la température de rupture sont plus basse.

Les effets du BLEVE sont de trois types : thermiques, surpression et missile.

**II.6.1.1.1. Effets thermiques**

Les effets thermiques sont liés au rayonnement thermique de la boule de feu et, le cas échéant, de la combustion de la flaque au sol.

Le pouvoir émissif du feu de nappe étant deux à trois fois inférieur à celui de la boule de feu, on admet que les effets thermiques produit par le BLEVE « froid » sont inférieurs à ceux produits par le BLEVE « chaud ».

**II.6.1.1.2. Effets surpression**

C'est le souffle d'une explosion. Elle peut être due à un explosif une réaction chimique violente, une combustion (combustion d'un gaz), une décompression brutale d'un gaz sous pression (explosion d'une bouteille d'air comprimé) ou à l'inflammation d'un nuage de poussières [14].

**II.6.1.1.3. Effets missiles**

Les BLEVE « chaud » et les BLEVE « froid » produisent des effets missiles. Le retour d'expérience montre que lors d'un BLEVE, la rupture du réservoir produit un nombre limité de fragments. Projection de fragments à des distances parfois très importantes. Des fragments peuvent être projetés à des distances très élevées, car leur impulsion initiale, communiquée par la vaporisation quasi-instantanée du liquide, est très grande [15].

**II.6.1.2. Estimation des différents types d'effets thermiques****II.6.1.2.1. Modélisations des effets de feux flash**

Le Flash Fire, également appelé feu de nuage résulte de la combustion non explosive d'un nuage de gaz ou de vapeurs inflammables avec l'air en milieu non confiné. En général, la durée d'un tel feu ne dépasse pas la dizaine de secondes. Les effets d'un Flash Fire sont donc limités.

**II.6.1.2.2. Modélisation des effets de feux de flaque**

Le terme « feu de flaque », ou « feu de nappe », décrit un incendie résultant de la combustion d'une nappe de combustible liquide. Ce phénomène implique principalement la surface de la nappe en contact avec l'air. Les dimensions et la géométrie de la nappe peuvent être tout à fait variables [16].

**II.6.1.2.3. Modélisation des effets de boule de feu**

Lorsqu'un BLEVE met en jeu un produit inflammable, la boule de feu peut être le phénomène ayant les conséquences les plus importantes, notamment du fait de ces effets radiatifs. Il existe plusieurs théories pour déterminer les effets de boule de feu.

Toutefois, elles sont toutes basées sur une démarche similaire qui s'articule autour des étapes suivantes :

- ✓ Détermination du diamètre de la boule
- ✓ Détermination de la durée de combustion de la boule
- ✓ Estimation de l'élévation de la boule de feu
- ✓ Détermination des effets sur l'homme.

**II.6.1.2.4. Modélisation des effets de Jet enflammé**

Un feu de Jet se produit lorsqu'un nuage de gaz ou liquide inflammable à haute pression se forme de manière continue et est allumée à proximité de la source. Les radiations thermiques sont continuées. La taille du feu de Jet dépend de la vitesse de décharge, de l'orientation, de la direction, de la météo... La valeur des radiations à une distance donnée est calculée à partir du niveau de radiation de la flamme elle-même, de sa géométrie et de la transmissivité de l'atmosphère.

## II.6.2. LE BOILOVER

Le Boil over est un phénomène de grande ampleur impliquant le feu du réservoir de stockage, et entraînant la vaporisation d'un fond d'eau libre ou en émulsion dans la masse. Le Boil over est un phénomène thermique radiatif de courte durée (inférieure à une minute) dont la valeur du flux est fortement variable dans le temps.

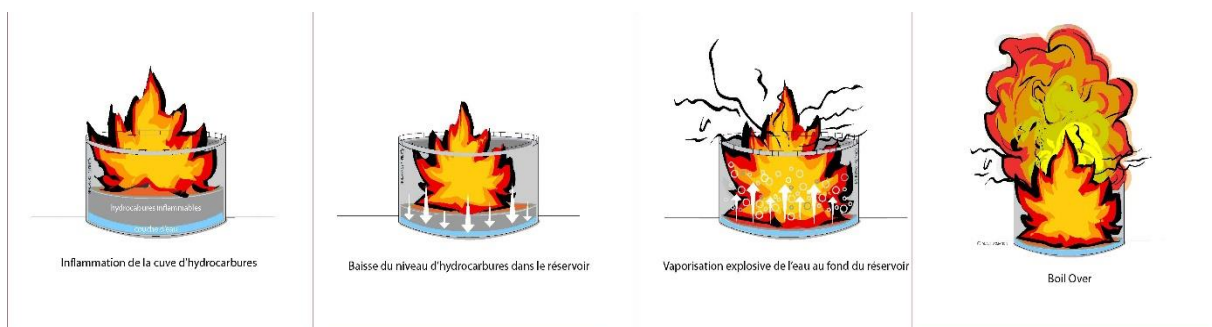
Le terme de Boil over est attribué à un événement survenant lors d'un incendie de certains hydrocarbures contenus dans un réservoir à ciel ouvert, lorsqu'une soudaine augmentation de l'intensité du feu « de réservoir » est observée, accompagnée de l'expulsion de l'hydrocarbure hors du réservoir, après une longue période de combustion régulière de « hydrocarbure » [17].

Plusieurs conditions sont nécessaires à l'occurrence d'un Boil over :

- Un feu de bac après l'effacement du toit ;
- La présence d'eau à transformer en vapeur ;
- Un hydrocarbure pouvant générer une onde de chaleur qui entre en contact avec le fond d'eau et suffisamment visqueux pour s'opposer au passage de la vapeur d'eau vers la surface.

Sur le sujet de l'évaluation des effets du Boil over, le groupe de travail n'a pas réalisé à ce jour d'investigations particulières le sujet, laissant la priorité au comportement de produits que l'on retrouve majoritairement dans les dépôts inscrits.

Il est rappelé qu'outre l'évaluation des effets propres à la boule de feu, il convient d'examiner autant que possible le moussage et les effets associés, en particulier en matière d'effets dominos [18].



---

## II.7. La démarche de la prévention

### II.7.1. Les principes généraux de prévention

L'employeur, autorité territoriale ou directeur d'établissement, prend des mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé physique et mentale des travailleurs de l'établissement. Sur le fondement des principes de prévention, il doit [19] :

- Eviter les risques ;
- Evaluer les risques qui ne peut pas être éviter ;
- Combattre les risques à la source ;
- Adapter le travail à l'homme, en particulier en ce qui concerne la conception des postes de travail ainsi que le choix des équipements de travail et des méthodes de travail et de production, en vue notamment de limiter le travail monotone et le travail cadencé et de réduire les effets de ceux-ci sur la santé ;
- Tenir compte de l'état d'évolution de la technique ;
- Remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux ou par ce qui est moins dangereux ;
- Planifier la prévention en y intégrant dans un ensemble cohérent, la technique, l'organisation du travail, les conditions du travail, les relations sociales et l'influence des facteurs ambiants, notamment en ce qui concerne les risques liés au harcèlement moral ;
- Prendre des mesures de protection collective en leur donnant la priorité sur les mesures de protection individuelle ;
- Donner les instructions appropriées aux travailleurs.

### II.7.2. Mesures et consigne générales en cas d'incident

- **Consigne 1** : signalement d'un incident inflammable ou toxique au service d'intervention par téléphone ou bouton d'alarme. Toute les personnes du complexe sont concernées, ces personnes doivent donnée les informations suivantes, au service d'intervention. Non, prénom, fonction, lieu exacte de l'incident, nature et ampleur de danger, ils doivent également utiliser les moyens les plus proches pour minimiser le danger et ceci avant l'arrivée du service concerne ;
- **Consigne2** : présence immédiates d'une équipe de sécurité d'intervention sur le lieu de l'incident (après l'alerte simple) ;

- **Consigne 3** : si l'incident maitrise, alors l'organisation générale de la sécurité (en cas d'urgence), n'est donc pas déclenchée ;
- **Consigne 4** : si l'incident n'est maitrisé (incident grave), alors l'alerte jeune sera déclenchée, et une intervention en force et bien coordonnée est exigée.

Dans ce cas, et pour éviter les décombres et les pertes du temps il est impératif que :

- ✓ Toutes personnes non concernées par l'alerte, doit rester à son poste de travail ;
- ✓ Les travaux d'entretien dans l'unité (ou la zone) concerné par l'incident, seront suspendue.

Toutes les communications (par téléphone ou radio) dans le complexe sous relation avec l'urgent, seront interrompus [20].

### Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les différents risques et danger liés au stockage des GPL et une identification succincte sur les phénomènes de risques majeurs qui surviennent dans ces systèmes de stockage.

Enfin nous avons essayé de rappeler les différents moyens de prévention et de protection contre ces risques lié ou stockage de GPL, et qui restent toujours insuffisants, et demande des étapes des gestions des risques.

# **Chapitre III :**

## **Présentations du lieu de stage**

---

## Introduction

L'activité principale de la raffinerie de SKIKDA RA1K est de raffiner le pétrole brut issu des gisements de Hassi Messouad en produit finis, Essence, Gasoil, Kérosène Aromatique, butane, propane... etc. et produit semi finis fuels naphta. Ces produits sont destinés ou marché national et international.

### III.1. Vue historique sur l'organisation de l'activité raffinage

A l'origine le raffinage est une activité intégrée dans la société **SONATRACH**. En janvier 1982 le raffinage et la distribution des produits pétroliers sont séparés et érigés en entreprise nationale de raffinage et distribution des produits pétroliers ERDP. L'ERDP créé par décret 80-101 du 06 avril 1980 dans le cadre de la restructuration de la SONATRACH, mise en place le 02 janvier 1982, l'ERDP est placée sous tutelle du ministère de l'énergie et des industries pétrochimiques. À partir du 02 février 1985 l'ERDP a été transformée sous le nom commercial qui est la NAFTAL, cette dernière est subdivisée en quatre unités à savoir

- Unité NAFTAL de raffinage ;
- Unité NAFTAL de distribution ;
- Unité NAFTAL de maintenance ;
- Unité NAFTAL portuaire.

A compter du 25 août 1987 et par décret 87 fut créé l'entreprise nationale **NAFTEC** de l'entreprise nationale NAFTAL et mise en place le 02 janvier 1988. Elle est pour mission de promouvoir, développer, gérer et organiser l'industrie de raffinage : traitement du pétrole brut et du condensât ainsi que du brut réduit importé en vue d'obtenir des produits raffinés destinés à la consommation nationale et à l'exportation. Le nombre total des travailleurs est environ 4500 travailleurs présenté sur l'ensemble de trois raffineries avec la direction générale.

### III.2. La raffinerie de Skikda (RA1/K)

#### III.2.1. Présentation de la raffinerie de Skikda

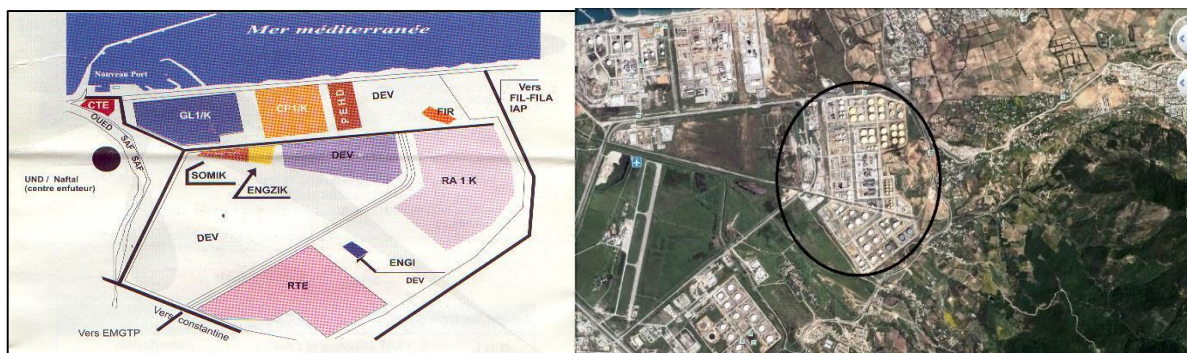
Le complexe de raffinerie de pétrole de Skikda, baptisé RA1/K, a pour mission de transformer le pétrole brut provenant de Hassi Messaoud en produits pétroliers répondants à des spécifications requises.

Il a une capacité de traitement actuelle égale à 16,8 millions t/an, ainsi que 277000T/an de brut réduit importé.

L'organigramme de la raffinerie de Skikda est présenté dans (annexe 01).

### III.2.2. Situation géographique

Cette raffinerie est située dans la zone industrielle à 7Km à l'Est de Skikda et à 2Km de la mer (Figure 12), elle est aménagée sur une superficie actuelle égale à 250 hectares avec un effectif à l'heure actuelle de 1550 travailleurs environ. Elle est alimentée en brut algérien par l'unité de transport-Est (ETU) de Skikda, qui est une station intermédiaire de Hassi Messaoud. Le complexe est alimenté par un pipe-line de longueur de 760 km



**Figure III.12 :** Situation géographique de la RA1K dans la zone industrielle de Skikda.

### III.2.3. Objectif de la RA1K

Les deux objectifs principaux de cette raffinerie sont de

- Continuer à assurer la couverture des besoins du marché national en produits raffinés, sur le plan quantitatif et qualitatif ;
- Continuer à offrir des produits raffinés, destinés à l'exportation répondants aux normes en vigueur sur les marchés internationaux.

### III.2.4. Principales installations de la RA1K

La raffinerie est divisée en différentes zones et en outre elle comprend **16 unités** de production ;

- 02 unités de distillation atmosphérique (TOPPING), Unité 10 et 11 ;
- Unité 100 de prétraitement et de reforming catalytique (Magnaforming) ;
- Unité 101/103 de prétraitement et de reforming catalytique (Platforming) ;
- Unité 30/31 et 104 : gaz plant (traitement et séparation des gaz GPL). [6]
- Unité 200 d'extraction et de fractionnement des aromatiques ;
- Unité 400 de cristallisation et séparation du paraxylène ;
- Unité 500 de l'isomérisation des xylènes ;

- 
- Unité 70 de distillation sous vide (production des bitumes) ;
  - Unité 700/701 et 702/703 de l'isomérisation des paraffines
  - Unité C.T.E 1050 : centrale thermique électrique et utilités (**C.T. E1**) ;
  - Centrale thermique électrique et utilités (**C.T. E2**) ;
  - Unité 900 de la production d'hydrogène ;
  - Unité 600 de stockage, mélange et expédition (**MEL.EX**) ; MELEX nord, Est et sud.

### **III.2.5. Présentation des différentes unités de production**

#### **III.2.5.1. Unité de distillation atmosphérique U10-11**

Le Topping ou la distillation atmosphérique a pour but de fractionner le brut en différentes coupes pouvant être utilisées pour l'obtention de produits finis (naphta, gas-oil, jet).

Elles traitent le brut de Hassi Messaoud pour avoir les produits suivants : G.P.L, Iso-pentane, Naphta A, Naphta B (65°-150°) Naphta C (150°- 180°) Kérosène (180° -225°) Gasoil léger (225°-320°) Gasoil lourd (320°-360°) Résidu (>360°).

#### **III.2.5.2. Unité de magnaforming U100 et Platforming U101 et 103**

L'unité 100, appelée auparavant Magnaforming, utilisait un catalyseur à base de magnésium. Actuellement et après revamping les deux unités ont le même type de catalyseur à base de platine (platforming), les deux unités ont pour but de transformer le naphta moyen obtenu du Topping en réformât utilisé comme charge pour les unités d'aromatiques (unité 200 et 400). Cette transformation a pour conséquence d'augmenter l'indice d'octane de 45 à 99 permettant ainsi d'utiliser le réformât obtenu pour la fabrication des essences.

#### **III.2.5.3. Unité d'extraction des aromatiques U200**

L'installation d'extraction des aromatiques a été projeté pour extraire de l'essence réformée des aromatiques qui seront fractionnées par la suite en benzène et toluène très pures. La charge est constituée par la coupe de réformât léger provenant directement de la colonne C5 splitter du réformât de l'unité 100.

#### **III.2.5.4. Unité de séparation du paraxylène U400**

Cette unité est conçue pour récupérer le paraxylène, un produit très recherché sur le marché. La charge venant de l'unité de magnaforming (avant réhabilitation), permet par cristallisation de séparer le paraxylène des autres xylènes (méta-ortho) et éthyle-benzène. Le paraxylène est commercialisé comme telle, le reste peut être utilisé comme base pour l'obtention des essences ou commercialisé sous forme de mélange xylènes pouvant être utilisé comme solvant pour la fabrication des peintures, etc.

**III.2.5.5. Unité de production de bitume U70**

L'unité 70 a été conçue pour traiter 271 100 t/an de brut réduit importé (BRI). Elle se compose principalement d'une colonne de distillation sous vide et d'un réacteur d'oxydation des bitumes. Le produit de fond de colonne est le bitume routier ordinaire dont une partie est envoyée vers stockage et le reste est utilisé comme charge à la section d'oxydation où elle sera oxydée au moyen de l'air en bitume oxydé.

**III.2.5.6. Unité d'isomérisation du naphta légère A U700/701/702/703****III.2.5.7. Unité de séparation et traitement des gaz U30-31-104**

Ces unités sont destinées à traiter les gaz liquides venant des unités 10, 11,100 et 103.

- **Unité30** traite le gaz liquide provenant de l'unité 100 en particulier celui de tête de la colonne C7 où les GPL sont séparés du pentane ;
- **Unité31** reçoit les gaz provenant de la tête des colonnes de stabilisation de l'essence des deux unités de Topping ;
- **Unité104** elle a été conçue dernièrement avec la nouvelle unité de Platforming 103 afin de traiter les GPL venant de cette unité.

**III.2.5.8. Unité Melex U600**

La raffinerie possède une capacité de stockage de 2.500.000 T/ans environ. L'unité comprend les équipements nécessaires au mouvement blending et exportation des produits finis.

L'évacuation des produits finis se fait par un réseau de canalisation vers les deux ports de Skikda, les dépôts G.P.L. et carburants de Skikda ainsi que le centre installation intégrée de distribution du Khroub (Constantine).

L'évacuation du bitume routier se fait quant à elle par camions et par pipeline vers le port. La majorité des produits finis est obtenue à partir de mélange de plusieurs produits de base, car il serait difficile d'obtenir directement (tout en restant dans les limites de la rentabilité) des produits répondant aux spécifications.

**III.2.5.9. Unité 1050 : centrale thermoélectrique (CTE)**

C'est le système nerveux de la raffinerie, la CTE se compose de 11 sections à savoir :

- La section 62 pour la production d'eau déminéralisée ;
- La section 1020 pour le refroidissement de l'eau ;
- La section 1030 pour le stockage et le pompage de l'eau de barrage ou de l'eau potable ;
- La section 1040 pour le stockage et le pompage de l'eau anti-incendie ;
- La section 1050 pour la génération de la vapeur « chaudières » ;

- La section 1060 pour la récupération et le traitement du condensât ;
- La section 1070 au système Fuel-gaz ;
- La section 1080 pour la production de l'air instrument et l'air service ;
- La section 1100 pour le traitement des effluents ;
- La section 1110 de production de l'azote (N<sub>2</sub>) ;
- La section de production de l'électricité.

**III.2.5.10. Unité 1020 : Tour de refroidissement**

Elle satisfait d'une manière continue les besoins de la raffinerie en eau de refroidissement, en travaillant en circuit fermé. Les eaux polluées et chaudes provenant des unités de production sont traitées chimiquement afin d'éliminer les acides chlorhydriques HCL entraînés dans le circuit puis refroidies à l'aide d'une batterie d'aéro-réfrigérant et enfin renvoyées vers les différentes unités aux moyens des pompes.

**III.2.5.11. Unité 1110 : Production d'azote**

L'azote est produit à partir de l'air atmosphérique, ce dernier est aspiré puis comprimé à 7,7 bars par des compresseurs (généralement à membrane).

**III.2.5.12. Unité 1060 : Circuit vapeur (HP, MP, BP)**

Elle assure les besoins de la raffinerie en vapeur selon trois (03) gammes :

- Vapeur haute pression ;
- Vapeur moyenne pression ;
- Vapeur basse pression.

**III.2.5.13. Unité 1080 : Air comprimé**

L'air atmosphérique est aspiré à travers deux (02) filtres puis comprimé par deux (02) compresseurs.

Une partie de cet air filtré comprimé est envoyée vers les différentes unités de production et l'autre partie subit un séchage à travers un lit d'alumine pour être utilisé dans le système de régulation pneumatique dans les différentes unités de production.

**III.2.5.14. Unité 62 de déminéralisation**

L'unité 62 est désignée pour déminéralisation de l'eau dessalée provenant des CP1K ou GNL afin d'alimenter les chaudières et les autres unités.

**III.2.5.15. Laboratoire de contrôle**

Le service laboratoire dépend du département technique, le laboratoire de la raffinerie est un laboratoire de control des unités et d'analyse des produits finis commercialisés soit vers le marché extérieur, soit vers le marché intérieur.

---

---

**III.3. Programme de réhabilitation – modernisation et adaptation des installations de la raffinerie de Skikda :**

A l'effet d'augmenter le niveau de sécurité des installations de la Raffinerie.

- Lever les contraintes d'exploitation ;
- Adapter l'outil de production à l'évolution des spécifications des produits raffinés (normes européennes) ;
- Augmenter les capacités de raffinage de pétrole brut et de production des aromatiques, produits à très forte valeur ajoutée ;
- Moderniser le réseau électrique ;
- Moderniser l'instrumentation.

**III.3.1. Projet de réhabilitation et adaptation de la raffinerie de Skikda**

- Réhabilitation des deux unités de distillation atmosphérique avec augmentation de capacité de 10% pour le traitement du pétrole brut de qualité HASSI MESSAOUD ;
- Réhabilitation des deux unités de séparation des GPL unités 30 et 31 ;
- Réhabilitation des utilités et des off-sites ;
- Modernisation de l'instrumentation par l'installation d'un système numérique de contrôle commande et la construction d'une nouvelle salle de contrôle centralisée ;
- Modernisation du système de réception et de distribution de l'électricité ;
- Remise à niveau de l'unité de reforming catalytique (reforming 1) et reconfiguration de la chaîne de production des aromatiques par le revamping de l'unité de récupération du benzène et du toluène, la construction d'une unité de cristallisation du paraxylène et d'une unité d'isomérisation des xylènes ;
- Construction de deux unités d'isomérisation des naphthas permettant de disposer d'une base à haut indice d'octane (2 x 347.000 TM/AN) ;
- Construction de deux unités d'hydrodésulfuration de gazole (2 x 2.627.000 TM /AN) opération différée à une date ultérieure.

**Les Figures III (13 et 14)** illustrent les configurations de la raffinerie de Skikda avant et après réhabilitation.

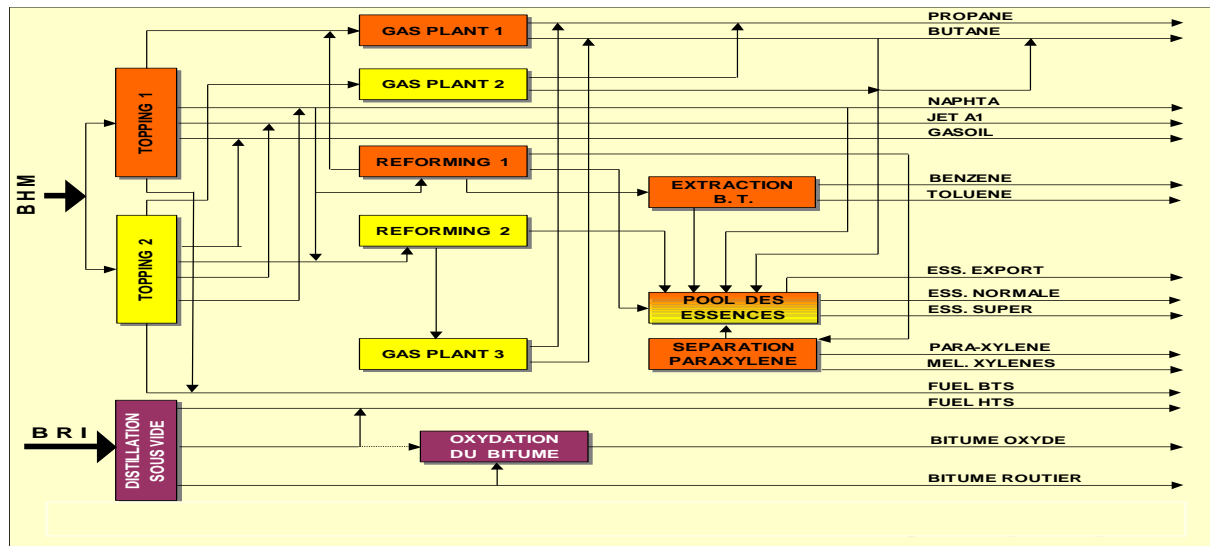


Figure III.13 : Configuration avant réhabilitation de la raffinerie [Présentation de la raffinerie de Skikda (RA1K).

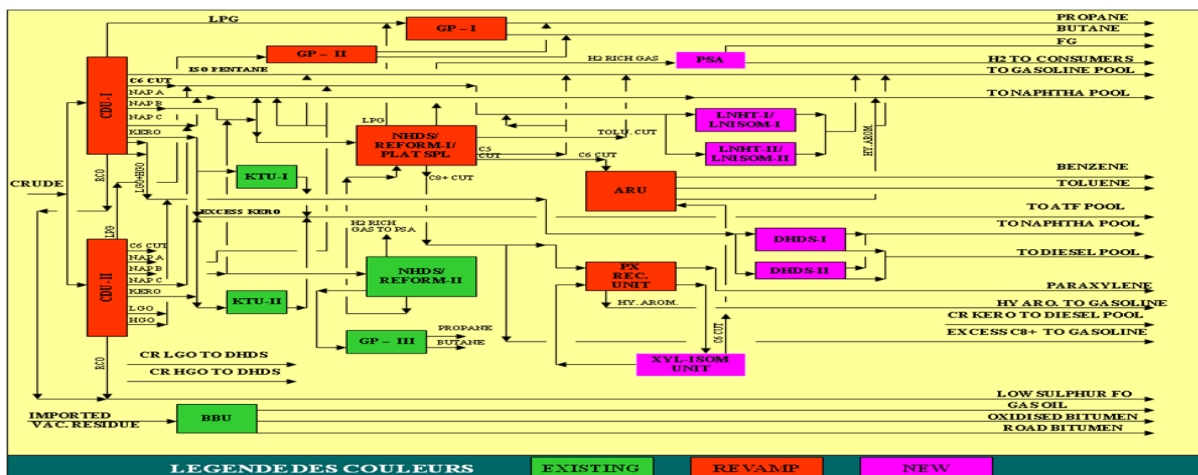


Figure III.14 : Configuration finale de la raffinerie.

III.3.2. Capacité de traitement et de production avant et après la réhabilitation

Le tableau suivant donne la relation de tonnages entre les matières premières utilisées et les différents produits finis.

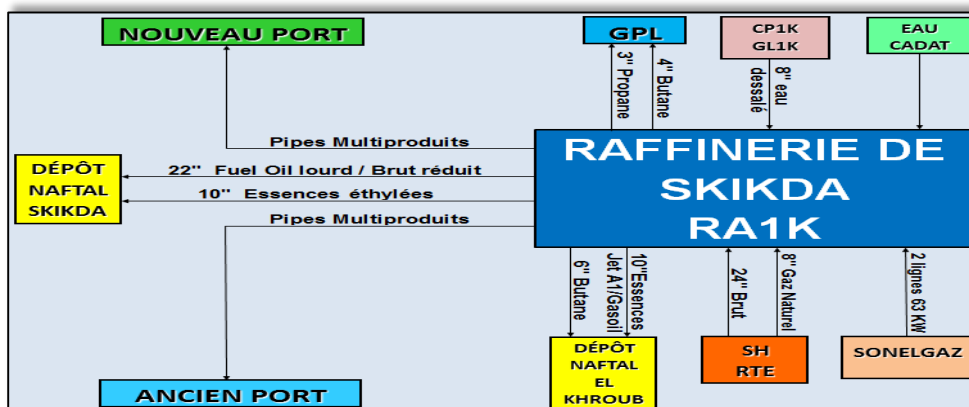
Tableau III.6 : relation de tonnages entre les matières premières utilisées et les différents produits finis.

Unité (tonne/an)	Avant réhabilitation	Post réhabilitation	Quantités additionnelles	
<b>Capacité de traitement</b>				
Pétrole brut	15 000 000	16 500 000	1 500 000	10%

<b>Brut réduit importé</b>	277 000	277 000	-	-
<b>Capacité de Production</b>				
<b>GPL</b>	608 000	747 768	139 768	23%
<b>Essences</b>	1 718 000	2 135 400	417 400	24%
<b>Naphta</b>	1 943 000	2 009 120	66 120	3%
<b>Kérosène</b>	1 500 000	1 500 000	-	-
<b>Gasoil</b>	3 622 000	4 713 968	1 091 968	30%
<b>Fuels</b>	5 038 000	4 777 664	-290 336	-6%
<b>Benzène</b>	90 000	197 100	107 100	119%
<b>Toluène</b>	5 000	16 900	11 900	238%
<b>Paraxylène</b>	38 000	220 100	182 100	479%
<b>Bitumes</b>	145 000	145 000	-	-

**III.3.3. Interconnexions de la RA1K au sein du pôle ‘hydrocarbures de Skikda**

La figure III.15 suivante schématise les interconnexions de la RA1K au sein du pôle hydrocarbures de Skikda.



**Figure III.15 :** les interconnexions de la RA1K au sein du pôle hydrocarbures de Skikda.

**Conclusion**

Ce chapitre nous a permis de connaître l’état des lieux de la raffinerie de Skikda ainsi que la description générale des différentes installations et principaux risques en raffinerie.

# **Chapitre IV :**

**Application de l'HAZOP et Simulation**

**Par l'ALOHA et PHAST**

## **Introduction**

Les études de dangers doivent inclure des risques et des scénarios d'accidents prenant en compte les accidents majeurs quelle que soit leur probabilité de survenue.

C'est pourquoi la démonstration du niveau de maîtrise des risques à la source doit constituer l'objectif principal de l'étude de dangers.

Cette maîtrise est assurée principalement par la réduction des dangers à la source et par l'adoption de mesures de prévention et de protection adaptées. Ce chapitre présente une description de la sphère s181 de stockage de GPL de l'unité de MELEX East.

Nous appliquons la méthode d'analyse HAZOP qui permettent d'identifier tous les scénarios susceptibles d'être, directement ou indirectement qui provoque un accident/ou incident, et à recenser leurs conséquences et leurs effets.

Ainsi qu'à la modélisation de scénarios d'accidents à l'aide des outils ALOHA et PHAST.

### **IV.1. Présentation de la sphère S181**

#### **IV.1.1. Les principaux constituants de sphère**

Elle est constituée de 32 tôles d'acier préformées en segment sphériques. Ces tôles sont assemblées et soudées sur site. Des tubulures disposées aux parties supérieures, et inférieure permettent d'assurer les raccordements.

La sphère repose sur neuf pieds support et possède un escalier permettant d'atteindre une passerelle d'accès aux différents raccordements supérieures. L'accès à l'intérieur de sphère s'effectue par deux trous d'homme l'un supérieur et l'autre inférieure.

Selon la fonction, on peut classer les composants d'une sphère en quatre accessoires qui sont :

- Les accessoires d'accès : qui regroupent les composants suivants : l'escalier, le trou d'homme et l'échelle intérieure ;
- Les accessoires de contrôle : regroupent les constituants suivants : un indicateur de pression, un indicateur de température et un indicateur de niveau ;
- Les accessoires d'exploitation : ce sont les différentes tubulaires placées sur la partie inférieure et extérieure des réservoirs qui communiquent avec l'intérieur de réservoir ;

- Les accessoires de sécurité : ce sont les organes et les équipements qui assurent la protection des réservoirs contre les risques engendrés au niveau de ce dernier.

Les sphères sont largement employées pour les stockages importants de gaz liquéfiés sous forte pression. C'est la forme idéale (sphérique) pour résister à la pression car c'est sur ce type de coque que le niveau des contraintes de membrane reste le plus faible.



**Figure IV.16 :** sphère de stockage.

#### IV.1.2. Caractéristique de la sphère S181

**Tableau IV.7 :** Description de la sphère S181.

Caractéristique	Valeur
Type d'installation	Sphère
Substances	Butane
Température	20 °C
Volume	3705.973 m <sup>3</sup>
Localisation	MELEX EAST

### **IV.1.3. Risque de BLEVE en stockage de GPL**

Le risque de BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) existe pour les sphères de stockage de GPL (gaz de pétrole liquéfié). Les sphères de stockage sont des réservoirs de forme sphérique qui sont conçus pour résister à des pressions élevées.

Cependant, si une sphère de stockage de GPL est soumise à une source de chaleur intense, telle qu'un incendie, il existe un risque de rupture de la sphère, ce qui peut entraîner un BLEVE. Lorsque la sphère se rompt, le GPL à l'intérieur se vaporise rapidement et provoque une explosion violente.

Nous évaluons Les risques liés aux stockages de GPL à l'aide de la méthode HAZOP (HAZard and OPerability study), qui est une technique d'analyse des risques largement utilisée dans l'industrie.

## **IV.2. Les barrières de sécurité de la sphère**

### **IV.2.1. Limiteurs de débits et clapets**

Les limiteurs de débits et clapets sont des organes de sécurité montés sur réservoir de GPL. Ils garantissent le déroulement en toute sécurité des opérations de remplissage et de dépotage de GPL, la matière qui Construction : Laiton, Inox, Acier.



**Figure IV.17 :** les limiteurs de débits et Les clapets.

### **IV.2.2. Collecteurs et soupapes de sécurité**

Les collecteurs et soupapes de sécurité sont des appareils destinés à protéger les réservoirs GPL. En cas de surpression due à un sur remplissage ou un échauffement.

---

La matière qui Construction : Laiton, Inox.



**Figure IV.18 :** collecteurs et soupapes de sécurité.

### **IV.2.3. Les Jauges de niveau pour GPL**

Jauges magnétiques : Affichage instantané direct ou à distance du volume contenu.

Jauges rotatives : Construction simple et robuste.



**Figure IV.19 :** les Jauges de niveau pour GPL.

### **IV.2.4. Les Manomètres**

Les manomètres sont à bain de glycérine et couvrent une large gamme de pressions. Construction en Inox et laiton. Les manomètres sont disponibles en version étalonnés pour compteur de travail.



**Figure IV.20 :** manomètre.

---

### IV.2.5. Les thermomètres

Les différentes versions disponibles du thermomètre sont :

- Thermomètres à cadran avec gaine pour réservoirs GPL ;
- Thermomètres à cadran pour tuyauteries ;
- Thermomètres en verre pour compteurs de GPL.



Figure IV.21 : les thermomètres.

### IV.2.6. Contrôleur de circulation

Les contrôleurs de circulation permettent de s'assurer visuellement du bon déroulement des opérations de transfert de GPL. Ils doivent être équipés des raccords RD83 et RD40 pour raccordement sur nos flexibles pour GPL.

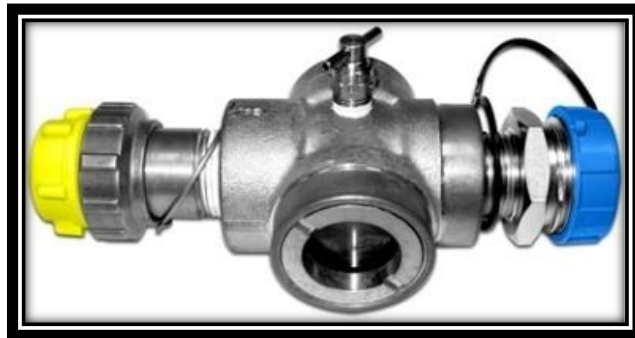


Figure IV.22 : contrôleur de circulation.

### IV.2.7. Détendeurs et limiteurs de pression

Les détendeurs et limiteurs de pression sont destinés à une utilisation en première détente. La gamme de détendeurs et limiteurs de pression couvre une vaste plage de débit (de 30 à 100Kg/h) et une pression d'alimentation (de 2 à 20 bars). La pression de détente peut être réglable ou pré-réglée en usine.



**Figure IV.23 :** Détendeurs et limiteurs de pression.

#### IV.2.8. Filtres pour GPL

Filtres de protection pour distribution de GPL. Sa taille : standards 3/4" DN20 au 3" DN80, les matériaux de construction sont : Acier, et l'inox. Raccordement : à brides, à souder, taraudé.



**Figure IV.24 :** Filtres pour GPL.

#### IV.2.9. Multi-vannes

Les multi-vannes sont des vannes de soutirage gaz incorporant :

- Un double clapet de remplissage ;
- Un clapet d'équilibrage gaz ;
- Une prise manométrique ;
- Un tube niveau maxi avec plongeur.

Vanne pour soutirage ou remplissage liquide et gazeux Commande à volant, 1/4 de tour, hydraulique, pneumatique. Systèmes à clapets ou à boisseau sphérique Raccordements : filetés, entre brides, ou à souder.

Construction : acier, laiton, inox.



**Figure IV.25 :** Multi-vannes.

### **IV.3. Application de la méthode HAZOP**

Le but d'une étude HAZOP est tout d'abord d'identifier les risques associés à un projet ou à un processus. L'objectif principal est d'identifier tous les accidents majeurs relatifs à la sphère S181.

#### **IV.3.1. Présentation de schéma PID**

En Annexe (02) est représenté le schéma fonctionnel de la sphère de stockage du GPL.

IV.3.2. Tableau HAZOP

- Paramètres : pression, niveau, température ;
- Mots-clés : haut, basse ;
- Déviation : plus de, moins de.

Tableau IV.8 : Application HAZOP sur la sphère S181.

Dérivation	Causes	Conséquences	Protection existante	G	P	R = G * P	Recommandation
Moins de (niveau) seuil=2 m	1. indication incorrecte par l'indicateur de niveau 2. fuite	-Niveau très bas dans la sphère -déclanchement de : LAL537 LAL542 LAL547 - incendie	-détecteur de bas niveau : LAL537 LAL542 LAL547	3	2	6	Inspection périodique des instruments.

	<p>3. défaillance de détecteur de niveau :</p> <p>LAL537</p> <p>LAL542</p> <p>LAL547</p>	<p>Diminution de la pression dans la sphère.</p> <p>-niveau très bas dans la sphère.</p>	<p>-installer un indicateur de pression (manomètre)</p> <p>-Installer une alarme de niveau très bas (LALL)</p> <p>-Basse pression d'aspiration de la pompe d'expédition.</p>				<p>Installation du autre système indépendant de mesure de niveau.</p>
--	--	--	--	--	--	--	---

Plus de niveau  Seuil=13,5 m	1. La vanne d'entrer bloquée ouverte.  2. remplissage trop long (erreur l'opérateur)	-Eclatement de la sphère  - Déclanchement d'alarmes :  LAH536  LAH541  LAH546	-indicateur d'haut niveau :  LAH536  LAH541  LAH546	4	2	8	-démarrage des pompes de transfert  -installation d'une autre vanne de sécurité.  -fermeture de la vanne d'entrée par le bouton poussoir de commande en salle de contrôle ou sur site
	3. défaillance de détecteur de niveau :  LAH536  LAH541  LAH546	-explosion          -Explosion (en présence	-déclanchement du PSV sur la sphère vers B/D  -déclanchement du PSV vers ATM en cas de problème.  - détecteur de feu  -détecteur de gaz				

		d'étincelle).	30%				
Plus de (pression)	<p>1. Augmentation de température.</p> <p>2. Haut niveau.</p> <p>3. Vanne de sortie bloquée fermée</p>	<p>-augmentation de la pression.</p> <p>-Le risque de BLEVE</p> <p>-ouverture de la vanne d'évacuation atmosphérique .</p>	<p>- soupapes.</p> <p>- refroidissement.</p> <p>-manomètres.</p> <p>- indicateur d'hauteur niveau.</p>	4	2	8	<p>-Vérification des manomètres locaux.</p> <p>-Augmenté la marge de sécurité de niveau max d'exploitation.</p>
Moins de pression	<p>1. défaillance de détecteur de niveau :</p> <p>LAL537</p> <p>LAL542</p> <p>LAL547</p>	<p>Diminution de pression dans la sphère.</p> <p>-niveau très bas dans les sphères</p>	<p>-indicateur local de pression (manomètre)</p> <p>-Installer une alarme de niveau très bas (LALL)</p>	3	2	6	<p>- Installation des manomètres locaux</p>

	2. fuite		-Basse pression d'aspiration de la pompe d'expédition.				
Plus de (température)	1. Plein soleil 2. feu externe	-augmentation de la température dans la sphère. Augmentation de la pression. -soulagement par PSV vers la torche. - aggravations des conséquences	- Réseaux de refroidissement de la sphère. - réseaux anti – incendie.	2	3	6	- La nécessité de protection contre le soleil de sphère. - Éliminer toute source d'inflammation à proximité des sphères

**IV.3.3. Recommandations :**

Nous avons identifié différentes recommandations permettant d'augmenter sensiblement le niveau de sécurité de l'installation : sphère GPL (S181), globalement les recommandations sont :

- L'organisation : formations du personnel, inspections périodiques des installations, remplacement périodique de certain équipement ;
- L'implantation de barrière de préventions : alarme haute et très haute ;
- La vérification : design des installations, adéquations des barrières ;
- Introduire un programme d'inspections périodiques des points à plus grande probabilité de percement par corrosion (coudes, points bas).

## **IV.4. Application du logiciel ALOHA**

### **IV.4.1. Présentation du logiciel**

Aujourd'hui, la simulation numérique est utilisée dans de nombreux domaines de recherche et développement (mécanique des fluides, science des matériaux, astrophysique, physique, nucléaire, aéronautique, climatologie, météorologie, physique théorique, biologie, chimie et environnement). L'utilisation d'outils numériques avancés pour la simulation des incendies est relativement récente du fait de la grande complexité de ce type de problème.

Plusieurs raisons expliquent les difficultés rencontrées. Pour commencer, il existe un très grand nombre de scénarios d'incendie possibles, étant donné la nature accidentelle du phénomène.

Dans ce mémoire on a présenté le logiciel ALOHA (Aerial Locations of Hazardous Atmospheres) code intégrale qui modélise la dispersion des polluants.

Modèles adaptés à la modélisation numérique d'incendie et il s'est posé alors le problème de choisir quel modèle utiliser pour modéliser et classer au mieux un jeu de données spécifique.

Il existe de nombreux logiciels qui permettent de modéliser la dispersion dans l'atmosphère de divers produits chimiques et d'estimer leurs concentrations à différentes distances de la source de rejet. Certains d'entre eux s'adressent plus particulièrement aux situations d'urgence. Nous avons choisi d'utiliser parmi ceux-ci le modèle ALOHA en raison de sa facilité d'utilisation, de la possibilité de contrôler plusieurs variables.

### **IV.4.2. L'objectif d'un logiciel ALOHA**

ALOHA (Aerial Locations of Hazardous Atmospheres) est un logiciel de modélisation qui estime des zones de menace liées aux dégagements chimiques dangereux, y compris des nuages de gaz toxique, des Incendies, et des explosions. Une zone de menace est un secteur où un risque (tel que la Toxicité, l'inflammabilité, le rayonnement thermique, ou la surpression préjudiciable) a dépassé un niveau personnalisé.

### **IV.4.3. Les avantages de l'ALOHA**

Le logiciel ALOHA ("Areal Locations of Hazardous Atmospheres") qui est un programme informatique permettant d'évaluer, dans des situations d'urgence, la dispersion

atmosphérique, de composés rejetés dans des conditions accidentelles. Il prend en compte les propriétés toxicologiques et physiques des polluants, et les caractéristiques du site telles que les conditions atmosphériques et les conditions des rejets. Ce logiciel comprend une bibliothèque de 700 substances chimiques et permet un affichage graphique des résultats ; par le programme de cartographie électronique appelée MARPLOT (Mapping Application for Response, Planning, and Local Operational Tasks).

### IV.4.4. Application du logiciel ALOHA

#### IV.4.4.1. Cas d'étude : fuite au niveau de la sphère de stockage du GPL

Le scénario étudié : fuite au niveau de la sphère de stockage du GPL.

Les caractéristiques de cette fuite sont les suivantes :

- Diamètre de la fuite : 19,27 cm ;
- Pression dans la sphère : Pression de saturation à 20°C soit 1,67 atm ;
- Température dans la sphère : 20°C.

#### IV.4.4.2. Les étapes d'application du logiciel ALOHA sur la sphère S181 :

- 1<sup>ère</sup> étape : entrée la localisation de zone étudiée : Skikda

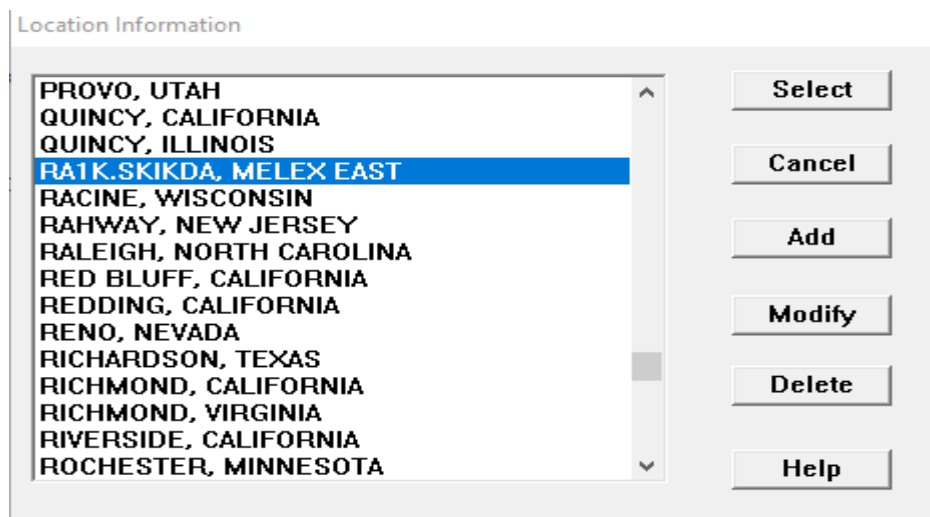


Figure IV.26 : Situation géographique de la zone concernée.

Le programme affiche suivant : (Choix De la date : date de faire la simulation).

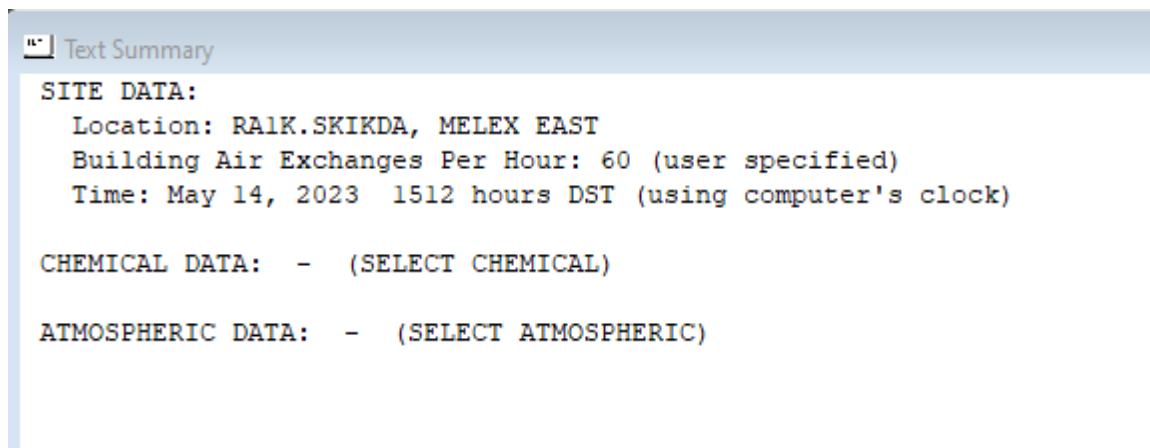


Figure IV.27 : affichage ALOHA.

- 2<sup>ème</sup> étape : rentrer les propriétés physiques et chimiques du butane :

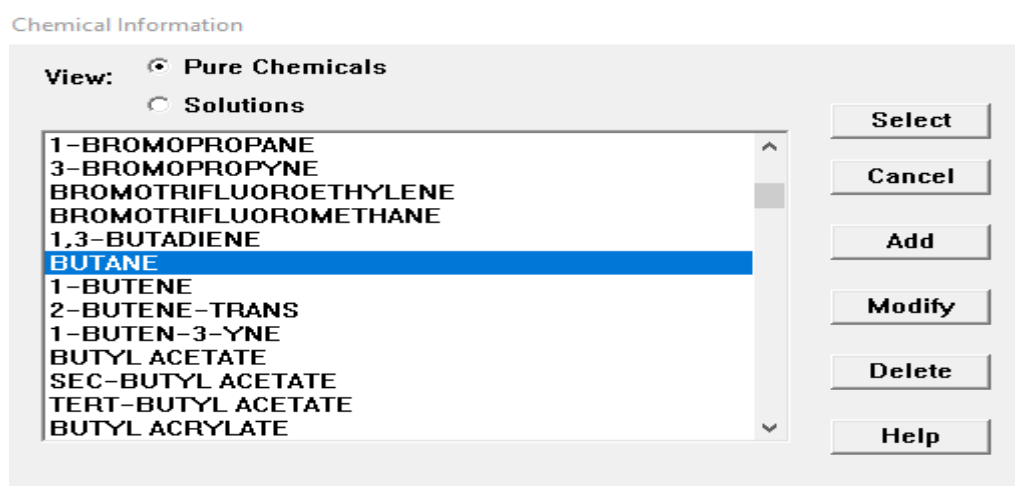


Figure IV.28 : Choisir butane.

- Le programme affiche suivant :

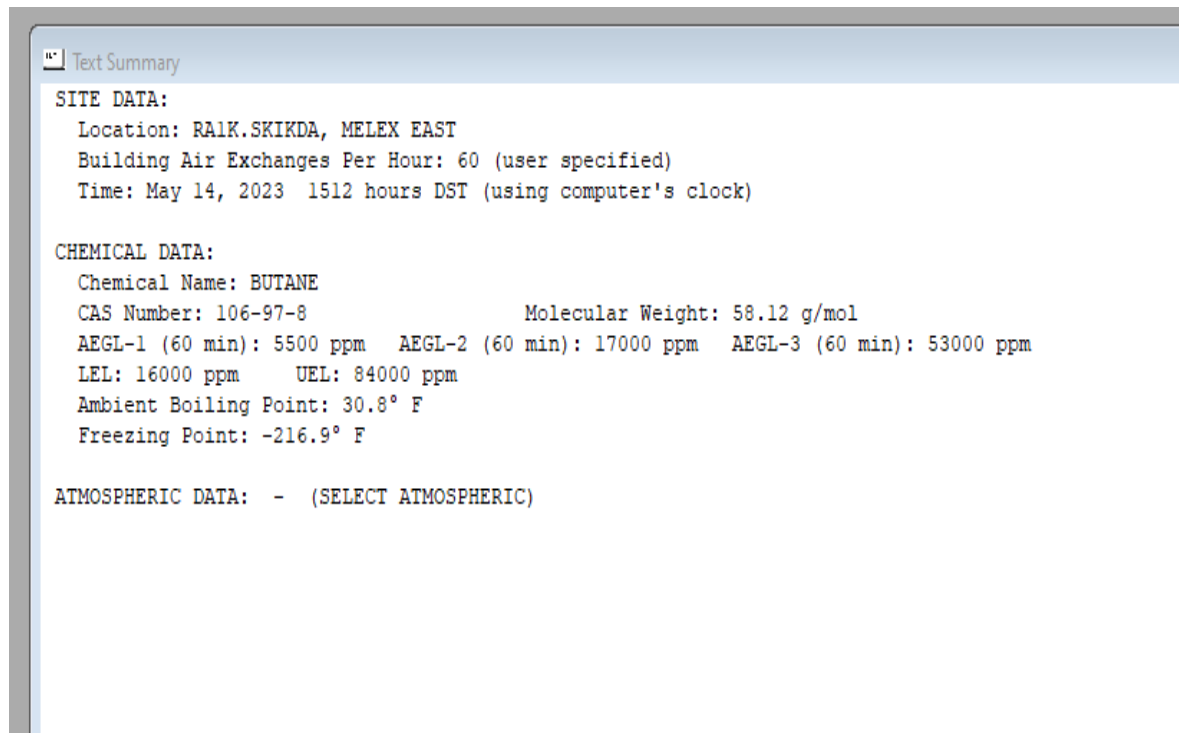


Figure IV.29 : affichage ALOHA.

- 3<sup>ème</sup> étape : Préciser les conditions atmosphériques :

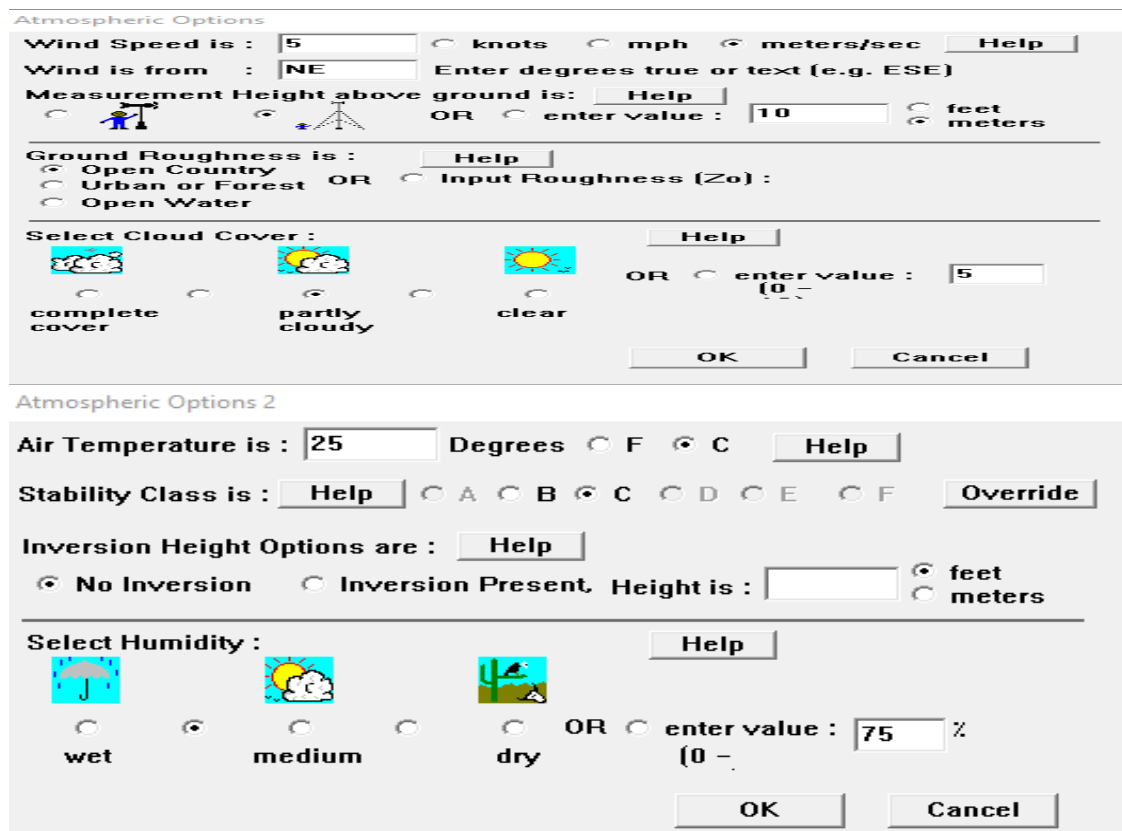


Figure IV.30 : Choix des conditions atmosphériques.

- Le programme affiche suivant :

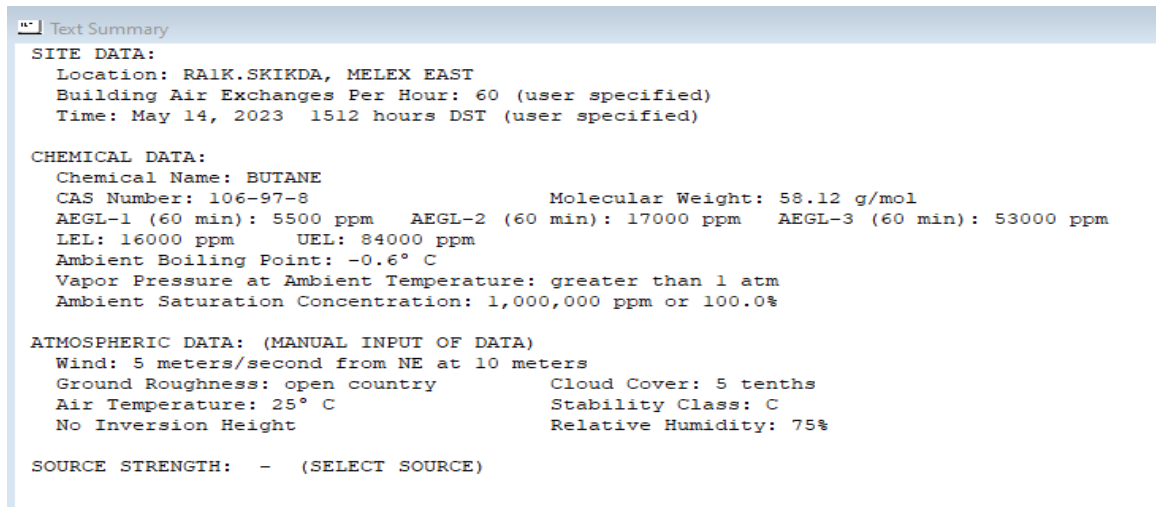


Figure IV.31 : affichage ALOHA.

- 4<sup>ème</sup> étape : Définir les critères de la sphère S181 :

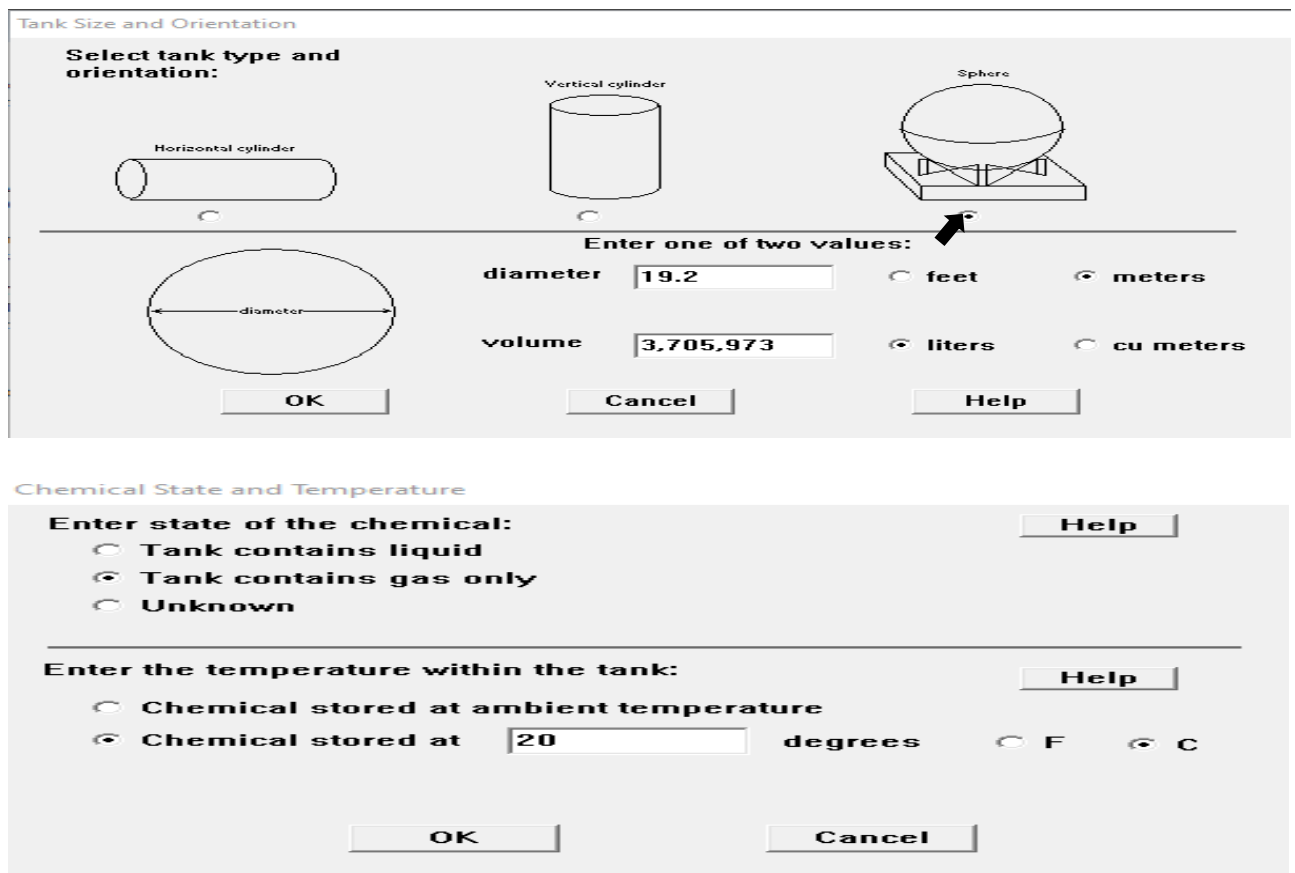
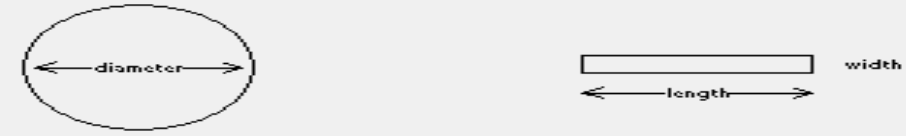


Figure IV.32 : Choix de la sphère S181.

- 5<sup>ème</sup> étape : choix du diamètre de la fuite :

Area and Type of Leak

Select the shape that best represents the shape of the opening through which the pollutant is exiting



Circular opening       Rectangular opening

Opening diameter:        inches  
 feet  
 centimeters  
 meters

Is leak through a hole or short pipe/valve?  
 Hole       Short pipe/valve

Figure IV.33 : Choix du diamètre de la fuite.

- Le programme affiche suivant :

```

Text Summary
LEL: 16000 ppm      UEL: 84000 ppm
Ambient Boiling Point: -0.6° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 5 meters/second from NE at 10 meters
Ground Roughness: open country      Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C              Stability Class: C
No Inversion Height                 Relative Humidity: 75%

SOURCE STRENGTH:
Leak from hole in spherical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 19.2 meters          Tank Volume: 3,706 cubic meters
Tank contains gas only              Internal Temperature: 20° C
Chemical Mass in Tank: 17.2 tons    Internal Press: 1.67 atmospheres
Circular Opening Diameter: 19.27 centimeters
Release Duration: 21 minutes
Max Average Sustained Release Rate: 499 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 6,152 kilograms
    
```

Figure IV.34 : affichage ALOHA.

#### IV.4.4.3. Modélisation des différents types de risque

Logiciel ALOHA évalue les différents types de risque selon le scénario de dégagement : toxicité, inflammabilité, le rayonnement thermique, et la surpression.

#### IV.4.4.3.1. Modélisation de l'explosion du nuage gazeux

Dans cette étape de modélisation on a choisi comme 1<sup>er</sup> phénomène dangereux l'explosion du nuage gazeux comme illustrer par **la figure (IV.35)**.

Hazard To Analyze

Scenario:  
Flammable chemical escaping from tank.  
Chemical is NOT on fire.

Choose Hazard to Analyze:

Toxic Area of Vapor Cloud

Flammable Area of Vapor Cloud  
Local areas of flame can occur even though the average concentration is below the LEL. ALOHA finds the flammable area by using 60% of the LEL.

Blast Area of Vapor Cloud Explosion

OK Cancel Help

**Figure IV.35** : Les différents types de risque évalués par ALOHA.

- La figure ci-dessous représente les trois zones d'explosion du nuage gazeux : rouge, orange et jaune.

Flammable Level of Concern

Select Flammable Level of Concern:

Red Threat Zone  
LOC: 9600 ppm = 60% LEL = Flame Pockets

Orange Threat Zone  
LOC: [none]

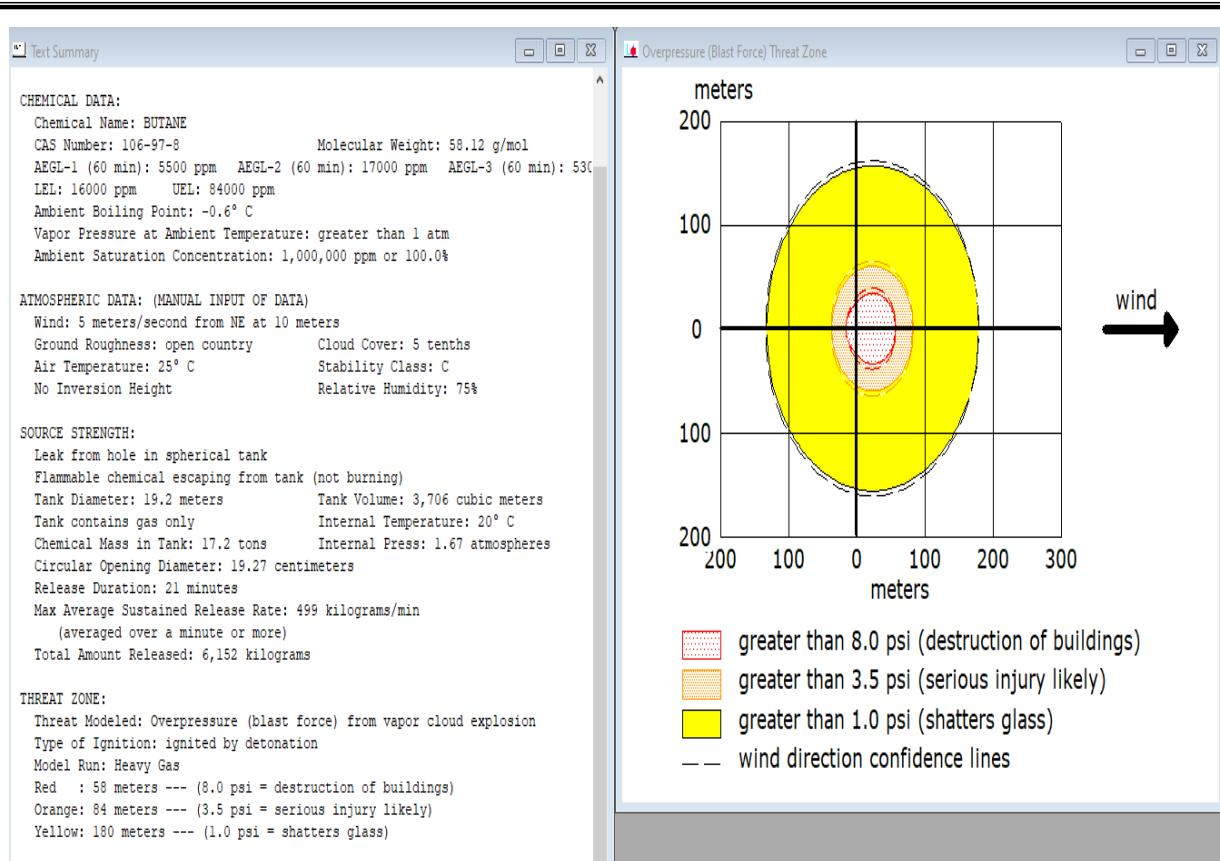
Yellow Threat Zone  
LOC: 1600 ppm = 10% LEL

Show wind direction confidence lines:  
 only for longest threat zone  
 for each threat zone

OK Cancel Help

**Figure IV.36** : Les zones d'impact pour différentes quantités.

Nous avons déterminé les zones d'impact pour différentes quantités relâchées, qui sont illustrées par **la figure (IV.37)**.



**Figure IV.37 :** Les différentes zones d'explosion du nuage gazeux.

Les effets de la surpression suite à l'inflammation du nuage de vapeur sont illustrés sur par la figure (IV.37), où on distingue trois zones :

- **La zone 1 :** correspond aux Distance 58 m à cette distance : des blessures très graves ou mortelles, la zone la plus dangereux.
- **La zone 2 :** correspond aux Distance 84 m à cette distance : Les personnes existantes au niveau de ces zones peuvent subir des blessures très graves.
- **La zone 3 :** correspond aux Distance 180 m à cette distance : des risques minimes mais non négligeables.

Evaluation des effets des surpressions suite à l'explosion du nuage gazeux en fonction du temps :

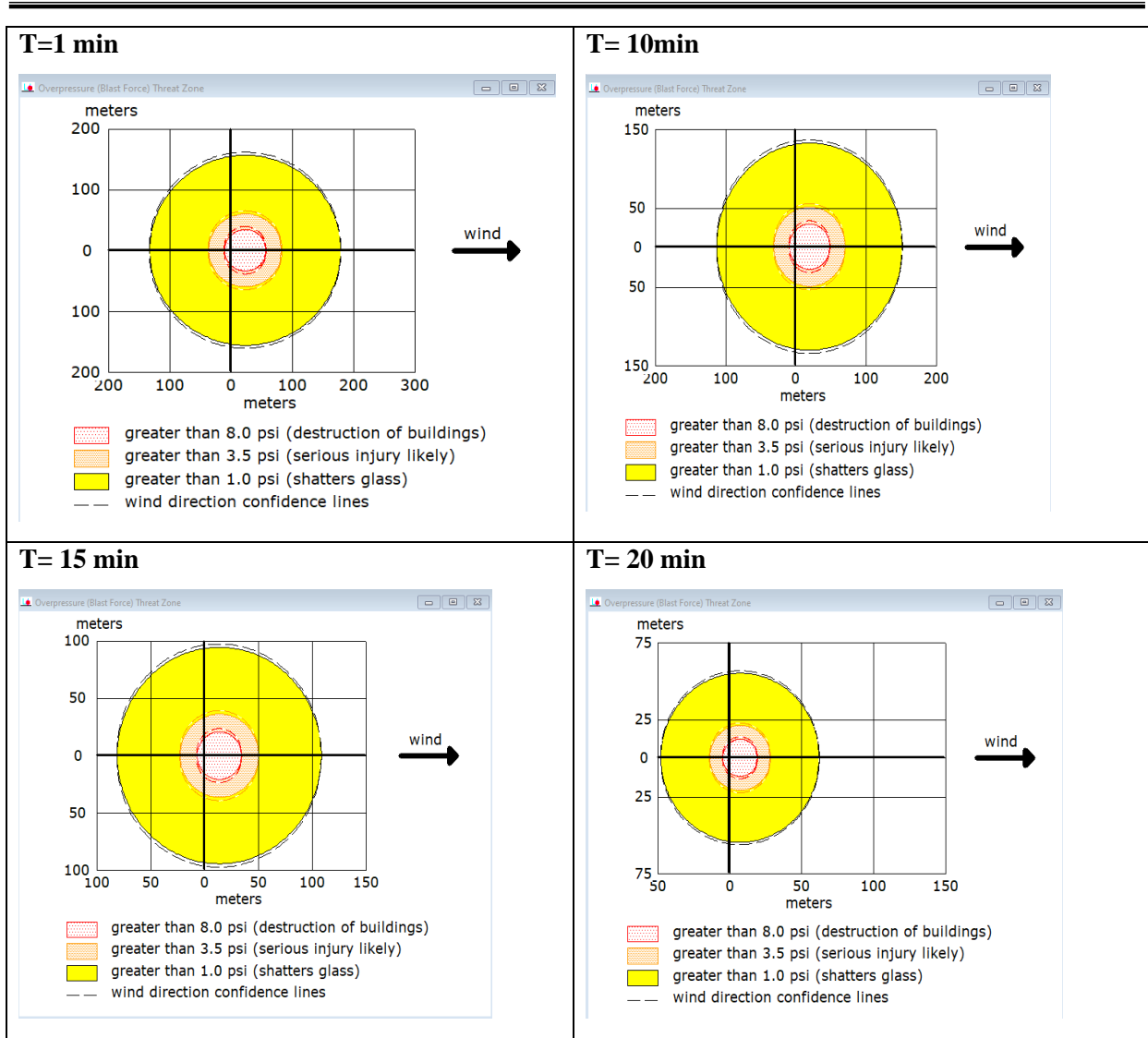


Figure IV.38 : Suivi des zones d'explosion d'un nuage gazeux en fonction du temps.

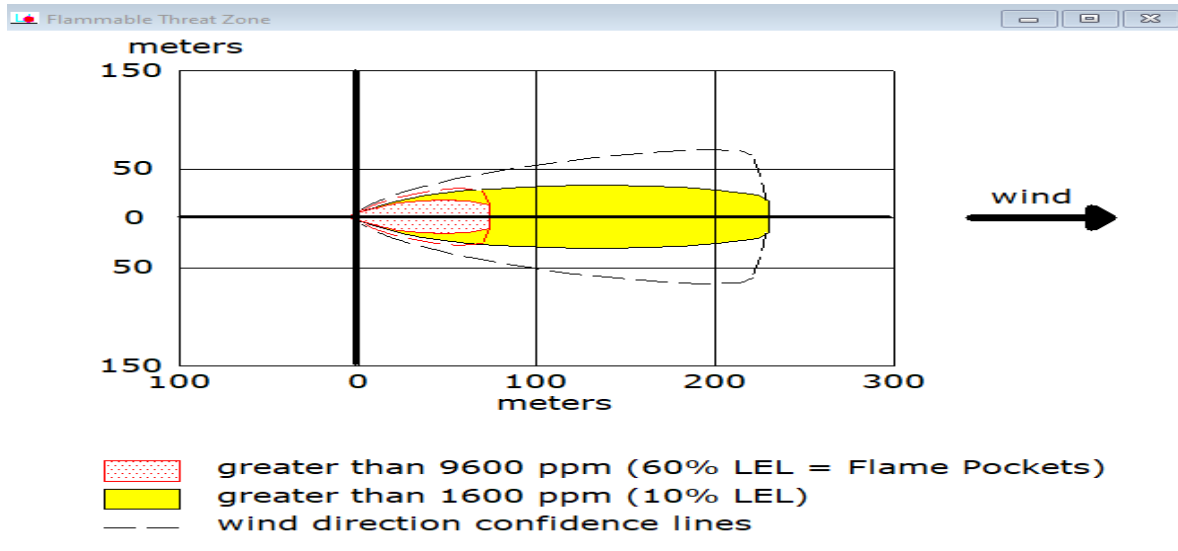
D'après la figure (IV.38) on remarque déplacement du nuage varie en fonction du temps et attend une grande valeur qui est de 180 m à partir de 1 à 10 minutes.

La Figure (IV.38) illustre le déplacement du nuage suite à un relâchement accidentel. Il présente les concentrations estimées de Butane, dans l'air extérieur en fonction du temps (de 1 à 20 minutes).

On peut voir qu'après la 1ère minute, que le butane peut être détecté à une distance de 180 mètres du point de relâchement, après 10 minutes, il est diminué.

#### IV.4.4.3.2. Modélisation D'inflammations

Dans cette étape de modélisation on a choisi comme 2<sup>ème</sup> phénomène dangereux D'inflammations du butane comme illustrer par la **Figure (IV.39)**.

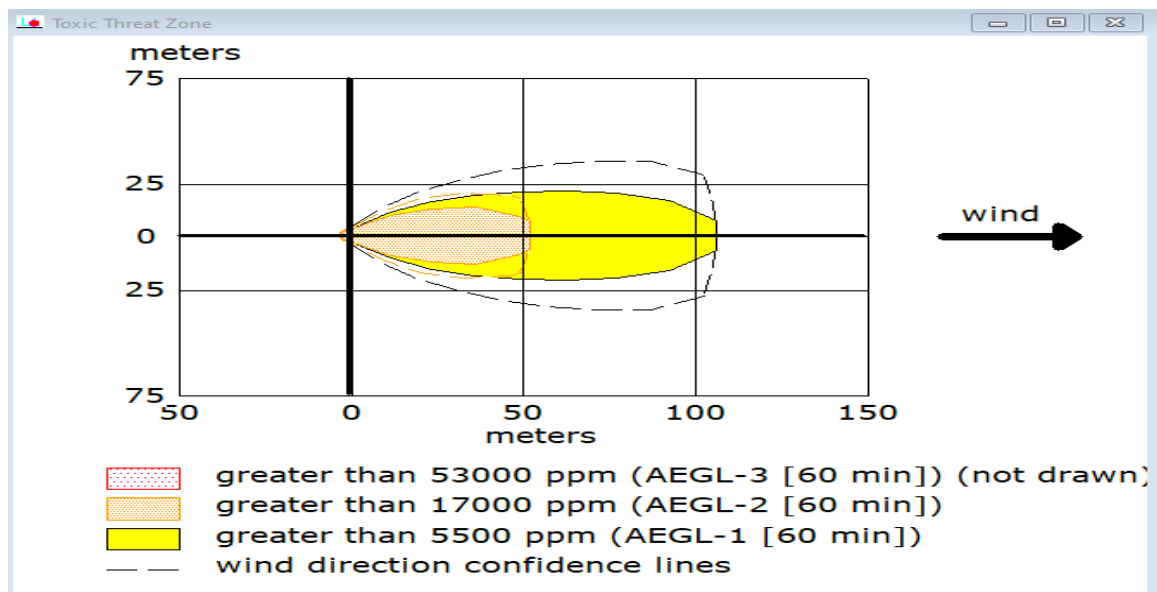


**Figure IV.39** : Les différentes zones d'inflammations par ALOHA.

#### IV.4.4.3.3. Modélisation de Dispersion des polluants

Dans cette étape de modélisation on a choisi comme 3<sup>ème</sup> phénomène dangereux Dispersion des polluants comme illustrer par la **Figure (IV.40)**.

**Figure IV.40** : Évaluation du risque dispersion des polluants par ALOHA.



**Figure IV.41** : Les différentes zones dispersion des polluants par ALOHA.

D'après la figure (IV.41), on constate qu'ALOHA simule une zone menacée par la dispersion des gaz toxiques. ALOHA estime que la Zone menacée de couleur rouge est de 22m, couleur orange est de 52 m, couleur jaune est de 107 m.

#### IV.4.5. Affichage des cartographies par le logiciel MARPLOT

Dans cette étape de notre étude d'estimation des zones menacées par les phénomènes :Dispersion atmosphérique et inflammations et radiation thermique. on a fait appel au logiciel MARPLOT pour afficher la carte des zone des risques.

Le rouge, orange, jaune et indiquer les zones où les zones spécifiques niveau de préoccupation les seuils ont été dépassés.

Le logiciel MARPLOT afficher la carte des zone des risques dans une unité de MELEX EAST sur le sphère S181 de stockage du butane.



**Figure IV.42 :** zone de surpression parcelle affichés sur une carte MARPLOT.

Le rouge, l'orange, et jaune indiquer les zones spécifiques et le niveau des atteintes de chacune.




-   $\geq 8$  psi : destruction des constructions.
-   $\geq 3.5$  psi : Des blessures graves sont probables
-   $\geq 1$  psi : Verre brisé.



Figure IV.43 : zones d'inflammations affichées sur une carte MARPLOT.



Figure IV.44 : zones dispersion des polluants affichées sur une carte MARPLOT.

**IV.4.6. Comparaison entre les scénarios**

**Tableau IV.9** : comparaison entre les phénomènes : surpressions suite à l'explosion du nuage gazeux et inflammations du butane et dispersion des polluants.

Scénario	Inflammations	Dispersion des polluants	surpressions suite à l'explosion du nuage gazeux
Menace modélisée	inflammabilité	Toxicité	Effets thermique
Zone menacée de couleur rouge	75 m	22 m	58 m
Zone menacée de couleur orange	/	52 m	84 m
Zone menacée de couleur jaune	230 m	107m	180 m

**IV.4.7. Recommandations**

D'après notre simulation par ALOHA nous avons identifié différentes recommandations permettant d'augmenter sensiblement le niveau de sécurité de sphère S181 :

- Les effets de surpression d'un accident majeur au niveau de sphère S181 peuvent atteindre à une distance de 104 m. pour assurer la sécurité totale des opérateurs et des équipements on doit respecter ces limites de sécurité lors de l'emplacement des équipements de stockages ;
- Agrandir de la plateforme du stockage ;
- La mise en place de protocoles ou plan d'évacuation ;
- Assurez-vous que toutes les travailleurs concernés sont informés et formés à ce plan.

## **IV.5. Application et simulation du logiciel PHAST**

### **IV.5.1. Présentation du logiciel de simulation PHAST**

PHAST est un logiciel qui a été développé et mis à jour par DNV pour évaluer les conséquences des fuites de gaz, des incendies, des explosions, de la toxicité et des autres dangers technologiques reliés à diverses industries. Le logiciel PHAST (Process Hazard Analysis Software Tool), est un outil complet d'analyse des risques d'une installation industrielle. PHAST simule l'évolution d'un rejet accidentel d'un produit toxique et/ou inflammable, depuis la fuite initiale jusqu'à la dispersion atmosphérique en champ lointain, incluant la modélisation de l'épandage et de l'évaporation de flaque. PHAST est capable de modéliser les scénarios de rejets à partir des divers termes sources (fuite sur la paroi d'un réservoir, rupture d'une canalisation, ...) qui sont ensuite combinés avec le modèle de dispersion de PHAST de type intégral, appelé Unified Dispersion Model (UDM), pour obtenir par exemple : les distances de sécurité correspondant aux seuils toxiques et l'empreinte du nuage au Sol à un instant donné.

**IV.5.2. L'objectif d'un logiciel PHAST :** PHAST peut modéliser les phénomènes suivants :

- Feu chalumeau (jet fire) ;
- Feu de flaque (nappe) ;
- Feu nuage (feu flash) ;
- Boule de feu (BLEVE) ;
- Modélisation des Explosions (TNT equivalent, Multi-Energy, Baker-Strehlow) ;
- Modélisation des Effets Toxiques (Distance à la concentration toxique, Distance à la Dose toxique).

### **IV.5.3. Les étapes d'application du logiciel PHAST sur la sphère S181**

- La première étape est l'introduire de la carte géographique :

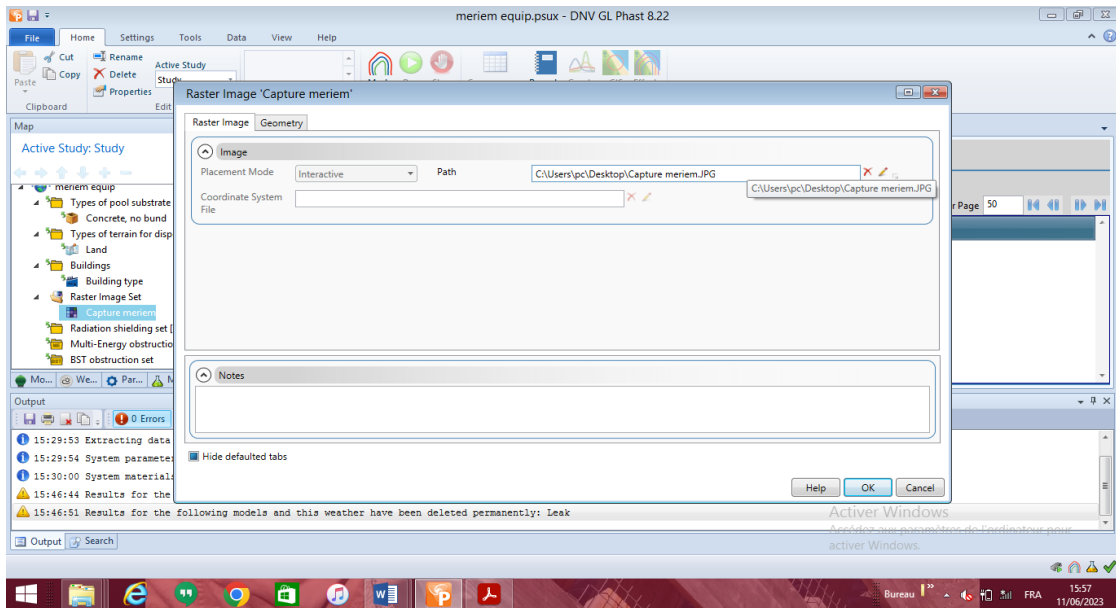


Figure IV.45 : La carte géographique.

- Rentrer les dimensions :

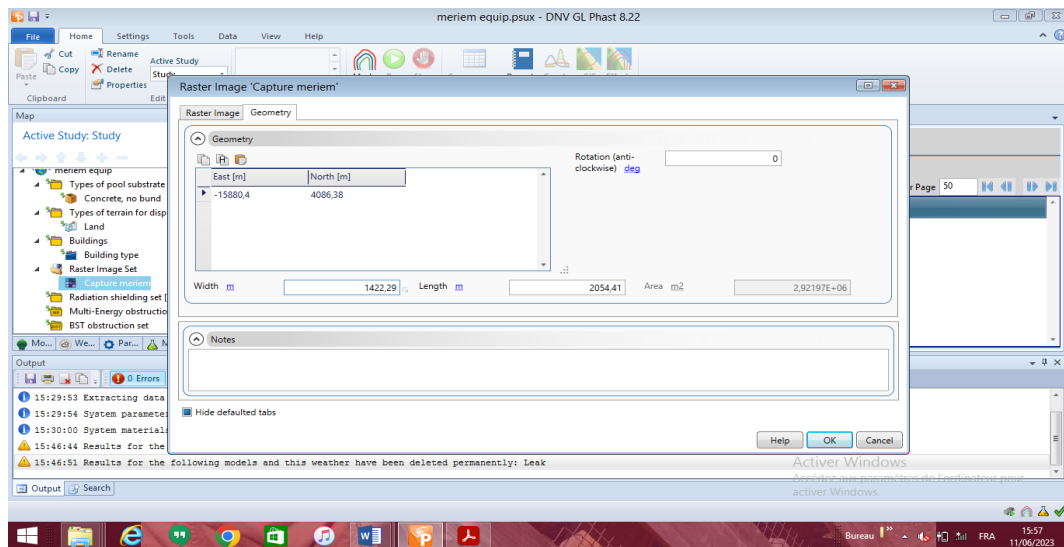


Figure IV.46 : les dimensions de la carte géographique.

- La deuxième étape est d'introduire les données météorologiques

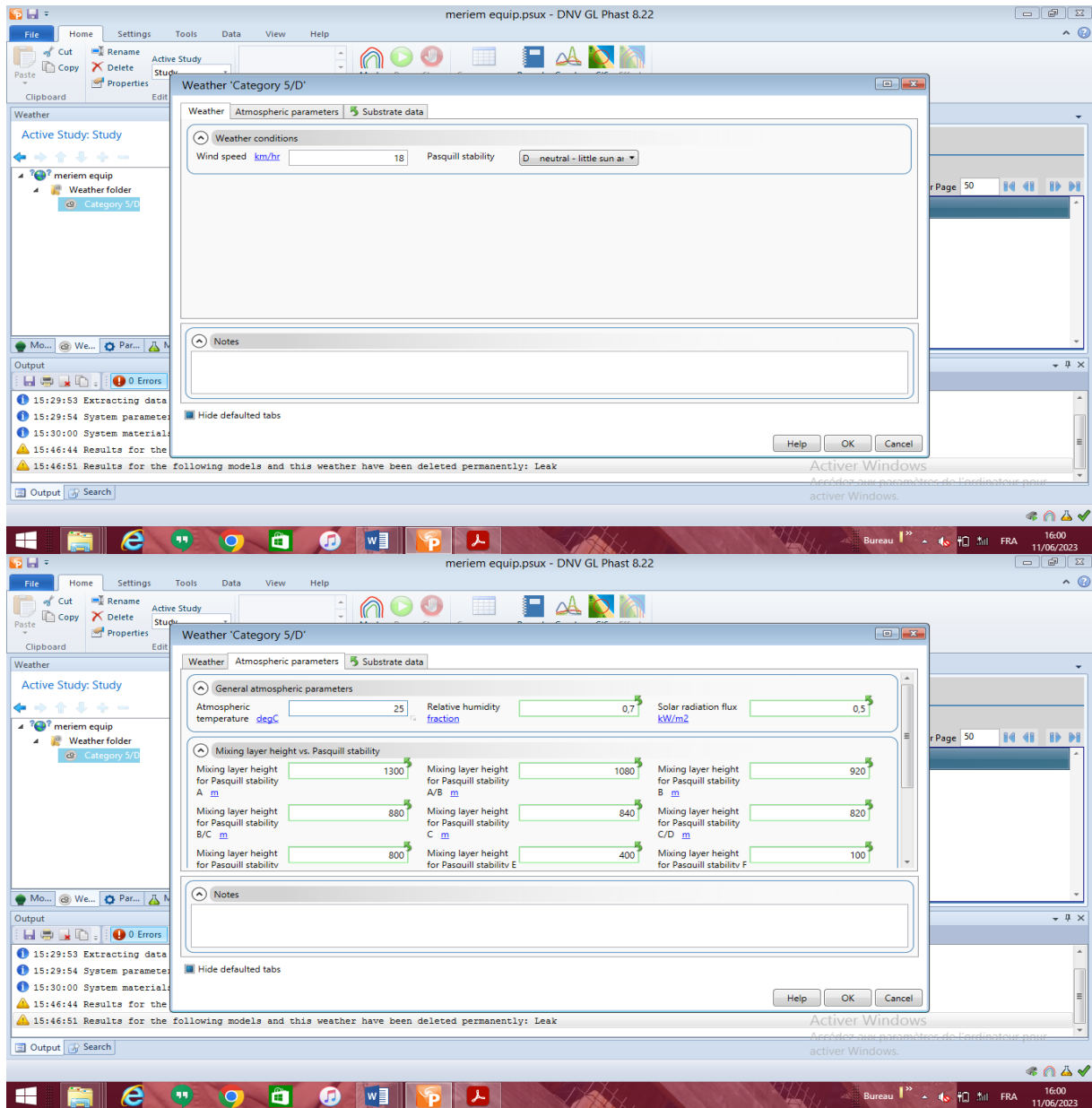


Figure IV.47 : Introduire les données météorologiques.

- Le choix de notre équipement, équipement sous pression « presssure vessel »

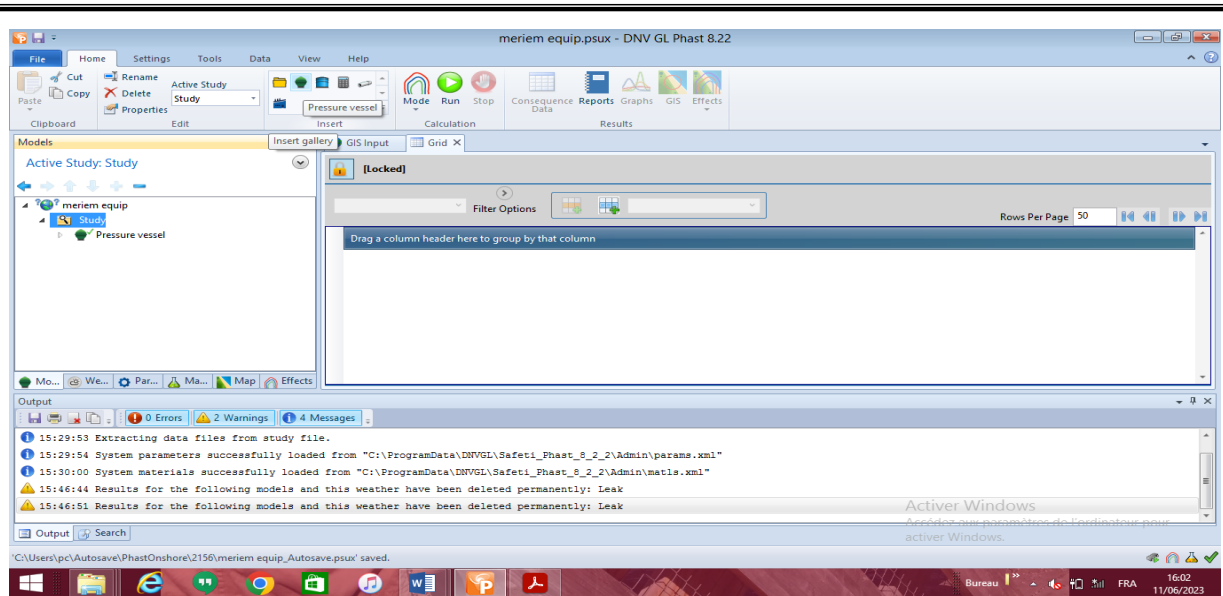


Figure IV.48 : Le choix d'équipement sous pression.

- Introduire sa localisation exacte :

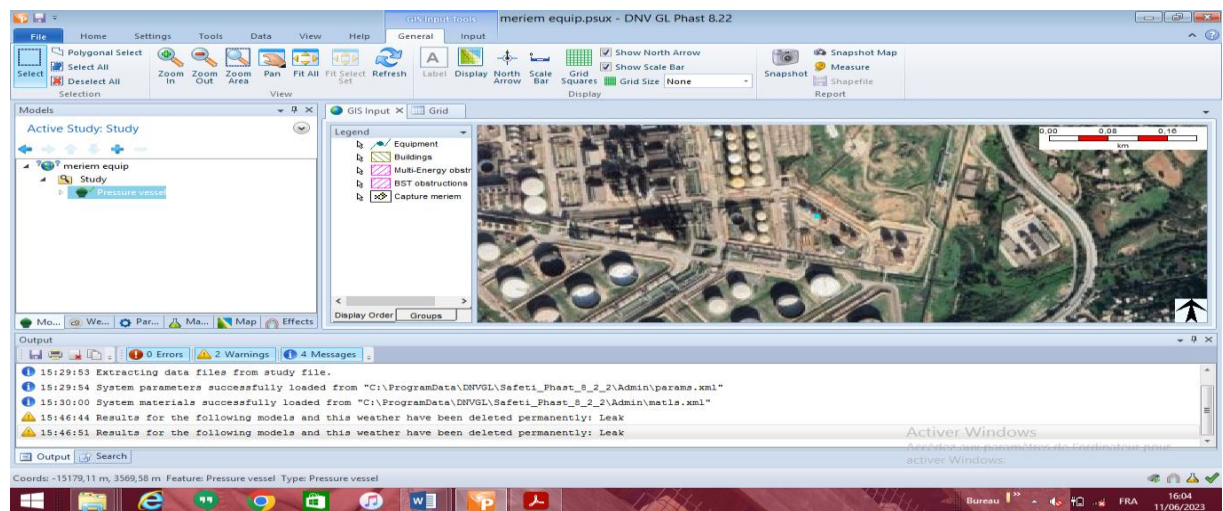
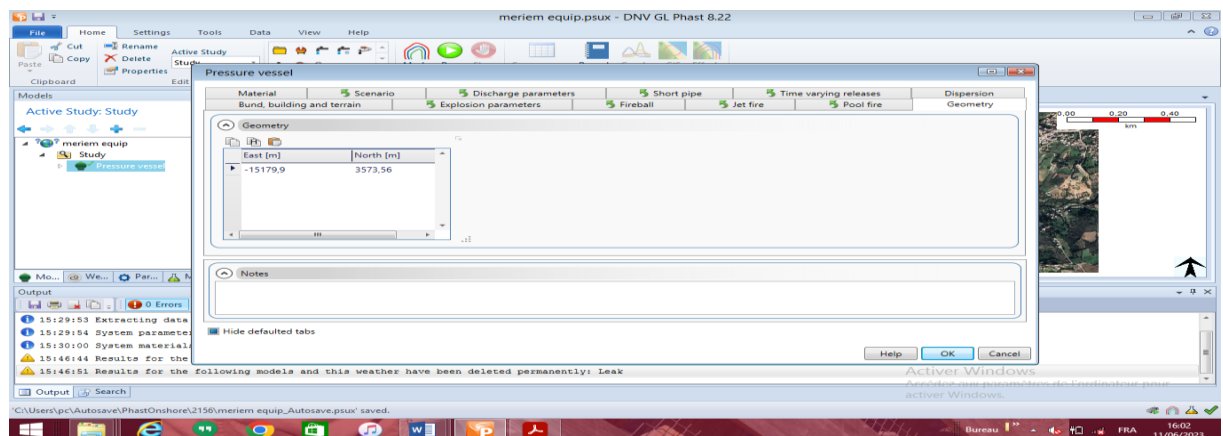


Figure IV.49 : Introduire la localisation.

- La quatrième étape est d'introduire les données liées au produit et à la sphère, et ses caractéristiques.

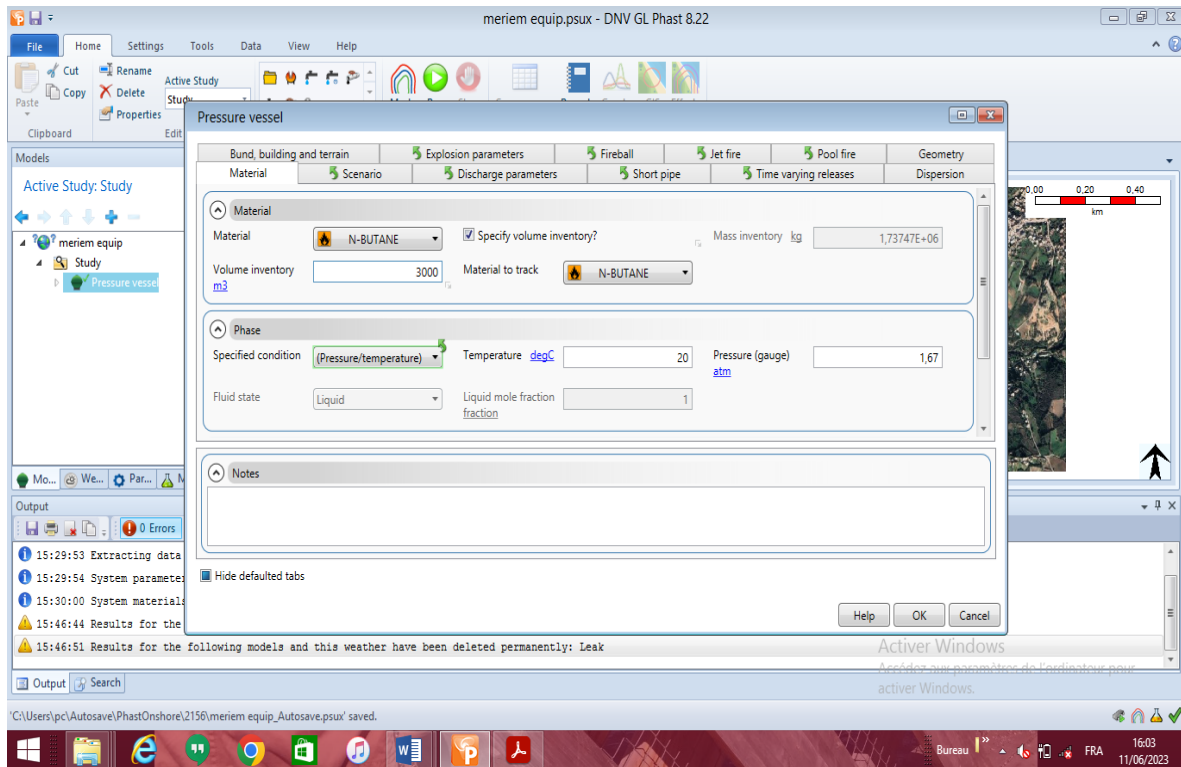


Figure IV.50 : Introduire les données de produit.

- La cinquième étape : choisir le scénario d'accident, dans ce cas-là on a choisi une fuite  
« leak », et on introduit ses différentes informations :

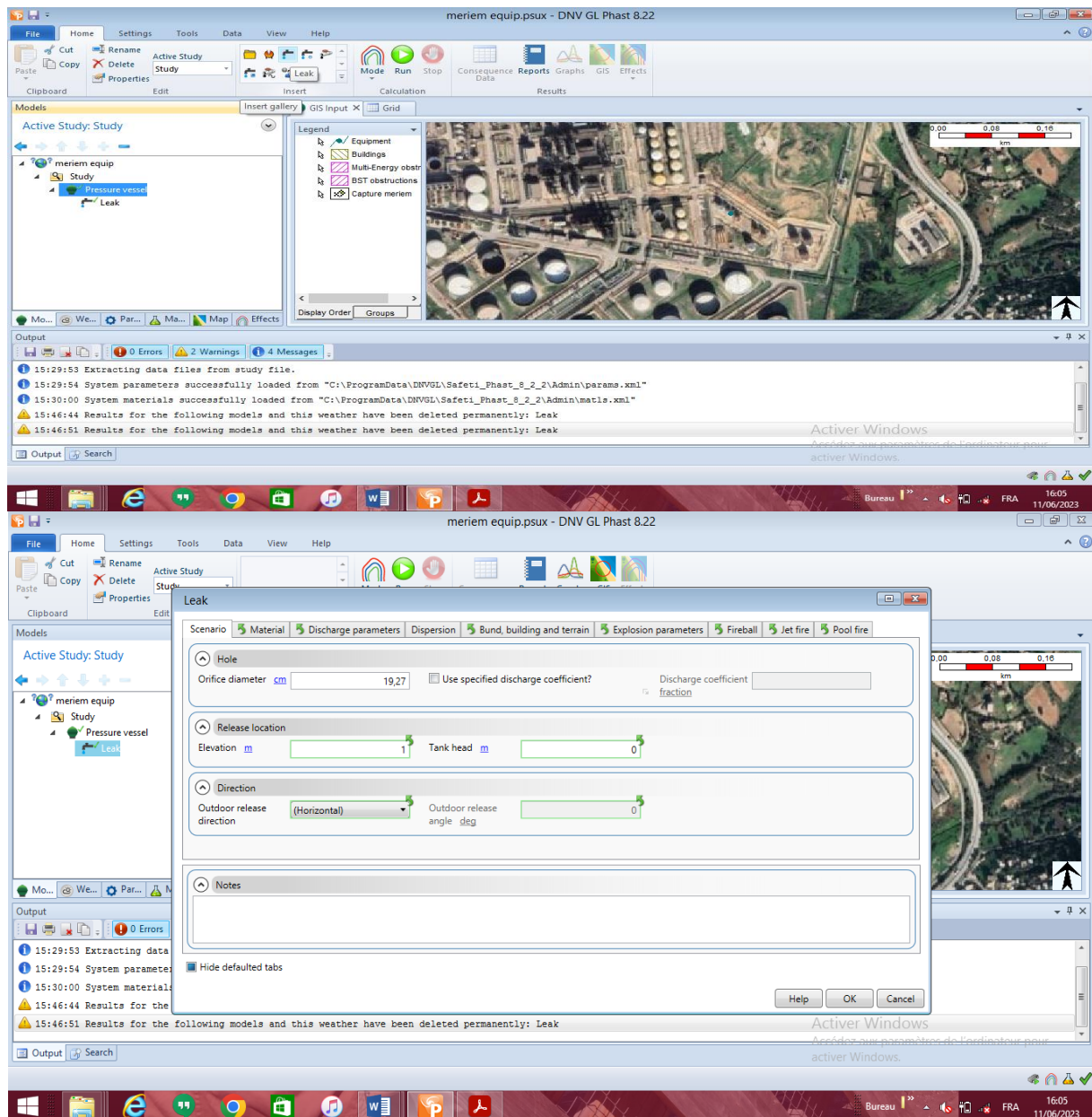


Figure IV.51 : Le choix du scénario.

- La sixième étape est de cliquer sur le bouton « Run » pour lancer la modélisation, puis avoir le rapport/ les graphs et l'étendus des effets sur la carte géographique :

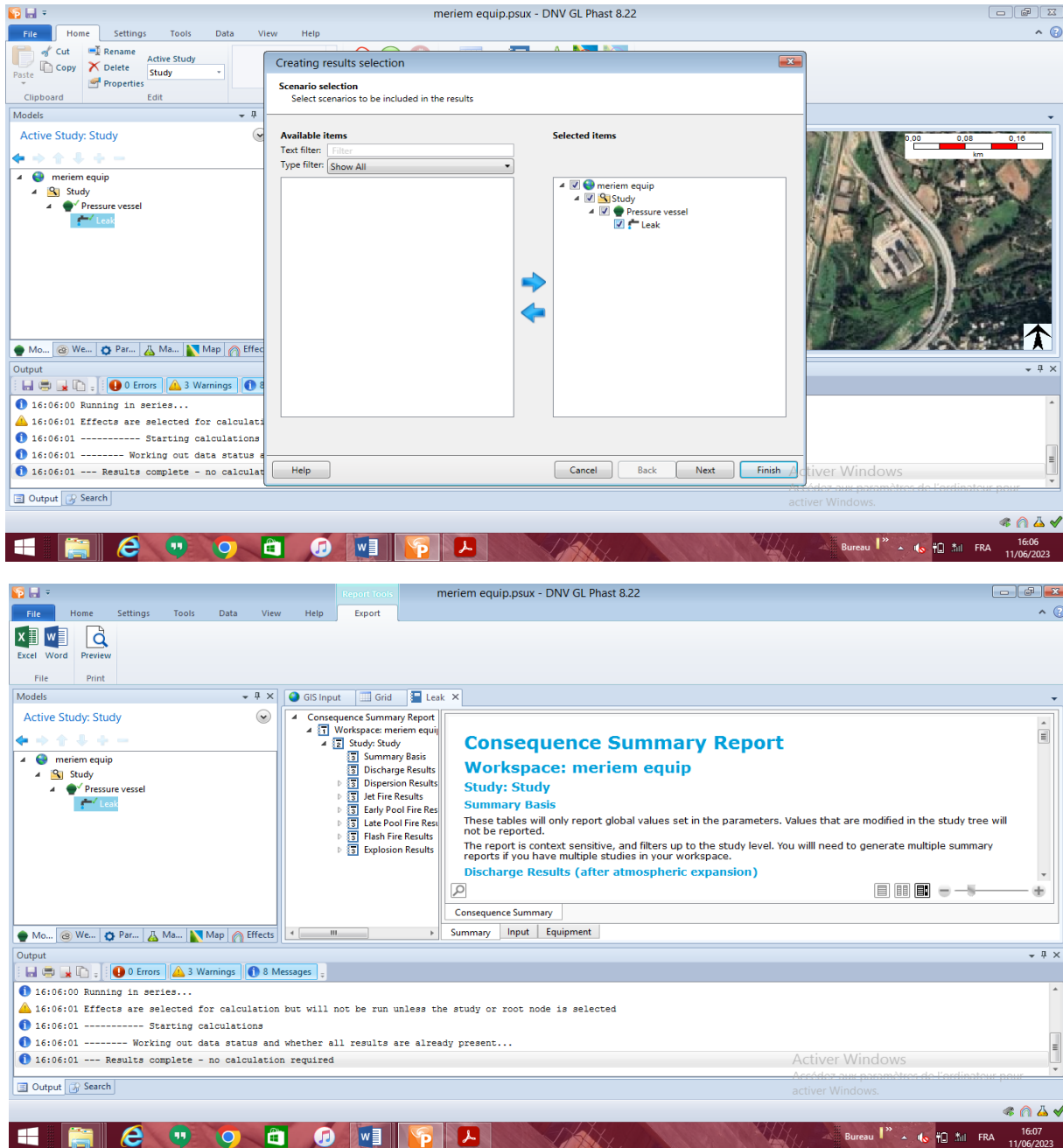


Figure IV.52 : l'étendus des effets sur la carte géographique.

- La septième étape est d'avoir les différents graphes des phénomènes dangereux obtenus suite à la fuite :

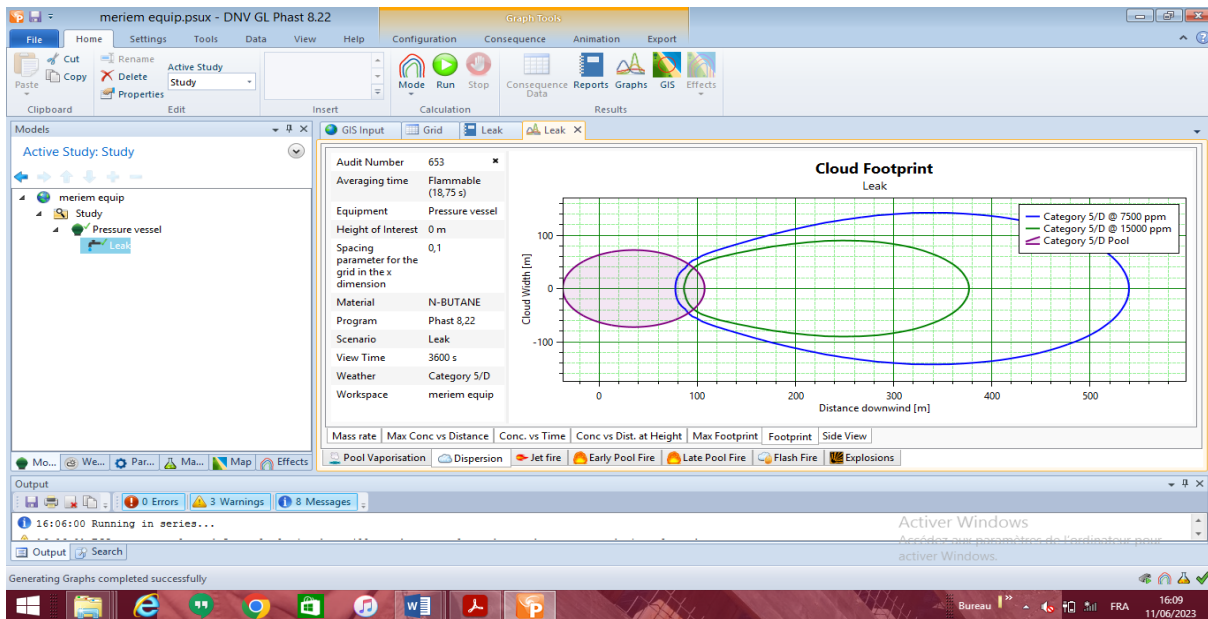


Figure IV.53 : Un graphe d'une fuite.

- La dernière étapes est celle des effets sur la carte géographique :

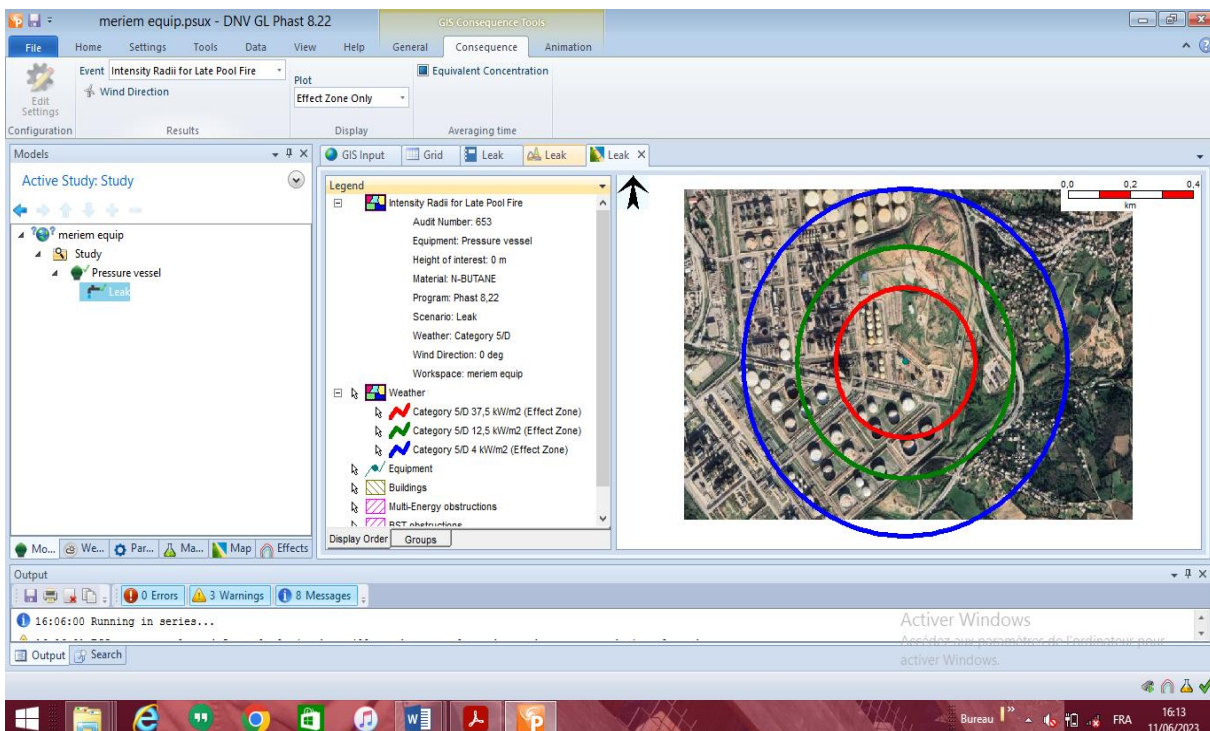


Figure IV.54 : Les effets sur la carte géographique.

#### IV.5.4. Résultats de modélisation par PHAST

Généralement les résultats sont présentés sous forme Graphique et numérique (rapport), Certains résultats peuvent être présentés sur fond cartographique (zones d'effet).

PHAST calcule automatiquement les différentes étapes propres au déroulement d'un accident.

PHAST utilise les propriétés thermodynamiques issues de la banque de données DIPPR (Design Institute for Physical Properties) des produits et il détermine lui-même, en fonction des conditions de pression et de température, les caractéristiques de l'écoulement du fluide ; que ce soit un débit liquide, gazeux ou biphasique.

##### IV.5.4.1. Rapport récapitulatif des conséquences

Espace de travail : conséquences par PHAST :

Ces tableaux ne rapporteront que les valeurs globales définies dans les paramètres. Les valeurs modifiées dans l'arbre d'étude ne seront pas rapportées

Le rapport est sensible au contexte et filtre jusqu'au niveau de l'étude, nous aurons notre espace de travail.

##### IV.5.4.2. Modélisations de la dispersion

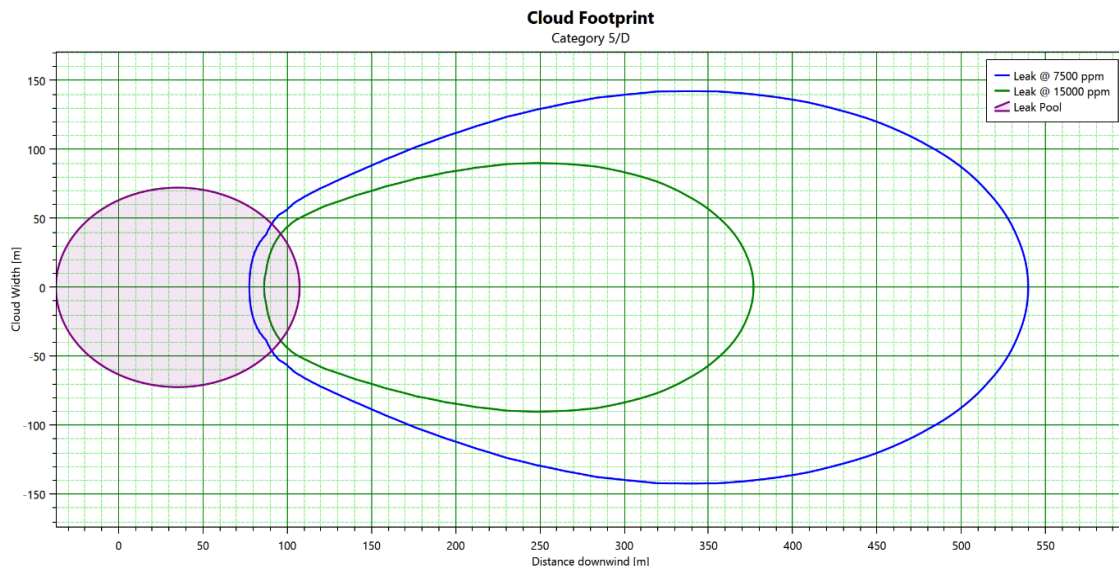


Figure IV.55 : La concentration des polluants en ppm par rapport à la distance.

- La figure ci-dessous représente l'étendu des effets :

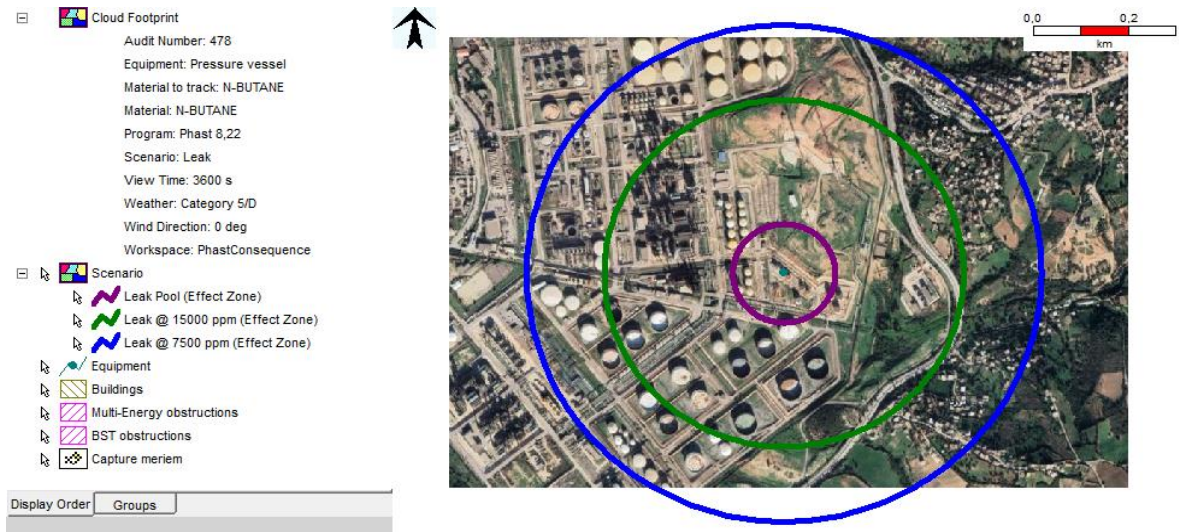


Figure IV.56 : L'étendu des effets.

D'après ce résultat on remarque que la Dispersion des polluants atteint à une distance de 542m à la source, alors la distance de sécurité commence à partir cette valeur.

#### IV.5.4.3. Modélisations des effets thermiques

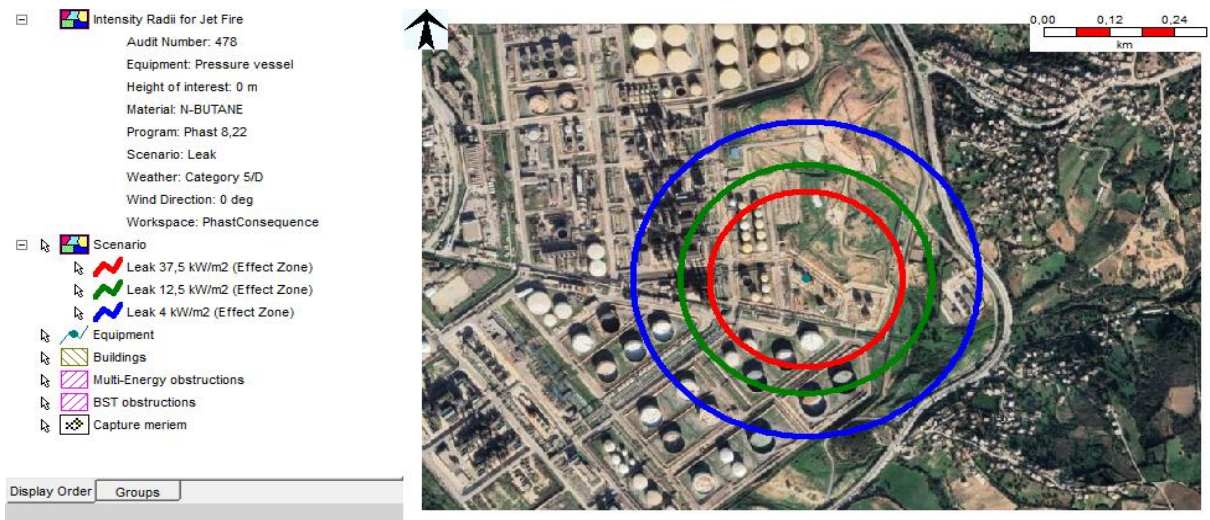


Figure IV.57 : les zones touchées par les radiations thermiques.

D'après ce résultat on remarque que les radiations thermiques atteignent à une distance de 316 m à la source, alors la distance de sécurité commence à partir cette valeur.

#### IV.5.4.4. Modélisations des effets de surpressions

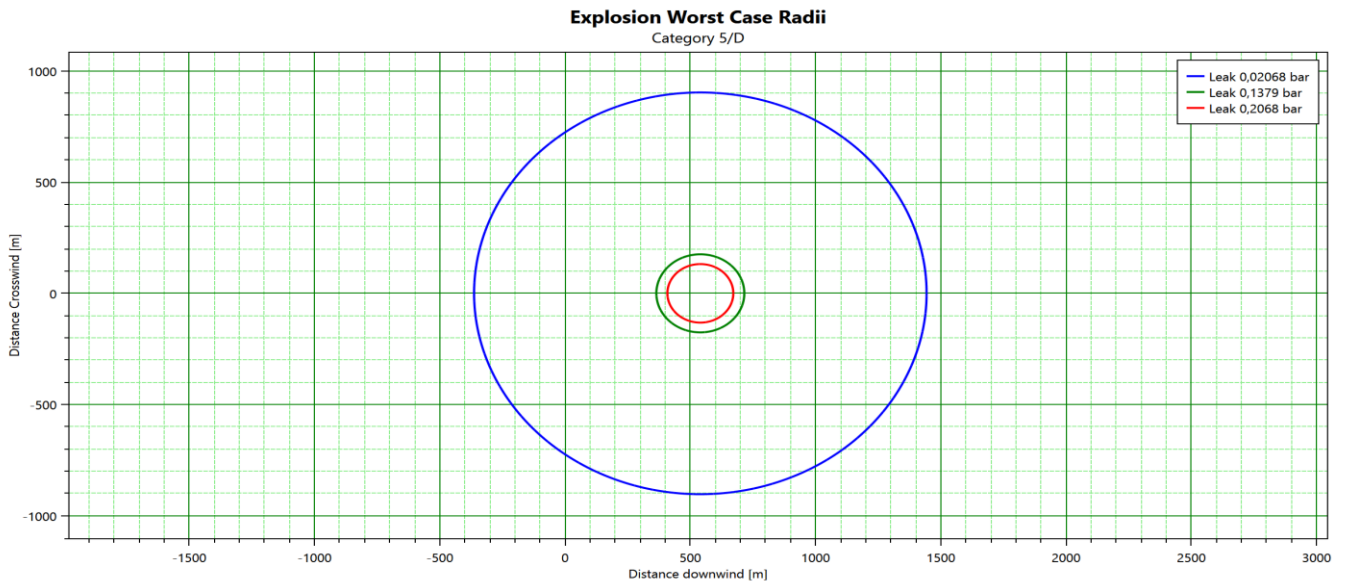


Figure IV.58 : les zones touchées par les ondes de pressions.

La figure ci-dessus montre que les effets de surpression peuvent toucher la zone dont la distance de 1443 m à la source. La distance de sécurité est de 1443 m à la source.

#### IV.5.5. Recommandations

D'après notre simulation par PHAST nous avons identifié différentes recommandations permettant d'augmenter sensiblement le niveau de sécurité de sphère S181 :

- Les effets de surpression d'un accident majeur au niveau de sphère S181 peuvent atteindre à une distance de 1443 m. pour assurer la sécurité totale des opérateurs et des équipements on doit respecter ces limites de sécurité lors de l'emplacement des équipements de stockages ;
- Agrandir de la plateforme du stockage ;
- La mise en place de protocoles ou plan d'évacuation ;
- Assurez-vous que toutes les travailleurs concernés sont informés et formés à ce plan.

## IV.5.6. Comparaison entre les résultats ALOHA et PHAST

Tableau IV.10 : les résultats obtenir par ALOHA et PHAST.

Les effets	La distance de sécurité	
	ALOHA	PHAST
Radiation thermique	230 m	316 m
Surpression	180 m	1443 m
Dispersions des polluants	107 m	542 m

On peut constater un grand décalage entre les deux résultats, qu'est dû à la différence du seuil d'effets d'une part et la mode de calcul de chacun des logiciels Puisque ALOHA ne modélise que la dispersion atmosphérique des substances transportées.

### Conclusion

L'analyse des risques d'accidents technologiques majeurs est utilisée pour évaluer les conséquences d'accidents graves liés à des projets industriels. Elle permet d'inclure la sécurité dans les décisions gouvernementales concernant l'acceptabilité de ces projets, afin de protéger les personnes et les biens.

Analyses des risques et la modélisation des conséquences d'accidents industriels (Aloha, Phast) visent à préciser la gravité des effets potentiels liés à un rejet de substance dangereuse (toxique ou inflammable).

Grâce à cette analyse, il est possible de modéliser la dispersion d'une substance dans l'air et d'évaluer de manière quantitative les niveaux de toxicité, de radiation thermique ou de surpression susceptibles d'affecter les populations environnantes, le personnel, les infrastructures et l'environnement.

# **Conclusions générale**

## Conclusion générale

---

La maîtrise du danger présente un défi constant et ardu, qui se complique davantage lorsque les autorités disposent de ressources et de personnel de contrôle insuffisants. De plus, les politiques de protection sont souvent limitées, comme en témoignent les périmètres de sécurité inadéquats autour des zones dangereuses situées à proximité des agglomérations. Par ailleurs, les scénarios les plus dommageables ne sont envisagés qu'à titre hypothétique en raison des conséquences considérables qu'ils engendreraient. Dans de tels cas, il ne s'agit plus seulement de gérer des risques, mais aussi d'appréhender les incertitudes qui en découlent.

Tout d'abord, il est clair que le stockage de GPL présente des risques potentiels significatifs en raison de la nature inflammable et explosive du gaz. Ces risques incluent les fuites, les déversements, les incendies et les explosions, qui peuvent avoir des conséquences graves tant pour les personnes que pour l'environnement. Il est essentiel de mettre en place des mesures de sécurité strictes pour minimiser ces risques et assurer la protection des personnes, des biens et de l'environnement.

L'étude souligne également l'importance d'une planification minutieuse dans la conception des installations de stockage de GPL. Cela implique une évaluation rigoureuse des sites potentiels, en tenant compte des facteurs tels que la distance par rapport aux zones résidentielles, les voies de transport, les infrastructures critiques et les caractéristiques géologiques. Une conception adéquate des installations, comprenant des systèmes de confinement, de détection des fuites et de suppression des incendies, est cruciale pour réduire les risques associés au stockage de GPL.

De plus, la formation et la sensibilisation des travailleurs du sonatrach sont essentielles pour garantir des pratiques sûres. Les opérateurs des installations de stockage doivent être formés pour gérer les situations d'urgence et savoir comment réagir en cas d'incident. La sensibilisation des communautés environnantes aux risques liés au stockage de GPL peut contribuer à une meilleure préparation et à une réponse plus efficace en cas d'accident.

Enfin, la réglementation et les normes techniques jouent un rôle crucial dans la gestion des dangers associés au stockage de GPL. Les réglementations doivent être régulièrement mises à jour pour refléter les avancées technologiques et les meilleures pratiques en matière de sécurité. Les normes techniques, telles que celles établies par les organismes de

## Conclusion générale

---

normalisation, fournissent des directives spécifiques pour la conception, la construction et l'exploitation des installations de stockage de GPL.

En conclusion, cette mémoire met en évidence la nécessité d'une approche holistique dans la gestion des dangers liés au stockage de GPL. Cela comprend une planification soigneuse, une conception adéquate, une formation et une sensibilisation appropriées, ainsi que des réglementations et des normes robustes. En adoptant cette approche, il est possible de minimiser les risques associés au stockage de GPL et de garantir la sécurité des personnes et de l'environnement.

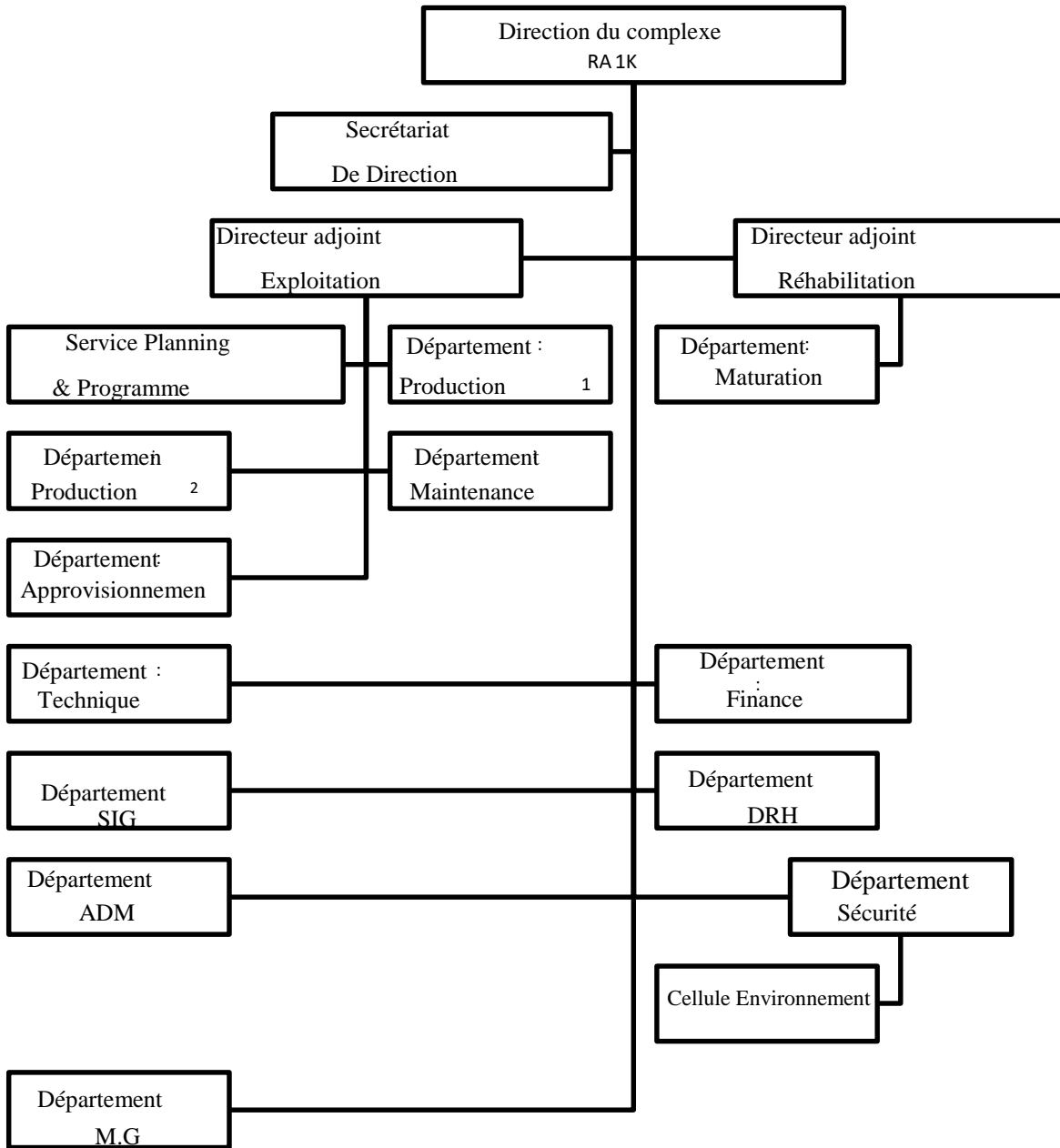
## Bibliographique

---

- [1] : INERIS, maitriser le risque pour un développement durable, BP n°2, France.
- [2] : VALERIE Flohimont, Université de Namur, Analyse des risques, janvier 2021.
- [3] : VILLEMEUR, sécurité fonctionnelle des systèmes industrielles, Collection de la Direction des Etudes et Recherches d'Electricité de France, 1988.
- [4] : MARIE CLAUDE Théberge, Analyse de risques d'accidents technologique majeurs, Juin 2002.
- [5] : Site web : Analyse des accidents de travail INRS.
- [6]: Site web: <https://qualitexpert-dz.com/hse/etude-de-danger-comment-faire/>
- [7] : GLAGEON BOCAHUT, Kaliès, Analyse Préliminaire des Risques, juin 2017.
- [8] : AFREQEN, Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité 2019.
- [9]: Site web : [https://www.esst-inrs.fr/3rb/afftexte.php?p1=cotation\\_risque](https://www.esst-inrs.fr/3rb/afftexte.php?p1=cotation_risque).
- [10] : Fiche de sécurité air, liquide GPL, Sonatrach, version juillet 2002.
- [11] : NICHAN Margossian, Risques et accidents industriels majeurs.
- [12] : Mémento du maire et des élus locaux, 5<sup>eme</sup> édition, RT1 risque industriel.
- [13] : Fiche de données de sécurité BP n°72 Skikda 21000 Algérie (N° de CAS 68512-91-4).
- [14]: Site web: [www.spinfos.fr](http://www.spinfos.fr) 05.05.23.
- [15]: Sheild S, ET A MBRIK. Etapes de développement d'un BLEVE « chaud », 1993.
- [16]: Site web: <https://primarisk.ineris.fr>.
- [17] : Le NFPA (National Fire Protection Association, USA).
- [18] : Rapport INERIS, Guide UFIP.
- [19] : Site web : <https://www.culture.gouv.fr> 06.05.23.
- [20] : Théorie du risque chimique [en linge]. Adresse URL, site web : <http://excerpts.numilog.com/books/>

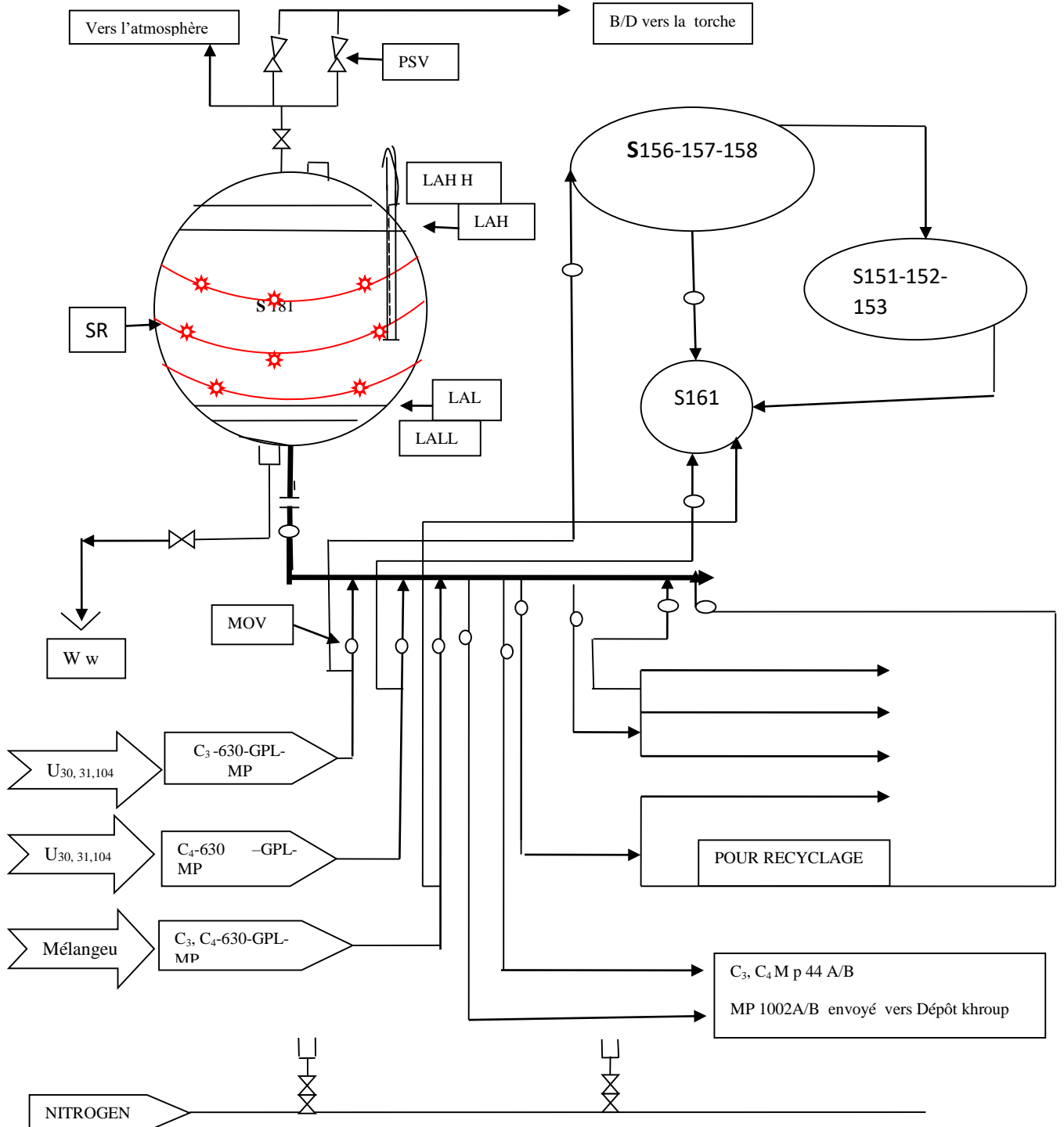
# Annexe

## Annexe 01 : organigramme de RA1K



# Annexe

## Annexe 02 : schéma PID de la sphère de stockage du GPL au niveau de l'unité MELEX



## Résumer

### Résumer

Les accidents impliquant le stockage de GPL sont extrêmement destructeurs. Leur origine peut être attribuée à la fois à des erreurs humaines résultant d'une méconnaissance des dangers ou d'un manque de formation, ainsi qu'à des défauts de conception technique ou à des événements naturels imprévisibles. L'étude des dangers liés à la sphère de stockage de GPL par la méthode HAZOP et modélisation des scénarios d'accidents à l'aide aloha et phast, nécessitent l'identification et l'évaluation des risques et des scénarios d'accidents majeurs. La maîtrise de ces dangers représente un défi permanent difficile à relever. Cela devient d'autant plus difficile lorsque les effectifs et les moyens de contrôle sont insuffisants, que les politiques de protection présentent des limites évidentes ou que les scénarios les plus préjudiciables ne sont envisagés que comme des hypothèses compte tenu de l'ampleur des conséquences de ces scénarios.

**Mots clés :** étude de danger- analyse des risques- simulation- sécurité- HAZOP- ALOHA- PHAST.

### Abstract

Accidents involving the storage of LPG (liquefied petroleum gas) are extremely destructive. Their origin can be attributed to both human errors resulting from a lack of awareness of the dangers or inadequate training, as well as technical design flaws or unforeseeable natural events. The study of hazards related to LPG storage with HAZOP method and the modeling of accident scenarios using aloha and phast require the identification and assessment of risks and major accident scenarios. Mastering these hazards represents an ongoing and challenging task. It becomes even more difficult when staffing and control are insufficient, when protective policies have obvious limitations, or when the most damaging scenarios are only considered as hypothetical due to the magnitude of their potential consequences.

**Key words:** hazard study- risk analysis- simulation- safety- HAZOP- ALOHA- PHAST.

### ملخص

الحوادث التي تنطوي على تخزين غاز البترول المسال مدمرة للغاية. يمكن أن يعود أصلها إلى كل من الأخطاء البشرية الناتجة عن نقص الوعي بالمخاطر أو عدم كفاية التدريب، فضلاً عن الأخطاء التقنية أو الأحداث الطبيعية غير المتوقعة. تتطلب دراسة المخاطر المتعلقة بتخزين غاز البترول المسال نمذجة سيناريوهات الحوادث باستخدام طريقة HAZOP وبرنامجي ALOHA و PHAST وتحديد وتقييم المخاطر وسيناريوهات الحوادث الكبرى. يمثل التحكم في هذه المخاطر مهمة مستمرة وصعبة. يصبح الأمر أكثر صعوبة عندما يكون القوى العاملة والمعدات غير كافيين، وعندما يكون لسياسات الامن قيود واضحة، أو عندما يتم اعتبار السيناريوهات الأكثر ضرراً فقط على أنها افتراضية بسبب حجم عواقبها المحتملة.

**الكلمات المفتاحية:** دراسة المخاطر - تحليل المخاطر - المحاكاة - السلامة - HAZOP - ALOHA - PHAST