



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
People's Democratic Republic of Algeria  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministry of Higher Education and Scientific Research  
جامعة أمحمد بوقرة ببومرداس  
University M'hamed Bougara of Boumerdes  
كلية المحروقات والكيمياء  
Faculty of Hydrocarbons and Chemistry



**Département Génie des procédés chimiques et pharmaceutique**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

**En vue de l'obtention du diplôme de Master**

*Spécialité : Génie des procédés*

*Option : Hygiène Sécurité Environnement*

*Thème*

**Proposition et Mise en œuvre d'une Procédure  
PHA et Simulation de Scénarios d'Accidents  
Majeurs au Niveau de l'Activité  
LQS/Complexe GL2/Z**

*Présenté par :*

**HOCINI MAROUA**

*Devant le jury composé de :*

M. BEDOUD karim	MCB	UMBB/FHC	Président
Mme. BRIKI meriem	MCB	UMBB/FHC	Examinateur
Mme BENRAHOU fatima zohra	MCB	UMBB/FHC	Encadrant

*Année universitaire : 2024/2025*

## Dédicace

---

*Je me dédie ce travail,*

*En reconnaissance de mes efforts, de ma persévérance et de  
l'engagement que j'ai su déployer tout au long de ce parcours.  
À toutes les nuits blanches, aux doutes surmontés et à la volonté  
de ne jamais abandonner, je rends hommage à la personne que  
je suis devenue à travers cette expérience.*

*À mes parents, ma famille*

*À mes amies proches,*

---

## **Remerciements**

Avant tout, nous tenons à dire ALHAMDOULILAH le tout puissant qui nous a donné le courage et la volonté afin d'être dans le bon chemin.

Je tiens à exprimer ma gratitude sincère à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce modeste travail.

Je tiens à remercier en premier lieu d'avoir accepté d'être mon encadreur durant de ce travail, et pour la confiance qu'elle m'a donnée.

Je remercie particulièrement pour avoir facilité mon stage et m'avoir apporté un soutien précieux tout au long de celui-ci. Mes remerciements vont également aux ingénieurs, Messieurs SAID YUCEF, IMAD OUKIL, BENAKROUF ABDELKADER, et HERRAT NADIR, sans oublier MERIEM, DALILA pour leur assistance inestimable et leur disponibilité constante. Leur expertise et leurs conseils ont été essentiels à l'aboutissement de ce projet.

Mes respects les plus sincères aux membres du jury, qui me feront l'honneur d'accepter de juger ce modeste travail, de partager leurs réflexions et leurs critiques scientifiques. J'attends avec impatience de bénéficier de leur expertise et de leurs conseils éclairés.

Un remerciement spécial est destiné à GHALEM MANSOUR.

Enfin, je remercie toute personne qui, de près ou de loin, a contribué à la réalisation de ce travail. Votre soutien et votre encouragement ont été d'une grande aide tout au long de ce parcours.

## Table des matières

Dédicace  
REMERCIEMENT

Liste de figures

Liste de tableaux

Liste des abréviations

**INTRODUCTION GENERALE ..... 1**

**CHAPITRE I PRESENTATION DU PROJET PSM.....**

<b>I.1 Présentation du projet PSM [1].....</b>	<b>4</b>
I.2 L'objectif du projet.....	4
I.3 Fiche signalétique.....	4
I.4 Organisation du projet PSM_LQS.....	5
I.5 Politique HSE DE SONATRACH.....	6
I.6 Cadre réglementaire algérien régissant la sécurité des installations .....	7
I.7 Documents de référence du projet PSM_LQS.....	8
I.8 Activité de Stockage et chargement du GNL [2].....	9
I.9 Localisation et accès.....	11

**CHAPITRE II SYSTEME DE GESTION DE LA SECURITE DES PROCESSUS ET  
ANALYSE DES DANGERS DES PROCEDE.....**

<b>II.1 Process Safety Management System (PSMS).....</b>	<b>13</b>
II.1.1 Terminologie importante .....	13
II.1.2 La notion de système de management .....	14
II.1.3 Le modèle PDCA ou Roue Deming Pour les éléments du PSM-RBPS.....	15
II.1.4 L'apparition de PSM .....	16
II.1.5 L'importance de la gestion de la sécurité des process dans les organisations .....	16
II.1.6 Objectif de La mise en place d'un Process Safety Management System (PSMS).....	17
II.1.7 Risk Based Process Safety (RBPS).....	18
<b>II.2 Process Hazard Analysis PHA [10] .....</b>	<b>25</b>
II.2.1 Méthode HAZOP dans le cadre de la PHA .....	26

**CHAPITRE III PROCEDURE DE MANAGEMENT DES ACTIVITES DU PHA ET SA  
MISE EN ŒUVRE.....**

**Introduction..... 30**

**III.1 Problématique de l'application du PHA chez SONATRACH..... 30**

**III.2 Programme de la Procédure proposée (Sommaire) [10]..... 30**

    III.2.1 Glossaire .....

III.2.2	Abréviation .....	32
III.2.3	ANNEXE 01 : Description de la procédure .....	32
III.2.4	ANNEXE 02 : Logigramme de la procédure (Workflow) .....	49
III.2.5	ANNEXE 03 : Matrice RACI.....	51
<b>III.3</b>	<b>Application de la procédure PHA sur une unité de stockage GNL.....</b>	<b>53</b>
III.3.1	Introduction .....	53
III.3.2	Description du Processus Étudié .....	53
III.3.3	Mise en œuvre de la PHA.....	54
<b>III.3.4</b>	<b>Discussion et conclusion .....</b>	<b>58</b>
III.4	Conclusion .....	60
<b>CHAPITRE IV SIMULATION DE SCENARIOS D'ACCIDENTS MAJEURS AVEC LE LOGICIEL PHAST.....</b>		
<b>Introduction</b> .....		<b>62</b>
<b>IV.1</b>	<b>Présentation du logiciel PHAST [12] .....</b>	<b>62</b>
IV.1.1	Objectifs de la simulation.....	62
IV.1.2	Fonctionnalités principales de PHAST .....	62
IV.1.3	Domaines d'application.....	63
IV.1.4	Avantages de PHAST .....	63
IV.2	Résultats de simulation (modélisation) par PHAST .....	63
IV.2.1	Conditions météorologiques .....	63
IV.2.2	Scénarios retenus .....	64
IV.2.3	Discussion sur la portée et les limites.....	74
<b>IV.3</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>74</b>
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>		<b>75</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>		<b>76</b>
<b>ANNEXES .....</b>		<b>77</b>

## Liste des figures

<b>Figure I. 1 : Organisation du projet PSM_LQS.....</b>	<b>6</b>
<b>Figure I. 2 : Déclaration générale de la Politique HSE de SONATRACH [1] (Dans les annexes) .....</b>	<b>7</b>
<b>Figure I. 3 : Le plan d'organisation générale [2] .....</b>	<b>10</b>
<b>Figure II. 1 : Les composantes d'un système de management[5].....</b>	<b>15</b>
<b>Figure II. 2 : Le modèle PDCA Pour les éléments du PSM-RBPS .....</b>	<b>16</b>
<b>Figure II. 3 : Évolution des stratégies de sécurité des process et de prévention des accidents .....</b>	<b>19</b>
<b>Figure II. 4 : Les piliers de PSM-RBPS .....</b>	<b>20</b>
<b>Figure II. 5 : Les éléments de PSM-RBPS.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Figure II. 6 : le logigramme du PHA .....</b>	<b>26</b>
<b>Figure II. 7 : Formulaire typique de documentation de l'analyse qualitative des risques. ....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Figure IV. 1 : Géolocalisation du site GL2/Z (google maps) .....</b>	<b>64</b>
<b>Figure IV. 2 : Les zones touchées par les ondes de pression (scénario 1) .....</b>	<b>66</b>
<b>Figure IV. 3 : Les zones touchées par les radiations thermiques (scénario 1).....</b>	<b>67</b>
<b>Figure IV. 4 : Concentration maximale en fonction de distance (scénario 2).....</b>	<b>68</b>
<b>Figure IV. 5 : Rayon d'intensité thermique pour un feu de nappe tardif (scénario 2).....</b>	<b>69</b>
<b>Figure IV. 6 : Effet de vaporisation rapide de GNL (scénario 3) .....</b>	<b>70</b>
<b>Figure IV. 7 : Les zones touchées par les ondes de pression (scénario 3) .....</b>	<b>71</b>
<b>Figure IV. 8 : Rayons d'intensité thermique pour un Jet Fire (scénario 3).....</b>	<b>72</b>
<b>Figure IV. 9 : Concentration maximale en fonction de distance (scénario 3).....</b>	<b>73</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau IV. 1 : Scénarios choisis .....</b>	<b>64</b>
<b>Tableau IV. 2 : Hypothèses retenues .....</b>	<b>65</b>
<b>Tableau IV. 3 : Effets de surpressions .....</b>	<b>65</b>
<b>Tableau IV. 4 : Effets thermiques.....</b>	<b>65</b>
<b>Tableau IV. 5 : Résultats de dispersion .....</b>	<b>68</b>
<b>Tableau IV. 6 : Effets thermiques.....</b>	<b>68</b>
<b>Tableau IV. 7 : Effets de surpressions .....</b>	<b>70</b>
<b>Tableau IV. 8 : Effets thermiques.....</b>	<b>70</b>
<b>Tableau IV. 9 : Résultats de dispersion .....</b>	<b>70</b>

## Abréviation

- **PHA** : Process Hazard Analysis.
- **PSMS** : Process Safety Management System.
- **PSM** : Process Safety Management.
- **RBPS** : Risk-Based Process Safety.
- **HAZOP** : Hazard and Operability Study.
- **LOPA** : Layers of Protection Analysis.
- **QRA** : Quantitative Risk Assessment.
- **ALARP** : As Low As Reasonably Practicable.
- **EDD** : Étude De Danger.
- **ARH** : Autorité de Régulation des Hydrocarbures.
- **COW** : Control Of Work.
- **MOC** : Management Of Change.
- **PSSR** : Pre-Start-up Safety Review.
- **CCPS** : Centre for Chemical Process Safety.
- **KPIs** : Key Performance Indicators.
- **SCE** : Safety Critical Equipment.
- **FEED** : Front-End Engineering Design.
- **OSHA** : Occupational Safety and Health Administration.
- **EPA / RMP** : Environmental Protection Agency / Risk Management Plan.
- **IEC** : International Electrotechnical Commission.
- **SIS** : Safety Instrumented System.
- **DCS** : Distributed Control System.
- **ESD** : Emergency Shut Down.
- **PII** : Plan Interne intervention.
- **SIMOPS** : Simultaneous Operations.
- **LOC** : Loss Of Containment.
- **GNL** : Gaz Naturel Liquefier.
- **LNG** : Liquefied Natural Gas.
- **MSDS / FDS** : Material Safety Data Sheet / Fiche de Données de Sécurité.
- **P&ID**: Piping and Instrumentation Diagram.
- **HSE** : Health, Safety and Environment.
- **SH** : Santé Hygiène.
- **APR** : Analyse Préliminaire Des Risques.
- **ER** : Evènements Redoutés.
- **ERC** : Evènements Redoutés Centrale.
- **AdD** : Arbre de Défaillance.
- **AdE** : Arbre des Evènement.
- **GDC** : Gestion Du Changement.
- **INRS** : Institut National de Recherche et de Sécurité.
- **PSI** : Process Safety Indicator.

- **DS-HSE** : Direction Santé – Hygiène Sécurité Environnement.
- **ARH** : Autorité des Régulation des Hydrocarbure.
- **GL2Z** : Zone 02 GNL.
- **GD1Z** : Zone 1 Gaz Pétrolier.
- **PHAST**: Process Hasard Analysis Software Tool.
- **BLEVE**: Boil Liquid Expanding Vapor Explosion.
- **TRP**: Transfert Rapide de Phase.
- **DNV** : Det Norsk Veritas
- **IOT** : Internet of things

---

## **Introduction générale**

Dans le cadre de la gestion des systèmes d'exploitation et les procédés manipulant des substances dangereuses, la sécurité des procédés constitue un cadre disciplinaire rigoureux visant à garantir leur intégrité. Son objectif principal est d'empêcher les pertes de confinement LOC (loss of contain) non planifiées pouvant entraîner un incident majeur, tout en assurant la protection des actifs et des infrastructures.

l'Algérie a renforcé sa réglementation régissant les risques majeurs, en décrétant plusieurs textes réglementaires notamment après l'avènement de la loi N° 19-13 régissant les activités d'hydrocarbures et de ses textes d'application, tel que le décret Exécutif N° 21- 319 relatif au régime d'autorisation d'exploitation spécifique aux installations et ouvrages des activités d'hydrocarbures, Le Décret N° 21-320 régit les autorisations pour le raffinage et la transformation des hydrocarbures en Algérie, sous le contrôle de l'ARH, avec des obligations de sécurité et environnementales, Le Décret N° 21-261 régit la sécurité et la conformité des équipements sous pression et électriques dans le secteur des hydrocarbures, Le Décret N° 21-257 fixe les règles et procédures d'autorisation pour la mise en service des installations et ouvrages d'hydrocarbures en Algérie, en garantissant leur conformité aux normes de sécurité.

### **Contexte de l'étude**

Cette étude a été réalisée au niveau de l'activité LQS et le complexe GNL2. Le système étudié est un bac de stockage de gaz naturel liquéfié en phase d'exploitation.

Dans un premier temps, nous avons étudié le système de gestion de la sécurité des processus PSMS basé sur l'approche de sécurité des processus basée sur les risques RBPS (nouvelle génération). Dans un second temps, nous avons orienté notre étude vers le processus d'analyse de danger PHA, l'un des éléments clés du PSMS. Une procédure de PHA a été proposée pour l'objectif de prévenir les accidents majeurs en identifiant et en évaluant les risques liés aux procédés, tout en renforçant la sécurité et la conformité réglementaire.

La mise en œuvre (application) de cette procédure PHA a été réalisée au niveau de GNL2. Par la suite, trois scénarios d'accidents majeurs ont été identifiés par la méthode d'évaluation des risques HAZOP. Dans le but d'évaluer les effets de ces trois scénarios, nous avons procédé à une simulation par le logiciel PHAST V.8.23.

---

Notre mémoire a été subdivisé en 4 chapitres. Le premier chapitre a été dédié à la présentation du projet PSM au niveau de l'activité LQS et du complexe GNL2.

Le deuxième chapitre a été divisé en deux parties : une première partie a été dédiée au Système de gestion de la sécurité des processus PSMS et une deuxième partie a été consacrée au processus d'analyse de danger PHA.

Dans le chapitre trois, nous avons présenté la procédure PHA proposée et sa mise en œuvre au niveau de GNL2.

Le dernier chapitre présente les résultats de la simulation par le logiciel PHAST.

# **Chapitre I :**

## **Présentation du projet PSM**

# Chapitre I : Présentation du projet PSM

---

## I.1 Présentation du projet PSM [1]

Le **Process Safety Management (PSM)** est un système de gestion visant à identifier, comprendre et maîtriser les risques liés aux procédés industriels pour prévenir les accidents majeurs. Au sein de **SONATRACH**, l'implémentation du PSM est une priorité pour renforcer la sécurité des opérations et protéger les employés, le public et l'environnement.

Le projet PSM chez vise à instaurer un système de gestion robuste pour la sécurité des procédés, garantissant une exploitation sûre et conforme aux réglementations et normes internationales.

## I.2 L'objectif du projet

L'objectif recherché étant d'améliorer les pratiques de management des risques existantes au niveau des complexes de l'activité, par l'adoption et la mise en œuvre des exigences du référentiel "management de la sécurité des procédés PSM de Sonatrach" de la DS – HSE, et ce à travers :  
Le développement des éléments du système PSM conformément aux exigences du référentiel susmentionné, et l'accompagnement des unités de production lors de la mise en pratique du système PSM.

Le projet PSM\_LQS assure l'analyse des écarts, l'élaboration d'un panel de documents organisationnels et techniques, le suivi et coaching des équipes site.

## I.3 Fiche signalétique

Projet

Mise en œuvre du système de mangement de la sécurité des procédés au niveau de l'activité LQS

Le projet entre dans le cadre de la phase déploiement du projet PSM/Direction Centrale HSE, conformément au :

1. Référentiel PSM de sonatrach, référencé PSM\_diag\_rf\_01  
révision 01 du 29 mars 2023;

2. Guide de mise en œuvre du système psm à l'échelle des activités de sonatrach, référencé PSM\_amo\_guide\_01

Rév.0 du 29/03/2023.

# Chapitre I : Présentation du projet PSM

Structure d'appartenance	Direction HSE/LQS								
Date de création du projet	03/08/2023 (décision n°65/LQS référencée LQS-a.818) Trente huit (38) mois à compter de la date d'installation (19/02/2024)								
Phases & jalons	<table><tr><td>1. Planification</td><td>02 mois</td></tr><tr><td>2. Développement du programme</td><td>05 mois</td></tr><tr><td>3. Mise en œuvre du programme</td><td>15 mois</td></tr><tr><td>4. Coaching &amp; accompagnement</td><td>16 mois</td></tr></table>	1. Planification	02 mois	2. Développement du programme	05 mois	3. Mise en œuvre du programme	15 mois	4. Coaching & accompagnement	16 mois
1. Planification	02 mois								
2. Développement du programme	05 mois								
3. Mise en œuvre du programme	15 mois								
4. Coaching & accompagnement	16 mois								
Etendue/périmètre de déploiement	Six (06) complexes GNL& GPL de l'activité LQS								
Pilotage	Comité créé par décision n° 62/LQS référencée LQS-a.817								

**2021** : création d'une direction projet rattachée à la DC-HSE, pour la conception et la mise en œuvre d'un système de management de la sécurité des procédés « PSM » de sonatrach. (décision n°120/dg référencée a-1297 du 08 mars 2021)

**2023** : création du projet pour la mise en œuvre du système de management de la sécurité des procédés PSM au sein de l'activité LQS "PSM\_LQS"  
(décision n°65/LQS référencée LQS.a-818 du 03 août 2023 amendée par la décision 38/LQS du 12/03/2024).

## Finalité



Le projet PSM\_LQS correspond à la deuxième phase du projet corporate PSM\_SONATRACH: "Appropriation et mise en oeuvre" et qui marque la déclinaison du projet corporate au niveau des activités de SONATRACH.

La principale mission du projet PSM\_LQS: instaurer et mettre en oeuvre un système de management de la sécurité des procédés adapté aux spécificités des installations de production de l'activité LQS.

## I.4 Organisation du projet PSM\_LQS

# Chapitre I : Présentation du projet PSM

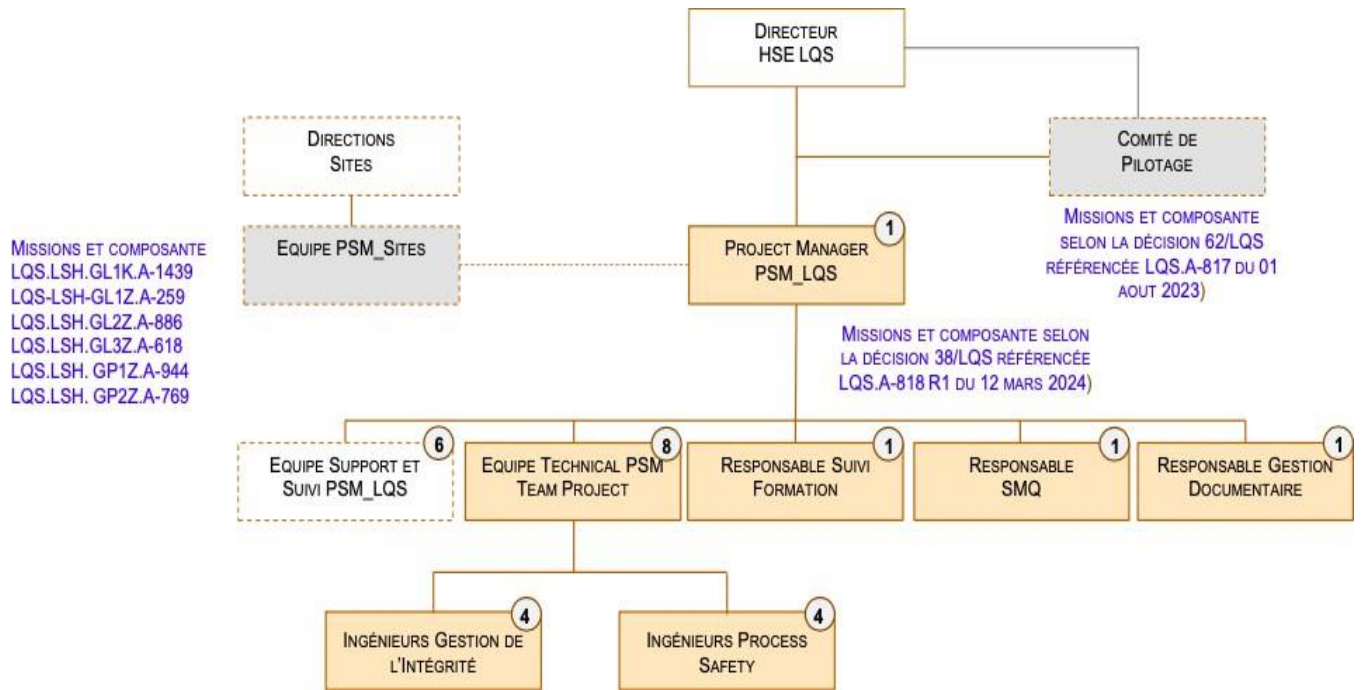


Figure I. 1 : Organisation du projet PSM\_LQS

## I.5 Politique HSE DE SONATRACH

Compte tenu de la nature des activités de SONATRACH caractérisée par un risque process élevé, et à l'instar de toutes les compagnies activant dans l'industrie des hydrocarbures, SONATRACH est appelée à consolider ses pratiques actuelles dans le domaine de la gestion de la sécurité des installations et ouvrages par une démarche proactive lui permettant d'améliorer ses performances en matière de sécurité des procédés et installations. Consciente de cet enjeu, SONATRACH a matérialisé cette approche par une politique signée par Monsieur le Présent Directeur Général de SONATRACH en mars 2021, qui a été déclinée au niveau de toutes les Activités. L'engagement N° 2 de la déclaration générale de la politique HSE de SONATRACH est formalisé en particulier par la décision (N°120 DG) concernant le lancement d'un projet pour la conception et la mise en couvre d'un Système de Management de la Sécurité des Procédés PSM.

# Chapitre I : Présentation du projet PSM



**Assurer** la Sécurité de ses Actifs et veiller à ce que tous les dispositifs de maîtrise des risques soient constamment fonctionnels et efficace. Elle s'engage aussi à améliorer ses programmes d'intégrité des installations et des ouvrages pour prévenir les évènements accidentels.

Figure I. 2 : Déclaration générale de la Politique HSE de SONATRACH [1] (Dans les annexes)

## I.6 Cadre réglementaire algérien régissant la sécurité des installations

- Loi N° 19-13 du 11 décembre 2019 régissant les activités d'hydrocarbures.
- Loi N° 04-20 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.
- Décret Exécutif N°03-451 du 1er décembre 2003. Modifie et complète, définissant les règles de sécurité applicables aux activités portant sur les matières et produits chimiques dangereux ainsi que les réceptifs de gaz sous pression.
- Décret Exécutif N°21-315 fixant les exigences auxquelles doivent répondre la conception, la fabrication, la construction et l'exploitation des canalisations et des installations de stockage des hydrocarbures et des produits pétroliers.
- Décret Exécutif N°21 -257 définissant les modalités et la procédure d'autorisation de mise en produit et de mise sous tension des installations et ouvrages relevant des activités d'hydrocarbures.

## **Chapitre I : Présentation du projet PSM**

---

- Décret Exécutif N°21-319 relatif au régime d'autorisation d'exploitation spécifique aux installations et ouvrages des activités d'hydrocarbures ainsi que les modalités d'approbation des études de risques relatives aux activités de recherche et leur contenu.
- Décret Exécutif N°21 -331 définissant les conditions de mise en conformité des installations et équipements relevant des activités hydrocarbures réalisées antérieurement.
  - Décret Exécutif N°91 -05 du 19 janvier 1991 relatif aux prescriptions générales de protection applicables en matière d'hygiène et de sécurité en milieu de travail.
- Décret Exécutif N°01 -342 relatif aux prescriptions particulières de protection et de sécurité des travailleurs contre les risques électriques au sein des organismes employeurs.
- Décret Exécutif N°1 0-19 modifiant et complétant le décret exécutif N°03-451 définissant les règles de sécurité applicables aux activités portant sur les matières et produits chimiques dangereux ainsi qu'aux récipients de gaz sous pression.
- Décret Exécutif N°97-435 du 17 novembre 1997 portant réglementation du stockage et de la distribution des produits pétroliers.
- Décret Exécutif N°21-261 du 13 juin 2021 portant réglementation des équipements sous pression (ESP) et des équipements électriques destinés à être intégrés aux installations ; relèvent du secteur des hydrocarbures.
- Décret Exécutif N°09-335, fixant les modalités d'élaboration et de mise en œuvre des plans internes d'intervention PII par les exploitants des installations industrielles.
  - Article Interministériel du 25 octobre 2010, fixant le canevas relatif à l'élaboration du plan interne d'intervention PII.
  - Article du 12 novembre 2020 fixant les modalités et les conditions d'agrément et d'habilitation des organismes de vérification et de contrôle des équipements fonctionnant sous pression.

### **I.7 Documents de référence du projet PSM\_LQS**

Les documents de référence du projet PSM\_LQS sont les suivants (voir annexe 1)

- Décision 65/LQS portant création du projet PSM\_LQS
- Décision 62/LQS portant création du comité de pilotage projet PSM\_LQS
- Décision 120/DG portant création d'une direction projet PSM 08/03/2021
- Référentiel PSM du groupe SONATRACH R1 23/10/2023

## Chapitre I : Présentation du projet PSM

---

- Guide de mise en œuvre du système PSM au niveau des activités SH 29/03/2023
- Règlementation Algérienne
- Standard SH/LQS
- Standard INT. & Guidelines CCPS

### I.8 Activité de Stockage et chargement du GNL [2]

Le GNL est stocké à  $-162^{\circ}\text{C}$  dans 3 bacs d'une capacité unitaire de 100 000 m<sup>3</sup> chacun.

Le chargement du produit est assuré au niveau de 2 quais de chargement pouvant recevoir des méthaniers d'une capacité de 40 000 à 140 000 m<sup>3</sup> GNL.

Chaque quai est doté de :

- Quatre bras pour le chargement de GNL
- Un bras pour le retour des vapeurs de GNL (Boil off)
- Un bras pour le soutage et l'azote liquide.
- Trois compresseurs de reprise des vapeurs

# Chapitre I : Présentation du projet PSM

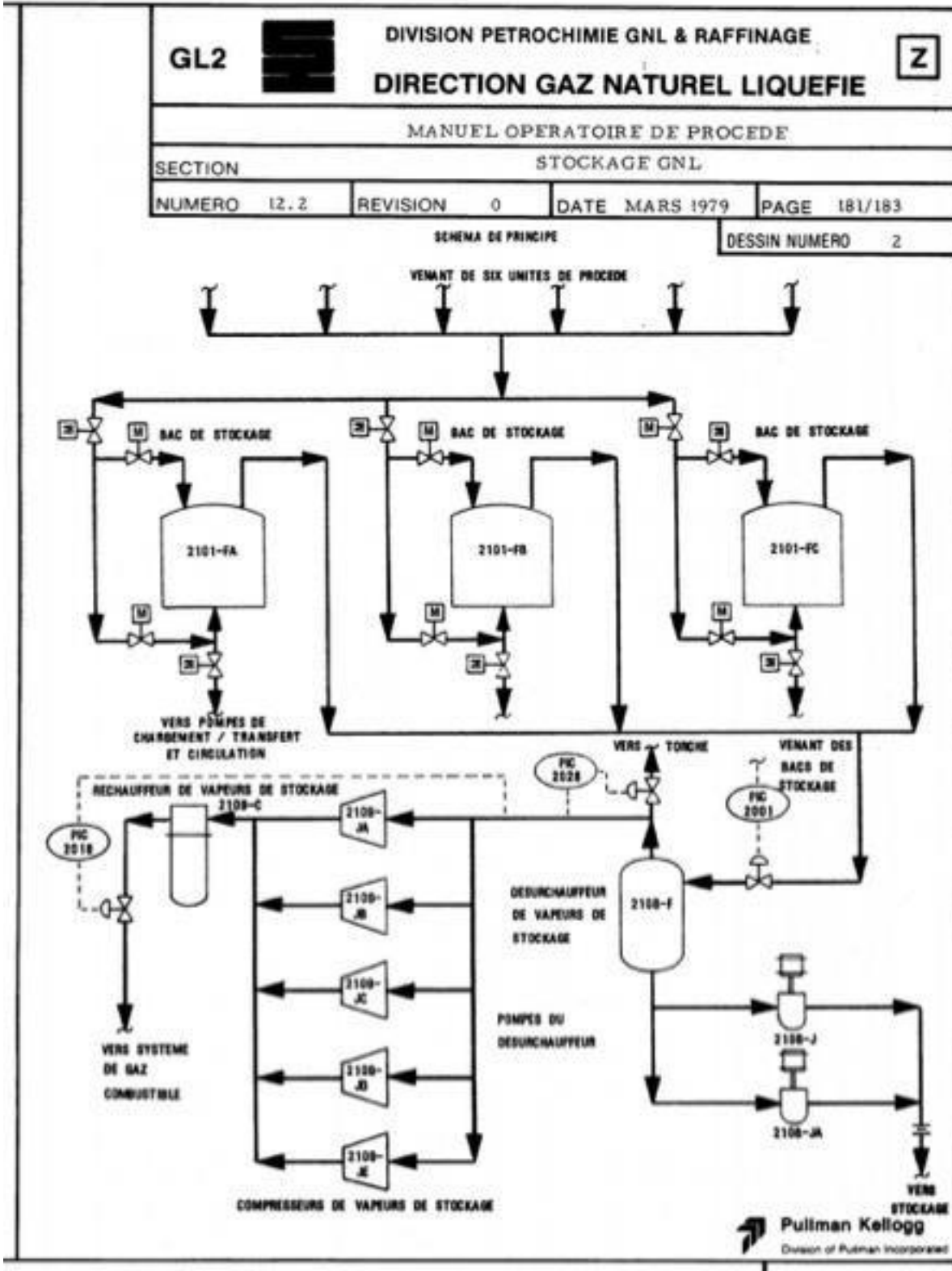


Figure I. 3 : Le plan d'organisation générale [2]

# Chapitre I : Présentation du projet PSM

---

## I.9 Localisation et accès

Le Complexe de liquéfaction de gaz naturel GL2Z est sis sur la commune de Bethioua, dans la zone industrielle d'Arzew, à environ 6 km au Sud -Est de la ville d'Arzew et à 35 km au Nord -Est d'Oran, wilaya d'Oran chef-lieu de la wilaya du même nom sur le golfe d'Oran (l'Oranais), située au Nord-Ouest de l'Algérie.

Les limites du complexe GL2Z sont :

- A l'Ouest par le Complexe GL1Z,
- A l'Est par KAKRAM et le projet GL3Z,
- La mer Méditerranée borde le site au Nord et à l'Est (port gazier El Djedid).
- Au Sud se trouve la route d'accès principale de la Zone Le complexe GL2Z s'étend sur une superficie de 72 hectares. [2]

## **Chapitre II :**

Systeme de gestion de la  
sécurité des processus (Process  
Safety Management system  
PSMS) et analyse des dangers  
des procédés (Process Hazard  
Analysis)

# Chapitre II : Système de la gestion de sécurité des processus et analyse des dangers des procédés

---

## II.1 Process Safety Management System (PSMS)

Au niveau de cette partie, nous présentons une synthèse des différentes définitions et clarifications sur les notions essentielles du PSMS et un aperçu sur l'approche RBPS.

### II.1.1 Terminologie importante

**La gestion de sécurité des processus :** Un système de gestion axé sur la prévention, la préparation, l'atténuation, la réponse et la restauration en cas de rejets catastrophiques de substances chimiques ou d'énergie provenant d'un processus lié à une installation. [3]

**Gestion de la sécurité des process OSHA, 29 CFR 1910.119 (OSHA PSM) :** Cette norme réglementaire exige la mise en œuvre d'un système de gestion à 14 éléments afin d'aider à prévenir ou à atténuer les effets des rejets catastrophiques de produits chimiques ou d'énergie provenant d'un process contenant une quantité seuil de produits chimiques hautement dangereux.[4]

**Gestion de la sécurité des procédés basée sur le risque (RBPS) :** Le **RBPS** est l'approche développée par le **CCPS** (*Center for Chemical Process Safety*) pour la gestion de la sécurité des procédés. Elle repose sur des stratégies et des tactiques d'implémentation fondées sur le risque, adaptées à la demande en matière de sécurité des procédés, aux ressources disponibles et à la culture organisationnelle existante, afin de **concevoir, corriger et améliorer** les activités de gestion de la sécurité des procédés.[5]

- **Cycle de la vie :** Le cycle de vie se compose des étapes par lesquelles un process physique ou un système de gestion passe de la naissance à la mort. Ces étapes comprennent la conception, ingénierie (Design Phase), la construction et installation, la mise en service (start-up), l'exploitation (opération), la modification (MOC), désaffectation (decommissioning).[6]

- **L'installation :** Dans ces lignes directrices, le terme **installation** désigne le **lieu physique** où sont réalisées les activités du système de gestion.[6]

- Aux premières étapes du cycle de vie, une installation peut être **un laboratoire de recherche central** d'une entreprise ou **les bureaux d'ingénierie** d'un fournisseur technologique.

## Chapitre II : Système de la gestion de sécurité des processus et analyse des dangers des procédés

---

- À des stades ultérieurs, il peut s'agir d'une **usine chimique**, d'un **terminal de stockage**, d'un **centre de distribution** ou encore d'un **siège social**.
- **Efficacité** : L'efficacité est la combinaison des performances du système de gestion de la sécurité des processus et de l'efficacité du système de la gestion de la sécurité des processus. Un programme efficace de gestion de la sécurité des process produit des résultats de qualité avec une consommation minimale de ressources.[6]
- **Mesures et indicateurs de performance** : Ces mesures de la performance de la gestion de la sécurité des process comprennent des indicateurs retardés axés sur les résultats (p. Ex. Taux d'incidents) et des indicateurs prédictifs avancés (p. Ex. Taux d'activités de rupture de ligne mal exécutées). Une combinaison d'indicateurs avancés et retardés est généralement nécessaire pour donner une image complète de l'efficacité de la sécurité des process.[6]
- **Amélioration** : L'amélioration consiste à **optimiser la performance et/ou l'efficacité** par rapport à un **point de départ** ou un **objectif à atteindre**.[6]

### II.1.2 La notion de système de management

Un système de management, qui porte sur la qualité, la sécurité ou l'environnement, est une des dimensions du management global de l'entreprise qui assure la conduite efficace des activités et la recherche de performance. Cela induit :

- La définition d'objectifs à atteindre.
- L'identification, la planification et la mise en œuvre des moyens pour atteindre ces objectifs.
- La réalisation des actions de mesure pour vérifier l'atteinte des objectifs.
- Le déclenchement des activités de pilotage pour ajuster et réagir en cas de besoin.

Le système de management repose sur une structure organisationnelle au sein de laquelle sont définies des responsabilités et des pratiques. Il est décrit dans un manuel de management et au travers des procédures et des processus. Chaque système fonctionne avec des valeurs spécifiques en ligne avec celles de l'entreprise. Sa dynamique dépend de l'importance allouée par la direction. La figure ci-dessous explique les différentes composantes d'un système de management.[7]

## Chapitre II : Système de la gestion de sécurité des processus et analyse des dangers des procédés

---

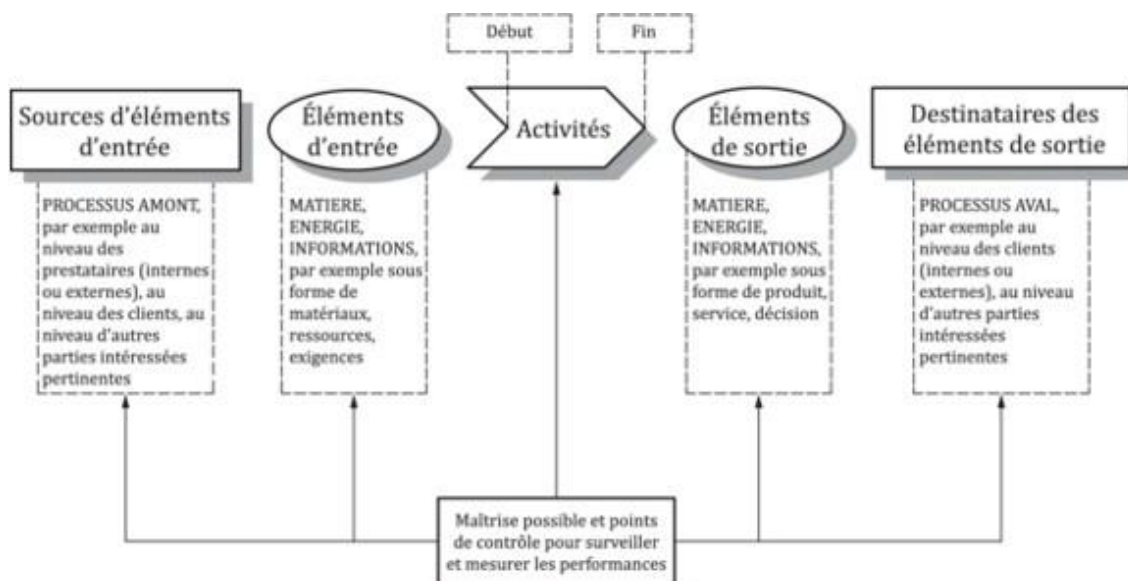


Figure II. 1 : Les composants d'un système de management [5]

### II.1.3 Le modèle PDCA ou Roue Deming Pour les éléments du PSM-RBPS

Une gestion efficace de la sécurité des processus, comme toute gestion efficace de la sécurité, est le produit d'un effort structuré et ciblé qui place la santé et la sécurité des procédés au centre des décisions. Il existe de nombreux modèles différents de systèmes de gestion de la sécurité, mais tous suivent le même cycle Plan-Do-Check-Act (connu sous le nom de « PDCA ») dans le cadre d'un processus d'amélioration continue.[8]

Dans les systèmes de gestion de la sécurité des procédés, la même structure de base est suivie :

- Politique (plan).
- Planification (plan).
- Mise en œuvre et exploitation (do).
- Vérification et action corrective (vérifier).
- Revue de direction (acte).
- Amélioration continue (agir).

## Chapitre II : Système de la gestion de sécurité des processus et analyse des dangers des procédés

---

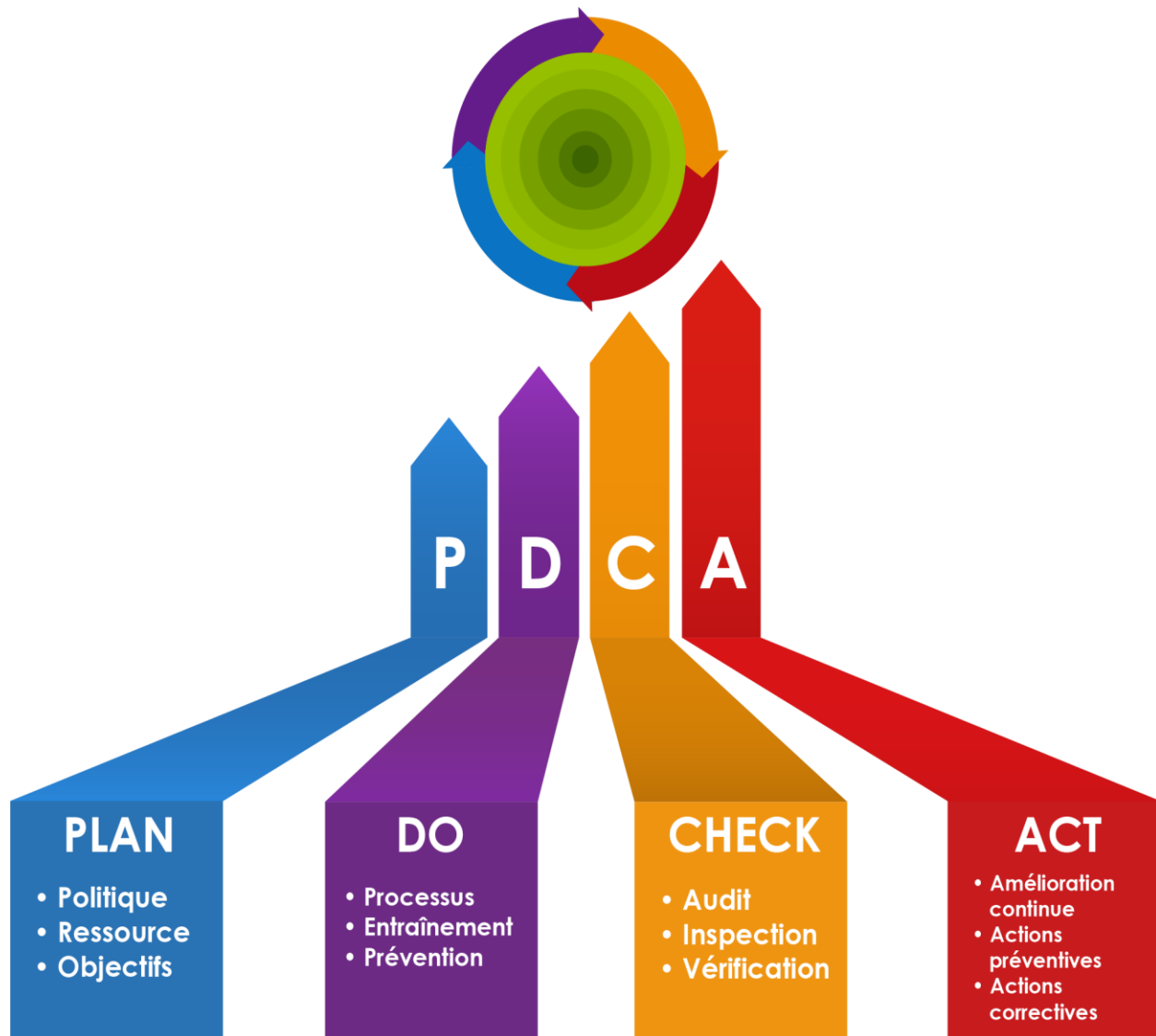


Figure II. 2 : Le modèle PDCA Pour les éléments du PSM-RBPS

### II.1.4 L'apparition de PSM

Le 17 juillet 1990 OSHA publié dans le registre fédéral numéro 55 FR 29 150 -une norme proposée- appelé la gestion de la sécurité des process des produits chimiques hautement dangereux. Cette norme proposée a été adoptée en 1994 et d'autres modifications ont été apportées en 1992, 1996, 2012 et 2013.[4]

### II.1.5 L'importance de la gestion de la sécurité des process dans les organisations

## **Chapitre II : Système de la gestion de sécurité des processus et analyse des dangers des procédés**

---

Après le retour d'expérience des catastrophes majeures qui se sont produites dans le passé comme :

- Bhopal (plus de 2000 morts).
- Flixborough (28 morts).
- Longford (deux morts).
- Macondo (12 décès).

Les organismes comme OSHA, CCPS, IOGP, API, HSE ont constaté que ces accidents auraient pu être évités et vous auriez pu éviter tous ces décès inutiles si seulement des mesures de gestion de la sécurité des processus avaient été appliquées.[4]

### **II.1.6 Objectif de La mise en place d'un Process Safety Management System (PSMS)**

Le but de ces directives RBPS est d'aider les organisations à concevoir et à mettre en œuvre des systèmes de gestion de la sécurité des process plus efficaces. Ces lignes directrices fournissent des méthodes et des idées sur la façon de :[6]

- Concevoir un système de gestion de la sécurité des process.
- Corriger un système de gestion de la sécurité des process défectueux.
- Améliorer les pratiques de gestion de la sécurité des process.

L'approche RBPS reconnaît que tous les dangers et risques d'une exploitation ou d'une installation ne sont pas égaux ; par conséquent, il convient de répartir les ressources de manière à concentrer les efforts sur les dangers et les risques plus élevés. Utiliser les mêmes pratiques de haute intensité pour gérer chaque danger est une utilisation inefficace de ressources rares. Une approche fondée sur les risques réduit la possibilité d'affecter une quantité excessive de ressources à la gestion des activités à faible risque, libérant ainsi des ressources pour des tâches qui concernent des activités à plus haut risque. Cette approche est un changement de paradigme qui profitera à toutes les industries qui fabriquent, consomment ou manipulent des produits chimiques dangereux ou de l'énergie en encourageant les entreprises à :

- Faire évoluer leur approche de la prévention des accidents d'une stratégie de conformité à une stratégie basée sur les risques.

## **Chapitre II : Système de la gestion de sécurité des processus et analyse des dangers des procédés**

---

- Améliorer continuellement l'efficacité du système de gestion.
- Employer la gestion de la sécurité des process pour les process non réglementaires en utilisant des principes de conception basés sur les risques.
- Intégrer l'analyse de rentabilisation de la sécurité des process dans les process d'affaires d'une organisation.
- Concentrez leurs ressources sur des activités à plus haut risque.

### **II.1.7 Risk Based Process Safety (RBPS)**

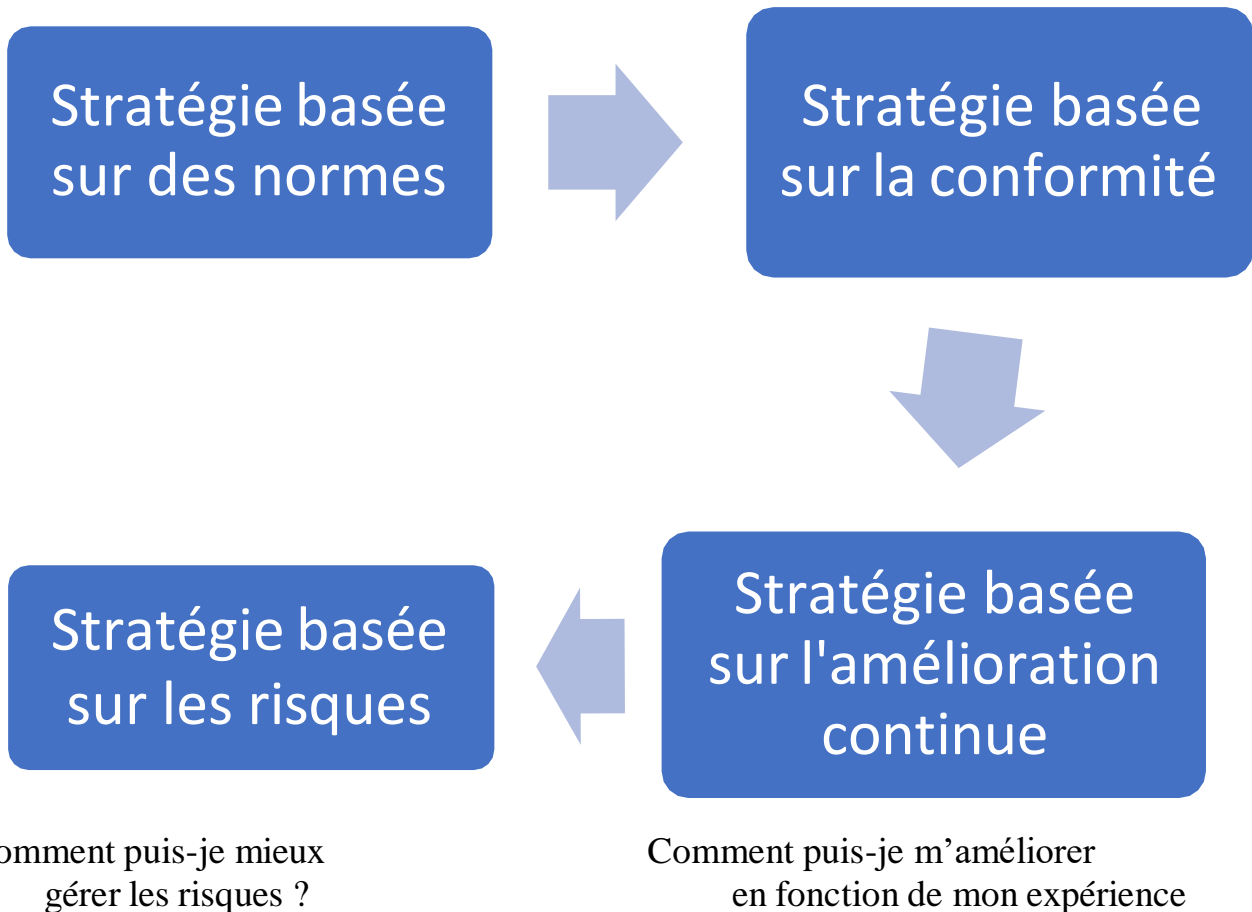
Au fil des années, les industries de transformation ont développé plusieurs approches stratégiques pour la prévention des accidents chimiques et des pertes (Figure 2.3). À tout moment donné, les industries, les entreprises et les installations ne se situent pas toutes au même niveau sur ce spectre. En réalité, différents départements au sein d'une installation, différentes fonctions au sein d'un département, ou encore une même fonction départementale à différents moments, peuvent choisir de mettre en œuvre plusieurs stratégies simultanément.[6]

## Chapitre II : Système de la gestion de sécurité des processus et analyse des dangers des procédés

---

Que devrais-je faire?

Que dois-je faire ?



**Figure II. 3 : Évolution des stratégies de sécurité des process et de prévention des accidents**

### ➤ La Sécurité des process fondée sur les risques RBPS

L'approche de gestion de la sécurité des procédés fondée sur les risques (RBPS) combine conformité réglementaire, leçons tirées de l'expérience et indicateurs avancés pour mieux anticiper et gérer les risques. Elle repose sur une compréhension détaillée des dangers, le suivi d'indicateurs pertinents et des revues de gestion régulières pour identifier les forces, corriger les faiblesses et améliorer la sécurité. Cette approche ne remplace pas les stratégies existantes (normes, conformité,

## Chapitre II : Système de la gestion de sécurité des processus et analyse des dangers des procédés

amélioration continue) mais les complète en proposant une méthode plus efficace pour concevoir, ajuster et optimiser les systèmes de gestion de la sécurité des procédés.

Le PSMS fondé sur les risques est composé de 4 piliers et 20 éléments.[9]

### ➤ Piliers et éléments de RBPS [6]

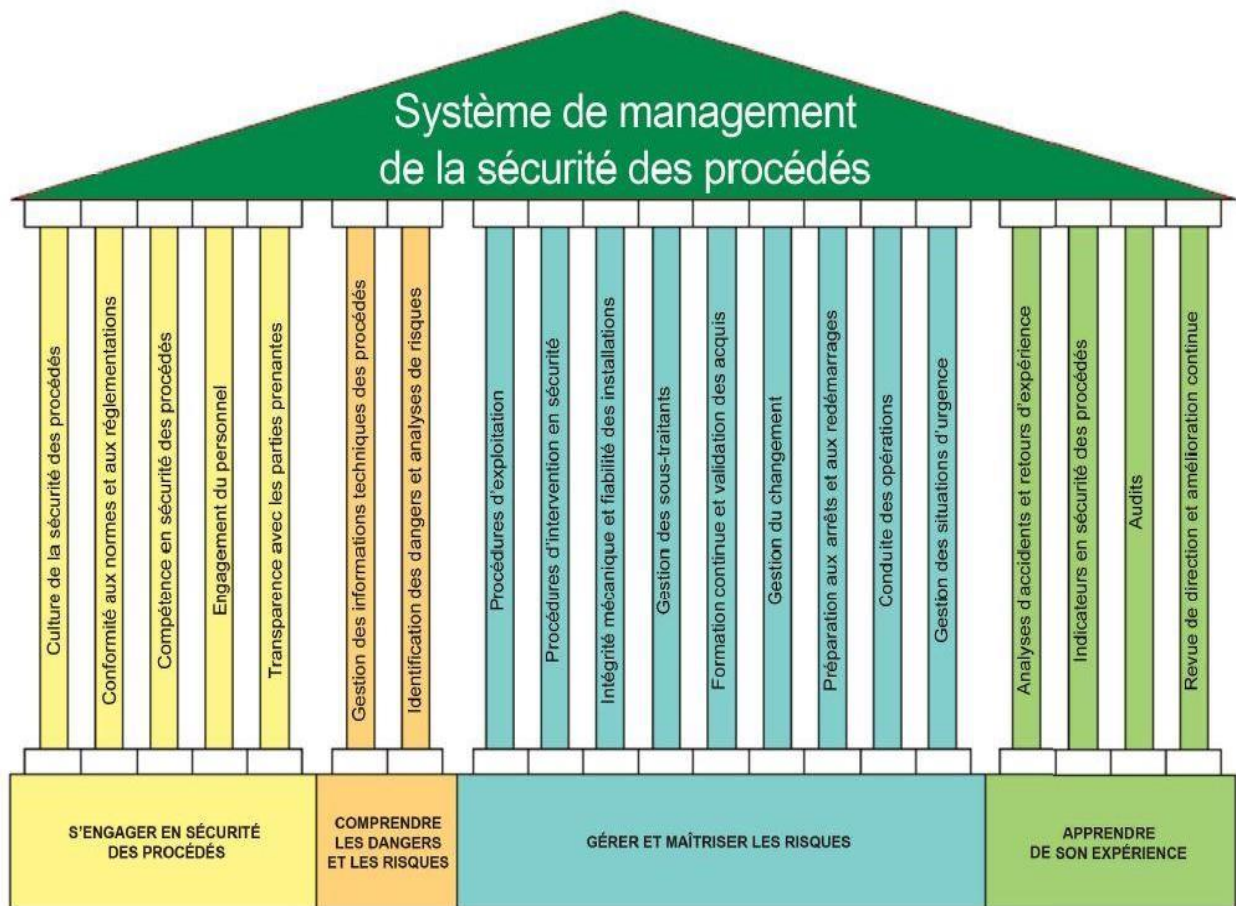


Figure II. 4 : Les piliers de PSM-RBPS

### Pilier 1 : S'engager pour la sécurité des processus

1. Élément 1—Culture de sécurité des processus : Un environnement positif dans lequel les employés à tous les niveaux s'engagent à assurer la sécurité des processus. Cela commence aux plus hauts niveaux de l'organisation et est partagé par tous.

## **Chapitre II : Système de la gestion de sécurité des processus et analyse des dangers des procédés**

---

2. Élément 2—Conformité aux normes : réglementations, normes, codes et autres exigences applicables émis par les gouvernements nationaux, étatiques/provinciaux et locaux ; organismes de normalisation consensuels ; et l'entreprise elle-même. Interprétation et mise en œuvre de ces exigences. Comprend des activités de développement pour les normes d'entreprise, de consensus et gouvernementales.

3. Élément 3 — Compétence en matière de sécurité des process : Compétences et ressources dont l'entreprise doit disposer aux bons endroits pour gérer les risques liés à ses processus. Vérification que l'entreprise dispose collectivement de ces compétences et ressources. Application de ces informations à la planification de la relève et à la gestion du changement organisationnel.

4. Élément 4 — Implication de la main-d'œuvre : Implication large du personnel d'exploitation et de maintenance dans les activités de sécurité des process, pour s'assurer que les leçons apprises par les personnes les plus proches du processus sont prises en compte.

5. Élément 5 — Sensibilisation des parties prenantes : Un processus pour identifier, engager et maintenir de bonnes relations avec les groupes de parties prenantes externes appropriés. Cela inclurait la communauté environnante, les fournisseurs de matières premières, les clients, les agences gouvernementales et les régulateurs, les sociétés professionnelles, les entrepreneurs, etc.

### **Pilier 2 : Comprendre les dangers et les risques**

1. Élément 6—Gestion des connaissances des process : L'assemblage et la gestion de toutes les informations nécessaires à l'exécution des activités de sécurité des process. Vérification de l'exactitude de ces informations. Confirmation que ces informations sont correctes et à jour. Ces informations doivent être facilement accessibles à ceux qui en ont besoin pour effectuer leur travail en toute sécurité.

2. Élément 7—Identification des dangers et analyse des risques : Identification des dangers pour la sécurité des procédés et de leurs conséquences potentielles. Définition des risques posés par ces scénarios de danger. Des recommandations pour réduire ou éliminer les dangers, réduire les conséquences potentielles et réduire la fréquence d'occurrence. L'analyse peut être qualitative ou quantitative, selon le niveau de risque.

### **Pilier 3 : Gérer le risque**

1. Élément 8—Procédures d'exploitation : Instructions écrites pour une opération de fabrication qui décrivent comment l'opération doit être effectuée en toute sécurité, expliquant les conséquences

## Chapitre II : Système de la gestion de sécurité des processus et analyse des dangers des procédés

---

d'un écart par rapport aux procédures, décrivant les principales mesures de protection et traitant des situations spéciales et des urgences.

2. Élément 9—Pratiques de travail sécuritaires : Procédures pour entretenir et réparer en toute sécurité l'équipement, comme les permis de travail, les permis de 24 ruptures de ligne et les permis de travail à chaud. Cela s'applique aux opérations non routinières.

3. Élément 10—Intégrité et fiabilité des actifs : activités visant à garantir que l'équipement important reste adapté à l'usage auquel il est destiné tout au long de son service. Comprend une sélection appropriée des matériaux de construction ; inspection, test et maintenance préventive ; et la conception pour la maintenabilité.

4. Élément 11—Gestion des sous-traitants : pratiques visant à garantir que les travailleurs contractuels peuvent effectuer leur travail en toute sécurité et que les services sous-traités n'ajoutent ni n'augmentent les risques opérationnels de l'installation.

5. Élément 12—Formation et assurance de la performance : instruction pratique sur les exigences et les méthodes de travail et de tâche pour les travailleurs d'exploitation et de maintenance, les superviseurs, les ingénieurs, les dirigeants et les professionnels de la sécurité des process. Vérification que les compétences acquises sont mises en pratique avec compétence.

6. Élément 13—Gestion du changement : processus d'examen et d'autorisation des modifications proposées à la conception, aux opérations, à l'organisation ou aux activités de l'installation avant de les mettre en œuvre, et de s'assurer que les informations sur la sécurité des process sont mises à jour en conséquence.

7. Élément 14 — Préparation opérationnelle : Évaluation du processus avant le démarrage ou le redémarrage pour s'assurer que le processus peut être démarré en toute sécurité. S'applique au redémarrage des installations après leur arrêt ou leur inactivité ainsi qu'après les changements de processus et la maintenance. S'applique également au démarrage de nouvelles installations.

8. Élément 15 — Conduite des opérations : Moyens par lesquels les tâches de gestion et d'exploitation requises pour la sécurité des process sont exécutées de manière délibérée, fidèle et structurée. Les gestionnaires s'assurent que les travailleurs effectuent les tâches requises et empêchent les écarts par rapport aux performances attendues.

9. Élément 16—Gestion des urgences : plans pour les urgences possibles qui définissent les actions en cas d'urgence ; les ressources pour exécuter ces actions ; exercices d'entraînement ; amélioration

## Chapitre II : Système de la gestion de sécurité des processus et analyse des dangers des procédés

---

continue ; former ou informer les employés, les entrepreneurs, les voisins et les autorités locales ; et les communications avec les parties prenantes en cas d'incident.

### **Pilier 4 : Apprendre de l'expérience**

1. Élément 17—Enquête sur les incidents : processus de signalement, de suivi et d'enquête sur les incidents et les quasi-incidents pour identifier les causes profondes ; prendre des mesures correctives ; évaluer les tendances des incidents ; et communiquer les leçons apprises.

2. Élément 18—Mesure et métriques : indicateurs avancés et retardés de la performance en matière de sécurité des process, y compris les taux d'incidents, ainsi que des métriques qui montrent à quel point les éléments clés de la sécurité des process sont exécutés.

3. Élément 19—Audit : Examen critique périodique de la performance du système de gestion de la sécurité des process par des auditeurs non affectés au site pour identifier les écarts de performance et identifier les opportunités d'amélioration, et suivre la résolution de ces écarts jusqu'à leur achèvement.

4. Élément 20—Revue de gestion et amélioration continue : La pratique des responsables à tous les niveaux de définir des attentes et des objectifs de sécurité des process avec leur personnel et d'examiner les performances et les progrès vers ces objectifs peut être facilité par le responsable de la sécurité des processus, mais appartient au supérieur hiérarchique.

### ➤ **L'importance de RBPS [9]**

- Problèmes importants à résoudre dans un système PSM
- Les difficultés de fixation des objets et détermination de la portée des engagements ;
- Rôles et responsabilités du personnel ;
- Les problèmes de détermination des Tâches ;
- Les problèmes liés à la détermination les informations d'entrée nécessaires ;
  - Résultats attendus flou ;
- Qualifications et formation du personnel
- Déclencheurs d'activité, calendrier souhaité et délais
- Les problèmes de gestion des Ressources et outils nécessaires
- Métriques (la fiabilité des données des calculs)
- Un bon guide pour l'amélioration continue

## Chapitre II : Système de la gestion de sécurité des processus et analyse des dangers des procédés

---

- Audit

- Le cas du business pour la sécurité des process

Alors que la sécurité des process est devenue de plus en plus courante dans les entreprises et les sites au cours des années 1990, les professionnels de la sécurité des process ont constaté qu'on leur posait souvent - et se posait - une question : quel est l'avantage commercial pour la sécurité des process ?

La réponse la plus simple à cette question vient des coûts d'un manque de gestion appropriée de la sécurité des process, c'est-à-dire des événements de sécurité des process. Les 100 plus grandes pertes (1974-2013) ont estimé le coût total des dommages matériels au cours de cette période à 34 milliards de dollars. Ces accidents «se produisent généralement en raison de la défaillance d'un certain nombre de systèmes ou de barrières au sein des systèmes de gestion de la sécurité des process. » Le chiffre de 34 milliards de dollars concerne uniquement les dommages matériels. Il ignore les décès qui en résultent et les coûts supplémentaires pour les entreprises et la société à la suite de l'incident ; par exemple :

- Bhopal (plus de 2000 morts et 400 millions de dollars) ;
- Flixborough (28 morts);
- Buncefield (1 milliard de livres sterling);
- Longford (deux morts et 1,3 milliard de dollars) ; • Macondo (12 décès et plus de 30 milliards de dollars) ;

Afin de répondre à cette question et de montrer les avantages commerciaux d'un programme PSM solide, le CCPS a commandé une étude et développé une brochure initiale sur « The Business Case for Process Safety » en 2006, qui a ensuite été mise à jour et révisée en 2010. En outre, le projet 245 « Business Case for Process Safety and Sustainability » a l'intention de mettre à jour le matériel original avec des exemples actuels et de l'élargir pour inclure le concept de durabilité.

L'étude a identifié deux avantages qualitatifs et deux avantages quantitatifs pour la sécurité des process :

- **Avantages qualitatifs :**

- Responsabilité d'entreprise : la sécurité des process protège l'image, la réputation et la marque d'une entreprise.

## Chapitre II : Système de la gestion de sécurité des processus et analyse des dangers des procédés

---

-Flexibilité commerciale : la sécurité des process préserve la licence d'exploitation d'une entreprise et lui donne des options commerciales accrues.

- **Avantages quantitatifs :**

-Réduction des risques : la sécurité des process prévient les blessures et évite les pertes importantes et les dommages environnementaux.

-Valeur durable : la sécurité des process contribue à accroître la productivité et à produire des produits de haute qualité, à temps et à moindre coût, ce qui contribue à la valeur pour les actionnaires.

En termes d'avantages réels et mesurables, les entreprises qui ont participé à cette étude ont fait état d'importants avantages en termes de coûts directs allant jusqu'à :

- 5% d'augmentation de la productivité ;
- 3% de réduction des coûts de production ;
- 5% de réduction des coûts de maintenance ;
- 1% de réduction du budget d'investissement ;
- 20% de réduction des frais d'assurance ;

### II.2 Process Hazard Analysis PHA [10]

L'analyse des dangers des procédés est une méthode structurée visant à identifier les dangers liés aux procédés industriels et à évaluer les risques pour prévenir les accidents majeurs. La figure suivante présente sa définition et ses objectifs, ses étapes clés et ses principales activités.

## Chapitre II : Système de la gestion de sécurité des processus et analyse des dangers des procédés

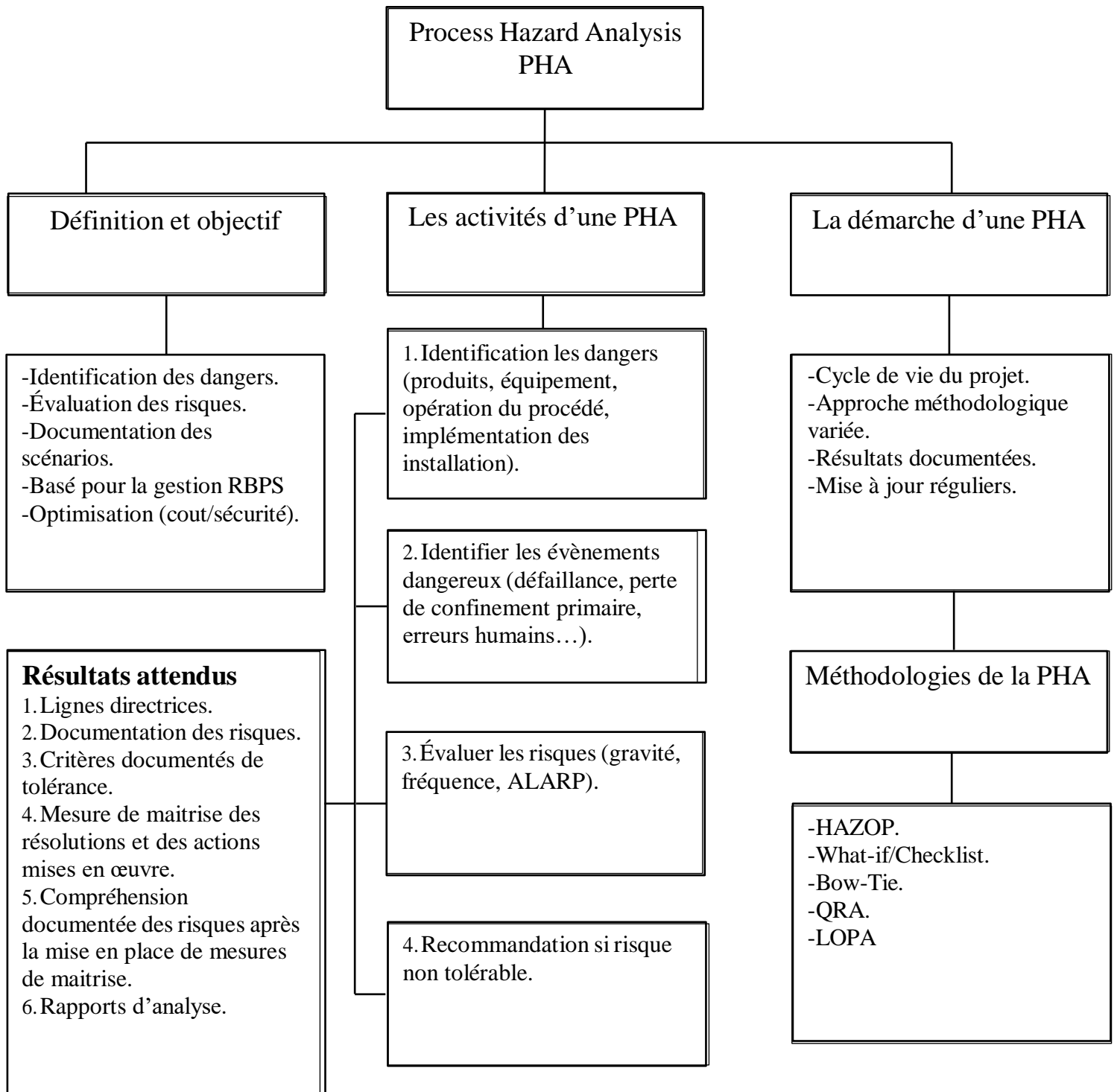


Figure II. 5 : le logigramme de la PHA [10]

### II.2.1 Méthode HAZOP dans le cadre de la PHA

## Chapitre II : Système de la gestion de sécurité des processus et analyse des dangers des procédés

---

### ➤ Définition de la méthode HAZOP

La méthode **HAZOP** (Hazard and Operability Study), ou étude des dangers et de l'opérabilité, est une **méthode qualitative et systématique d'analyse des risques** qui fait partie intégrante des techniques utilisées dans l'Analyse des Dangers des Procédés PHA. Elle consiste à examiner de manière détaillée un procédé ou une installation pour identifier les écarts possibles par rapport au fonctionnement prévu, susceptibles de causer des **situations dangereuses** ou de perturber l'opérabilité du système.

### ➤ Principe d'utilisation

La méthode HAZOP repose sur l'analyse des déviations à partir des **paramètres de fonctionnement normaux** (tels que débit, température, pression, niveau, concentration, etc.) en utilisant une série de **mots-clés** (par exemple : plus, moins, pas, partiellement, inversé, etc.).

Elle se déroule en plusieurs étapes :

1. **Découpage du procédé** en sections appelées *nœuds d'étude* (chaque nœud correspond à une partie identifiable du procédé, souvent entre deux équipements).
2. **Application des mots-clés** à chaque paramètre du nœud pour identifier les déviations possibles.
3. **Analyse des causes** de ces déviations (erreur humaine, défaillance matérielle, événement externe...).
4. **Évaluation des conséquences** potentielles (sécurité, environnement, production...).
5. **Identification des mesures existantes** de sécurité ou de protection.
6. **Formulation de recommandations** pour réduire les risques ou améliorer l'opérabilité.

### ➤ Avantages de la méthode HAZOP

- **Très structurée** : facilite une analyse complète, rigoureuse et reproductible.
- **Approche en équipe** : favorise la collaboration entre disciplines (opérateurs, ingénieurs, maintenance...).

## Chapitre II : Système de la gestion de sécurité des processus et analyse des dangers des procédés

---

- **Bonne capacité à identifier les défaillances potentielles** qui ne sont pas toujours évidentes.
- **Adaptée à toutes les phases** d'un projet : conception, modification, exploitation.
- **Compatible avec d'autres outils de la PHA**, et fortement recommandée par les standards internationaux et la réglementation.

### ➤ **Limites de la méthode HAZOP**

- **Consommation de temps et de ressources** importante, surtout pour les procédés complexes.
- **Dépend fortement de la compétence et de l'expérience de l'équipe** : les résultats peuvent varier selon la rigueur de l'animation.
- **Pas de quantification des risques** : elle reste une méthode qualitative, nécessitant parfois d'être complétée par des outils quantitatifs (QRA, LOPA...).
- **Moins efficace pour les événements globaux ou systémiques** : elle est mieux adaptée aux défaillances localisées.

# **Chapitre III :**

## **Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre**

# **Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre**

---

## **Introduction**

Dans ce chapitre, nous allons citer tout d'abord la problématique de l'application du PHA chez SONATRACH, par la suite nous allons proposer une procédure de management des activités du PHA au niveau de SONATRAC LQS dans lequel nous citons le programme de procédure suivie par un cas pratique basé sur cette procédure (la mise en œuvre).

### **III.1 Problématique de l'application du PHA chez SONATRACH**

L'absence d'un cadre organisationnel clair pour la mise en œuvre du Process Hazard Analysis (PHA) au sein de SONATRACH soulève des préoccupations majeures en matière de gestion des risques industriels. Le flou autour des responsabilités, du moment d'exécution, des méthodes à appliquer et de la fréquence des analyses engendre des lacunes dans l'identification, l'évaluation et la maîtrise des dangers liés aux procédés. Ce déficit structurel fragilise la conformité réglementaire, retarde la détection des scénarios critiques, et limite l'efficacité des mesures de prévention. La mise en place d'un système formel, structuré et piloté par des compétences qualifiées s'impose comme une priorité pour renforcer la sécurité des installations et assurer une gestion proactive des risques.

### **III.2 Programme de la Procédure proposée (Sommaire) [10]**

- Glossaire
- Abréviation
- ANNEXE 01 : Description de la procédure
  - Préambule : le contexte de procédure
  - Les références
  - Objectif
  - Rôle et Responsabilité
  - Le champ d'application
  - Exigences générales applicable
  - Description des processus
- ANNEXE 02 : Logigramme de la procédure (Work-Flow)

## Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre

---

- ANNEXE 03 : matrice de responsabilité (RACI)

### III.2.1 Glossaire

**PHA** : est un effort structuré visant à identifier et évaluer les dangers associés aux processus et aux opérations afin de permettre leur maîtrise. En général, l'analyse repose sur des techniques qualitatives pour identifier et évaluer la gravité des dangers. Les examinateurs jugent les risques et formulent des recommandations appropriées. Parfois, des méthodes quantitatives sont utilisées pour aider à prioriser la réduction des risques.

**Système de la gestion de la sécurité des processus PSMS** : Un système de gestion axé sur la prévention, la préparation, l'atténuation, la réponse et la restauration en cas de rejets catastrophiques de produits chimiques ou d'énergie provenant d'un processus associé à une installation.

**Danger** : Une caractéristique physique ou chimique intrinsèque pouvant causer des dommages aux personnes, aux biens ou à l'environnement.

**Risque** : La combinaison de trois attributs : Qu'est-ce qui peut mal tourner ? Quelle pourrait être la gravité ? et À quelle fréquence cela pourrait-il se produire ?

**Indicateurs de performance KPIs** : sont des mesures quantitatives utilisées pour évaluer l'efficacité et la performance d'un processus ou d'un système.

**Spécifications Techniques** : Une spécification technique est un document qui prescrit les exigences techniques auxquelles un produit, un procédé ou un service doit satisfaire, en termes de performance, de qualité, de sécurité et de conformité aux normes applicables.

**Système bureau spécialiste** : Un **système bureau spécialiste** désigne une cellule ou unité spécialisée, composée d'experts techniques, chargée de définir, d'évaluer et de superviser les aspects spécifiques d'un domaine donné (procédés, sécurité, instrumentation, etc.). Ce bureau agit comme **réfèrent technique** et garantit l'application uniforme des normes, des spécifications techniques et des bonnes pratiques dans l'entreprise.

## **Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre**

---

**Acceptabilité des risques** : L'acceptabilité des risques désigne le niveau de risque jugé tolérable par une organisation ou une société, en fonction de critères techniques, économiques, réglementaires et sociaux. Un risque est dit acceptable lorsque les bénéfices liés à l'activité justifient son maintien, et que des mesures de maîtrise appropriées sont mises en place pour le réduire à un niveau aussi bas que raisonnablement possible (principe ALARP : As Low As Reasonably Practicable).

### **III.2.2 Abréviations**

- **PHA** : Process Hazard Analysis
- **PSMS** : Process Safety Management System
- **LOPA** : Analyse des Couches de Protection
- **ALARP** : As low As Reasonably Practicable
- **RBPS** : Risk Based Process Safety
- **EDD** : Études De Danger
- **ARH** : Autorité de Régulation des Hydrocarbures
- **COW** : Control Of Work
- **MOC** : Management Of Change
- **PSSR** : Pre-Start-up Safety Review
- **CCPS** : Center of Chemical Process Safety
- **KPIs** : Key Performance indicators
- **HAZOP** : Hazard Operability
- **COW** : Control Of Work
- **SCE** : Safety Critical Equipement
- **ARH** : Autorité de Régulation des Hydrocarbures
- **FEED** : Front-End Engineering Design

### **III.2.3 ANNEXE 01 : Description de la procédure**

- **Pré en bulle**

## **Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre**

---

### **❖ Les interactions du PHA avec l'ensemble des éléments du PSMS :**

L'Analyse des Risques de Procédé (PHA) est un élément central du Système de Gestion de la Sécurité des Procédés (PSMS) tel que défini par le Center for Chemical Process Safety (CCPS). Elle interagit étroitement avec les 20 éléments du PSMS pour assurer une gestion globale et efficace des risques industriels. Voici comment le PHA s'intègre avec chacun de ces éléments :

#### **1. Culture de la sécurité des procédés**

Le PHA favorise une culture de sécurité en identifiant et en sensibilisant l'organisation à la nécessité de les gérer. Il renforce la prise de décision basée sur les dangers identifiés.

#### **2. Conformité réglementaire et normative**

**Permet de répondre aux exigences réglementaires et ses analyses garantissant que les procédés respectant les réglementations et normes en identifiant les dangers, les risques et les mesures de réduction des risques.**

#### **3. Compétence en PSM**

Les PHA nécessitent des équipes qualifiées et bien formées pour analyser les dangers correctement et proposer des mesures de réduction des risques adaptées.

#### **4. Engagement et implication du personnel**

Le PHA encourage l'implication du personnel dans l'identification des dangers, renforçant ainsi leur implication dans la gestion de la sécurité des procédés.

#### **5. Transparence avec les parties prenantes**

Les résultats du PHA peuvent être communiqués aux parties prenantes (autorités, communautés locales) pour assurer une transparence sur la gestion des risques et les mesures de contrôle mises en place.

#### **6. Management des informations techniques**

Le PHA nécessite des documentations techniques complètes sur les équipements (P&ID), les substances chimiques (fiches de sécurité) et les conditions d'exploitation pour identifier les dangers des procédés. Il contribue à la mise à jour des dossiers techniques du site.

#### **7. Identification des dangers et évaluation des risques**

## **Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre**

---

C'est la fonction principale du PHA. Il permet d'identifier les scénarios de dangers, d'évaluer leurs conséquences et d'orienter la mise en place des mesures de prévention et de protection à travers des méthodologies comme HAZOP, What-If, FMEA, LOPA, Bow-Tie, etc.

### **8. Procédures opératoires**

Le PHA permet de détecter les scénarios où des erreurs humaines ou des procédures inadéquates peuvent entraîner des accidents, et recommande des améliorations.

### **9. Procédures de sécurité lors des travaux (permis de travail, espaces confinés, ATEX, etc.)**

Le PHA est un outil de gestion des risques également ORA (Operational Risk Assessment). Il évalue les risques liés aux travaux critiques ou non routiniers qui nécessitent des procédures de sécurité strictes, comme les opérations à chaud ou les interventions en espace confiné.

### **10. Intégrité et fiabilité des équipements**

Les PHA évaluent les risques liés aux défaillances d'équipements, orientent les stratégies de maintenance préventive et prédictive, **identifient les équipements ou éléments critiques pour la sécurité, et contribuent à leur classification par degrés de criticité**

### **11. Management des entreprises extérieures**

Les conclusions du PHA peuvent inclure des recommandations sur la sélection, la formation et la supervision des sous-traitants afin d'assurer leur conformité aux exigences de sécurité.

### **12. Formation et assurance de la performance**

Les résultats du PHA sont intégrés aux besoins en informations des opérateurs pour améliorer leur compréhension des risques et leur réactivité en cas de situation dangereuse.

### **13. Management des changements MOC**

Toute modification d'un procédé ou d'un équipement doit être évaluée à travers un PHA pour en identifier les risques et garantir qu'aucun danger nouveau n'est introduit.

### **14. Préparation aux démarrages PSSR**

Avant tout démarrage d'un procédé ou après une modification majeure, un PHA est réalisé pour identifier et s'assurer que tous les risques spécifiques ont été identifiés, contrôlés et liés à la mise en service. Une revue PSSR peut avoir recommandation la conduit de PHA afin de pouvoir statuer sur un potentiel démarrage des installations

### **15. Conduite des opérations**

## Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre

---

Les recommandations du PHA peuvent impacter les instructions d'exploitation et les décisions opérationnelles pour améliorer la sécurité.

### 16. Management des urgences et des crises

Les PHA aident à définir les scénarios d'accidents majeurs et orientent la mise en place de plans d'intervention des urgences pour réduire l'impact potentiel des incidents.

### 17. Investigation des incidents

L'analyse des incidents permet de vérifier si les dangers identifiés dans le PHA étaient bien pris en compte et si des mises à jour du PHA sont nécessaires.

### 18. KPIs (indicateurs de performance en sécurité des procédés)

Les recommandations du PHA aident à définir des indicateurs de performance liés à la gestion des risques et au suivi de l'implémentation des actions correctives.

### 19. Audit PSM

Les audits PSM évaluent l'efficacité du PHA et la mise en œuvre des mesures de contrôle recommandées.

- **Le PHA est un élément clé audité pour vérifier la conformité et l'efficacité des analyses de risques.**

### 20. Revue de la direction

Les conclusions du PHA et l'état de mise en œuvre des recommandations peuvent être présentés lors des revues de direction pour soutenir la prise de décision stratégique en sécurité des procédés.

- **Les références**

- **Project Management Institute (PMI)**

**Le guide du PMBOK (Project Management Body of Knowledge) publié par le PMI inclut la matrice RACI comme outil d'attribution des responsabilités dans la gestion de projet.**

**PMBOK® Guide – Seventh Edition**

<https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok>

- **APM (Association for Project Management)**

**L'APM explique également en détail la méthode RACI dans son glossaire de gestion de projet.**

## Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre

---

<https://www.apm.org.uk/resources/glossary/raci/>

- AXELOS – ITIL Foundation

Un guide illustré sur comment créer et utiliser des matrices RACI.

<https://www.axelos.com/itil>

- IEC 61882:2016 - Hazard and Operability Studies (HAZOP Studies) - Application Guide

<https://webstore.iec.ch/publication/24700>

- Analyse des risques liés aux procédés (PHA)/HAZOP/LOPA – BakerRisk  
<https://www.bakerrisk.com/fr/services/process-hazard-analysis-pha-hazop-lopa/>
- Le **Décret exécutif n° 21-257 du 13 juin 2021** fixe les règles et procédures d'autorisation

pour la mise en service des installations et ouvrages d'hydrocarbures en Algérie, en garantissant leur conformité aux normes de sécurité.

<https://www.arh.gov.dz/421/decret-executif-n0-21-257>

- OSHA 29 CFR 1910.119 – Process Safety Management (PSM) Requirements
  - API RP 750 – Management of Process Hazards
  - Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals – 29 CFR 1910.119, 1992.
    - Définit les exigences légales pour le PHA dans les installations industrielles aux États-Unis, notamment la fréquence (tous les 5 ans) et la nécessité d'une documentation complète.
  - ISO 45001:2018 - Occupational Health and Safety Management Systems.
  - Document E048M R2- Document interne SONATRACH
- Objectif

L'analyse des dangers des processus est une approche rigoureuse, ordonnée et systématique permettant d'identifier, d'évaluer et de contrôler les dangers des processus impliquant des substances chimiques dangereuses afin de prévenir les incidents imprévus tels que les explosions, les fuites toxiques et les incendies, en mettant en place des mesures de sécurité appropriées.

## Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre

---

Elle vise également à déterminer les points de défaillance, les méthodes d'exploitation et d'autres facteurs pouvant potentiellement conduire à des accidents.

### - Tâches Critiques dans une PHA

Les étapes essentielles pour mener à bien une PHA comprennent :

1. **Constitution de l'équipe PHA** : Rassembler une équipe multidisciplinaire compétente pour assurer une analyse complète et diversifiée.
2. **Collecte des informations** : Rassembler toutes les données pertinentes, y compris les schémas de procédé (P&ID), les descriptions de processus, les fiches de données de sécurité (FDS) et les rapports d'incidents antérieurs.
3. **Sélection de la méthode d'analyse** : Choisir la technique d'analyse appropriée, telle que HAZOP (Hazard and Operability Study), What-If, ou FMEA (Failure Modes and Effects Analysis), en fonction de la complexité du procédé et des objectifs de l'analyse.
4. **Identification des dangers** : Examiner systématiquement chaque étape du procédé pour identifier les déviations potentielles et les dangers associés.
5. **Évaluation des risques** : Analyser les conséquences potentielles des dangers identifiés, leur probabilité d'occurrence et l'efficacité des mesures de contrôle existantes.
6. **Estimation du risque** : c'est par rapport aux critères d'acceptabilité de l'entreprise ALARP, afin de statuer sur une potentielle nécessité de rajouter ou de réévaluer des barrières en places.
7. **Développement de recommandations** : Proposer des actions correctives ou préventives pour atténuer les risques identifiés, telles que des modifications procédurales, des améliorations techniques ou des formations supplémentaires.
8. **Documentation et suivi** : Enregistrer toutes les conclusions, recommandations et actions à entreprendre, et assurer un suivi pour vérifier la mise en œuvre effective des mesures recommandées.

## Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre

---

### ○ Rôles et Responsabilités dans une PHA

La mise en œuvre d'une *Process Hazard Analysis* (PHA), ou analyse des risques procédés, repose sur la mobilisation coordonnée de différentes structures au sein de l'organisation industrielle. Cette démarche vise à identifier, évaluer et maîtriser les dangers inhérents aux procédés techniques, et repose sur une collaboration interdisciplinaire intégrant des compétences techniques, opérationnelles et HSE. Chaque entité organisationnelle intervient selon ses missions spécifiques afin d'assurer la qualité, la rigueur et l'efficacité des analyses réalisées.

#### ➤ Responsabilité de la Direction du Complexe

La **direction du complexe** assure la responsabilité globale du processus PHA. Elle veille à ce que cette démarche soit pleinement intégrée dans la politique globale de gestion des risques de l'entreprise. Cette structure est responsable de l'application des exigences internes et réglementaires, de la mobilisation des ressources humaines et techniques nécessaires, ainsi que du suivi de l'implémentation des mesures correctives ou préventives issues des recommandations. Elle joue également un rôle dans l'exploitation des résultats PHA pour orienter les décisions stratégiques en matière de sécurité des installations.

#### ➤ Responsabilité de la Sous-Direction Technique

La **sous-direction technique** a pour mission de superviser l'organisation et la coordination technique des études PHA. Elle planifie les travaux, définit la composition des équipes d'analyse, et assure la disponibilité des données techniques de référence (schémas de procédé, dossiers d'ingénierie, historiques de fonctionnement, etc.). Elle veille également à la conformité méthodologique des analyses, tout en s'assurant de la faisabilité technique et de la prise en compte des recommandations dans les projets futurs.

#### ➤ Responsabilité de la Sous-Direction Exploitation

La **sous-direction exploitation**, de son côté, apporte une connaissance approfondie du fonctionnement quotidien des installations. Elle participe à la priorisation des unités à analyser en fonction de leur criticité et du niveau de risque. Elle mobilise les opérateurs pour partager les retours d'expérience opérationnels, évaluer la pertinence des mesures proposées, et contribuer à l'implémentation des actions issues de l'étude.

## Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre

---

### - Structures Techniques

Les **structures techniques** telles que l'ingénierie procédés, l'instrumentation ou encore l'inspection des équipements interviennent en tant qu'experts métiers. Elles fournissent les données techniques essentielles au bon déroulement des analyses et participent activement à la définition des scénarios de défaillance. Leur rôle est également de valider la pertinence et la faisabilité des mesures de prévention ou de protection recommandées.

### - Structures HSE

Les **structures HSE** jouent un rôle transversal dans le processus. Elles s'assurent que les méthodes utilisées (par exemple HAZOP ou LOPA) sont conformes aux standards nationaux et internationaux applicables. Elles évaluent les impacts potentiels sur la sécurité, la santé et l'environnement, et accompagnent le suivi de la mise en œuvre des recommandations retenues. Ces structures garantissent également la traçabilité des décisions et l'archivage des études.

### - Structures PROD, MNT, ISP

Les structures d'exploitation, de maintenance et d'inspection constituent également des acteurs incontournables. Les équipes de production partagent leur expertise sur le fonctionnement réel des installations, les conditions opératoires atypiques, ou les défaillances observées. Les équipes de maintenance apportent un regard critique sur la maintenabilité des dispositifs proposés et évaluent les implications sur les plannings d'intervention. Quant aux spécialistes de l'inspection, ils contribuent à l'analyse des modes de dégradation des équipements et à l'optimisation des plans d'inspection réglementaire ou préventive.

### ➤ Responsabilité de l'équipe PHA

La **responsabilité de l'équipe PHA** réside dans la réalisation effective de l'étude. Cette équipe est composée de représentants des structures précédemment citées, sous la coordination d'un animateur PHA qualifié (souvent appelé *PHA Leader*), accompagné d'un scribe chargé de consigner les échanges. Cette équipe multidisciplinaire est chargée d'identifier de manière exhaustive les scénarios de risque, d'analyser les causes et conséquences potentielles, et de formuler des recommandations concrètes visant à réduire ou maîtriser ces risques. Chaque membre de l'équipe est tenu de contribuer activement à l'étude, en mettant à profit son expertise et en participant de manière constructive aux échanges.

# Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre

---

- **Champ d'Application (Scope) du Process Hazard Analysis (PHA)**

L'Analyse des Dangers des Procédés (PHA - Process Hazard Analysis) est une évaluation systématique des risques liés aux procédés industriels manipulant des substances dangereuses. Son champ d'application couvre toutes installations afin de garantir la sécurité des opérations.

1) **Scope Temporel :**

Le PHA doit être réalisé à plusieurs étapes clés du **cycle de vie** d'une installation industrielle :

1. **Conception**

- Étude de faisabilité des projets
- Recherche les développements des projets

2. **Ingénierie (Design Phase) :**

- Études préliminaires (FEED - Front-End Engineering Design)
- Sélection des technologies et choix des équipements
- Évaluation des scénarios d'accidents majeurs

3. **Construction et installation**

- Vérification de la conformité des équipements
- Intégration des systèmes de sécurité
- Évaluation des risques liés aux travaux de construction

4. **Mise en service (Commissioning & Start-up)**

- Vérification des systèmes de sécurité avant mise en fonctionnement
- Identification des risques liés aux premiers démarrages
- Formation du personnel sur les procédures d'exploitation sécurisées

5. **Exploitation Normale (Operations & Maintenance)**

- Surveillance continue des risques opérationnels
- Gestion des déviations et des conditions anormales
- Maintenance préventive et corrective

6. **Modifications et Extensions (Management of Change - MOC)**

- Analyse des risques avant toute modification du procédé
- Réévaluation des protections en place

## Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre

---

- Validation de la compatibilité des nouveaux équipements
- 7. **Mise à l'arrêt temporaire ou définitive (Shutdown & Decommissioning)**
  - Sécurisation des équipements avant arrêt prolongé
  - Gestion des risques liés au démontage et au démantèlement
  - Planification des interventions pour éviter toute fuite ou explosion

### 2) **Scope Géographique : Installations Concernées**

Le **PHA** s'applique à plusieurs types d'installations de traitement des hydrocarbures, notamment :

#### 1. **Installations GNL2 (Gaz Naturel Liquéfié) au niveau d'ARZEW**

- Complexe de liquéfaction du gaz naturel
- Terminaux d'exportation et d'importation de GNL
- Stockage cryogénique du GNL
- Systèmes de regazéification et distribution

#### 2. **Installations GPL (Gaz de Pétrole Liquéfié)**

- Unités de production de propane et du butane
- Centres de stockage et de remplissage de bouteilles GPL
- Systèmes de distribution et de transport (camions-citernes, pipelines)
- Réseaux industriels utilisant le GPL comme source d'énergie.

### 3) **Limites de la Procédure (Boundaries & Scope)**

Le **PHA** est une analyse ciblée qui couvre :

- **Frontières physiques et fonctionnelles** : Délimitation des équipements, unités et systèmes inclus dans l'analyse.
- **Dangers et risques évalués** : Risques chimiques, mécaniques, thermiques, électriques, environnementaux, etc.
- **Scénarios de défaillance analysés** : Événements initiateurs, causes, conséquences et barrières de protection.
- **Barrières de sécurité étudiées** : Mesures de prévention et de mitigation en place (Systèmes de contrôle, sécurités instrumentées, procédures d'urgence, plans d'évacuation).

## Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre

---

- **Interactions procédés-environnement** : Impacts potentiel sur l'environnement et la sécurité humaine (Protection des travailleurs et des infrastructures environnantes).

Les limites sont définies en amont de commencer l'analyse pour éviter un périmètre trop large ou trop restreint.

### ❖ Quand le PHA est-il Réalisé ?

Le **PHA** est effectué à différentes étapes du **cycle de vie d'une installation** :

Phase du Cycle de Vie	Moment du PHA
<b>Conception</b>	Les PHA permettent d'évaluer la faisabilité des projets notamment en termes d'impact sur les populations riverains à travers les études QRA.
<b>Ingénierie (Design phase)</b>	Le PHA contribue à des études telles que le Siting & Layout, l'implémentation du système F&G, la logique du système ESD (Emergency Shut Down) et le plans interne d'intervention PII.
<b>Construction &amp; Installation</b>	Validation du statut de ready for startup suite au commissioning.
<b>Mise en service (Start-up)</b>	Recommandations issues de la PSSR.
<b>Exploitation (Operation)</b>	COW, assurer une opérabilité (sécurité des installations) et révision périodique (tous les 5 ans selon le décret 21-319, la réglementation algérienne est prioritaires ou après incidents majeurs.
<b>Modification du procédé (MOC)</b>	ÉvaluatioLe PHA permettent de conduire des revues SIL (par la méthode LOPA) pour statuer sur d'éventuelles modification des seuils sur les systèmes instrumentés de sécurité et de contrôle.

## Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre

<b>Désaffectation/Démantèlement (Decommissioning/Distruction)</b>	Les PHA permettent notamment à travers une étude SIMOPS (Simultaneous Operations) d'évaluer le risque généré par le démantèlement d'une installation sur l'installation avoisinante
---	---

Selon le **Décret N°21-319** une **révision du PHA** est obligatoires **tous les 5 ans** ou après tout **changement majeur**.

### ❖ Qui Réalise le PHA ?

Une équipe pluridisciplinaire est nécessaire pour garantir une analyse complète :

- **Facilitateur / Animateur** : Expert en méthodes PHA (ex. leader HAZOP).
- **Ingénieurs procédés** : Spécialiste du fonctionnement des unités de production.
- **Opérateurs et techniciens** : Expérience terrain sur le procédé.
- **Ingénieur sécurité des procédés** : Expertise en gestion des risques industriels.
- **Représentants HSE** : Garantissant l'intégration des aspects environnementaux et réglementaires.
- **Personnel maintenance** : Connaissance des équipements et de leur fiabilité.

Chaque membre contribue à identifier les dangers et à recommander des actions correctives.

### ❖ À Quoi s'Applique le PHA ?

Le **PHA** couvre une large gamme de procédés et d'équipements industriels :

- **Unités de production** : Raffineries, usines chimiques, agroalimentaires, plateformes offshore, pétrochimie, etc.
- **Équipements critiques** : Réacteurs, colonnes de distillation, échangeurs de chaleur, pompes, compresseurs, etc.
- **Systèmes de contrôle et de sécurité** : Alarmes, Systèmes Instrumentés de Sécurité (SIS).
- **Zones de stockage et transport** : Citerne, pipelines, zones de stockage de matières dangereuses.
- **Procédures opérationnelles** : Modes normal, démarrage, arrêt, maintenance, urgence.

### ❖ Cadre du PHA et Intégration dans le Cycle de Vie

## Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre

---

Le PHA fait partie d'un système de gestion des risques plus large et est souvent utilisé en complément de :

- **Autres analyses de risques** : HAZID (Hazard Identification), LOPA (Layer of Protection Analysis), QRA (Quantitative Risk Assessment), HAZOP, Bow-Tie.
- **Audits de sécurité des procédés (PSM Audits)** : Vérification des actions correctives du PHA ou l'application des recommandations.
- **Formation et sensibilisation** : Utilisation des résultats du PHA pour améliorer la culture sécurité.
- **Gestion des modifications (MOC - Management of Change)** : Toute modification importante doit être validée par un PHA.
- **Exigences générales applicables au PHA**

Le PHA (Process Hazard Analysis) doit répondre à plusieurs exigences pour garantir une identification et une évaluation efficace des risques industriels. Ces exigences couvrent le choix des méthodologies, le type de PHA, le cahier des charges et les outils logiciels utilisés.

➤ **Choix des Méthodologies du PHA :**

Le choix de la méthode dépend du **niveau de détail requis**, de la **complexité du procédé** et des **risques associés**. Voici les principales approches :

Méthodologie	Description	Application
<b>HAZOP (Hazard and Operability Study)</b>	Analyse systématique basée sur des guides de mots clés pour identifier les écarts de fonctionnement.	Procédés complexes, chimiques et pétrochimiques.
<b>What-If Analysis</b>	Identification des scénarios de risque en posant des questions hypothétiques.	Procédés simples ou préliminaires.
<b>Checklist Analysis</b>	Vérification basée sur une liste de contrôle des risques connus.	Opérations standards et équipements courants.
<b>FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)</b>	Analyse des modes de défaillance et de leurs effets sur le système.	Équipements et composants critiques.
<b>LOPA (Layers of Protection Analysis)</b>	Analyse semi-quantitative pour évaluer les barrières de protection.	Complément au HAZOP pour valider les mesures de sécurité.

## Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre

<b>QRA (Quantitative Risk Assessment)</b>	Évaluation probabiliste des risques majeurs.	Sites industriels à haut risque (SEVESO, offshore).
<b>Bow-Tie</b>	Visualiser les causes, l'évènement dangereux et les conséquences avec les barrières de prévention et de mitigation.	Identifie les scénarios de risques majeurs, analyse les barrières de protection, utilisé en industrie à haut risque, facilite la communication et la prise de décision en sécurité.

Le choix de la méthode est déterminé par **l'importance des risques, la réglementation en vigueur et les objectifs de l'analyse.**

### ➤ Types de PHA

Selon le contexte et le cycle de vie du procédé, plusieurs types de PHA peuvent être réalisés :

Type de PHA	Objectif	Quand l'utiliser ?
<b>PHA Initial</b>	Identification des dangers dès la phase de conception.	Avant l'ingénierie détaillée.
<b>PHA de Mise en Service</b>	Vérification des risques avant le démarrage.	Avant la mise en service d'une installation.
<b>PHA Périodique</b>	Révision des analyses de risques en exploitation.	Tous les 5 ans (OSHA PSM).
<b>PHA Post-incident</b>	Analyse des causes après un incident ou accident.	Après un évènement majeur.
<b>PHA de Modification (MOC - Management of Change)</b>	Évaluation des risques lors d'un changement de procédé.	Avant toute modification significative.
<b>PHA de Désaffectation</b>	Identification des risques liés au démantèlement.	Avant la fin de vie d'une installation.

### ➤ Cahier des Charges du PHA

Le cahier des charges définit les **exigences et contraintes** de l'analyse, incluant :

#### 1) Objectifs et Portée

- Définition du **périmètre de l'analyse** (unités, équipements, procédés concernés).
- Identification des **risques à évaluer** (sécurité, environnement, fiabilité).

# Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre

---

- Intégration des **contraintes réglementaires**. (Décrets : N°21-319, N°21-261, N°21-257)

## 2) Composition de l'Équipe

- **Facilitateur (animateur PHA)** formé aux méthodes HAZOP, LOPA, etc.
- **Ingénieurs procédés, sécurité, maintenance et opérateurs expérimentés.**
- **Experts en gestion des risques et conformité réglementaire.**

## 3) Livrables Attendus

- **Rapport d'analyse des risques**, avec liste des dangers et mesures correctives.
- **Recommandations d'amélioration** (modifications de conception, nouvelles procédures, formation).
- **Suivi des actions correctives** et validation des modifications.

## 4) Conformité Réglementaire et Normative

Le PHA doit être aligné avec les **standards internationaux** :

- **OSHA PSM (29 CFR 1910.119)** : Obligation d'un PHA tous les 5 ans.
- **EPA RMP (Risk Management Program)** : Gestion des risques environnementaux.
- **SEVESO III** : Exigences pour les installations classées à haut risque.
- **IEC 61882** : Guide pour les études HAZOP.
- **ISO 31000** : Management des risques.

### ➤ Choix des Logiciels pour le PHA

L'utilisation de **logiciels spécialisés** facilite la gestion des PHA et améliore la traçabilité des analyses.

<b>Logiciel</b>	<b>Fonctionnalités</b>	<b>Utilisation principale</b>
<b>PHA-Pro (Sphera)</b>	Outils de gestion HAZOP, LOPA et autres analyses.	Grandes industries pétrochimiques et chimiques.
<b>PHAST (DNV GL)</b>	Modélisation des scénarios accidentels et dispersion de substances dangereuses.	Études de risques et d'impact environnemental.
<b>BowTieXP</b>	Analyse des barrières de protection avec schémas Bowtie.	Prévention des risques et gestion des scénarios critiques.

## Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre

<b>ExSILentia (exida)</b>	Intégration du LOPA avec l'analyse SIL (Safety Integrity Level).	Analyse des systèmes instrumentés de sécurité (SIS).
<b>RiskWise (TÜV SÜD)</b>	Évaluation des risques et gestion des recommandations.	Suivi des actions correctives du PHA.
<b>HazardReview Leader (ABS Group)</b>	Plateforme complète pour HAZOP, What-If et Checklists.	Suivi réglementaire et conformité OSHA.
<b>PHA-Tool</b>	Multi-méthodologies, génération de rapports, suivi des actions, archivage conforme et intégration aux outils de gestion des risques.	Gestion des risques industriels, optimisation des procédés, conformité et préparation aux audits.

Le choix du logiciel dépend de **la complexité de l'analyse, des exigences réglementaires et de l'intégration avec d'autres outils de gestion des risques.**

### ➤ Documentation et Archivage

Un PHA bien documenté doit inclure :

- **Rapports détaillés** (scénarios de risques, causes, conséquences).
- **Liste de recommandation et plan de mise en œuvre.**
- **Validation des actions correctives** et suivi périodique.
- **Archivage des analyses** pour assurer la traçabilité et la conformité réglementaire.

### ○ Description des Processus

#### 1. Initiation de Processus

**Cas 1 :** Suivi des travaux PHA par un tiers et accompagnement des bureaux d'ingénierie en phase d'étude

Selon le décret exécutif n°21-319 du 14 août 2021, article 56, les installations liées aux hydrocarbures doivent obligatoirement faire l'objet d'une étude de dangers réalisée par un bureau spécialisé pré-qualifié. Ainsi, pour toute nouvelle construction ou modification majeure, l'entreprise doit s'appuyer sur ces experts pour l'analyse des risques et l'accompagnement durant les études PHA, cette collaboration assure une évaluation conforme aux normes réglementaires.

- **Établissement :** Inclusion d'exigences et modalité technique par : le choix de méthodologie, analyse des risques et choix de logiciels.

## Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre

---

- **Suivie et accompagnement** : assiste les bureaux d'ingénierie dans une formation qui est réalisée par l'expert tiers.
- **Transmission de la documentation** technique nécessaire.
- **Participation aux réunions techniques** : réalisation des activités PHA en compagnie du représentant du bureau d'engineering, au vu de l'expertise de l'équipe.
- **Maintenir de la communication** avec le bureau tiers.
- **Commentaire du rapport** : l'équipe PHA qui fait le commentaire.
- **Validation** de livrables et recommandations.
- **Transmission des livrables en partie prenante** (ARH, les complexes voisins) pour obtention des autorisation réglementaire, exploitation des informations techniques issue les livrables dans le développement le management de risque.
- **Suivie des plans d'action** de les recommandations issue de livrable ou activité PHA.

### Cas 2 : Effort propre

Dans ce cas l'équipe-de l'entreprise réalise elle-même l'analyse repose sur plusieurs étapes clés :

- **Choix de la méthodologie** : HAZOP, LOPA, BOW-TIE, QRA, etc.
- **Définition des objectifs et périmètre du PHA** : identifié les unités, procédés à analyser et déterminer les objectifs de l'analyse.
- **Constitution de l'équipe PHA efficace multidisciplinaire.**
- **Collecte des données et préparation.**
- **Réalisation les activités du PHA :**
  1. Recueil de la documentation.
  2. Identification des dangers.
  3. Analyse les conséquences.
  4. Évaluation de la fréquence.
  5. Définir la criticité :  $C = \text{gravité} * \text{la fréquence}$
  6. Établissement et transmission du PHA au partie prenante (si le leader demande au demandeur).
    - **Transmission des résultats PHA** au demandeur de la prestation, qui peut être le pilote d'un autre processus incluant une activité PHA exemple pilote du processus MOC, COW.

Ses activités doivent conserver dans une base de données électronique.

## **Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre**

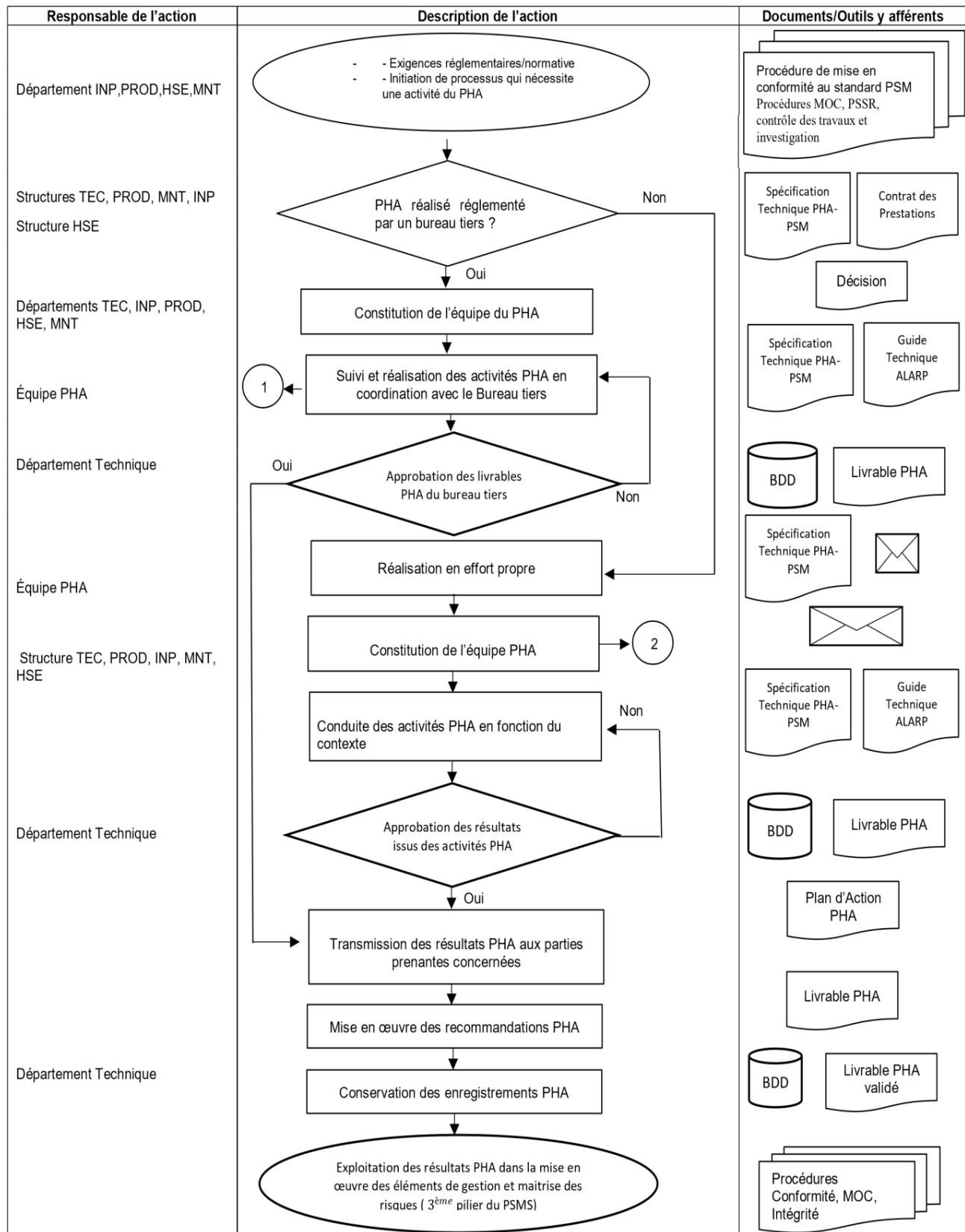
---

Exemple des activités du PHA :

- Activité PHA dans le cadre de contrôle travaux à risques COW.
- Activité PHA dans le cadre MOC.
- Activité PHA suite à une recommandation PSSR.
- Activité PHA dans le cadre de la gestion de l'intégrité pour identification d'élément important pour la sécurité SCE.

### **III.2.4 ANNEXE 02 : Logigramme de la procédure (Workflow)**

# Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre



# Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre

---

## III.2.5 ANEXE 03 : Matrice RACI

### - Définition de la Matrice RACI

La matrice RACI est un outil de gestion des responsabilités utilisé pour clarifier les rôles de chaque intervenant dans un processus. Elle permet d'assurer une organisation efficace en évitant les ambiguïtés et en garantissant que toutes les parties prenantes connaissent leurs responsabilités spécifiques.

- R - Responsable (Responsible) : La personne qui exécute la tâche et assure son bon déroulement.
- A - Accountable (Redevable) : La personne qui valide le travail et qui est ultimement responsable du bon aboutissement de la tâche.
- C - Consulted (Consulté) : Les parties qui apportent leur expertise et conseillent sur la tâche avant son exécution.
- I - Informed (Informé) : Les personnes qui doivent être tenues informées des progrès et des résultats mais qui n'interviennent pas directement.

### - Rôle de la Matrice RACI dans la Procédure du PHA

L'application de la matrice RACI dans la procédure du Process Hazard Analysis (PHA) permet :

- Clarification des responsabilités : Chaque acteur sait précisément quel est son rôle dans l'analyse PHA, réduisant ainsi les doublons ou les tâches non attribuées.
- Amélioration de l'efficacité : Une structure claire permet une meilleure communication et coordination entre les équipes (HSE, ingénierie, maintenance, opération).
- Optimisation de la prise de décision : En identifiant qui est responsable et qui doit être consulté, les décisions peuvent être prises plus rapidement et efficacement.
- Meilleur suivi des actions correctives : Après une analyse PHA, la matrice RACI assure que les recommandations et mesures d'atténuation sont bien mises en œuvre et suivies.
- Facilitation des audits et de la conformité : Permet d'assurer une traçabilité des responsabilités pour répondre aux exigences réglementaires et aux inspections de sécurité.

## Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre

### - Modèle de la matrice RACI :

Actions \ Rôles	Équipe PHA	Département Technique	Départements INP, PROD, HSE, MNT	Sous-Direction Exploitation	Sous-Direction Technique	Directeur Complexe
Signalisation du PHA	-	C	R	A	I	I
Désignation d'une équipe pluridisciplinaire pour le suivi des travaux de Réalisation/Revalidation PHA par un Bureau Spécialisé	-	R, A	R, C	C	A	I
Réalisation des activités PHA en coordination avec le Bureau spécialisé	R	A	A	I	A	I
Approbation des livrables PHA fournis par le Bureau spécialisé	-	R	I	I	A	I
Constitution d'une équipe PHA	-	R, A	R	I	A	I
Réalisation des activités PHA en effort propre	R	A	A	I	A	I
Approbation des résultats issus des activités PHA	-	R	I	I	A	I
Transmission des résultats du PHA aux parties prenantes concernées	-	R	C	I	A	C
Conservation des enregistrements PHA	-	R	I	I	A	I

R « Responsable (Responsable) » : est chargé de la réalisation de l'Action, c'est le responsable de l'action ;  
A « Accountable (Redevable) » : généralement supervise le(s) responsable(s). Il est l'unique redevable de l'action ;  
C « Consulted (Consulté) » : est consulté, ou, a un droit d'avis ou de vote ;  
I « Infomed (Informé) » : est informé de l'action.

# Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre

---

## III.3 Application de la procédure PHA sur une unité de stockage GNL

### III.3.1 Introduction

- **Contexte et Problématique**

SONATRACH exploite plusieurs unités de **stockage de GNL**. Ces installations présentent des **risques majeurs** liés à la manipulation du gaz cryogénique, notamment :

- **Risques de fuites et explosions** (gaz inflammable sous pression).
- **Risques de brûlures cryogéniques** (températures très basses).
- **Défaillances des systèmes de régulation** (provoquant surpressions ou déversements).

Cependant, **SONATRACH ne dispose pas actuellement d'une procédure formelle de Process Hazard Analysis (PHA)** pour identifier et contrôler ces dangers de manière systématique.

- **Objectif de l'Étude**

L'objectif de cette étude est de :

- Proposer et appliquer la procédure PHA** sur une unité de GNL2.
- Identifier les risques majeurs et leurs causes.**
- Proposer des actions correctives adaptées.**

- **Choix du Cas d'Étude**

L'analyse est réalisée sur une **unité de stockage de GNL** comprenant :

**Réservoirs de stockage cryogénique** (-162°C).

**Les pompes de chargement (6 pompes).**

**Réseaux de tuyauteries et vannes** pour la distribution du gaz.

**Systèmes de sécurité** (détection de gaz, soupapes de décharge).

### III.3.2 Description du Processus Étudié

- **Présentation de l'Unité de stockage GNL**

Le **GNL** produit par les **six unités de liquéfaction** est stocké dans **trois réservoirs de 100 000 m<sup>3</sup>** situés à **GL2Z**, en attendant d'être chargé sur des **méthaniers** via **deux quais**. Une **ligne d'aspiration commune** permet d'acheminer le LNG des réservoirs vers **cinq pompes de chargement**, qui l'envoient ensuite vers les méthaniers.

## Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre

---

Les **réservoirs** sont équipés d'un **système de purge à l'azote** et reliés à un **collecteur de vapeur commun**. Chaque jour, environ **2 à 3 % du volume stocké** s'évapore naturellement. Cette vapeur est récupérée, comprimée, puis réutilisée pour compenser la baisse de volume dans les réservoirs. En cas d'excès, elle peut être soit **réinjectée dans les compresseurs du fuel gaz**, soit **envoyée vers la torche BP** pour être brûlée en toute sécurité.

- **Identification des Risques Potentiels**

Les principaux dangers liés à cette unité sont :

**Fuite de GNL** → Risque de formation d'un nuage inflammable.

**Surpression dans les réservoirs** → Éclatement, perte de confinement.

**Défaillance des soupapes** → Risque d'accumulation excessive de pression.

**Brûlures cryogéniques** → Contact accidentel avec le GNL liquide.

Déversement de GNL dans l'eau → TRP (transfert rapide de phase) → débordement du bac  
→ Risque d'explosion.

### III.3.3 Mise en œuvre de la PHA

- **Constitution de l'Équipe PHA**

Une équipe pluridisciplinaire est formée :

- **Animateur PHA** : Responsable sécurité des processus.
- **Opérateurs de l'unité** : Expérience terrain.
- **Ingénieurs procédés** : Expertise sur les phénomènes physiques et thermiques.
- **Responsable maintenance** : Exécute la gamme de maintenance, les rapports d'inspection et les recommandations
- **Ingénieur d'instrumentation** : Spécialiste des capteurs, des systèmes de contrôle et de l'automatisation.
- **Ingénieur d'inspection des équipements statiques** : Garant de la fiabilité et de l'intégrité des équipements fixes (réservoirs, tuyauteries, échangeurs...).
- **Représentant HSE** : Conformité réglementaire et prévention des risques.

- **Choix de la Méthodologie PHA**

La **méthode HAZOP** est retenue pour :

- **Analyser les déviations des paramètres critiques** (pression, température, débit, niveau).

## **Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre**

---

- **Comprendre les scénarios de défaillance possibles.**

**Identifier les barrières de protection existantes et les actions correctives.**

- **Collecte des Données**

**Documents utilisés**

- Schémas P&ID de l'unité.
- Historique des incidents.
- Fiches de sécurité des produits (MSDS).
- Normes (OSHA 1910.119, API 625) et les décrets réglementaire (Décret exécutif n° 21-315, Décret exécutif n° 21-319) pour les réservoirs de GNL.
- **Déroulement de l'Analyse HAZOP**

## Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre

Mot clé	Paramètre	Dérivé	Causes	Conséquences	Mesures existantes	Recommandation	Priorité
Plus de	Pression	Pression excessive (surpression)	PDV2004 bloquée ouverte Défaillance de vanne HV2060A bloquée ouverte Stratification	Risque d'éclatement du bac	Soupape magnétique Soupape RV2101FA-1/FA-2 Liaison vers torche	Tests fréquents des vannes RV	☒ Haute
Moins de	Pression	Dépression	Pas de réception des trains lors d'un chargement	Risque de collapse du bac (implosion)	Soupape VB2101FA-1	Ajoute de système d'alarme (sonore locale)	☒ Moyenne
Moins de	Température	Basse température	Sans objet				
Plus de	Température	Haute température	Surpression	Vaporisation rapide	Système d'isolement thermique (double parois)	Maintenance préventive et vérification des équipement	☒ Haute
Moins de	Niveau	Niveau bas	Défaut de régulation sur LT2002	Sans conséquence pour la sécurité	Capteur LSLL2013A	Tests réguliers de capteur	☒ Moyenne
Plus de	Niveau	Niveau élevé	Surpression	Débordement	Soupape LALL2013	Ajoute d'un système de coupure automatique	☒ Haute

- **Matrice RACI**

La matrice ci-dessous définit les rôles et les responsabilités dans la procédure du PHA.

## Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre

Actions \ Rôles	Animateur PHA	Opérateur de l'unité	Ingénieur procédés	Responsable maintenance	Ingénieur d'instrumentation	Ingénieur d'inspection des équipement	Représentant HSE
Signalisation du PHA	I	I	A	I	I	I	C
Désignation d'une équipe pluridisciplinaire pour le suivi des travaux de Réalisation/Revalidation PHA par un Bureau Spécialisé	R	I	A	I	I	I	C
Réalisation des activités PHA en coordination avec le Bureau spécialisé	R	C	A	C	C	C	C
Approbation des livrables PHA fournis par le Bureau spécialisé	I	I	A	I	I	I	C
Constitution d'une équipe PHA	R	I	A	I	I	I	C
Réalisation des activités PHA en effort propre	R	C	A	C	C	C	C
Approbation des résultats issus des activités PHA	I	I	A	I	I	I	C
Transmission des résultats du PHA aux parties prenantes concernées	R	I	A	I	I	I	C
Conservation des enregistrements PHA	R	I	A	I	I	I	I

# Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre

R « Responsible (Responsable) » : est chargé de la réalisation de l'Action, c'est le responsable de l'action ;

A « Accountable (Redevable) » : généralement supervise le(s) responsable(s). Il est l'unique redevable de l'action ;

C « Consulted (Consulté) » : est consulté, ou, a un droit d'avis ou de vote ;

I « Infomed (Informé) » : est informé de l'action.

## • Plan d'Action et Recommandations

### - Synthèse des Résultats

L'analyse HAZOP a permis d'identifier **6 risques majeurs** :

- **Surpression, éclatement et débordement du bac** → perte de confinement et des risques d'incendie.
- **Vaporisation rapide** → Expansion soudaine du GNL en phase gazeuse en cas de contact avec une source chaude.
- **Risque d'implosion (effondrement du réservoir)** → collapse des réservoirs
- **Défaillance de régulation de niveau** → Risque de surpression des conduites.

### - Actions Correctives Proposées

Risque	Mesure Corrective	Priorité
Surpression et éclatement du bac	Inspection plus fréquente des vannes RV	☒ Haute
Débordement du bac	Ajoute d'un système de coupure automatique	☒ Haute
Vaporisation rapide	Vérification des équipement	☒ Haute
Implosion du bac	Installation de limiteurs de débit	☒ Moyenne
Mauvaise régulation de niveau	Tests réguliers de capteur	☒ Moyenne

## III.3.4 Discussion et conclusion

### ➤ Impact de l'Application du PHA

## Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre

---

- **Amélioration de la détection des fuites de GNL** avec :
  - **Un programme de maintenance préventive** plus strict (contrôles plus fréquents des brides et joints).
  - **L'installation de détecteurs de gaz supplémentaires** pour couvrir les zones à risque.
  - **La mise en place d'un système d'alerte précoce** connecté à une salle de contrôle centrale.
- **Fiabilisation des équipements et réduction des pannes** grâce à :
  - **L'amélioration des procédures de maintenance prédictive** (capteurs IoT pour surveiller en temps réel la pression et la température des équipements critiques).
  - **La redondance des systèmes de sécurité** (soupapes de sûreté doubles, systèmes de purge de secours).
- **Diminution des arrêts imprévus de production** :
  - La gestion proactive des risques permet de **réduire les interruptions opérationnelles dues aux incidents** et d'**optimiser la continuité du service**.
- **Renforcement de la conformité réglementaire et des audits** :
  - Application des **normes internationales** et **les décrets réglementaires**.
  - Facilitation des **inspections par les autorités réglementaires** grâce à une meilleure traçabilité des actions de sécurité.
- **Réduction des coûts liés aux incidents industriels** :
  - Moins d'accidents signifie **moins de pertes financières** (réparations, amendes, pertes de production).
  - Diminution des **coûts d'assurance** grâce à un **meilleur profil de risque**.
- **Amélioration de la culture de sécurité** au sein de l'unité :
  - Sensibilisation accrue des employés aux dangers spécifiques du GNL.
  - Mise en place d'un **système de retour d'expérience** pour améliorer continuellement les procédures.

### ➤ **Points d'Amélioration**

- **Intégration du PHA** dans le programme de gestion des risques de SONATRACH.
- **Formation des ingénieurs et techniciens** sur la méthode d'analyse de dangers et d'évaluer des

## Chapitre III : Procédure de management des activités du PHA et sa mise en œuvre

---

risques PHA.

- **Application du PHA à d'autres unités sensibles** (raffineries, pipelines, terminaux GNL).

### III.4 Conclusion

L'application de la PHA ne se limite pas à la **réduction des risques** ; elle **améliore la fiabilité des installations, optimise les coûts d'exploitation et renforce la conformité aux réglementations et les normes**. Elle permet à SONATRACH de mieux maîtriser les dangers du GNL. L'extension de cette méthodologie chez SONATRACH contribuerait à **réduire significativement les incidents industriels et à améliorer la fiabilité des installations** tout en garantissant **la sécurité des employés et la protection des infrastructures**.

# **Chapitre 4 :**

## **Simulation des scénarios d'accidents majeurs avec le logiciel PHAST**

# Chapitre IV : Simulation des scénarios d'accidents avec logiciel PHAST

---

## Introduction

Dans le cadre de la mise en œuvre de la démarche PHA (Process Hazard Analysis), la simulation de scénarios d'accidents constitue une étape clé pour quantifier les conséquences potentielles d'événements redoutés. Ce chapitre présente les résultats de simulations réalisées à l'aide du logiciel PHAST, un outil spécialisé dans l'analyse des risques liés aux substances dangereuses. Trois scénarios typiques impliquant du GNL ont été retenus pour cette étude.

### IV.1 Présentation du logiciel PHAST [12]

**PHAST** (Process Hazard Analysis Software Tool) est un logiciel développé par **DNV** (Det Norske Veritas), spécialisé dans la modélisation des conséquences des incidents industriels, notamment dans le secteur du **pétrole et gaz**, de la **chimie** et de l'**industrie de procédés**. Il permet de simuler les scénarios d'accidents majeurs tels que :

- Les **fuites de gaz** ou de liquides,
- Les **incendies** (jet fire, pool fire),
- Les **explosions** (EVCE, BLEVE),
- Les **nuages toxiques** (dispersion atmosphérique),
- Les **effets thermiques, de surpression** et d'exposition toxique sur les personnes, les équipements et l'environnement.

#### IV.1.1 Objectifs de la simulation

Le logiciel PHAST est utilisé pour simuler la dispersion de substances dangereuses, les effets thermiques, les surpressions, ainsi que les effets domino résultant de scénarios accidentels. Les objectifs de cette simulation sont :

- Quantifier les conséquences des événements redoutés.
- Identifier les zones d'effet pour chaque type d'accident.
- Alimenter la réflexion sur les mesures de protection.

#### IV.1.2 Fonctionnalités principales de PHAST

# Chapitre IV : Simulation des scénarios d'accidents avec logiciel PHAST

---

PHAST permet :

- La modélisation de fuites (instantanées ou continues),
- La simulation de jets, de nappes, d'évaporation, d'incendies, d'explosions,
- Le calcul de distances d'effet (thermique, toxique, de surpression),
- La production de graphiques et de cartes d'impact.

## IV.1.3 Domaines d'application

- Analyse des risques industriels (PHA, QRA)
- Études de dangers (EDD)
- Études d'impact environnemental
- Planification d'urgences
- Conception et sécurité des installations industrielles

## IV.1.4 Avantages de PHAST

- Haute précision dans les modélisations physiques,
- Interface conviviale et modulaire,
- Outil reconnu par les autorités réglementaires,
- Soutien technique et documentation fournis par DNV.

## IV.2 Résultats de simulation (modélisation) par PHAST

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

Le PHAST V.8.23 a été utilisé dans ce travail.

### IV.2.1 Conditions météorologiques

Dans le cadre de la simulation de scénarios impliquant du GNL, la détermination des zones impactées repose sur des conditions atmosphériques de référence, à savoir une vitesse de vent de

## Chapitre IV : Simulation des scénarios d'accidents avec logiciel PHAST

5 m/s et une atmosphère de stabilité modérée (classe D – 5/D).

L'évaluation des conséquences de chaque scénario consiste alors à modéliser la dispersion des vapeurs de GNL et à calculer l'étendue des zones de danger thermique ou de surpression autour des installations de stockage.

### IV.2.2 Scénarios retenus

Le tableau suivant présente les 3 scénarios choisis

Scénario	Description
1	Surpression et éclatement du bac
2	Débordement du bac
3	Vaporisation rapide

Tableau IV. 1 : Scénarios choisis

La figure suivante indique le lieu où a été modélisé chacun des deux scénarios.



Figure IV. 1 : Géolocalisation du site GL2/Z (google maps)

La Nature de l'hydrocarbure représente le méthane GNL, les hypothèses suivantes ont été retenues :

Produit	Méthane
État	Biphasique (L/G)
Température	-162°C
Pression	Atmosphérique

## Chapitre IV : Simulation des scénarios d'accidents avec logiciel PHAST

Volume	100 000 m <sup>3</sup>
--------	------------------------

**Tableau IV. 2 : Hypothèses retenues**

### ➤ Scénarios N°1

Considérant une surpression et éclatement du bac (rupture catastrophique).

Les tableaux suivants présentent les distances d'effets de surpression et des radiations thermiques associées au phénomène d'explosion du bac de stockage de GNL.

Seuils des effets mécaniques	20,68 mbar (blessures)	137,9 mbar (dommage structuré légers)	206,8 (effets létaux probables)
Distance atteinte	12507,7m	5684,15m	5307,75m

**Tableau IV. 3 : Effets de surpressions**

Les seuils d'effets thermiques considérés sont :

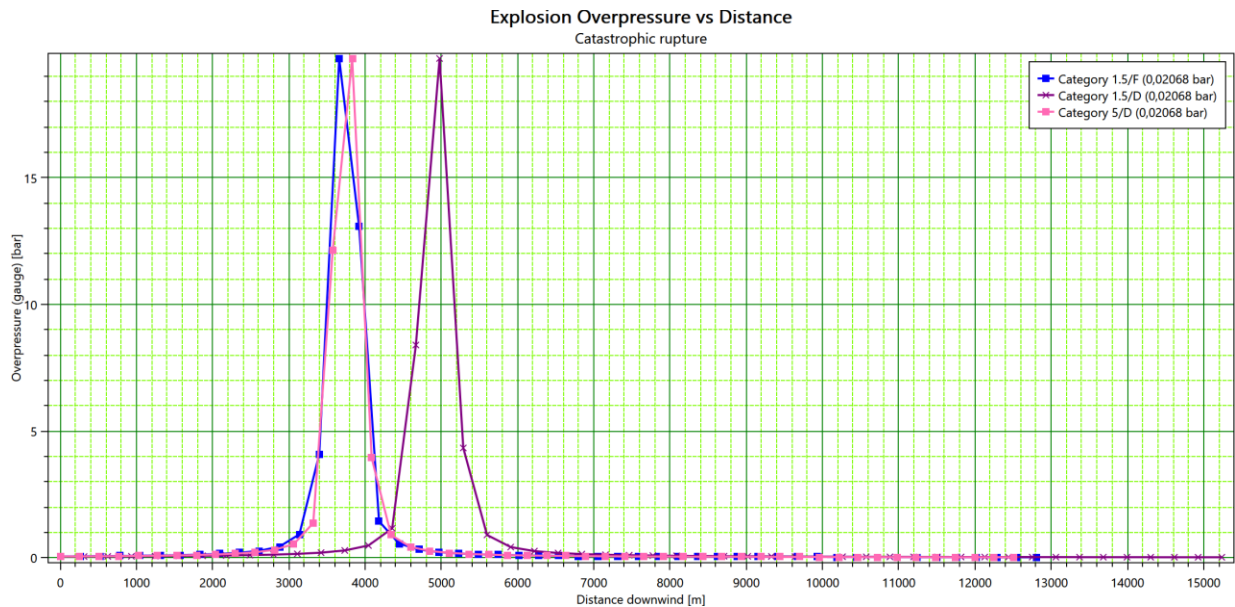
- Distance au seuil des effets létaux significatifs « SELS »
- Distance au seuil des premiers effets létaux « SEL »
- Distance à l'effet irréversible « SEI »

Seuils des effets thermique	SEI (4 KW/m <sup>2</sup> )	SEL (12,5 KW/m <sup>2</sup> )	SELS (37,5 KW/m <sup>2</sup> )
Distance atteinte	4169,86m	2723,18m	1747,39m

**Tableau IV. 4 : Effets thermiques**

- **Modélisation des effets de surpression**

# Chapitre IV : Simulation des scénarios d'accidents avec logiciel PHAST



**Figure IV. 2 : Les zones touchées par les ondes de pression (scénario 1)**

La courbe rose "Catégorie 5/D (0,02068 bar) sur le graphique "Explosion Overpressure vs Distance - Catastrophic rupture" augmente rapidement dès 3000 mètres, atteint un pic d'environ 20 bar à 3900 mètres, puis chute rapidement pour devenir quasi nulle au-delà de 5200 mètres, et reste très faible sur des distances allant jusqu'à 12 600 mètres.

- **Modélisation des effets thermiques**

# Chapitre IV : Simulation des scénarios d'accidents avec logiciel PHAST



**Figure IV. 3 : Les zones touchées par les radiations thermiques (scénario 1)**

- Le graphe montre que la distance au seuil des effets létaux significatifs (SELS) atteint environ 15000m.
- La distance au seuil des premiers effets létaux (SEL) est d'environ 13000m.
- La distance à l'effet irréversible (SEI) est d'environ 12500m.

## • Interprétations

Les effets sont **extrêmement meurtriers** :

- **Brûlures mortelles** possibles jusqu'à **1,7 km** du point d'impact.
- **Suppression létale** (effondrements, blessures internes) jusqu'à **8 km**.
- **Scénario le plus dangereux** avec des victimes potentielles sur plusieurs kilomètres.

## ➤ Scénarios N°2

Considérant un débordement du bac de stockage de GNL.

Les tableaux suivants présentent les distances d'effets des radiations thermiques et résultats de dispersion associées au phénomène de débordement du bac de stockage de GNL.

## Chapitre IV : Simulation des scénarios d'accidents avec logiciel PHAST

Scénario	Distance à LSI	Distance à LII
Débordement	1223,75m	2161,98m

Tableau IV. 5 : Résultats de dispersion

Seuils des effets thermique	SEI (4 KW/m <sup>2</sup> )	SEL (12,5 KW/m <sup>2</sup> )	SELS (37,5 KW/m <sup>2</sup> )
Distance atteinte	4166,92m	2717,97m	1740,58m

Tableau IV. 6 : Effets thermiques

- **Modélisation des résultats de dispersion**

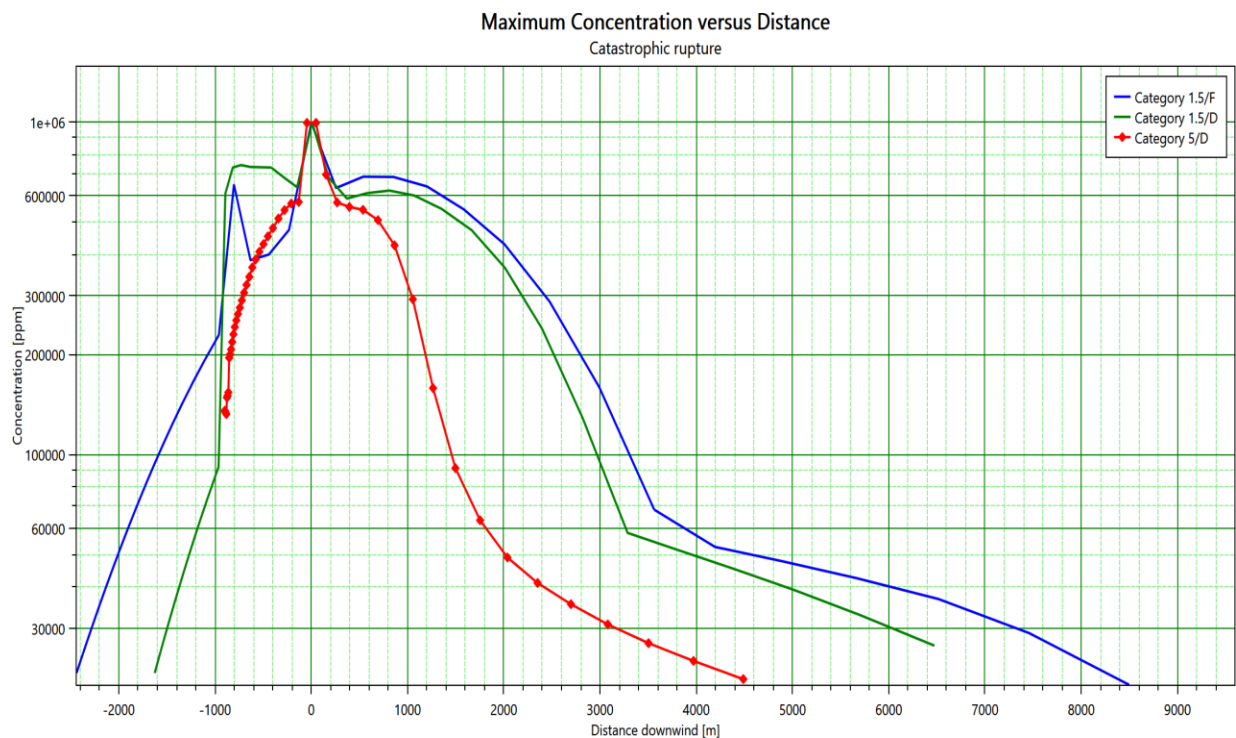
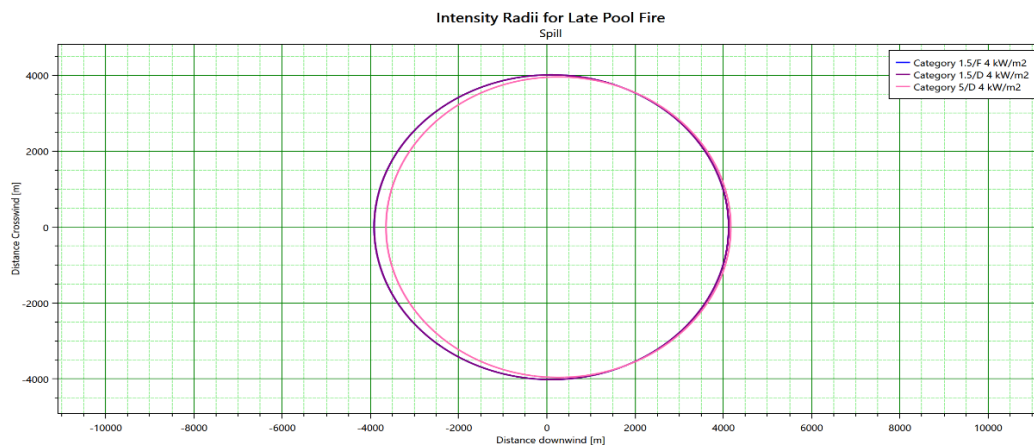


Figure IV. 4 : Concentration maximale en fonction de distance (scénario 2)

La courbe montre que la concentration maximale de gaz dépasse **1 000 000 ppm près de la source**, ce qui indique une **zone hautement explosive**. Jusqu'à **1000 m**, le gaz reste au-dessus de LSI, représentant un **risque d'explosion majeur**. Entre **1000 et 2000 m**, la concentration diminue mais reste dans la **zone inflammable (LSI/LIS)**, propice à un **feu éclair (flash fire)**. Au-delà de **2000 m**, le nuage devient **moins dangereux** d'un point de vue inflammabilité, mais **peut rester toxique** selon la nature du gaz.

# Chapitre IV : Simulation des scénarios d'accidents avec logiciel PHAST

- **Modélisation des effets thermiques**



**Figure IV. 5 : Rayon d'intensité thermique pour un feu de nappe tardif (scénario 2)**

Sous les conditions météorologiques **5/D**, le feu de nappe généré par le déversement de GNL produit un rayonnement thermique de **4 kW/m<sup>2</sup>** sur un rayon d'environ **4,2 km**. À ce niveau, une exposition prolongée peut provoquer **des brûlures irréversibles**. La forme presque circulaire de la zone affectée indique une **propagation thermique uniforme**, représentant un **risque important pour les personnes** se trouvant autour du point d'incendie.

- **Interprétations**

Les **effets thermiques** atteignent un **rayon de 1,7 km** à des niveaux létaux ( $\geq 37,5$  kW/m<sup>2</sup>), provoquant des **brûlures mortelles immédiates**. Jusqu'à **4,2 km**, l'intensité reste suffisante ( $\geq 4$  kW/m<sup>2</sup>) pour causer des **lésions irréversibles** en cas d'exposition prolongée. La **dispersion du gaz** montre des concentrations **supérieures à la LII** jusqu'à environ **2 km sous le vent**, ce qui représente une **zone de danger inflammable**, susceptible de provoquer un **flash fire** si une source d'ignition est présente.

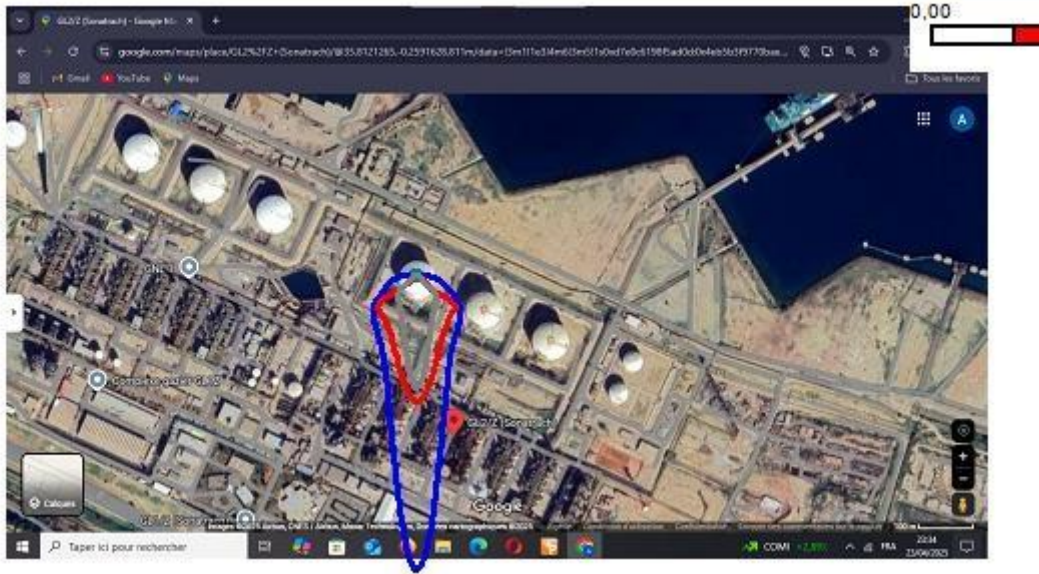
Ces résultats confirment un **risque thermique et de dispersion très élevé**, nécessitant des **zones de sécurité élargies** autour de l'installation.

# Chapitre IV : Simulation des scénarios d'accidents avec logiciel PHAST

## ➤ Scénarios N°3

Considérant une vaporisation rapide de GNL.

### • Résultat sur la Cartographie



**Figure IV. 6 : Effet de vaporisation rapide de GNL (scénario 3)**

Les tableaux suivants présentent les distances d'effets de surpression et des radiations thermiques associées au phénomène de vaporisation rapide de GNL.

Seuils des effets mécaniques	20,68 mbar (blessures)	137,9 mbar (dommage structuré légers)	206,8 (effets létaux probables)
Distance atteinte	553,341m	268,674m	251,498m

**Tableau IV. 7 : Effets de surpressions**

Seuils des effets thermique	SEI (4 KW/m <sup>2</sup> )	SEL (12,5 KW/m <sup>2</sup> )	SELS (37,5 KW/m <sup>2</sup> )
Distance atteinte	151,954m	122,277m	100,515m

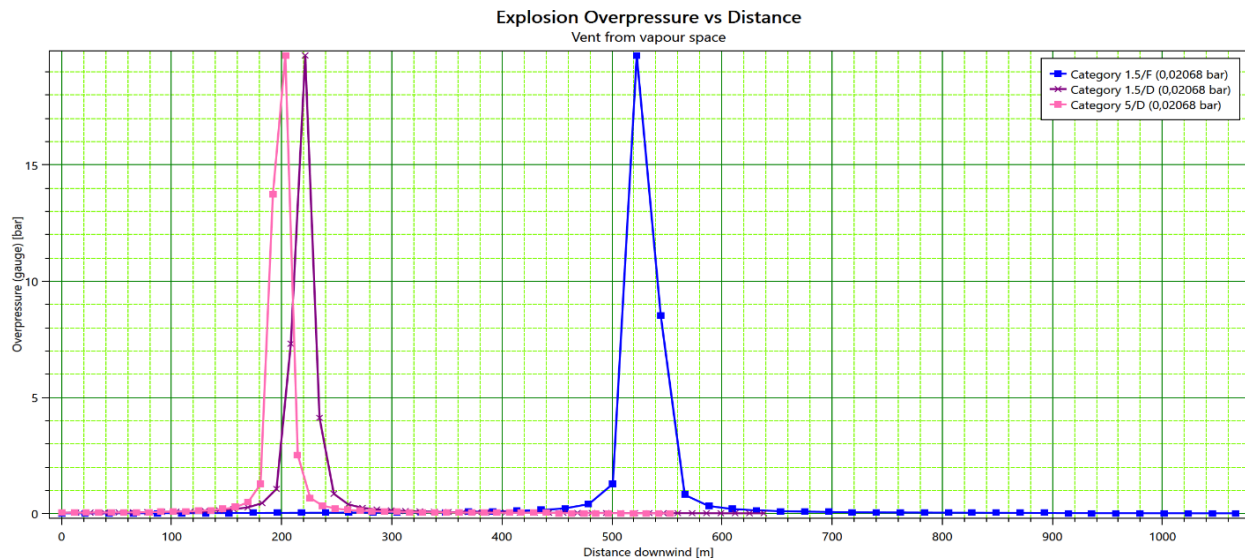
**Tableau IV. 8 : Effets thermiques**

Scénario	Distance à LSI	Distance à LII
Vaporisation rapide	52,35m	122,379m

**Tableau IV. 9 : Résultats de dispersion**

# Chapitre IV : Simulation des scénarios d'accidents avec logiciel PHAST

- **Modélisation des effets de surpression**

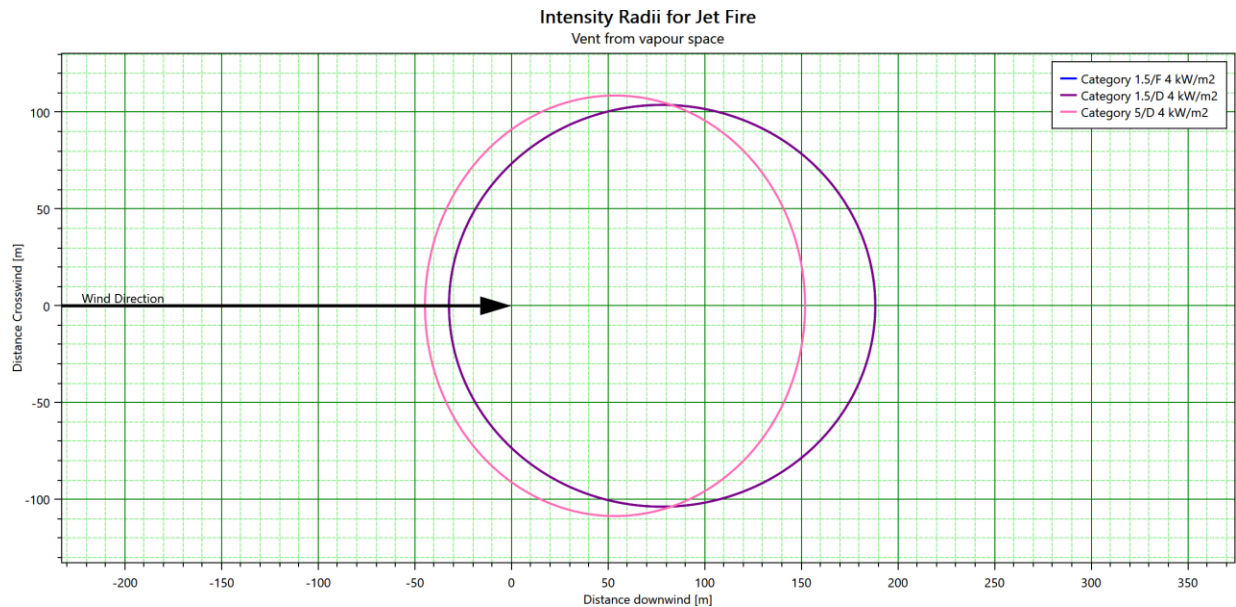


**Figure IV. 7 : Les zones touchées par les ondes de pression (scénario 3)**

Sous conditions météorologiques **5/D**, la vaporisation rapide du GNL génère une **surpression explosive très intense**, atteignant **environ 17 bar** à **200 m** du point d'émission. Cette valeur est **largement létale** et peut provoquer des **effondrements instantanés** et des **blessures graves voire mortelles**. L'effet reste **très localisé**, disparaissant presque totalement au-delà de **300 m**, mais sa **violence impose une zone de sécurité immédiate** autour de l'accident.

- **Modélisation des effets thermiques**

# Chapitre IV : Simulation des scénarios d'accidents avec logiciel PHAST



**Figure IV. 8 : Rayons d'intensité thermique pour un Jet Fire (scénario 3)**

La courbe correspondant à la catégorie **5/D** représente l'étendue de l'effet thermique d'un **Jet Fire**.

### Niveau d'intensité thermique considéré : 4 kW/m<sup>2</sup>

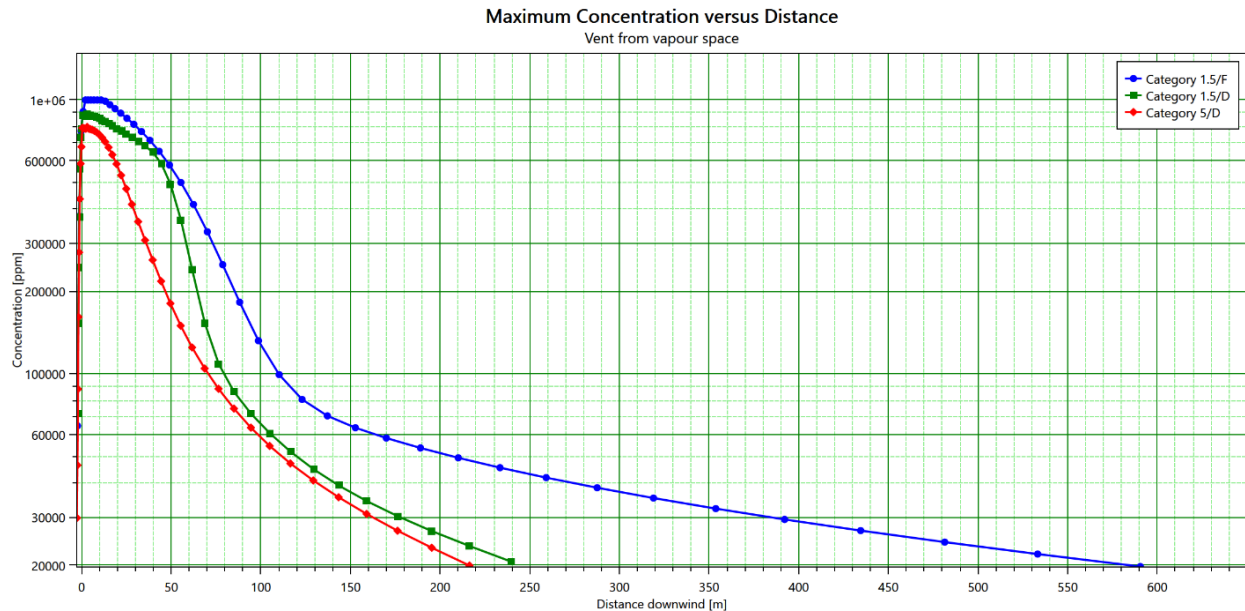
La zone délimitée par cette courbe correspond à l'intensité thermique seuil de 4 kW/m<sup>2</sup>, une valeur qui peut provoquer des effets dangereux pour l'homme (douleurs après une exposition de courte durée) et des dommages pour les équipements non protégés.

### Forme et étendue de la courbe :

- La courbe rose est orientée dans le sens du vent (indiqué par la flèche), ce qui est typique d'une propagation des effets thermiques favorisée par le vent dominant.
- Le rayonnement thermique maximal est atteint dans l'axe du vent (axe x positif).
- L'étendue dans le sens **downwind** atteint environ **150 m**, ce qui signifie qu'à cette distance le flux thermique est encore de 4 kW/m<sup>2</sup>.
- En direction **crosswind** (perpendiculaire au vent), l'effet est bien plus limité (environ 100 m de part et d'autre de l'axe).

# Chapitre IV : Simulation des scénarios d'accidents avec logiciel PHAST

- **Modélisation des résultats de dispersion**



**Figure IV. 9 : Concentration maximale en fonction de distance (scénario 3)**

Cette courbe représente la **concentration maximale de gaz (en ppm)** en fonction de la distance sous des conditions atmosphériques **5/D**.

1. **Valeur initiale de concentration élevée :**

À proximité de la source (0 m), la concentration dépasse **600 000 ppm**, indiquant une zone très riche en gaz inflammable ou asphyxiant.

2. **Diminution rapide avec la distance :**

La concentration diminue fortement en s'éloignant de la source, tombant sous les **60000 ppm avant 100 mètres**. Cela montre une dispersion rapide du nuage de gaz sous l'effet d'une vitesse de vent plus élevée (catégorie 5).

3. **Portée du nuage :**

Le nuage devient négligeable (concentration proche de zéro) au-delà de **200 m** environ. Cela signifie que sous ces conditions, le GNL vaporisé est dilué rapidement dans l'air en aval du point de fuite.

- **Interprétations**

## Chapitre IV : Simulation des scénarios d'accidents avec logiciel PHAST

---

- **Effets thermiques** : Le rayonnement thermique généré peut provoquer des **brûlures mortelles** à proximité immédiate du point de rejet. Les effets deviennent **moins graves mais restent dangereux** dans une zone un peu plus étendue. Le danger thermique est **important mais très localisé** autour de la source.
- **Effets de surpression** : L'explosion liée à la vaporisation engendre une **onde de choc très violente**, capable de **détruire des structures fragiles** et de causer des  **blessures graves**. Cependant, cette surpression chute rapidement avec la distance. L'effet de surpression est **intense mais limité à une zone restreinte**.
- **Dispersion du gaz** : Le nuage gazeux forme une **zone inflammable dense** autour de la source. Il se dilue rapidement dans l'atmosphère, mais reste **dangereux sur une courte distance** en cas d'allumage. Il existe un **risque réel de feu éclair ou d'explosion** dans le voisinage immédiat.

### IV.2.3 Discussion sur la portée et les limites

La modélisation avec PHAST repose sur des hypothèses idéalisées. Les conditions météorologiques, la complexité du terrain, et les paramètres d'exploitation réels peuvent affecter les résultats.

## IV.3 Conclusion

Les simulations réalisées montrent la diversité et la gravité potentielle des accidents impliquant du GNL. L'explosion représente le scénario le plus dangereux. Le débordement et la vaporisation présentent des risques localisés, mais non négligeables. La simulation avec PHAST permet de quantifier ces risques et d'orienter les stratégies de prévention.

---

## Conclusion générale

À travers ce mémoire, nous avons cherché à proposer une démarche structurée d'analyse des dangers procédés (PHA) adaptée aux besoins et aux réalités de SONATRACH. L'objectif principal de ce mémoire était de combler l'absence d'un cadre formel pour l'identification et la gestion proactive des dangers liés aux installations industrielles, en particulier dans le contexte sensible du stockage de GNL.

La première partie de ce travail a été consacrée à la mise en place d'une procédure PHA claire et opérationnelle, permettant de mieux anticiper les risques techniques tels que les écarts de pression, de température ou de niveau. Cette démarche s'est accompagnée de la création d'une matrice RACI, visant à clarifier les responsabilités de chacun au sein de l'organisation et à favoriser une meilleure coordination entre les différents acteurs impliqués dans la sécurité.

Pour valider concrètement cette approche, une simulation sur trois scénarios d'accidents potentiels à l'aide du logiciel PHAST a été réalisée à savoir l'explosion, le débordement du bac, et le phénomène de vaporisation rapide de GNL. Ces scénarios nous ont permis d'analyser en détail les conséquences physiques possibles, et de mieux comprendre les mécanismes de propagation des incidents industriels. Ces résultats confirment la pertinence de la procédure PHA, en montrant comment elle peut aider à réduire les risques à la source et à orienter les décisions techniques.

Ce travail nous a aussi permis de prendre conscience de l'importance d'intégrer des outils numériques, non seulement pour la simulation, mais aussi pour le suivi et l'analyse des risques au quotidien. C'est pourquoi nous recommandons que la société SONATRACH puisse, à l'avenir, formaliser cette procédure dans ses référentiels internes, développer des **spécifications techniques (SPEC)** pour les indicateurs de performance (KPI) en sécurité, et investir dans la formation de ses équipes.

En définitive, cette étude représente une contribution à l'amélioration de la culture de sécurité au sein de l'entreprise. Elle montre que la sécurité industrielle ne se limite pas à une obligation réglementaire, mais constitue un véritable levier stratégique pour assurer la fiabilité, la performance et la durabilité des installations.

---

## Références bibliographiques

[1] Référentiel PSM SONATRACH.

[2] Document interne SONATRACH GNL2-Z.

[3] [www.ccchst.ca/oshanswers/chemicals/process\\_safety\\_management.html](http://www.ccchst.ca/oshanswers/chemicals/process_safety_management.html)

[4] Process safety management, Standard- Based Approach  
<https://www.udemy.com/course/process-safety-management-standard-based-approach/learn/lecture/15902080#overview>.

[5] Guidelines for Risk Based Process Safety, 2007 • Guidelines for Performing Effective Pre-Startup Safety Reviews, 2007

[6] Center of chemical process safety (CCPS)-Guidelines for risk Based Process Safety-Wiley-AIChE (2007).

[7] ISO 9000 :2015, Système de management de la qualité – Principes essentiels et vocabulaire, Organisation internationale de normalisation (ISO), Genève, 2015.

[8] In process safety management PROCESS SAFETY MANAGEMENT A course book for the NEBOSH HSE Certificate.

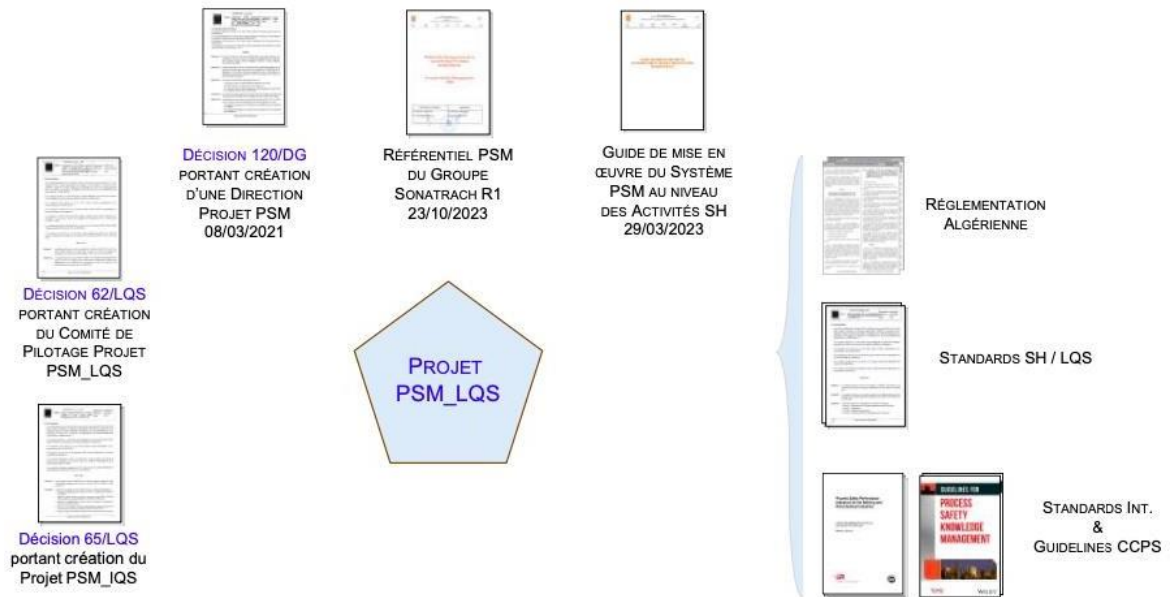
[9] Center for chemical process safety (CCPS)-Guidelines for Implementing Process Safety Management Systems-Wiley-AIChE (2016).

[10] CCPS (center of chemical process safety)-Guidelines for Process Hazard Analysis (PHA) Revalidations-Wiley-AICHE (2022).

[11] DNV. (2023). *PHAST User Manual – Version 8.23*. Det Norske Veritas (DNV), Norway.

## Annexes:

### Annexe 1: Projet PSM\_LQS



## Annexe 2: Reports simulation

### Consequence Summary Report

### Workspace: Phast Consequence

### Study: Study

### Summary Basis

These tables will only report global values set in the parameters. Values that are modified in the study tree will not be reported.

The report is context sensitive, and filters up to the study level. You will need to generate multiple summary reports if you have multiple studies in your workspace.

### Discharge Results (after atmospheric expansion)

Path	Scenario	Weather	Peak Flowrate [kg/s]	Temperature [degC]	Liquid mass fraction in material [fraction]	Droplet diameter [um]	Velocity [m/s]	End time of release [s]
Study\Atmospheric storage tank	Catastrophic rupture	Category 1.5/F		-162,038	1	10000	5,09559	
		Category 1.5/D		-162,038	1	10000	5,09559	
		Category 5/D		-162,038	1	10000	5,09559	
	Vent from vapour space	Category 1.5/F	48,3752	-162	0	0	0,10916	3600
		Category 1.5/D	48,3752	-162	0	0	0,10916	3600
		Category 5/D	48,3752	-162	0	0	0,10916	3600

## Dispersion Results

### Input dispersion parameters

Core averaging time	18,75	s
Flammable averaging time	18,75	s
Toxic averaging time	600	s
Height of interest	0	m

### Distance downwind to defined concentrations

The reported concentration of interest is defined at the scenario

Path	Scenario	Weather	Distance to UFL [m]	Distance to LFL [m]	Distance to LFL fraction [m]
Study\Atmospheric storage tank	Catastrophic rupture	Category 1.5/F	2965,66	5443,38	8287,37
		Category 1.5/D	2664,7	4512,85	7008,11
		Category 5/D	1231,55	2163,4	4218,04
	Vent from vapour space	Category 1.5/F	93,1623	242,705	532,593
		Category 1.5/D	67,5711	131,269	228,034

		Category 5/D	52,3505	122,379	202,812
	Spill	Category 1.5/F	2447,31	5193,62	8491,87
		Category 1.5/D	2523,87	4679,12	8160,45
		Category 5/D	1223,75	2161,98	4235

### Jet Fire Results

#### Distance downwind to defined radiation levels

The reported radiations are defined in the parameters

Path	Scenario	Weather	Flame length [m]	Distance downwind to intensity level 1 (4 kW/m <sup>2</sup> ) [m]	Distance downwind to intensity level 2 (12,5 kW/m <sup>2</sup> ) [m]	Distance downwind to intensity level 3 (37,5 kW/m <sup>2</sup> ) [m]
Study\Atmospheric storage tank	Vent from vapour space	Category 1.5/F	136,625	188,298	152,821	138,637
		Category 1.5/D	136,625	188,298	152,821	138,637
		Category 5/D	99,2034	151,954	122,277	100,515

### Early Pool Fire Results

#### Distance downwind to defined radiation levels

The reported radiations are defined in the parameters

## Late Pool Fire Results

### Distance downwind to defined radiation levels

The reported radiations are defined in the parameters

Path	Scenario	Weather	Pool diameter [m]	Distance downwind to intensity level 1 (4 kW/m <sup>2</sup> ) [m]	Distance downwind to intensity level 2 (12,5 kW/m <sup>2</sup> ) [m]	Distance downwind to intensity level 3 (37,5 kW/m <sup>2</sup> ) [m]
Study\Atmospheric storage tank	Catastrophic rupture	Category 1.5/F	1848,63	4126,66	2599,43	1568,7
		Category 1.5/D	1849,36	4128,22	2600,55	1569,52
		Category 5/D	1819,51	4169,86	2723,18	1747,39
	Spill	Category 1.5/F	1851,51	4118,42	2589,46	1557,55
		Category 1.5/D	1851,51	4118,42	2589,46	1557,55
		Category 5/D	1823,43	4166,92	2717,97	1740,58

## Flash Fire Results

### Distance downwind to defined concentrations

The reported LFL and LFL fraction are defined in the respective material property

Path	Scenario	Weather	Distance downwind to LFL [m]	Distance downwind to LFL Fraction [m]
Study\Atmospheric storage tank	Catastrophic rupture	Category 1.5/F	5443,38	8287,37
		Category 1.5/D	4512,85	7008,11
		Category 5/D	2163,4	4218,04
	Vent from vapour space	Category 1.5/F	242,705	532,593
		Category 1.5/D	131,269	228,034
		Category 5/D	122,379	202,812
	Spill	Category 1.5/F	5193,62	8491,87
		Category 1.5/D	4679,12	8160,45
		Category 5/D	2161,98	4235

### Maximum distance to LFL fraction at any height

Path	Scenario	Weather	Max flash fire distance [m]	Height of the max flash fire distance [m]	Time [s]
Study\Atmospheric storage tank	Catastrophic rupture	Category 1.5/F	8231	0	2809,28
		Category 1.5/D	6960,37	0	2541,67
		Category 5/D	4265,09	0	1201,79
	Vent from vapour space	Category 1.5/F	533,264	0	1800
		Category 1.5/D	226,319	0	3695,84
		Category 5/D	202,529	0	212,37

	Spill	Category 1.5/F	8428,45	0	2865,9
		Category 1.5/D	8114,48	0	3224,55
		Category 5/D	4287,06	0	1200,87

## Explosion Results

Explosion scenarios for worst-case maximum downwind distance to defined overpressures. These results are produced during the consequence run and depend on the precise setting of the scenario. These results may be quite different to the explosion results calculated during the risk or effects modelling as these will depend on the obstructed regions defined on the map.

The reported overpressures are defined in the explosion parameters

Path	Scenario	Weather	Overpressure level [bar]	Maximum distance [m]	Diameter [m]	
Study\Atmospheric storage tank	Catastrophic rupture	Category 1.5/F	0,02068	12805,1	18190,3	
			0,1379	8531,26	682,522	
			0,2068	8448,92	457,85	
			Category 1.5/D	0,02068	15238,2	20596,5
				0,1379	7886,83	2913,67
				0,2068	7538,75	2057,49
			Category 5/D	0,02068	12507,7	17455,4
				0,1379	5684,15	3008,29
				0,2068	5307,75	2255,5
	Vent from vapour space	Category 1.5/F	0,02068	1066,77	1073,55	
			0,1379	634,326	208,651	
			0,2068	608,219	156,439	
			Category 1.5/D	0,02068	637,895	835,79
				0,1379	301,221	162,441
				0,2068	280,896	121,792
		Category 5/D	0,02068	553,341	706,681	
			0,1379	268,674	137,348	
			0,2068	251,489	102,978	
	Spill	Category 1.5/F	0,02068	13097,6	19035,3	
			0,1379	8335,93	111,868	
			0,2068	8324,06	68,1133	
			Category 1.5/D	0,02068	13858,4	20276,7
				0,1379	8014,42	708,833
				0,2068	7930,56	461,116
			Category 5/D	0,02068	12602,4	17544,8
				0,1379	5719,55	3239,09
				0,2068	5314,36	2408,72

### Supplementary data for worst-case explosion scenarios

Path	Scenario	Weather	Overpressure level [bar]	Explosion flammable mass [kg]	Ignition time [s]	Ignition source [m]	Cloud centre [m]	Explosion centre [m]	
Study\Atmospheric storage tank	Catastrophic rupture	Category 1.5/F	0,02068	8,30557E+06	917,31	3710	1158,2	3710	
			0,1379	59758,9	1	8190	5	8190	
			0,2068	42800,8	2726,4	8220	100,77	8220	
					4		6		
					2786,9		93,667		
					9		2		
		Category 1.5/D	0,02068	1,20567E+07	1488,3	4940	1483,5	4940	
			0,1379		9	6430	3	6430	
			0,2068	4,64913E+06	2125,3	6510	1502,4	6510	
				3,88416E+06	2169,5		1449,0		
							5		
		Category 5/D	0,02068	7,33904E+06	933,29	3780	992,14	3780	
			0,1379	06	1083,2	4180	6	4180	
			0,2068	5,11696E+06	9	4180	1041,5	4180	
				06	1083,2		1041,5		
				5,11696E+06	9				
				06					
	Vent from vapour space	Category 1.5/F	0,02068	1707,32	1772,8	530	113,18	530	
				0,1379	1707,32	1772,8	530	9	530
				0,2068	1707,32	1772,8	530	113,18	530
							9		
							113,18		
							9		
		Category 1.5/D	0,02068	805,643	399,60	220	70,878	220	
			0,1379	805,643	2	220	9	220	
			0,2068	805,643	399,60	220	70,878	220	
					2		9		
					399,60		70,878		
					2		9		
		Category 5/D	0,02068	486,992	71,431	200	59,278	200	
			0,1379	486,992	7	200	5	200	
			0,2068	486,992	71,431	200	59,278	200	
					7		5		
					71,431		59,278		
					7		5		
	Spill	Category 1.5/F	0,02068	9,51763E+06	735,14	3580	377,06	3580	
				0,1379	06	8	8280	8	8280
				0,2068	263,13	2714,6	8290	5302,5	8290
				140,922	8		6		

---

					2719,6		5313,1	
					4		8	
		Categor	0,02068	1,15039E+	735,88	3720	639,11	3720
		y 1.5/D	0,1379	07	2644,7	7660	1	7660
			0,2068	66939,7	2672,6	7700	3845,4	7700
				43723,2	7		7	
							3887,2	
							5	
		Categor	0,02068	7,45236E+	922,91	3830	985,66	3830
		y 5/D	0,1379	06	2	4100	6	4100
			0,2068	6,38739E+	1019,1	4110	1013,0	4110
				06	1		3	
				6,23224E+	1026,0		1015,0	
				06	8		3	

