

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ 20 AOÛT 1955 SKIKDA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DÉPARTEMENT DE GÉNIE DES PROCÉDÉS



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Hygiène et sécurité industrielle

Spécialité : Sécurité des procédés industriels et maîtrise des risques

*Analyse et évaluation des risques liés au bac de stockage du toluène
par la méthode HAZOP et simulation des effets du scénario majeur par
le logiciel ALOHA*

Soutenu le 25 juin 2023

Réalisé par :

- ❖ Anis boumaza
- ❖ Chemse Eddine Lamri
- ❖ Taher boulahdid

Encadré par :

M. Hallaci Ibtissem

Année Universitaire 2022- 2023

Remerciements

Avant tout je tiens à remercier ALLAH tout puissant de nous avoir donné cette foi et cette confiance en soi, ainsi que cette volonté et ce courage, pour pouvoir nous voir un jour devant un jury, afin d'obtenir un tel diplôme. Je remercie encore tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, par leurs encouragements, leurs conseils et leurs critiques. Que Madame **HALLACI IBTISSEM**, docteur à l'université DE Skikda, trouve ici mes sincères remerciements pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de diriger ce travail, surtout pour la confiance et la compréhension qu'il a toujours manifestée envers moi, et de même que pour toute l'aide et ses précieux conseils qu'il n'a guère cessé de me prodiguer tout au long de mes travaux. Je le prie d'accepter ma profonde gratitude. Je remercie les membres de jury, pour apporter une attention particulière à mon travail. Enfin, je tiens à exprimer mes remerciements à tous les professeurs de Sécurité des procédés industriels et maîtrise des risques.

Dédicace

Nous dédions ce modeste travail avant tout
aux personnes les plus chères au monde : nos
chère mères et nos pères et nos frères et a
tous mes amis pour leurs soutien

À toutes nos familles pour leurs soutiens tout
au long de notre parcours Universitaire,

A tous nos enseignants et nos collègues de
notre promotion

Boumaza anis, lamri chemse eddine et boulahdid taher

Résumé

L'objectif principal de ce travail est l'utilisation de la méthode HAZOP pour l'analyse des risques liés au stockage de toluène qui représente un secteur stratégique dans l'industrie pétrolière, et logiciel de simulation ALOHA permet de modéliser les émissions de produits chimiques, leur dispersion atmosphérique et d'estimer les conséquences potentielles sur les populations et l'environnement.

Cette étude nous a permis de déceler les différents risques et proposer des recommandations pour minimiser et maîtriser les risques existants.

Mots clés : analyse des risques, stockage de toluène, la méthode HAZOP, logiciel ALOHA.

Abstract

The main objective of this work is the use of the HAZOP method for the analysis of risks related to the storage of toluene which represents a strategic sector in the petroleum industry, and simulation software ALOHA allows to model chemical emissions, their atmospheric dispersion, and to estimate potential impacts on populations and the environment.

This study allowed us to detect the risks and propose recommendations to minimize and control existing risks.

Keywords: risk analysis, toluene storage; HAZOP method, ALOHA software.

ملخص

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو استخدام طريقة HAZOP لتحليل المخاطر المتعلقة بتخزين تoluène الذي يمثل قطاعاً استراتيجياً في صناعة النفط، ويسمح برنامج المحاكاة ALOHA بنمذجة الانبعاثات الكيميائية، وتشتتها في الغلاف الجوي، وتأثير الأثار المحتملة على السكان والبيئة.

سمحت لنا هذه الدراسة باكتشاف مختلف المخاطر واقتراح توصيات من أجل التخفيف من هذه المخاطر و التحكم فيها.

الكلمات المفتاحية : تحليل المخاطر، تخزين تoluène، طريقة HAZOP، برنامج ALOHA.

Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
Sommaire	
Résumé	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste d'abréviation	
Introduction général.....	1
Chapitre I : Analyse et gestion de risque	
Introduction.....	2
I.1. Notion de base.....	2
I.1.1. Notion du danger.....	2
I.1.2. Notion du risque.....	2
I.1.3. Risque industrielle.....	2
I.1.4. Evénement dangereux.....	2
I.1.5. Situation dangereuse.....	2
I.1.6. Dommage.....	3
I.1.7. Accident.....	3
I.1.8. Incident.....	3
I.2. Analyse des risques.....	3
I.2.1. Évaluation du risque.....	4
I.2.2. Réduction du risque.....	4
I.3. Les méthodes d'analyse des risques.....	5
I.3.1. Méthode quantitative.....	5
I.3.1.1. Analyse par arbres des défaillances (AdD).....	5
I.3.1.1.1. Principe.....	5
I.3.1.1.2. Déroulement.....	5
I.3.1.1.2.1. Définition de l'événement redouté étudié.....	5
I.3.1.1.2.2. Élaboration de l'arbre.....	6
I.3.1.1.2.3. Exploitation de l'arbre.....	6
I.3.1.2. Analyse par arbres d'évènements (AdE).....	7
I.3.1.2.1. Principe.....	7
I.3.1.2.2. Déroulement.....	7
I.3.1.2.2.1. Définition de l'évènement initiateur.....	7
I.3.1.2.2.2. Identification des fonctions de sécurités.....	7
I.3.1.2.2.3. Construction de l'arbre.....	8
I.3.1.2.2.4. Exploitation de l'arbre.....	8
I.3.2. Méthode qualitative.....	9
I.3.2.1. Analyse Préliminaire des Risques (APR).....	9
I.3.2.1.1. Principe.....	9
I.3.2.1.2. Déroulement.....	9
I.3.2.2. Méthode HAZOP.....	10
I.3.2.2.1. Définition.....	10
I.3.2.2.2. Déroulement.....	10
I.3.2.2.2.1. Phase préparatoire.....	10
I.3.2.2.2.2 Générer les dérives potentielles.....	10
I.3.2.2.2.3 Identifier les causes et les conséquences potentielles.....	11
I.3.2.2.2.4. Identifier les moyens de détection et de prévention.....	11

Sommaire

I.3.2.2.2.5. Emettre des recommandations.....	11
I.3.2.2.2.6. Rechercher les dérives jusqu'à épuisement des risques.....	11
I.3.2.2.3. Limites de l'HAZOP.....	13
I.3.2.2.4. Avenages de l'HAZOP.....	13
I.3.2.3. Matrice de criticité.....	13
I.3.3. Méthode semi-quantitative.....	15
I.3.3.1. Analyse des couches de protection (LOPA).....	15
I.3.3.2. Graphe de risque étalonné.....	16
Conclusion.....	16

Chapitre II : Le stockage des hydrocarbures

Introduction.....	17
II. 1. Généralité sur le stockage.....	17
II. 1.1. Rôle du stockage.....	17
II. 1.2. Classification des produits pétroliers stockés.....	18
II.1.2.1. Types de stockage suivant les catégories de produit.....	18
II.1.2.1.1. Stockage de produit catégorie A-1.....	18
II.1.2.1.2. Stockage de produit catégorie A-2.....	18
II.1.2.1.3. Stockage de produit catégorie B.....	18
II.1.2.1.4. Stockage de produit catégorie C.....	19
II.1.2.1.5. Stockage de produit catégorie D.....	19
II. 1.2.2. Volatilité des produits stockés.....	20
II.1.3. Type des réservoirs de stockage.....	20
II.1.3.1. Stockage sous pression.....	20
II.1.3.1.1. Réservoirs avec fond sphérique.....	20
II.1.3.1.2. Le sphéroïde.....	21
II.1.3.1.3. Ballons cylindriques horizontaux (cigare).....	22
II.1.3.1.4. Sphères.....	22
II.1.3.2. Stockage atmosphérique.....	23
II.1.3.2.1. Les bacs à toit flottant.....	23
II.1.3.2.2. Les bacs à toit fixe à écrans flottants.....	25
II.1.3.2.3. Bac à toit fixe.....	26
II.2. Définition de toluène.....	30
II.2.1. Propriétés physico-chimique.....	31
II.2.2. Origines et Procèdes de production.....	32
II.2.3. Classification et étiquetage.....	33
II.2.4. Secteurs d'utilisation.....	34
Conclusion.....	35

Chapitre III : Présentation de la raffinerie de Skikda

Introduction.....	37
III.1. Localisation géographique.....	37
III.2. Principales Installations.....	38
III.2.1. TOPPING U 10/11.....	39
III.2.2. Magnaforming-platforming U 100 et 103.....	39
III.2.3. GPL U 30/31 et 104.....	39
III.2.4. Extraction des aromatiques U 200.....	39
III.2.5. Cristallisation du paraxylène U 400.....	40
III.2.6. Production et conditionnement bitumes U 70.....	40
III.2.7. Unité de stockage, mélange et expédition U 600.....	40
III.3. Principaux risques en raffinerie.....	41

Sommaire

Conclusion	41
------------------	----

Chapitre IV: Application de la méthode HAZOP sur le bac de stockage du toluène S19

Introduction	42
IV.1. description de la méthode HAZOP.....	42
IV.1.1. Historique de domaine d'application.....	42
IV.1.2. Principe.....	42
IV.1.2.1. Définition des mots-clés.....	44
IV.1.2.2. Définition des paramètres.....	44
IV.1.2.3. Cause et conséquence de la dérive.....	45
IV.1.2.4. Moyen de détection sécurité existantes et propositions.....	46
IV.2. Description du système étudié le Bac de stockage S19.....	46
IV.2.1. Sous-système 1 : le bac et ces accessoires.....	49
IV.2.2. Sous-système 2 : remplissage du bac.....	49
IV.2.3. Sous-système 3 : Expédition de toluène	49
IV.3. Echelles de cotation des risques.....	49
IV.4. Barrières de sécurité appliquée au système (Bac S19).....	51
IV.4.1. Mesures de prévention.....	51
IV.4.2. Mesures de protection.....	52
IV.5. L'application de l'HAZOP sur le bac de stockage S19.....	52
IV.6. Recommandation	60
IV.7. Présentation de logiciel ALOHA	61
IV.7.1. généralité	61
IV.7.2. Domaine de fonctionnement d'ALOHA.....	61
IV.7.3. Limites de l'ALOHA.....	62
IV.7.4. Modélisation des conséquences par le logiciel ALOHA.....	63
IV.8. Affichage des cartographies par le logiciel MARPLOT.....	73
IV.9. Comparaison entre les deux scénarios.....	75
IV.10. Recommandation	76
Conclusion	76
Bibliographie	

Liste des figures

Chapitre I : Analyse et gestion de risque

I.1. Apparition du dommage.....	3
I.2. Exemple d'arbre des défaillances.....	6
I.3.Exemple d'arbre d'évènements.....	8
I.4. les étapes de déroulement de L`HAZOP.....	12

Chapitre II : Le stockage des hydrocarbures

II.1.Réservoirs avec fond sphérique.....	21
II.2. Sphéroïde.....	21
II.3.Ballons cylindriques horizontaux (cigare).....	22
II.4. sphère.....	23
II.5. Bac à toit flottant.....	24
II.6. Bac à toit fixe avec écran flottant.....	25
II.7.Exemple de fondation de bac.....	26
II.8. Epaisseurs de viroles des bacs de stockage.....	27
II.9. Ceinture de renforcement.....	27
II.10. Bac de stockage a toit fixe.....	29
II.11. Les moyens fixe de lute contre l'incendie d'un bac a toit fixe.....	30
II.12. Structure et représentations du toluène.....	31

Chapitre III : Présentation de la raffinerie de Skikda

III.1. Vue par satellite (NASA) de la raffinerie de Skikda.....	37
---	----

Chapitre IV: Application de la méthode HAZOP sur le bac de stockage S19

IV.1.le bac de stockage S19.....	47
IV.2. schéma PID de bac de stockage S19 au niveau de l'unité MELEX.....	48
IV.3. Matrice de risques SONATRACH DP.....	50
IV.4. Echelle de gravité.....	50
IV.5. Echelle de d'occurrence.....	51
IV.6. Niveaux de risques.....	51
IV.7. Fenêtre d'application pour les coordonnées du lieu.....	63
IV.8. Choix De la date.....	63
IV.9. Fenêtre d'application pour la substance étudiée.....	64
IV.10. Fenêtre d'application pour les conditions atmosphériques.....	64
IV.11. Deuxième fenêtre d'application pour les conditions atmosphériques.....	65
IV.12.fenêtre d'application pour les dimensions de bac de stockage.....	65
IV.13.Le choix de l'état du toluène.....	66
IV.14. fenêtre d'application pour la masse et le volume de toluène dans le bac S19..	66
IV.15. Les différents types de risque évalués par ALOHA.....	67
IV16. Choix du diamètre de la fuite.....	67
IV.17. Choix de la hauteur de la fuite.....	68
IV18. Les zones d'impact.....	68
IV.19. Les zones menacées par les effets thermiques.....	69
IV.20. les changements de radiation thermique avec le temps.....	70
IV.21. Les différents types de risque évalués par ALOHA.....	70
IV.22. le paramètre de flaque.....	71
IV.23. représentent les trois zones dispersion des polluants.....	71

Liste des figures

IV.24. Les zones d'impact de la dispersion des polluants.....	72
IV.25. zone de traitement toxique.....	72
IV.26. Une modélisation par le logiciel ALOHA, zone parcelle affichés sur une carte MARPLOT de Zones toxiques suite à la dispersion des polluants.....	73
IV.27. Une modélisation par le logiciel ALOHA, zone parcelle affichés sur une carte MARPLOT de Les zones menacées par les effets thermiques.....	74

Liste des tableaux

Chapitre I : Analyse et gestion de risque	
I.1. Exemple de tableau « APR ».....	9
I.2. Exemple de matrice de criticité	14
Chapitre II : Le stockage des hydrocarbures	
II.1. les modes et les types de stockage des produits.....	19
II.2. Propriétés physico-chimique de toluène	32
II.3. Informations relatives à la classification et à l'étiquetage et à l'emballage du toluène.....	34
II.4. Signification des codes de danger et des Informations additionnelles.....	34
II.5. Répartition des principales applications du toluène commercial.....	35
II.6. Utilisations industrielles du toluène commercial en Europe.....	35
Chapitre IV: Application de la méthode HAZOP sur le bac de stockage S19	
IV.1. Exemples des mots-clés pour l'HAZOP (norme CEI : 61882).....	44
IV.2. Caractéristiques du bac de stockage du toluène S19.....	46
IV.3. L'application de l'HAZOP sur le bac de stockage S19.....	59
IV.4. La Comparaison entre les deux scénarios.....	75

Liste des abréviations

Add : un arbre de défaillance.

AdE : un arbre d'évènements.

APR : Analyses préliminaires des risques.

C : Carbone.

C.T.E : Centrale Thermique Electrique.

GPL : gaz de pétrole liquéfié.

H : Hydrocarbures.

HAZOP : hazard and operability study.

LOPA : Layers of Protection Analysis.

PVC : Polychlorure de vinyle.

RA1/K : complexe de raffinerie de pétrole de SKIKDA.

SIS : Safety Instrumented System.

UTE : l'Unité de Transport et Expédition.

U10/11 TOPPING : Unité de distillation atmosphérique.

U 101/103 : L'unité de prétraitement et de reforming catalytique.

U 104 : l'unité de traitement et séparation des gaz.

Introduction générale

L'analyse et l'évaluation des risques occupent une place centrale dans l'industrie, car elles permettent d'identifier, de comprendre et de gérer les risques liés aux activités industrielles. Dans un environnement industriel complexe et dynamique, il est essentiel de prendre des mesures préventives pour prévenir les accidents, les incidents et les perturbations qui pourraient avoir un impact négatif sur la sécurité des travailleurs, la protection de l'environnement, la continuité des opérations et la réputation de l'entreprise [1].

On a fait une étude au sein de la raffinerie de Skikda (RAIK) qui concerne l'application de la méthode HAZOP et du logiciel ALOHA vise à améliorer la gestion des risques, à renforcer la sécurité des installations industrielles et à protéger les personnes, l'environnement et les actifs. Ces outils complémentaires permettent d'identifier les dangers potentiels, de quantifier les risques, de proposer des mesures de prévention et de mitigation, et de mieux se préparer aux situations d'urgence. Ils contribuent à une approche proactive de la sécurité et à une meilleure prise de décision dans la gestion des risques industriels [1].

Selon cette introduction, le mémoire est divisé en deux grandes parties, l'une théorique et l'autre pratique.

Le premier chapitre nous présentons des notions de base et des méthodes d'analyse de risque pour évaluation et la gestion de risque.

Le deuxième chapitre nous présentons les types de bac de stockage, le stockage de toluène et leurs utilisations.

Le troisième chapitre : nous réservons pour la présentation du complexe RAIK de la raffinerie de Skikda.

Pour la partie pratique, l'objet du quatrième chapitre est de faire l'application de la méthode HAZOP sur le bac de stockage de toluène et une partie de simulation par le logiciel ALOHA et MARPLOT.

Notre travail sera clôturé par la formulation de recommandations permettant de garantir un niveau de risques acceptables.

Chapitre I

Analyse et gestion de

Risque

Introduction

La gestion des risques est un processus itératif conçu pour identifier, analyser et minimiser ou maintenir les risques dans des limites acceptables. L'analyse des risques est une étape critique du processus de gestion des risques.

I.1. Notion de base

I.1.1. Danger

Le danger est une propriété intrinsèque d'une substance dangereuse ou d'une situation physique de pouvoir provoquer des dommages pour la santé humaine et/ou l'environnement. [2]

I.1.2. Risque

Le risque est considéré comme la possibilité de survenance d'un dommage résultant d'une exposition aux effets d'un phénomène dangereux. C'est une espérance mathématique de pertes en vies humaines, blessés, dommages aux biens et atteinte à l'activité économique au cours d'une période de référence et dans une région donnée. [3]

I.1.3. Risque industrielle

Les risques industriels peuvent être définis comme des situations dangereuses rencontrées dans les activités dites industrielles, dans les usines de production et leurs annexes comme les locaux de stockage des matières premières et des produits finis, les laboratoires de recherche, de mise au point et de contrôle. [4]

I.1.4. Événement dangereux

Événement susceptible de causer un dommage. [5]

I.1.5. Situation dangereuse

Situation dans laquelle une personne est exposée à au moins un phénomène dangereux. [5]

I.1.6. Dommage

Blessure physique ou atteinte à la santé. [5]

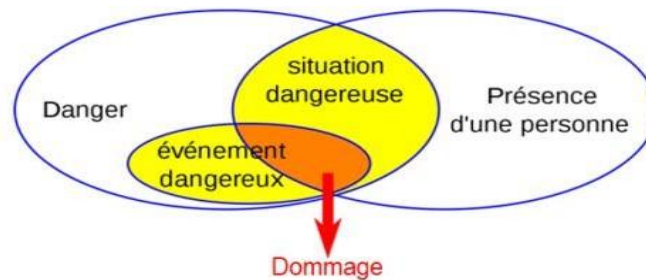


Figure I .1 : Apparition du dommage.

I.1.7 Accident

Événement non désiré causant la mort ou des dommages sur la santé et l'environnement. [6]

I.1.8 Incident

Événement non désiré pouvant conduire à une détérioration de la santé. [6]

I.2. Analyse des risques

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

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

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

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

L'estimation du risque implique la détermination :

- d'un niveau de probabilité que le dommage survienne ;
- d'un niveau de gravité de ce dommage.

Il peut aussi être exprimé en termes de :

- niveau de probabilité qu'un phénomène dangereux se produise,
- niveau d'intensité du phénomène en question,
- présence d'enjeux ou éléments vulnérables exposés,
- vulnérabilité des enjeux.

L'estimation de ces grandeurs peut être qualitative, quantitative ou semi- quantitative, suivant le contexte, les exigences des décideurs et les outils et données disponibles [7].

I.2.1. Évaluation du risque

Dans les diverses normes présentées plus haut, l'évaluation du risque désigne l'étape de comparaison du risque estimé à des critères de décision face au risque. La plupart du temps, il s'agit de décider si le risque est acceptable ou s'il doit faire l'objet de mesures supplémentaires de maîtrise. La définition de critères d'acceptabilité du risque est réalisée en amont ou en parallèle au processus d'analyse de risque. Elle implique des acteurs différents : les décideurs, de préférence en concertation avec les parties intéressées.

La définition de critères d'acceptabilité du risque ou, plus généralement de critères de décision, est une étape clé dans le processus de gestion du risque dans la mesure où elle va motiver la nécessité de considérer de nouvelles mesures de réduction du risque et rétroactivement, influencer les façons de mener l'analyse et l'évaluation des risques.

Cette étape cruciale est bien souvent délicate. Il est entendu que ces critères sont fonction du contexte de l'établissement concerné et des objectifs poursuivis dans la gestion des risques [7].

I.2.2. Réduction du risque

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

De telles mesures doivent être envisagées dès lors que le risque considéré est juré inacceptable [8].

I.3. Les méthodes d'analyse des risques

Les méthodes et les outils classiques de la Sdf ont apporté, dans une démarche qualité d'amélioration continue, la prise en compte des risques (probabilité des dysfonctionnements, gravité selon des indicateurs reflétant les priorités de l'entreprise), exhaustivité et précision de l'analyse, exploitation méthodique des expériences de tous les intervenants (retour d'expérience), facilité d'implication dans la démarche des techniciens à qui ces méthodes sont familières. La figure ci dessous synthétise les différentes méthodes d'analyse des risques [9].

I.3.1. Méthode quantitative

I.3.1.1. Analyse par arbres des défaillances (AdD)

I.3.1.1.1. principe

L'analyse par arbre de défaillances est une méthode de type déductif. En effet, il s'agit, à partir d'un événement redouté défini a priori, de déterminer les enchaînements d'évènements ou combinaisons d'évènements pouvant finalement conduire à cet événement. Cette analyse permet de remonter de causes en causes jusqu'aux évènements de base susceptibles d'être à l'origine de l'événement redouté.

Les liens entre les différents évènements identifiés sont réalisés grâce à des portes logiques (de type « ET » et « OU »). Cette méthode utilise une symbolique graphique particulière qui permet de représenter les résultats dans une structure arborescente.

I.3.1.1.2. Déroulement

L'analyse par arbre des défaillances d'un événement redouté peut se décomposer en trois étapes successives :

- Définition de l'événement redouté étudié,
- Élaboration de l'arbre,
- Exploitation de l'arbre.

I.3.1.1.2.1 Définition de l'événement redouté étudié

La définition de l'événement final, qui fera l'objet de l'analyse, est une étape cruciale pour la construction de l'arbre. On conçoit que plus cet événement est défini de manière précise, plus simple sera l'élaboration de l'arbre des défaillances.

I.3.1.1.2.2 Élaboration de l'arbre

La construction de l'arbre des défaillances vise à déterminer les enchaînements d'évènements pouvant conduire à l'évènement final retenu. Cette analyse se termine lorsque toutes les causes potentielles correspondent à des évènements élémentaires [10].

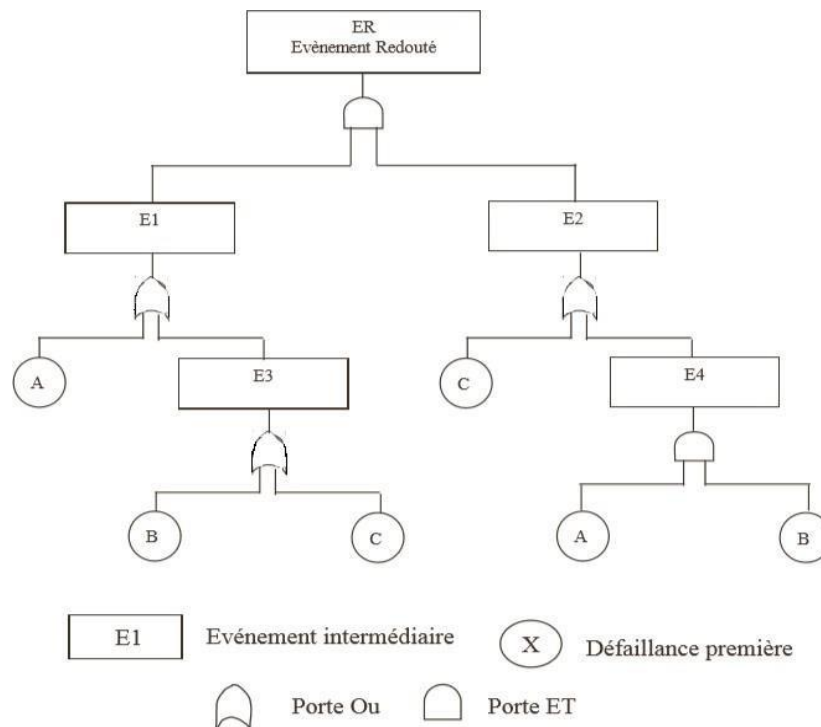


Figure I.2 : Exemple d'arbre des défaillances

I.3.1.1.2.3 Exploitation de l'arbre

Cette exploitation de l'arbre des défaillances peut être réalisée de manière qualitative et quantitative. Elle nécessite au préalable de traiter les résultats fournis au cours de la construction de l'arbre. Dans l'exemple précédent (Figure), les événements A, B et C apparaissent plusieurs fois dans l'arbre : il n'y a donc pas indépendance des événements de base. Ainsi, il est indispensable d'éliminer ces fausses redondances préalablement à l'exploitation de cet arbre.

L'élimination des fausses redondances fait appel aux notions de coupes minimales et de réduction d'arbres.

I.3.1.2. Analyse par arbres d'évènements (AdE)

I.3.1.2.1. Principe

L'analyse par arbre des défaillances vise à déterminer, dans une démarche déductive, les causes d'un événement indésirable ou redouté retenu a priori. A l'inverse, l'analyse par arbre d'évènements suppose la défaillance d'un composant ou d'une partie du système et s'attache à déterminer les évènements qui en découlent.

A partir d'un événement initiateur ou d'une défaillance d'origine, l'analyse par arbre d'évènements permet donc d'estimer la dérive du système en envisageant de manière systématique le fonctionnement ou la défaillance des dispositifs de détection, d'alarme, de prévention, de protection ou d'intervention...

I.3.1.2.2. Déroulement

La démarche généralement retenue pour réaliser une analyse par arbre d'évènements est la suivante :

- Définir l'événement initiateur à considérer,
- Identifier les fonctions de sécurité prévues pour y faire face,
- Construire l'arbre,
- Décrire et exploiter les séquences d'évènements identifiées.

I.3.1.2.2.1 Définition de l'évènement initiateur

Il s'agit d'une étape importante pour l'analyse par arbre d'évènements. Etant donné qu'il s'agit d'une approche qui peut vite se révéler lourde à mener, il est généralement bon de sélectionner un événement initiateur qui peut effectivement conduire à une situation critique. Ceci suppose donc de connaître, au moins de manière partielle, les principaux risques associés à l'installation considérée.

I.3.1.2.2.2 Identification des fonctions de sécurités

Les fonctions de sécurité doivent être assurées par des barrières en réponse à l'événement initiateur. Elles ont en général pour objectif d'empêcher que l'événement initiateur soit à l'origine d'un accident majeur.

Elles se déclinent le plus souvent en :

- Fonctions de détection de l'événement initiateur,
- Fonctions d'alarme signifiant l'occurrence de l'événement initiateur,
- Fonctions de limitation visant à empêcher que l'événement initiateur ne perdure dans le temps,
- Fonction d'atténuation s'attachant à réduire les effets de l'événement initiateur.

I.3.1.2.2.3 Construction de l'arbre

La construction de l'arbre consiste alors, à partir de l'événement indésirable, à envisager soit le bon fonctionnement soit la défaillance de la première fonction de sécurité. L'événement initiateur est représenté schématiquement par un trait horizontal. Le moment où doit survenir la première fonction de sécurité est représentée par un nœud. La branche supérieure correspond généralement au succès de la fonction de sécurité, la branche inférieure à la défaillance de cette fonction.

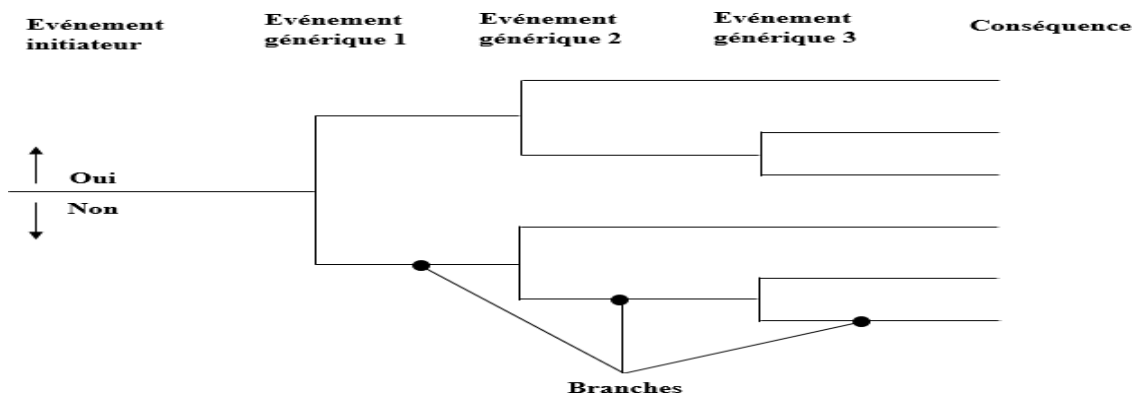


Figure I. 3 : Exemple d'arbre d'évènements

I.3.1.2.2.4 Exploitation de l'arbre

La réalisation d'un arbre d'évènements permet en définitive de déterminer la probabilité d'occurrences des différentes conséquences à partir des séquences identifiées.

La probabilité d'occurrence d'une conséquence suite à une séquence particulière peut alors être estimée, pour des événements indépendants, comme le produit de la probabilité d'occurrence de l'événement initiateur et de la probabilité de défaillance ou de fonctionnement selon le cheminement des événements intermédiaires [10].

I.3.2. Méthode qualitative

I.3.2.1. Analyse Préliminaire des Risques (APR)

L'Analyse Préliminaire des Risques (APR) est une méthode d'usage très général couramment utilisée pour l'identification des risques au stade préliminaire de la conception d'une installation ou d'un projet. En conséquence, cette méthode ne nécessite généralement pas une connaissance approfondie et détaillée de l'installation étudiée.

I.3.2.1.1. Principe

L'Analyse Préliminaire des Risques nécessite dans un premier temps d'identifier les éléments dangereux de l'installation. Ces éléments dangereux désignent le plus souvent :

- Des substances ou préparations dangereuses, que ce soit sous forme de matières premières, de produits finis ...,
- Des équipements dangereux comme, par exemple, des stockages, zones de réception-expédition, réacteurs, chaudière...
- Des opérations dangereuses associées au procédé.

Le groupe de travail doit alors déterminer les causes et les conséquences de chacune des situations de danger identifiées puis identifier les sécurités existantes sur le système étudié. Si ces dernières sont jugées insuffisantes vis-à-vis du niveau de risque identifié dans la grille de criticité, des propositions d'amélioration doivent alors être envisagées.

I.3.2.1.2. Déroulement

L'utilisation d'un tableau de synthèse constitue un support pratique pour mener la réflexion et résumer les résultats de l'analyse [10].

Tableau I.1 : Exemple de tableau « APR ».

Fonction ou système :						Date :	
1	2	3	4	5	6	7	8
N°	Produit ou équipement	Situation de danger	Causes	Conséquence	Sécurité existante	Proposition d'amélioration	Observation

I.3.2.2. Méthode HAZOP

I.3.2.2.1 Définition

HAZOP est une méthode prépondérante dans l'analyse de la sécurité des industries de procédés (chimique, pharmaceutique, pétrolière..). Elle est presque indispensable pour l'examen de systèmes dont la sécurité de l'installation dépend en grande partie de la maîtrise des conditions opératoires (débit, pression, température...). La méthode HAZOP permet d'améliorer le processus lui-même, indépendamment des risques [10].

I.3.2.2.2 Déroulement

I.3.2.2.2.1 Phase préparatoire

L'entreprise doit évaluer la nécessité et la pertinence de recourir à l'HAZOP, puis délimiter son périmètre d'application. Le système sera divisé en sous-systèmes appelés " nœuds", l'installation examinée sera appelée "ligne" ou "maille".

L'équipe de travail constituée doit être pluridisciplinaire et doit parfaitement connaître et maîtriser le nœud et ses lignes/maillages. Elle délimitera les contours du sujet et en dégagera les objectifs [11].

I.3.2.2.2.2 Générer les dérives potentielles

Afin de générer efficacement des dérives potentielles, la méthode HAZOP prévoit d'associer des mots-clés qui seront représentatifs des types de déviation possible du système, sous la forme de propositions conditionnelles, à tous les paramétrés pouvant interagir sur la sécurité du système.

L'équipe de travail sélectionne un paramètre de fonctionnement de l'exploitation (ex. la température, le temps, la pression, le débit, ...) et choisit un mot-clé définissant une déviation. C'est la combinaison du mot-clé et du paramètre qui constitue la dérive.

Par exemple : Le paramètre " Pression ", associé au mot-clé de déviance "Supérieur à" et une valeur limite, exprime un risque d'une surpression. L'équipe fixe la liste des dérives plausibles, issues de combinaisons paramétrées mots-clés, pour déclencher l'analyse des causes et des conséquences potentielles [12].

I.3.2.2.2.3 Identifier les causes et les conséquences potentielles

Le groupe de travail, une fois la dérive envisagée, doit identifier les causes de cette dérive, puis les conséquences potentielles de cette dérive. En pratique, il peut être difficile d'affecter à chaque mot-clé (et dérive) une portion bien délimitée du système et en conséquence l'examen des causes potentielles peut s'avérer, dans certains cas, complexe. Afin de faciliter cette identification, il est utile de se référer à des listes guides [12].

I.3.2.2.2.4 Identifier les moyens de détection et de prévention

L'HAZOP prévoit d'identifier, pour chaque dérive, les moyens accordés à sa détection et les barrières de sécurité prévues, pour en réduire l'occurrence ou les effets. Si les mesures mises en place paraissent insuffisantes, au regard du risque encouru, le groupe de travail peut proposer des améliorations en vue de pallier à ces problèmes ou du moins définir des actions à engager, pour améliorer la sécurité quant à ces points précis [12].

I.3.2.2.2.5 Emettre des recommandations

L'équipe de travail émet des recommandations d'actions correctives à mettre en œuvre, en cas d'apparition de la dérive ou des recommandations d'actions d'amélioration à mettre en place sur les outils et/ou méthodes de prévention déjà existants [12].

I.3.2.2.2.6 Rechercher les dérives jusqu'à épuisement des risques

L'équipé de travail génère toutes les dérives crédibles possibles de la ligne/maille jusqu'à épuisement des risques, identifie les causes, conséquences, moyens de détection et de prévention de chaque dérive et émet ses recommandations.

L'équipé de travail procède ainsi pour chaque ligne/maille de chaque nœud identifié et afin de faciliter la lecture et l'enregistrement des informations, les résultats de cette analyse sont généralement repris sous la forme d'un tableau [12].

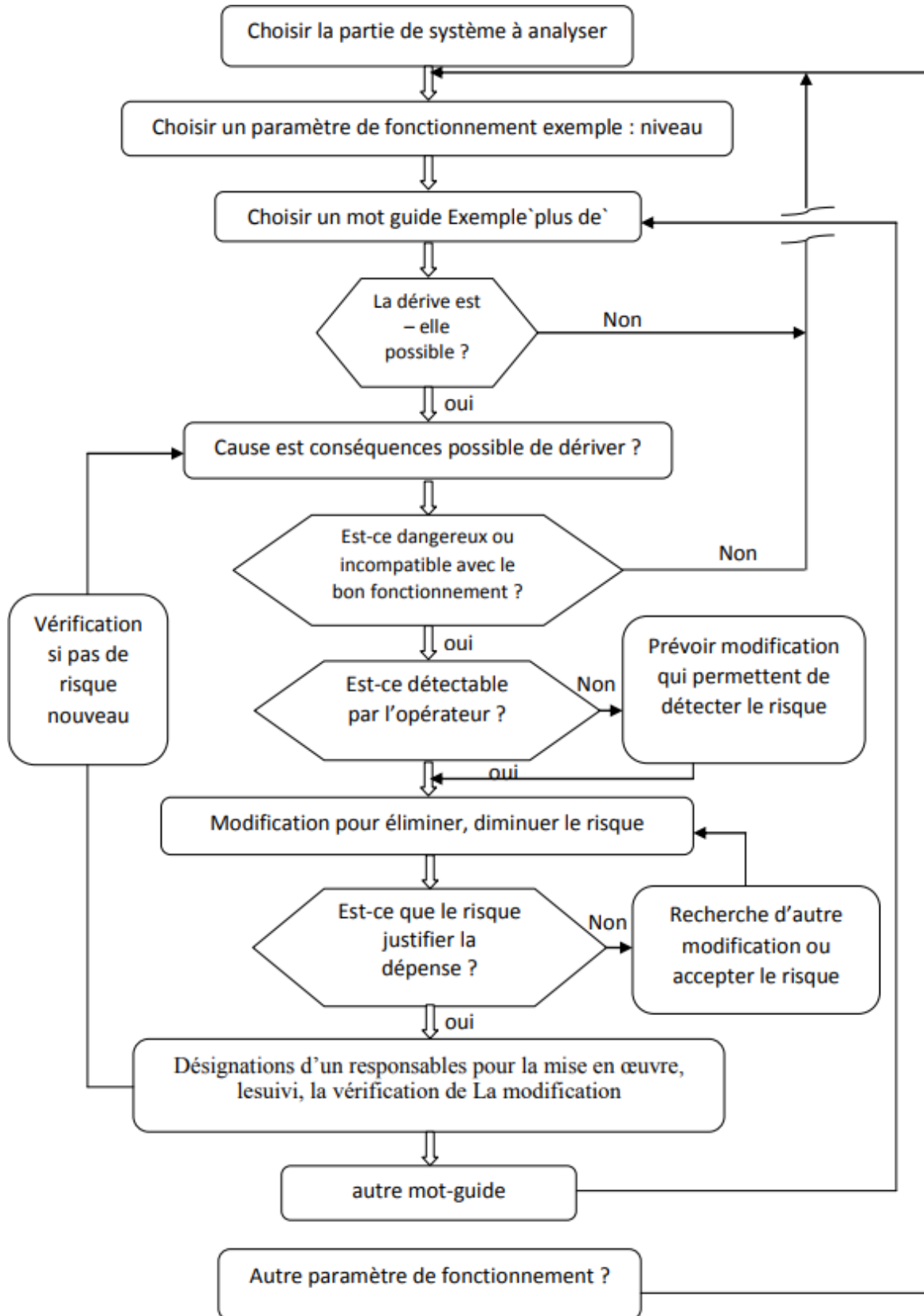


Figure I.4 : les étapes de déroulement de L'HAZOP.

I.3.2.2.3. Limites de L`HAZOP

Les limites de la méthode HAZOP sont [13], [12]:

- La méthode HAZOP repose sur la déviation des variables, mais ne prend pas en compte les défaillances, ni les enchaînements que peuvent entraîner les déviations de ces variables.
- Cette méthode ne représente pas l'installation sous une forme structurée facilement informatizable.
- HAZOP permet difficilement d'analyser les événements résultant de la combinaison simultanée de plusieurs défaillances ;
- Il est parfois difficile d'affecter un mot-guide à une portion bien délimitée du système à étudier. Cela complique singulièrement l'identification exhaustive des causes potentielles d'une dérive.

I.3.2.2.4. Avantages de L`HAZOP

- HAZOP est une méthode très adaptée à l'étude de dangers dans le domaine des Procédés tel que le domaine chimique [14].
- HAZOP est un outil particulièrement efficace pour les systèmes thermo hydrauliques, Cette méthode présente un caractère systématique et méthodique [12].

I.3.2.3. Matrice de criticité

Nécessaire de faire apparaître clairement, lors d'une évaluation des risques, l'ensemble des scénarios étudiés, en précisant pour chacun, la probabilité ou fréquence d'occurrence et la gravité potentielle de ses conséquences. Pour y parvenir, les matrices ou grilles de criticité, intégrant ces deux dimensions, sont utilisées dans un souci de clarté. Cette grille est un outil d'aide à la décision pour [15] :

- la hiérarchisation des scénarios pouvant mener à un accident majeur ;
- la définition de mesures de réduction des risques à la source ; et
- l'élaboration des plans de prévention et de protection.

Tableau I.2 : Exemple de matrice de criticité [16].

Fréquence d'événement	Gravité du dommage				
	Catastrophique	Majeure	Mineure	Minime	Négligeable
Fréquent	H	H	H	H	I
Probable	H	H	H	I	I
Occasionnel	H	H	I	I	L
Rare	H	I	I	L	T
Improbable	I	I	L	T	T
Invraisemblable	I	L	T	T	T

Le tableau I.2 représente un exemple de table d'estimation du risque. La lettre H (High) représente le risque élevé, la lettre I (Intermediate) représente le risque intermédiaire, la lettre L (Low) représente le risque faible et la lettre T (Trivial) représente le risque insignifiant. Les couples (fréquence, gravité) résultant en un risque élevé (H) sont mis en valeur car ils représentent les risques les moins tolérables. Il est clair qu'un risque de niveau H fera sans aucun doute l'objet d'un travail de réduction.

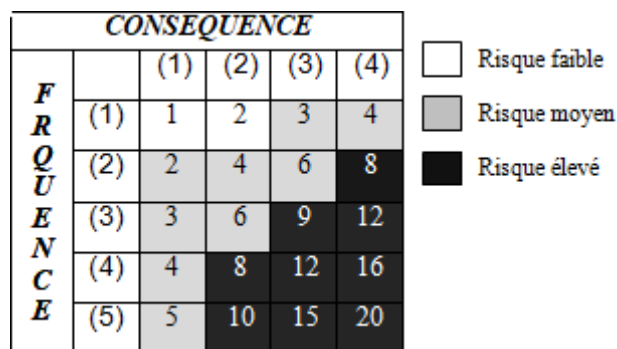


Figure I.5 : Exemple (2) de matrice de criticité.

La figure I.5 montre un autre exemple de matrice de criticité des risques, où l'axe horizontal, relatif à la gravité, comporte quatre catégories de conséquences :

- 1 : Conséquences mineures.
- 2: Conséquences significatives.
- 3: Conséquences critiques.
- 4: Conséquences catastrophiques.

La gravité peut être définie sur une échelle telle que celle figurant sur la figure I.6.

Niveau	Description qualitative	Signification
1	Mineure	Ni dégradation sensible des performances du système, ni interruption de la mission, ni blessures de personnes, ni endommagement notable des biens ou du système
2	Significative	Dégradation sensible des performances du système avec possibilité d'interruption de la mission, mais sans blessures de personnes, ni endommagement notable des biens ou du système
3	Critique	Blessures de personnes et/ou endommagement notable des performances du système
4	Catastrophique	Destruction du système et/ou plusieurs cas de blessures graves et/ou de mort de personnes

Figure I.6 : Exemple d'échelle de gravité [17].

L'axe vertical comporte cinq niveaux de fréquence:

- 1 : Extrêmement rare ;
- 2: Rare ;
- 3: Occasionnel ;
- 4: Fréquent ;
- 5: Très fréquent.

Sachant que la fréquence est l'inverse d'un temps ou d'un nombre d'occurrence par unité de temps, sa caractérisation dépend fortement de la nature et de la quantité de données disponibles. La figure I.7 donne un exemple de catégorisation de la fréquence.

Approche qualitative (peu de données)	Approche quantitative ou semi-quantitative (plus de données)	Au niveau de la grille de criticité
Extrêmement rare	10^{-n1} (*)	1
Rare	10^{-n2}	2
Occasionnel	10^{-n3}	3
Fréquent	10^{-n4}	4
Très fréquent	10^{-n5}	5

(*) avec $n1 > n2 > n3 > n4 > n5$

Figure I.7 : Exemple de caractérisation de la fréquence.

I.3.3. Méthode semi-quantitative

I.3.3.1. Analyse des couches de protection (LOPA)

La méthode LOPA fut historiquement l'une des méthodes récentes qui a été développée à la fin des années 1990 par le CCPS (Center for Chemical Process Safety) [CCPS, 2001].

LOPA est un acronyme qui signifie "LAYERS OF PRETECTION ANALYSIS" (analyse des couches de protection). Cette méthode fut expérimentée pour l'évaluation de la sécurité des systèmes et des procédés industriels chimiques, pétrochimiques et nucléaires [IEC61511, 2003]. Cette méthode sera reprise en détails dans ce qui suit.

I.3.3.2. Graphe de risque étalonné

Cette méthode a été introduite par la norme allemande DIN V 19250 [DIN V 19250, 1994], afin de pouvoir exprimer le risque sous forme de classes. La démarche est fondée sur l'équation caractérisant le risque (R) sans considérer les moyens instrumentés de sécurité :

$R = f \cdot C$, où f et C sont respectivement la fréquence et la conséquence de l'événement dangereux en l'absence de SIS.

La fréquence de l'événement dangereux f est généralement composée de trois facteurs :

- F : la fréquence et la durée d'exposition aux dangers,

- P : la possibilité d'éviter l'événement dangereux,

- W : la probabilité de l'occurrence de l'événement dangereux sans moyen de protection

(Probabilité de l'occurrence non souhaitée).

Conclusion

L'efficacité de ces méthodes d'analyse réside précisément dans le travail d'une équipe pluridisciplinaire, permettant de répertorier et d'identifier tous les risques liés à l'installation, dans un souci d'objectivité et d'exhaustivité. La coopération avec le système de gestion de la sécurité, en particulier la gestion stricte des obstacles, est approfondie.

Chapitre II

Le stockage des hydrocarbures

Introduction

Le stockage du toluène est un aspect important de la manipulation sûre de ce composé. Le toluène, également connu sous le nom de toluène, est un liquide inflammable, couramment utilisé dans les industries chimiques, pétrochimiques, électroniques et autres.

Lors du stockage du toluène, des précautions doivent être prises pour éviter tout risque d'incendie, d'explosion ou de contamination. Tout d'abord, il doit y avoir un environnement de stockage adéquat. Les réservoirs utilisés pour le stockage du toluène doivent être étanches, résistants aux produits chimiques et situés dans une zone bien ventilée, à l'écart des sources d'inflammation.

II.1. Généralité sur le stockage

II.1.1. Rôle du stockage

Le stockage des hydrocarbures est non seulement nécessaire pour :

- compenser les fluctuations d'approvisionnement dues à toutes sortes d'aléas lors de la production, du transport et du raffinage, ou les variations de la consommation, qui dépendent notamment des conditions météorologiques.
- il est aussi stratégique pour assurer un minimum d'autonomie énergétique du pays consommateur [18].

Donc le stockage doit être assuré aux différentes étapes du cheminement du pétrole, depuis le puits de production jusqu'aux lieux de consommation.

Les dépôts pétroliers importants se trouvent essentiellement sur les lieux de production du pétrole brut, aux extrémités des oléoducs, dans les terminaux de chargement et de déchargement du pétrole brut, les charges, les coupes intermédiaires et les produits finis avant expédition.

Une capacité de stockage suffisante permet de rendre indépendante l'un de l'autre le régime de production d'un champ et le régime d'exploitation d'un pipeline d'évacuation. La capacité utile d'un tel stockage va de un à plusieurs jours de production, en fonction des conditions locales d'exploitation et de la nature du traitement effectué. Les réservoirs de stockage construits ces dernières années ont un volume pouvant atteindre 50000m³ [19].

II.1.2. Classification des produits pétroliers stockés

- Catégorie "A" hydrocarbures liquéfiés dont la pression de vapeur à 15 C° est supérieure à 1bar.
- Catégorie "A-1" hydrocarbures maintenus liquéfiés à une température inférieure à 0 C°.
- Catégorie "A-2" hydrocarbures liquéfiés dans d'autres conditions.
- Catégorie "B" hydrocarbures liquides dont le point d'éclair est inférieur à 55 C°.
- Catégorie "C" hydrocarbures liquides à point d'éclair supérieur ou égal à 55 C° et inférieur à 100 C°.
- Catégorie "D" hydrocarbures liquides dont le point d'éclair est supérieur ou égal à 100 C° [20].

II.1.2.1. Types de stockage suivant les catégories de produit**II.1.2.1.1. Stockage de produits catégorie A-1**

- Son objectif de ce stockage est maintenir le produit à une température suffisamment basse pour réduire sa tension de vapeur sous l'action de la pression atmosphérique.

-Les épaisseurs utilisées déterminées par rapport à l'action de la charge hydrostatique.

-Les matériaux utilisés doivent avoir un bon comportement mécanique aux basses températures.

-Ce type de stockage ne d'intéresse pas aux dépôts, mais seulement à la pétrochimie ou les usines de gaz naturel liquéfié L.N.G.

II.1.2.1.2. Stockage de produits catégorie A-2

Les produits sont maintenus sous une pression égale à leur tension de vapeur. Le stockage est alors utilisé dans des réservoirs de forme sphérique ou cylindrique et parfois dans des cavités taillées dans la roche pour les volumes très importants.

II.1.2.1.3. Stockage de produits catégorie B

Les produits sont stockés dans des bacs, à toit fixe, à toit flottant, à écran flottant, sous une pression voisine de la pression atmosphérique.

II.1.2.1.4. Stockage de produits catégorie C

Les produits de cette catégorie sont stockés dans des bacs à toit fixe sous une pression voisine de pression atmosphérique. Lorsque les volumes à stocker sont importants.

II.1.2.1.5. Stockage de produits catégorie D

Ces produits sont stockés dans des bacs à toit fixe [21].

Les types de stockage suivant les catégories de produit donné dans le tableau suivant:

Tableau II-1: les modes et les types de stockage des produits [21].

Modes de stockage	TV abs et température de stockage des produits stockés		Type de bacs de stockage recommandé
Pression atmosphérique	P:absolue T:ambiante	Eau (incendie, industrielle)	Cuves ouvertes
	P=0,1bars T:ambiante Point d'éclair<55C°	Gas-oil, fuel, huiles bitumes	Bacs de stockage à toit fixe
	0,1bar>p>0,75bar T=ambiante Point d'éclair>55C°	Pétrole brut essence benzène	Bacs de stockage à toit flottant
Faible pression	P >1,5 bar T:ambiante	Essence légère	Bacs de stockage à toit fixe
Forte pression	1,5bar> p>3bar T:ambiante	Essence légère	Bacs de stockage sphéroïdaux
	3bar> p> 30bars T:ambiante	Butane, propane	Ballon (sphère)

II.1.2.2. Volatilité des produits stockés :

La gamme des produits industriels stockés est très étendue et les caractéristiques de ces produits sont très différentes. Ils peuvent être stables, volatils, neutres, toxiques, corrosifs, inflammables, etc.

Ils se présentent le plus souvent en combinant plusieurs de ces propriétés. Dans la plupart des cas, ils sont considérés comme des produits dangereux pour l'environnement. Leur stockage est généralement réglementé et contrôlé par l'administration.

La mesure de la volatilité d'un liquide est définie par sa tension de vapeur, qui est différente pour chaque liquide et dépend de la température de stockage.

D'autres hydrocarbures comme le pétrole brut et les produits issus de son raffinage ne sont pas des substances pures, mais des mélanges de compositions diverses. Leur tension de vapeur (TVR) est le résultat des effets combinés des divers composants qui les constituent. La tension de vapeur est plus importante quand le pourcentage de composant léger est plus élevé.

II.1.3. Types des réservoirs de stockage

Pour répondre à la grande variété des produits liquides industriels à stocker, les constructeurs ont recours à des réservoirs de formes diverses et de conceptions différentes, étudiés pour s'adapter le plus rationnellement et le plus économiquement possible aux caractéristiques du produit à traiter.

La configuration d'un réservoir dépend de deux impératifs essentiels qui sont, d'une part, la conservation du produit en limitant ou en interdisant les évaporations et, d'autre part, la tenue de la structure à la pression interne développée par le produit ou maintenue à un certain niveau pour faciliter l'exploitation.

II.1.3.1. Stockage sous pression**II.1.3.1.1. Réservoirs avec fond sphérique**

Ces réservoirs, se différencient seulement des précédents par la présence d'un fond à profil sphérique. Ils peuvent accepter des pressions plus importantes que les réservoirs à fond plat, mais avec des capacités plus réduites. Ces réservoirs sont systématiquement équipés de soupapes de sécurité installées au point haut de toit [22].

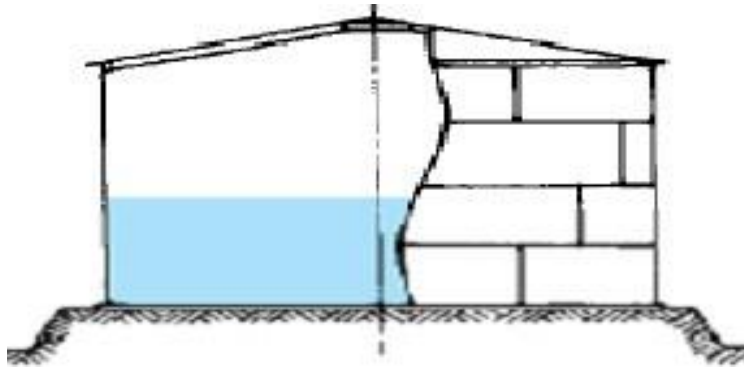


Figure II-1 : Réservoirs avec fond sphérique [22].

II.1.3.1.2. Le sphéroïde

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

Ces réservoirs stockent également des produits plus volatils comme, par exemple, l'iso pentane [22].

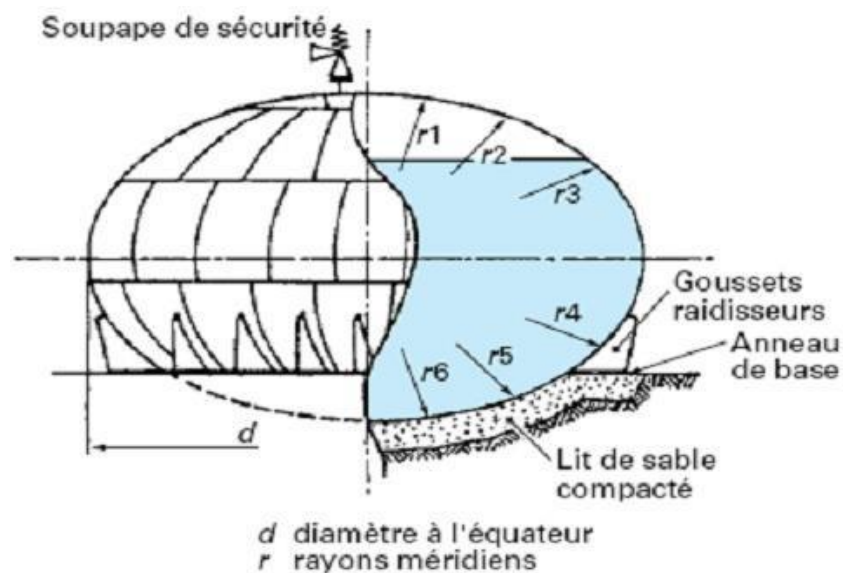


Figure II- 2 : Sphéroïde [22].

II.1.3.1.3. Ballons cylindriques horizontaux (cigare)

Ces réservoirs couvrent essentiellement le domaine du stockage sous forte pression des gaz liquéfiés. Ces produits très volatils présentent à température ambiante des tensions de vapeur élevées.

Dans ces enceintes, le produit est à la fois présent sous forme liquide et gazeuse. Le stockage de ces gaz liquéfiés est effectué sous des pressions effectives, pour la plupart des gaz et pour une température maximale d'étude de l'ordre 50°C. [22].

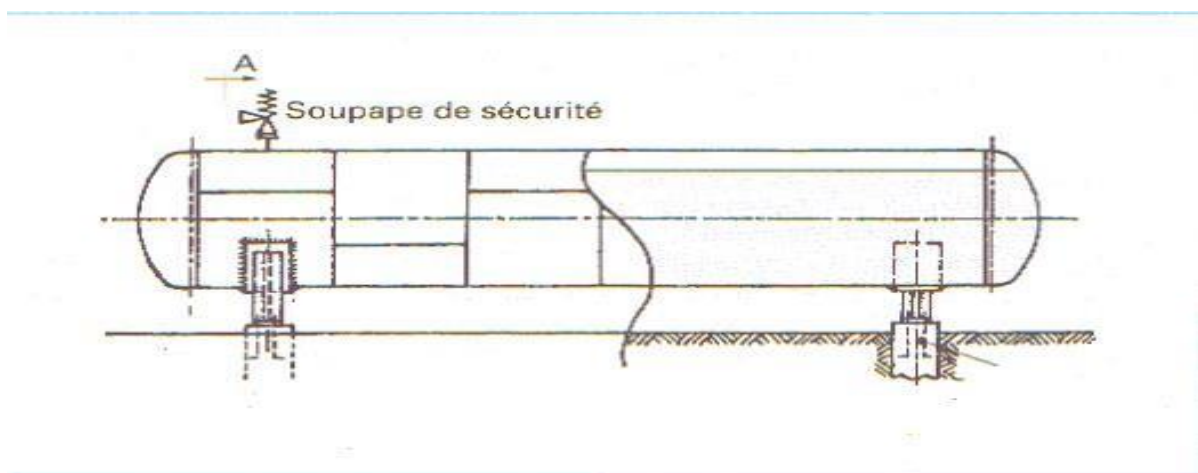


Figure II-3 : Ballons cylindriques horizontaux (cigare). [22].

II.1.3.1.4. Sphères

Elles représentent la forme idéale pour les stockages sous forte pression. Elles permettent de réaliser économiquement des capacités importantes.

Les sphères sont largement employées pour les stockages importants de gaz liquéfiés sous forte pression. C'est la forme idéale pour résister à la pression. C'est aussi la forme géométrique qui présente la plus petite surface de paroi pour un volume donné.

Les sphères supportent également très bien d'importantes dépressions internes pouvant aller jusqu'au vide total. Les pertes de produit dues à la variation de la température ambiante ou aux mouvements de produit sont nulles [22].

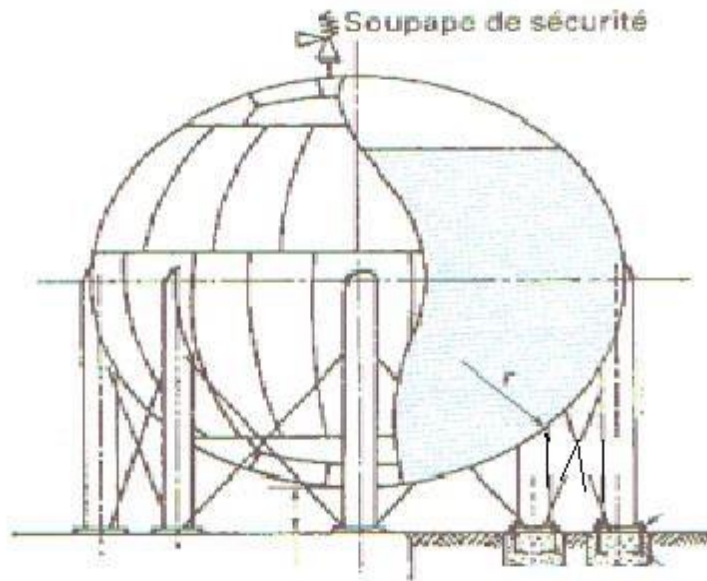


Figure II-4 : sphère [22].

Les stockages aériens sont situés à l'intérieur de cuvettes de rétention. Un dispositif d'arrosage fixe permet d'arroser les réservoirs en cas de nécessité pour les refroidir lorsqu'ils sont soumis à un feu ou au rayonnement thermique d'un feu voisin. Certains réservoirs aériens peuvent être entourés d'une enveloppe circulaire en béton (coque) destinée à protéger le réservoir.

II.1.3.2. Stockage atmosphérique

II.1.3.2.1. Les bacs à toit flottant

L'espace vapeur qui existe au-dessus du liquide des réservoirs à toit fixe est la source des pertes par respirations et remplissage. Ces pertes peuvent être pratiquement supprimées par l'utilisation d'un type de réservoir qui élimine cet espace vapeur. Il consiste à installer une structure qui flotte directement sur la surface du liquide stocké et que l'on appelle toit flottant.

Le toit flottant a été inventé au début des années 1920 et, depuis, de nombreux modèles ont été développés avec plus ou moins de succès. Seule subsistent aujourd'hui ceux qui ont fait la preuve de leur efficacité. Les réservoirs à toit flottant sont principalement utilisés pour le stockage de liquides volatils dont la tension de vapeur absolue à température ambiante est

comprise entre 0.1 et 0.75 bar ou dont le point d'éclair est inférieur ou égale à 55°C. C'est le cas, par exemple, des pétroles bruts, des naphtas (White spirite, pétroles lampants, etc.) et le condensat et des diverses essences et carburants.

L'absence d'espace vapeur à ces réservoirs permet d'éliminer les problèmes de corrosion interne, de limiter les risques d'incendie et de pratiquement supprimer les pertes par évaporation.

Le toit flottant est un disque mobile qui flotte sur le liquide en suivant les mouvements de descente et de montée du produit. Pour permettre ces déplacements, un espace annulaire libre existe entre le toit et la robe de la cuve. Il est obturé par un système d'étanchéité déformable qui permet au toit de coulisser sans contrainte à l'intérieur de la robe [23].

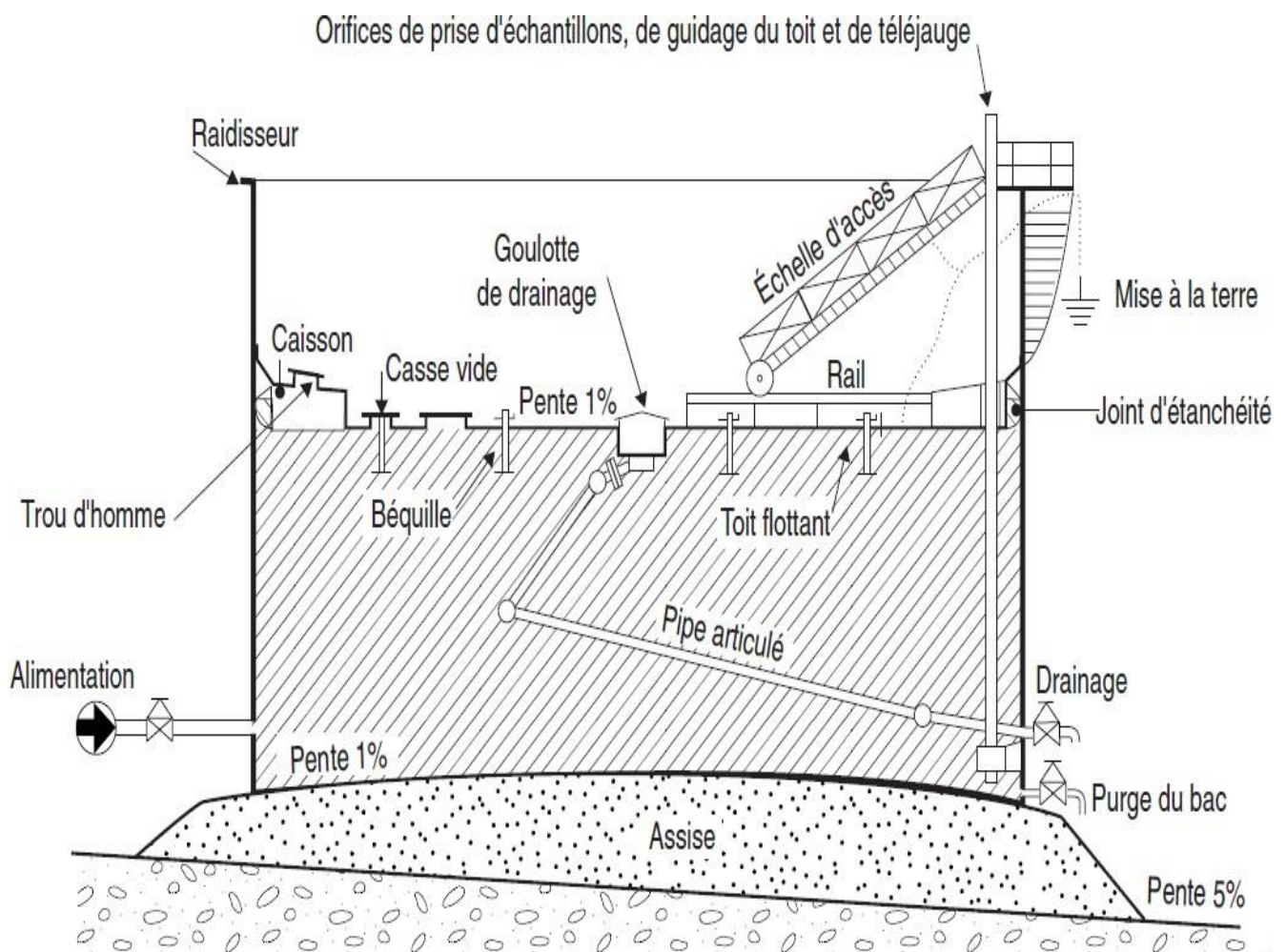


Figure II-5 : Bac à toit flottant [23].

II.1.3.2.2. Les bacs à toit fixe à écrans flottants

Les écrans flottants sont montés à l'intérieur de bacs à toit fixe. Les Combiner présente de nombreux avantages :

- Il est constitué de tôles très légères et peut être monté à l'intérieur d'un bac existant.
- L'écran flottant réduit de façon importante les pertes par évaporation.
- Le toit fixe protège le produit de toute contamination due aux intempéries. il n'y a pas de dispositif de drainage de l'eau de pluie.
- Le toit fixe peut être rendu étanche et le volume entre toit fixe et écran flottant peut être inerté.

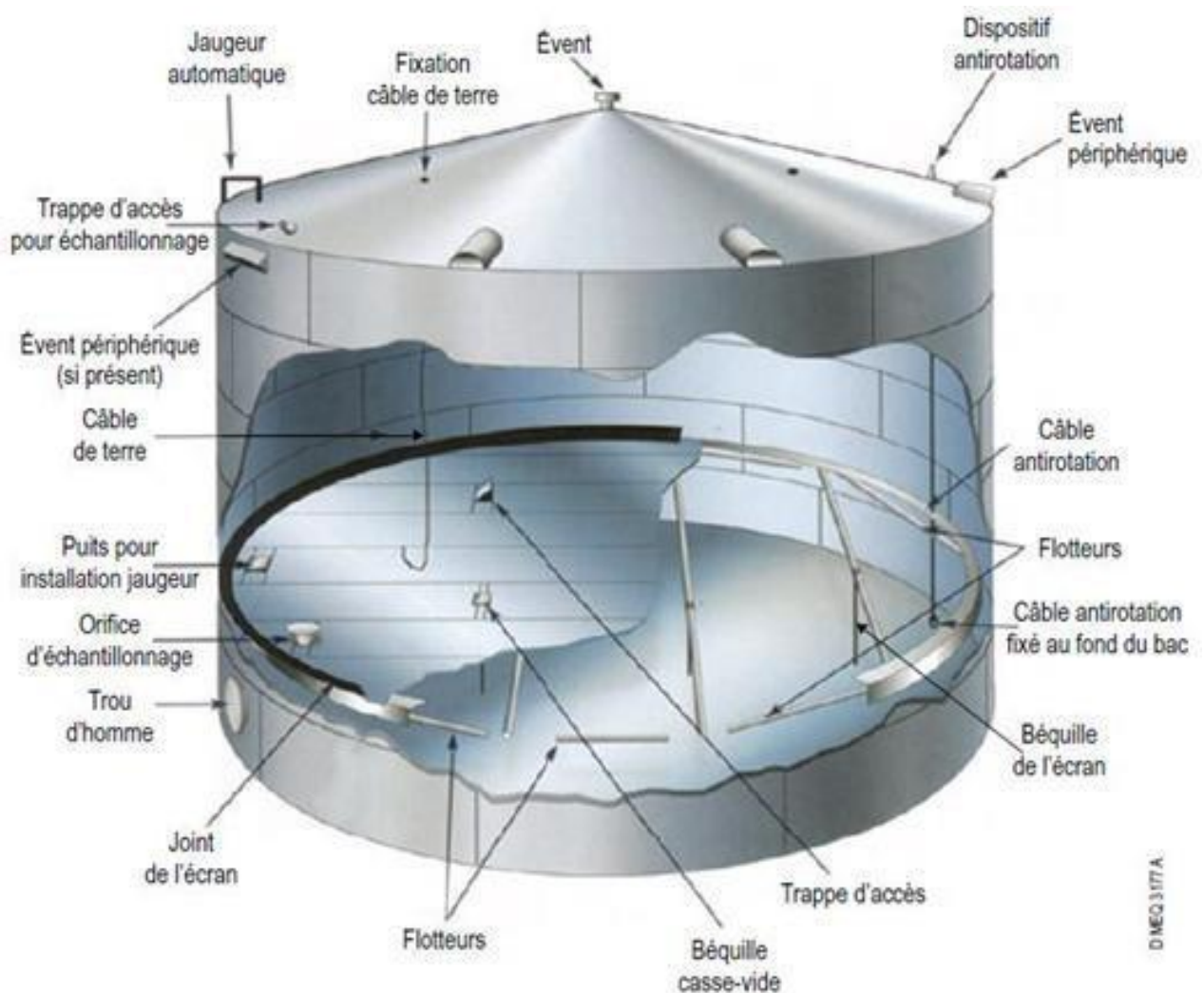


Figure II-6 : Bac à toit fixe avec écran flottant [24].

II.1.3.2.3. Bac à toit fixe

Le stockage des produits peu volatils et à faible tension de vapeur est réalisé dans des réservoirs dont la partie supérieure est obturée par un toit fixe. Il est ainsi possible d'assurer plus facilement leur conservation et d'empêcher leur contamination par les agents extérieurs. D'une manière générale, il s'agit de produits dont la tension de vapeur absolue à température ambiante, est inférieure à 0.1bar ou dont le point d'éclair est supérieur à 55°C [25]

1) Les principaux éléments constitutifs

- **Le fond de bac**

Le fond de bac est construit en plaque de tôle se recouvrant aux extrémités où elles sont soudées entre elles, reposent souvent sur une galette de gravier ou de sable revêtu d'un enrobé bitumineux permettant une étanchéité et une adaptation au contact de l'assemblage des tôles de fond doit être conçu pour permettre une vidange complète, ainsi que les purges d'eau et de dépôts [26].

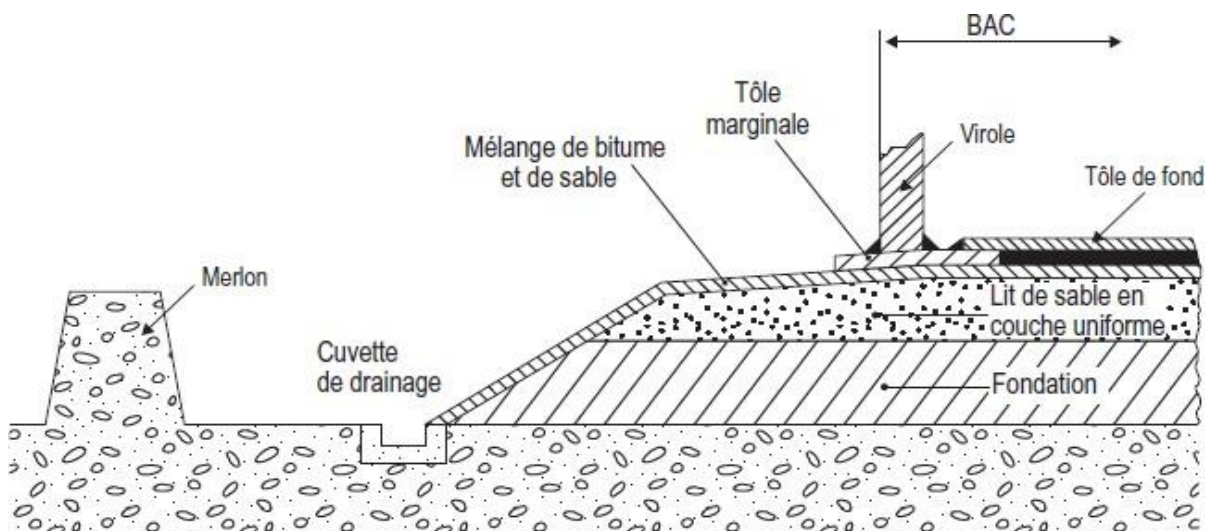


Figure II-7 : Exemple de fondation de bac. [26].

- **Robe de bac**

La robe de bac est constituée par un empilage vertical de bandes de tôle soudées bout à bout, de largeur 1,8 à 2,4 m et de longueur pouvant atteindre 10 m. Le schéma ci-dessous montre que l'épaisseur de la robe varie de la base au sommet.

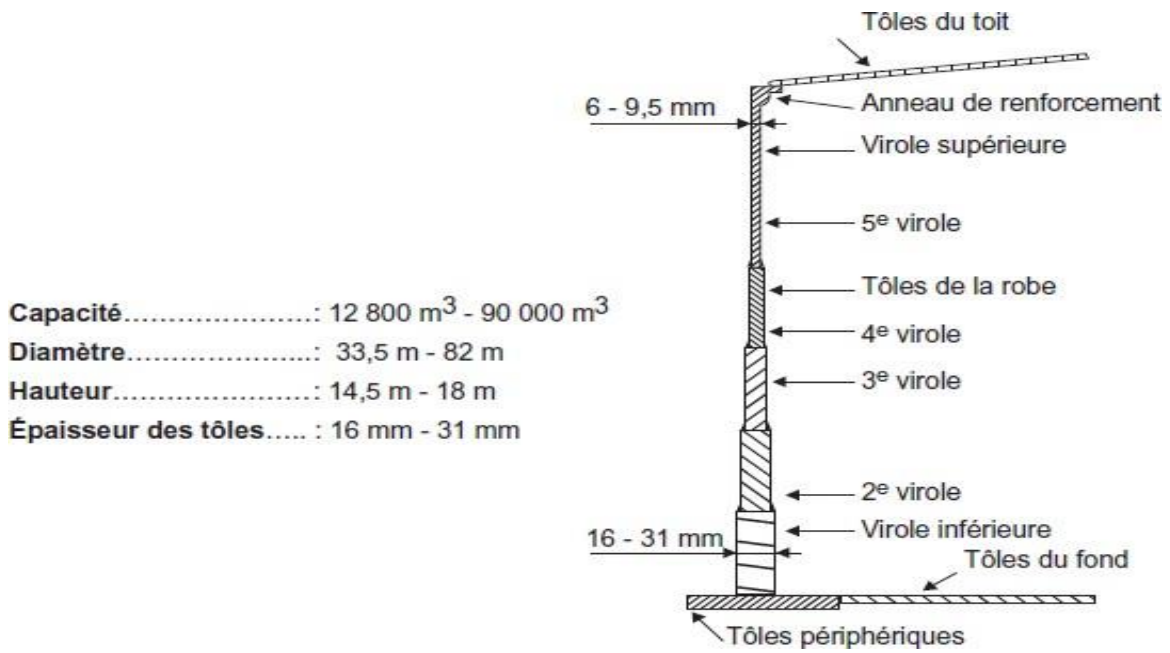


Figure II-8 : Epaisseurs de viroles des bacs de stockage [26].

- Ceinture

Les ceintures de renforcement sont nécessaires sur tous les bacs pour qu'ils conservent leur forme cylindrique, pour les bacs à toit fixe et toit flottant les plaques de toit sont fixées sur la ceinture de renforcement est destinée à empêcher la déformation des parois.

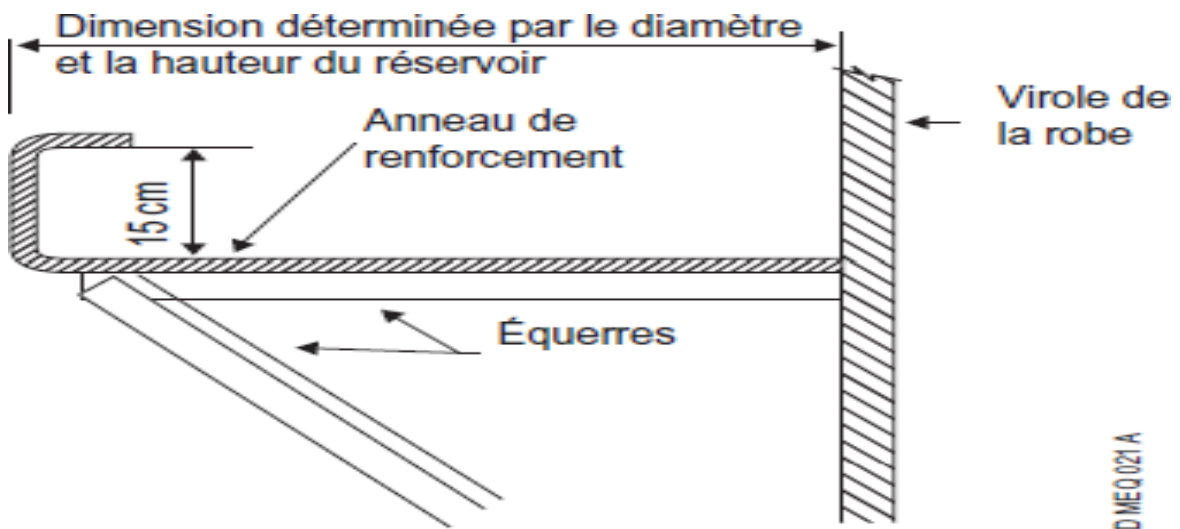


Figure II-9 : Ceinture de renforcement [26].

- **Toit**

Le sommet des bacs est recouvert d'un toit qui peut être soit fixe, soit flottant, on trouve également le bac à toit fixe muni d'un écran flottant en contact avec le produit. [26].

2) Les accessoires d'un bac à toit fixe

Sur le toit du bac, un certain nombre d'équipements va contribuer aux différents contrôles de l'opérateur et assurer la sécurité de l'installation.

- Événements
- Soupapes de respiration avec pare flammes
- Puits de jauge
- Tubes de prises d'échantillon
- Passerelles d'accès
- Parafoudre

De même sur la robe du bac, afin de faciliter l'accès au toit, un escalier ou une échelle sera

- installé ainsi que le matériel de suivi du niveau ou de lutte incendie.
- Tubulures d'exploitation et de purge
- Réseaux incendie mousse vers l'intérieur
- Couronne de refroidissement sur la robe.
- Instruments de (niveaux, alarmes, température interface...)
- Matériel d'homogénéisation, agitateurs ou buses de circulation
- Connexions des réseaux de réchauffage
- Mises à la terre
- Trous d'homme

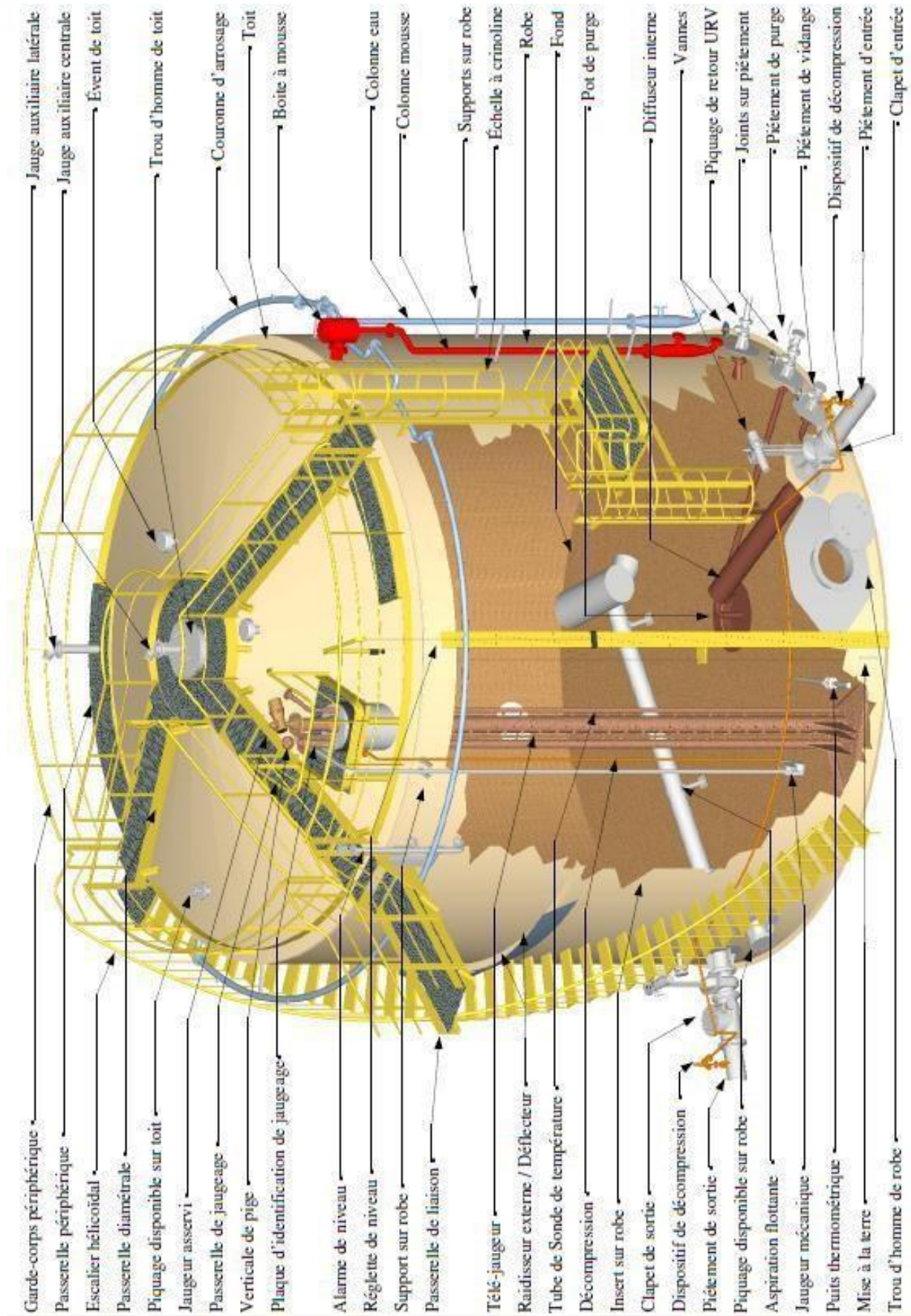


Figure II-10 : Bac de stockage a toit fixe [25].

3) les moyens fixe de lutte contre d'incendie d'un bac de stockage

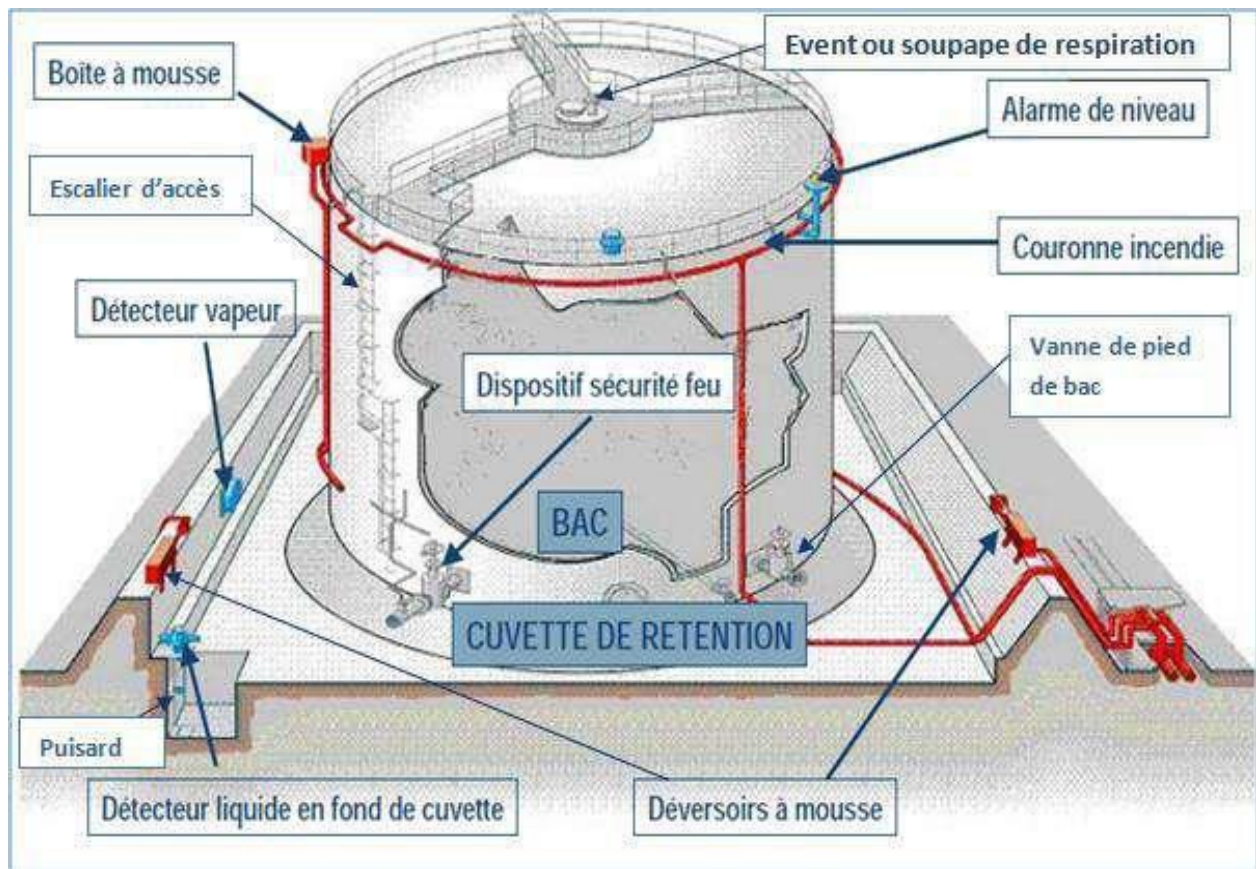


Figure II-11 : Les moyens fixe de lutte contre l'incendie d'un bac a toit fixe [27].

II.2. Définition de toluène

Le toluène, également appelé méthylbenzène ou phénylméthane est un hydrocarbure aromatique. Il est couramment utilisé en tant que réactif ou solvant, notamment dans le milieu industriel. Il dissout un grand nombre d'huiles, graisses, ou résines (naturelles ou de synthèse). Dans les conditions normales, c'est un liquide transparent à l'odeur caractéristique, rappelant celle du dissolvant pour peinture ou celle du benzène apparenté.

Le toluène est présent en faible proportion dans le pétrole brut. Il est habituellement produit par reformage catalytique dans le procédé de fabrication de l'essence. On l'obtient également par craquage dans le procédé de fabrication de l'éthylène ou alors, à partir du charbon. Sa purification finale se fait par distillation ou par extraction. [28].

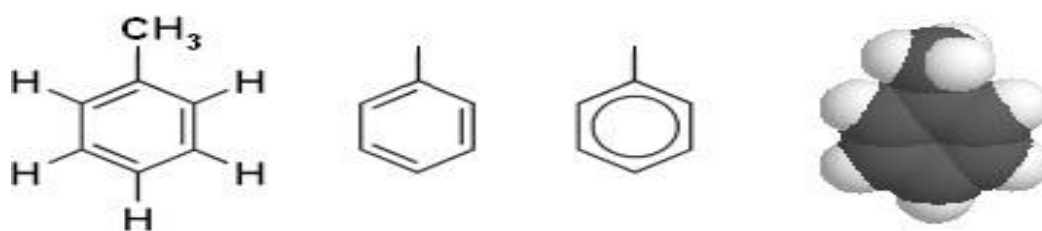


Figure II-12 : Structure et représentations du toluène [28].

II.2.1. Propriétés physico-chimique

Tableau II-2 : Propriétés physico-chimique de toluène [29].

État physique	Liquide
Couleur	Incolore
Odeur	Caractéristique
Point de fusion	-95 °C à 1.013 hPa (ECHA)
Point d'ébullition	110,6 °C à 1.013 hPa (ECHA)
Inflammabilité	liquide inflammable selon les critères du SGH
Limites inférieure et supérieure d'explosion	39 g/m ³ (LIE) - 300 g/m ³ (LSE) 1,1 % vol (LIE) - 7,1 % vol (LSE)
Point d'éclair	4,4 °C à 1.013 hPa (ECHA)
Température d'auto-inflammabilité	480 °C à 1.013 hPa (ECHA) (température d'inflammation spontanée des liquides et des gaz)
Solubilité dans l'eau	0,573 g/l à 25 °C (ECHA)
Pression de vapeur	29 hPa à 20 °C
Densité	0,87 g/cm ³ à 20 °C (ECHA)

Le toluène est un produit stable dans les conditions normales d'utilisation.

Il réagit avec de nombreux composés organiques. Les réactions peuvent être violentes avec des produits tels que l'acide nitrique concentré, le dichlorure de soufre, le trifluorure de brome, des mélanges acide nitrique/acide sulfurique. Le toluène peut former des mélanges explosifs avec le tétranitrométhane.

Il peut réagir vivement avec les oxydants forts (risque d'incendie et d'explosion).

Il ne corrode pas les métaux usuels. Par contre, certaines matières plastiques subissent des dégradations au contact du toluène : caoutchouc naturel, caoutchoucnitrile, polychloroprène, polyéthylène, PVC notamment, mais pas les polymères fluorés [30].

II.2.2. Origines et Procèdes de production

Les sources naturelles de toluène sont les incendies de forêts (combustion incomplète des matières végétales), les éruptions volcaniques et les émissions de composés organiques volatils de la végétation. Ces sources sont de moindre importance en comparaison avec les émissions anthropiques produites par les différents processus de conversion du pétrole

Le toluène est issu de la transformation de matières premières fossiles (pétrole, gaz et charbon). Il est produit en mélange avec d'autres substances (benzène, xylènes...) à la suite de différents procédés pétrochimiques tels que le reformage catalytique, le vapocraquage et la désalkylation.

A la suite des opérations pétrochimiques, les fractions de mélange les plus riches en toluène vont être distillées et purifiées pour obtenir du toluène commercial pur à 99 %. (01 tableau)[30].

II.2.3. Classification et étiquetage

Tableau II-3 : Informations relatives à la classification et à l'étiquetage et à l'emballage du toluène [27].




Substance	Classification	Etiquetage	
		Code des pictogrammes mention d'avertissement	Code des mentions des dangers
Identification chimique internationale Numéros CE Numéros CAS	Codes des mentions de danger		
Toluène; 203-625-9 108-88-3	H225 H361d H304 H373 H315 H336	SGH02  SGH08  SGH07 	H225 H361d H304 H373 H315 H336

Tableau II-4 : Signification des codes de danger et des Informations additionnelles. [30].

Code de danger et information additionnelle	
H225	Liquide et vapeurs très inflammables.
H361d	Susceptible de nuire au fœtus.
H304	Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires.
H373	Risque présumé d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée.
H315	Provoque une irritation cutanée.
H336	Peut provoquer somnolence ou vertiges.

II.2.4. Secteurs d'utilisation

Le toluène commercial a une multitude d'applications. Celles-ci sont détaillées dans le Tableau :

Tableau II.5: Répartition des principales applications du toluène commercial [29].

Synthèse de Benzène	32 %
Synthèse de Phénol	7 %
Synthèse de Nitrotoluène/Caprolactam/Phtalates	2 %
Synthèse de Diisocyanate de toluène	11 %
Adjuvant pour carburant diesel	3 %
Produits de dismutation ¹² du toluène (formation de composés en C6, C8 ou C9)	16 %
Divers	10 %
Solvant	19 %

Tableau II-6 : Utilisations industrielles du toluène commercial en Europe [30].

Catégorie d'industrie	Utilisation	Quantité (kT/an)
Industrie Chimique	Intermédiaire réactionnel	1 945
	Solvant	200
	Agent d'extraction	150
Industrie pétrochimique	Solvant	161
Industrie des polymères	Régulateur de polymérisation	113
Industrie agrochimique	Intermédiaire réactionnel	8
Biens de consommation	Solvant	8
Industrie électronique	Solvant	0.2
Industrie du textile	Gommage des tissus	0.1
Peinture	Solvant	90
Impression	Solvant	15

Total		2748
--------------	--	------

Conclusion

Le stockage du toluène nécessite des méthodes responsables et sûres pour minimiser les risques d'incendie, d'explosion et d'exposition à des substances toxiques. Le toluène peut être stocké en toute sécurité et protéger la santé des travailleurs et l'environnement en prenant les précautions de sécurité appropriées, en sélectionnant les conteneurs appropriés, en assurant une ventilation adéquate et en suivant les réglementations applicables.

Chapitre III

Présentation de la raffinerie de Skikda

Introduction

La mission de la raffinerie SKIKDA nommée RA1/K est de Conversion du pétrole brut de Hassi Messaoud, capacité de traitement (15 tonnes/an) et du pétrole brut réduit importé (277 000 tonnes/an). La raffinerie est située dans une zone industrielle à 07 km à l'est de la ville de Skikda, 02 kilomètres de la mer et couvre une superficie d'environ 183 hectares. elle a embauché Il y a actuellement environ 15 000 employés.

III.1. Localisation géographique

La raffinerie de Skikda RA1K est située dans la zone industrielle pétrochimique à l'Est de Skikda. Elle couvre une superficie de 230 hectares (projet de réhabilitation inclus).

Elle est bordée Au Nord par la cité El Arbi Ben Mhidi. A l'Ouest par un tissu urbain. Au Sud par un tissu urbain et par d'autres sites industriels (ENGI, DRGS). A l'Est par la zone industrielle (pas de site industriel pour le moment).

Les accès routiers à la raffinerie de Skikda sont les suivants : La route vers Fil Fila, qui passe à l'est en bordure du site. Le chemin Wilaya 18, qui passe à environ 2,5 km au Nord de la raffinerie.

L'image donnée ci-après situe la raffinerie de Skikda dans son environnement [31].

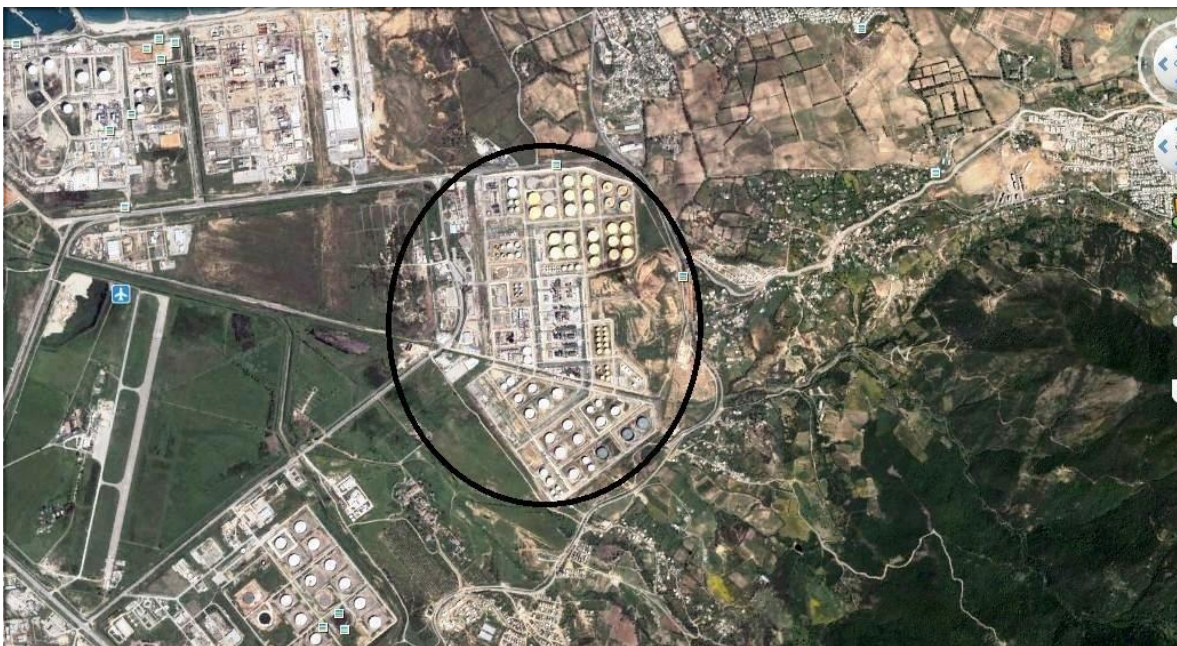


Figure III.1 : Vue par satellite (NASA) de la raffinerie de Skikda.

La raffinerie de SKIKDA a été construite en Janvier 1976 à la suite d'un contrat signé le 03 Avril 1974 entre le gouvernement Algérien et le constructeur Italien SNAM-PROGETTI et SAIPEM, la mise en vigueur du contrat a été effectuée un an après : le 11 Mars 1975; assisté par la sous-traitance de trois (03) principales sociétés nationales à savoir : SONATRO pour le traçage des routes et SONATIBA pour la construction des immeubles et de la tour de refroidissement, ainsi que la SN'METAL pour la construction des réservoirs.

Le démarrage du chantier a commencé le 02 Janvier 1976, pris fin Mars 1980. Le coût total de cette réalisation étant de 3.402.872.000 DA.

Il faut noter qu'il y a deux (02) nouvelles unités, construites par la société japonaise J.G.C corporation. Ces deux unités sont :

L'unité de prétraitement et de reforming catalytique -II- (PLATEFORMING U 101/103) et l'unité de traitement et séparation des gaz (U 104), ces deux unités ont démarré en Octobre 1993; ainsi que d'autres utilités. Le coût total de cette réalisation étant de 3.600.000.000 DA

L'inauguration officielle du complexe a eu lieu le 27 Novembre 1983.

La raffinerie de Skikda est alimentée en brut Algérien par l'unité de transport est (UTE) de Skikda, qui est une station intermédiaire de Hassi -Messaoud.

Le transport du pétrole brut est réalisé à l'aide de pipelines. La distance entre les champs pétrolifères et la raffinerie de Skikda est de 640 Km [31].

III.2. Principales Installations

La raffinerie est divisée en différentes zones et en outre, elle comprend 12 unités de production :

- Unité 10/11 de distillation atmosphérique (TOPPING)
- Unité 100 de prétraitement et de reforming catalytique (MAGNAFORMING)
- Unité 101/103 de prétraitement et de reforming catalytique (PLATFORMING)
- Unité 30/31 et 104 de traitement et séparation des gaz (GPL)
- Unité 200 d'extraction des aromatiques
- Unité 400 de cristallisation et séparation du paraxylène
- Unité 70 de distillation sous vide (Production des bitumes)
- Unité 600 de stockage, mélange et expédition (MELEX)
- Unité C.T.E centrale thermique électrique et utilités (C.T.E)

III.2.1. TOPPING U 10/11

Le topping ou distillation atmosphérique a pour but de fractionner le brut en différentes coupes stabilisées, pouvant être utilisées pour l'obtention de produits finis (naphta-gaz oil Jet A1) ou devant alimenter d'autres unités situées en aval (magnaforming, platforming, gaz plant).

III.2.2. Magnaforming-platforming U 100 et 103

Le magnaforming et platforming a pour but de transformer le naphta moyenne et lourde obtenue à partir du topping en un produit (reformat) utilisé comme charge pour les unités d'aromatiques (unités 200 et 400). Cette transformation qui a pour conséquence une augmentation de l'indice d'octane de 45 à 99 permet aussi d'utiliser le réformat obtenu pour la fabrication des essences [26].

III.2.3. GPL U 30/31 et 104

Ces unités ont pour but de séparer à partir des GPL obtenus des unités topping et magnaforming ainsi que platforming, le butane et le propane commercial, le reste est utilisé comme fuel gaz.

III.2.4. Extraction des aromatiques U 200

Cette unité utilise une charge obtenue à partir de l'unité de magnaforming, par extraction au sulfolane, elle permet de séparer le benzène et le toluène des autres familles d'hydrocarbures. Le mélange benzène toluène est ensuite fractionné en vue de l'obtention de produits à très haute pureté.

III.2.5. Cristallisation du paraxylène U 400

Cette unité utilise aussi une charge venant de l'unité de magnaforming, elle permet par cristallisation de séparer le para xylène des autres xylènes (méta, ortho) et éthylbenzène - Le para xylène est commercialisé sous forme de mélange xylène pouvant être utilisé comme solvant pour la fabrication des peintures...

III.2.6. Production et conditionnement bitumes U 70

Cette unité est constituée de deux sections :

- La section bitume routier : elle produit par distillation sous vide d'un brut réduit importé, du bitume routier [29].
- La section bitume oxydé: cette section utilise comme charge une partie du bitume et du slop wax produit avec de l'air dans un réacteur, elle permet d'obtenir le bitume oxydé, qui après conditionnement (mis en sachet) peut être utilisé pour les revêtements, l'étanchéité,... etc.

III.2.7. Unité de stockage, mélange et expédition U 600

La raffinerie possède une capacité de stockage de 2.500.000 m³ environ. L'unité comprend tous les équipements nécessaires au mouvement blending et exportation des produits finis.

L'évacuation des produits finis de fait par un réseau de canalisation vers les deux ports de Skikda, les dépôts GPL et carburants de Skikda, ainsi que le centre installations intégrées de distributions du Khroub Constantine. L'évacuation du bitume routier se fait quant à elle par camions et par pipe lines vers le port.

La raffinerie de Skikda est conçue pour permettre la production de carburant, aromatique, bitumes et gaz selon les répartitions suivantes :

- Propane Butane : utilisation domestique
- Essence normale Essence Super : utilisation automobile
- NAPHTA "A" - "B" - "C" : industrie pétrochimique
- Kérosène-Jet A1 : Transport aérien
- Gasoil MI Gasoil BP Gasoil NP : véhicules lourdes, utilisation domestique
- Aromatiques Benzène : utilisation peinture, plastique, pharmaceutique
- Bitume routier Bitume oxydé : pour le pavage, revêtement d'étanchéité
- Bunker Fuel oil-Fuel oil lourd : pour le transport maritime plus chaudière

III.3. Principaux risques en raffinerie

- Le risque existe en permanence à l'état potentiel avec plus ou moins d'acuité soit due à :
 - la nature des produits traités.

- la nature des opérations.
- la nature des installations.
- l'état du matériel au type des travaux à effectuer.
- la nature humaine.
- Les risques extérieurs.

Conclusion

Ce chapitre nous présente la liste des équipements de la Raffinerie de Skikda ainsi qu'une description générale des différentes unités et des principaux risques de la Raffinerie.

Chapitre VI
Application de la
méthode HAZOP sur
le bac de stockage S19

Introduction

Dans ce travail, nous avons choisi de faire une étude sur le bac de stockage de toluène sur le site industriel de la raffinerie de Skikda. En raison de la gravité des accidents et de leurs effets catastrophiques sur la population, les biens et l'environnement, nous nous efforcerons de les prévenir et de les réduire, en suivant le processus de gestion des risques, en appliquant les méthodes d'analyse des risques HAZOP et le logiciel de simulation ALOHA.

IV. application de la méthode HAZOP sur le bac de stockage du toluène S19

IV.1. description de la méthode HAZOP

IV.1.1 Historique de domaine d'application

La méthode HAZOP, pour HAZard OPerability, a été développée par la société Imperial Chemical Industries (ICI) au début des années 1970. Elle a depuis été adaptée dans différents secteurs d'activité utilisant des systèmes thermo- hydrauliques (chimie, pétrochimie...). L'Union des Industries Chimiques (UIC) a publié en 1980 une version française de cette méthode dans son cahier de sécurité n°2 intitulé « Etude de sécurité sur schéma de circulation des fluides ».

Considérant de manière systématique les dérives des paramètres d'une installation en vue d'en identifier les causes et les conséquences, cette méthode est particulièrement utile pour l'examen de systèmes thermo-hydrauliques, pour lesquels des paramètres comme le débit, la température, la pression, le niveau, la concentration... sont particulièrement importants pour la sécurité de l'installation.

De par sa nature, cette méthode requiert notamment l'examen de schémas et plans de circulation des fluides ou schémas P&ID (Piping and Instrumentation Diagramme) [32].

IV.1.2. Principe

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

L'HAZOP suit une procédure assez semblable à celle proposée par l'AMDE. L'HAZOP ne considère plus des modes de défaillances mais les dérives potentielles (ou déviations) des

principaux paramètres liés à l'exploitation de l'installation. De ce fait, elle est centrée sur le fonctionnement du procédé à la différence de l'AMDE qui est centrée sur le fonctionnement des composants de l'installation. Les deux méthodes se rejoignent dans la mesure où les causes et les conséquences de dérives de paramètres peuvent être des défaillances de composants et réciproquement.

Pour chaque partie constitutive du système examiné (ligne ou maille), la génération (conceptuelle) des dérives est effectuée de manière systématique par la conjonction :

- des mots-clés comme par exemple « Pas de », « Plus de », « Moins de », « Trop de »
- des paramètres associés au système étudié. Des paramètres couramment rencontrés sont la température, la pression, le débit, la concentration, mais également le temps ou des opérations à effectuer.

Mot-clé + Paramètre = Dérive
--

Le groupe de travail doit ainsi s'attacher à déterminer les causes et les conséquences potentielles de chacune de ces dérives et à identifier les moyens existants permettant de détecter cette dérive, d'en prévenir l'occurrence ou d'en limiter les effets. Le cas échéant, le groupe de travail pourra proposer des mesures correctives à engager en vue de tendre vers plus de sécurité.

A l'origine, l'HAZOP n'a pas été prévue pour procéder à une estimation de la probabilité d'occurrence des dérives ou de la gravité de leurs conséquences. Cette méthode est donc parfois qualifiée de qualitative. En pratique, elle peut être couplée, comme l'AMDE, à une estimation de la criticité.

Néanmoins, dans le domaine des risques accidentels majeurs, une estimation a priori de la probabilité et de la gravité des conséquences des dérives identifiées s'avère souvent nécessaire. Dans ce contexte, l'HAZOP doit donc être complétée par une analyse de la criticité des risques sur les bases d'une technique quantitative simplifiée. Dans une première approche, une démarche semi-quantitative similaire à celle présentée au paragraphe 3.3.3 pourra être retenue.

Cette adaptation semi-quantitative de l'HAZOP est d'ailleurs mentionnée dans la norme CEI :61882 « Etudes de danger et d'exploitabilité (études HAZOP) – Guide d'application » [32].

IV.1.2.1. Définition des mots-clés

Les mots-clés, accolés aux paramètres importants pour le procédé, permettent de générer de manière systématique les dérives à considérer. La norme CEI : 61882 propose des exemples des mots-clés dont l'usage est particulièrement courant. Ces mots-clés sont repris dans le tableau ci-dessous, inspiré du Tableau 3 de la norme précitée [32].

Tableau IV.1 : Exemples des mots-clés pour l'HAZOP (norme CEI : 61882) [32].

Type de déviation	Mot-Guide	Exemples d'interprétation
Négative	NE PAS FAIRE	Aucune partie de l'intention n'est remplie
Modification quantitative	plus	Augmentation quantitative
	moins	Diminution quantitative
Modification qualitative	EN PLUS DE	Présence d'impuretés – Exécution simultanée d'une autre opération/étape
	PARTIE DE	Une partie seulement de l'intention est réalisée
Substitution	INVERSE	S'applique à l'inversion de l'écoulement dans les canalisations ou à l'inversion des réactions chimiques
	AUTRE QUE	Un résultat différent de l'intention originale est obtenu
Temps	PLUS TOT	Un événement se produit avant l'heure prévue
	PLUS TARD	Un événement se produit après l'heure prévue
Ordre séquence	AVANT	Un événement se produit trop tôt dans une séquence
	APRES	Un événement se produit trop tard dans une séquence

IV.1.2.2 Définition des paramètres

Les paramètres auxquels sont accolés les mots-clés dépendent bien sûr du système considéré. Généralement, l'ensemble des paramètres pouvant avoir une incidence sur la sécurité de l'installation doit être sélectionné. De manière fréquente, les paramètres sur lesquels porte l'analyse sont :

- la température,
- la pression,

- le débit,
- le niveau,
- la concentration,
- l'agitation,
- la quantité,
- l'absorption,
- la composition,
- la séparation,
- l'homogénéité,
- la viscosité.

La combinaison de ces paramètres avec les mots clé précédemment définis permet donc de générer des dérives de ces paramètres.

Par exemple :

- « Plus de » et « Température » = « Température trop haute »,
- « Moins de » et « Pression » = « Pression trop basse »,
- « Inverse » et « Débit » = « Retour de produit »,
- « Pas de » et « Niveau » = « Capacité vide » [32].

IV.1.2.3 Cause et conséquence de la dérive

De la même façon que pour une AMDE, le groupe de travail, une fois la dérive envisagée, doit identifier les causes de cette dérive, puis les conséquences potentielles de cette dérive.

En pratique, il peut être difficile d'affecter à chaque mot clé (et dérive) une portion bien délimitée du système et en conséquence, l'examen des causes potentielles peut s'avérer, dans certains cas, complexe [31].

IV.1.2.4 Moyen de détection sécurité existantes et propositions

La méthode HAZOP prévoit d'identifier pour chaque dérive les moyens accordés à sa détection et les barrières de sécurité prévues pour en réduire l'occurrence ou les effets.

Si les mesures mises en place paraissent insuffisantes au regard du risque encouru, le groupe de travail peut proposer des améliorations en vue de pallier ces problèmes ou du moins définir des actions à engager pour améliorer la sécurité quant à ces points précis [32].

IV.2. Description du système étudié (le Bac de stockage S19)

Tableau IV.2 : Caractéristiques du bac de stockage du toluène S19

Caractéristiques	Bac de stockage S19
T° de calcul (C°)	65
T° de service (C°)	28
Pression de calcul en kg /cm ² g	Hydros+0.25
Volume (m ³)	2418
Densité (g)	0.87
Diamètre (m)	14.50
Hauteur (m)	14.64
Substance	Toluène
Type d'installation	Bac de stockage intermédiaire
Type de toit	fixe



Figure IV.1: le bac de stockage S19 (google earth).

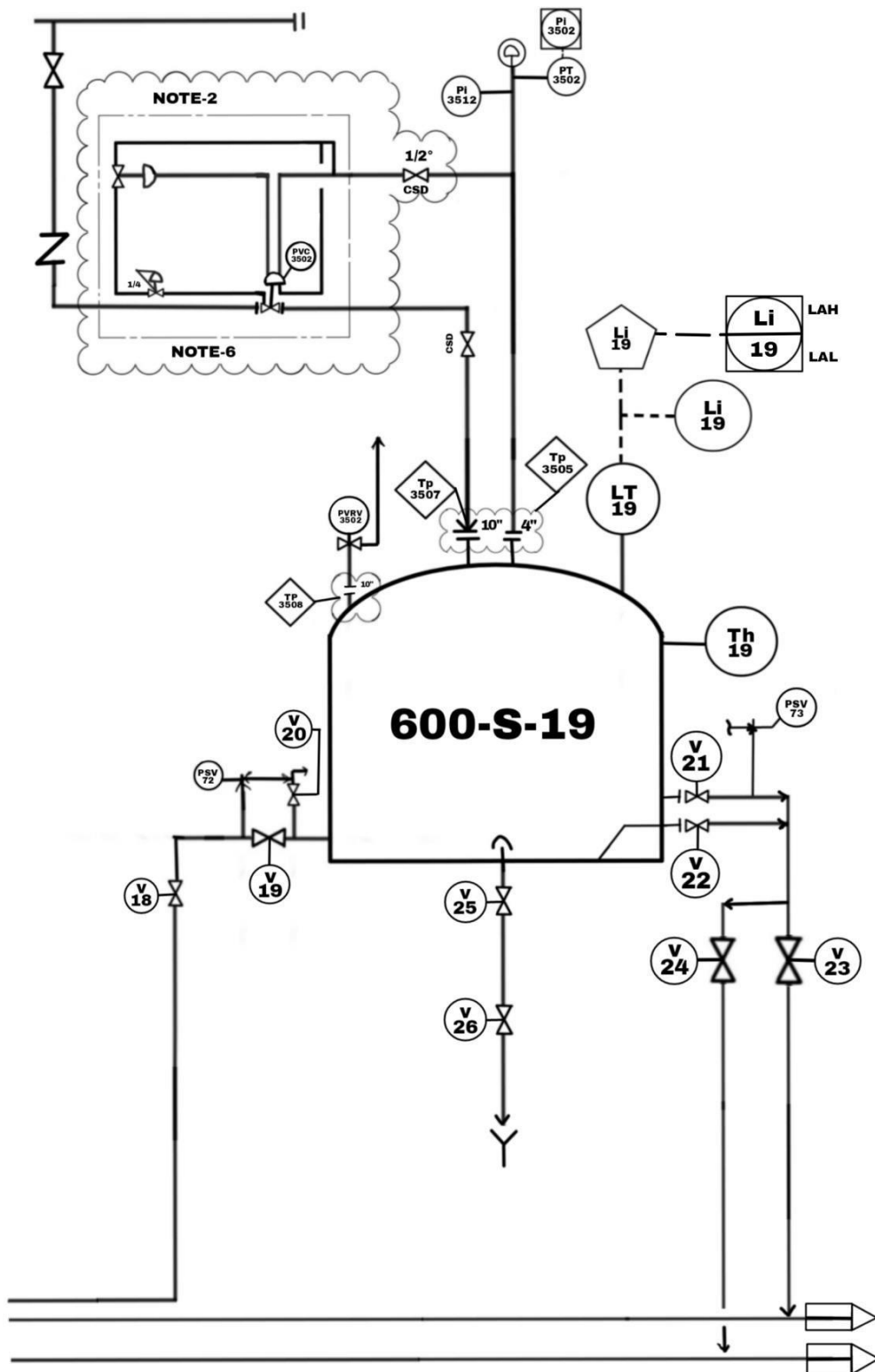


Figure IV.2 : schéma PID de bac de stockage S19 au niveau de l'unité MELEX.

IV.2.1. Sous-système 1 (le bac et ces accessoires)

- Ce sous système est construit principalement de:
- Bac a toit fixe S19.
- Soupape de respiration.
- Mise à la terre et parafoudre.
- Les instruments de mesures et de contrôle des paramètres service (Pression,
- Niveau, Température).

IV.2.2. Sous-système 2 (remplissage du bac)

Ce sous système est construit principalement des:

- Pompes
- Les vannes d'isolement V19, V21 et V22.
- La tuyauterie.

IV.2.3. Sous-système 3 (Expédition de toluène)

Ce sous système est construit principalement des:

- Pompes de transfère de toluène.
- la vanne d'isolement V23 et V24.
- Tuyauteries.

IV.3. Echelles de cotation des risques

Après l'identification des risques et problèmes potentiels, une évaluation du risque a été réalisée en identifiant la probabilité d'occurrence ainsi que la gravité des conséquences.

Cette évaluation s'est basée sur le principe de la matrice de risque. L'objet de cet outil pour jugés à ce que le risque acceptable ou non et pour renfoncer notre barrières de prévention et de protections.

La matrice de risque utilisée c'est la matrice définie par SONATRACH DP.

Les classes de gravité et de probabilité sont décrites en détails ci-après :

gravité	1				
	2				
	3				
	4				
		1	2	3	4
		probabilité			

Figure IV.3 : Matrice de risques SONATRACH DP [4].

A. Echelle de gravité :

<i>gravité</i>	<i>personnel</i>	<i>environnement</i>	<i>publique</i>	<i>Production/bien</i>
<i>G4</i>	Plusieurs décès	Pollution hors limites de longue durée	Décès	Domage importante arrêt total de la production
<i>G3</i>	Incapacité Permanente ou 1 décès	Pollution interne non maîtrisée ou pollution hors limite maîtrisée	Blessures significatives	Domage localisée arrêt partie d'unité
<i>G2</i>	Blessures significatives (AAA)	Pollution interne maîtrisée	Blessures mineures	Domage mineurs et arrêt bref de la production
<i>G1</i>	Blessure mineures (ASA)	Mineure	Pas d'incidence	Pas de dommage, pas d'arrêt de Production

Figure IV.4 : Echelle de gravité [33]

B. Echelle d'occurrence:

probabilité	description	fréquence
P4	Très probable S'est produit fréquemment au sein de Sonatrach	1/an
P3	Probable S'est produit(ou pourrait produire) au sein de Sonatrach, pourrait produire pendant la durée de vide l'installation	10-2à 10-1/an
P2	Peu probable Déjà (ou pourrait se) rencontré dans une organisation similaire à Sonatrach.	10-4à 10-2/an
P1	Improbable Jamais rencontré ou entendu parler mais physiquement possible(ou rarissime)	<10-4/an

Figure IV.5 : Echelle de d'occurrence [33].

C. Niveaux de risques :

Classification des risques	description
	Acceptable
	ALARP – améliorable
	inacceptable

Figure IV.6: Niveaux de risques [33].

IV.4. Barrières de sécurité appliquée au système (Bac S19)

Le bac de stockage de condensat (Bac S19) est muni des barrières de prévention et de protection suivants :

IV.4.1. Mesures de prévention

Formation des opérateurs et les agents d'intervention.

- Maintenance périodique du bac.
- Revêtement anti corrosion des parois interne du bac.

- Inspection préventive des équipements et des instruments de mesure.
- Zone ATEX.
- Mise à la terre de bac et tuyauteries.
- Soupape de respirant de bac.

Et les systèmes de contrôle des paramètres tels que :

- LT19 Transmetteur de niveau de toluène.
- LI19 indicateur de niveau de toluène.
- LAH19 sonde de niveau haut avec alarme.
- LAL19 sonde de niveau bas avec alarme.
- TI indicateur de température du produit stocké
- PI indicateur de pression.
- PT transmetteur de pression.
- PSV72 soupape de sécurité .

IV.4.2. Mesures de protection

- Chambre à mousse pour diversement à l'intérieur de bac.
- Les déversoirs à mousse au niveau des cuvettes de rétention.
- Couronne d'eau de refroidissement de bac.
- Lances mixte eau et mousse (lances monitor).
- Moyens de lutte contre l'incendie (moyens fixes et mobiles).
- Détection de gaz.
- Plan d'intervention interne .
- Cuvette de rétention.

VI.5. L'application de l'HAZOP sur le bac de stockage S19

Tableau IV.3 : L'application de l'HAZOP sur le bac de stockage S19

N°	Mot guide	Paramètre	Déviatio	Causes	Conséquences	G	P	C R	PREVENTIONS	PROTECTION	G	P	C R	Recommandatio n
1	Plus	niveau	Plus de	<ul style="list-style-type: none"> - temps de remplissage dépassé (erreur opérateur) - la vanne d'entre du bac défailante (reste ouvert) - Transmetteur de niveau LT19 défailant 	<ul style="list-style-type: none"> -augmentation de la pression du bac -Déclanchement d'alarmes: LAH19 	2	3		<ul style="list-style-type: none"> - Formation des opérateurs. - Inspection préventif des instruments. - Alarme niveau haut LAH19. 	<ul style="list-style-type: none"> - Zone ATEX - Couronne de Refroidissement 	1	2		<ul style="list-style-type: none"> - Respecter le plan de maintenance préventive des instruments - Installation d'un système de drainage de toluène
2	moins	niveau	Moins de	<ul style="list-style-type: none"> -fausse indication par l'indicateur de niveau - défaillance de 	<ul style="list-style-type: none"> - Niveau très bas dans le bac de stockage - libération du toluène 	4	2		<ul style="list-style-type: none"> - cuvette de rétention - Zone ATEX - Système extinction existant fixe et 	<ul style="list-style-type: none"> - indicateur local de pression (manomètre) - détecteur de feu - Transmetteur de niveau LT19de Toluène sur le 	2	1		<ul style="list-style-type: none"> - Formation des agents d'intervention. - Entretien et essais périodique des

				détecteur de niveau : LI19 - fuit au niveau du bac - Casse du niveau au "tuyau vinyl" extérieur au bac S19	- Feu de cuvette + blessures opérateurs			mobile - Vérifier le niveau sur le tuyau vinyl du bac avant le démarrage de la pompe	bac. - Alarme niveau bas LAL19 de Toluène.			moyens d'intervention. - Respecter les procédures de mise en marche des pompes.
3	plus	pression	Plus de	- Augmentation de température. - Haut niveau.	-Montée en pression du bac - Fissure.	4	2	-soupapes crachent. - Manomètre de Pression - Signaux d'alerte et alarme dans une salle de contrôle. -system	- Soupape de respiration sur le bac. - Vérification des manomètres locaux.	2	1	- Contrôle de la vanne PCV de la salle de contrôle. - Formation des agents

									d'exploitation.				bacs en cas d'accident
4	plus	Température	Plus de	-Température ambiante et rayonnement solaire élevé. - incendie au voisinage du bac	- Augmentation de pression -. Vaporisation De toluène	4	2		- Signaux d'alerte et alarme dans une salle de contrôle. - transmetteur de la température	-Réseaux de refroidissement de bac S19 - Système d'extinction existant Fixe et mobile	2	1	Entretins et contrôle périodique. - Tarage des soupapes de respiration. - Exercices de simulation sur ce genre d'accident

IV.6. Recommandations

- Prévoir des alarmes de niveau très bas et de niveau très haut pour les bacs de stockage.
- La formation du personnel aux différents changements et modifications des installations ainsi que le recyclage sont une priorité.
- Installer des déversoirs à mousse au niveau de la cuvette de rétention.
- Délimiter les zones de stockage de toluène et procéder à l’affichage des plaques de signalisation.
- Assurer et renforcer les exercices de simulation concernant les feu des Bacs, des cuvettes et feu de nappe
- Respect de plan des inspections périodiques des installations et remplacement de certains équipements.

IV.7. Présentation de logiciel ALOHA

IV.7.1. généralité

ALOHA est un logiciel utilisable pour des situations d'urgence. Il a été développé conjointement par les 2 entités américaines suivantes : l' "Environmental Protection Agency's Office of Emergency Prevention, Preparedness and Response" (EPA) et le "National Oceanic and Atmospheric Administration's Office of Response and Restoration" (NOAA).

Le logiciel se compose :

- du module ALOHA ("Areal Locations of Hazardous Atmospheres") qui est un programme informatique permettant d'évaluer, dans des situations d'urgence, la dispersion atmosphérique, de composés rejetés dans des conditions accidentelles. Il prend en compte les propriétés toxicologiques et physiques des polluants, et les caractéristiques du site telles que les conditions atmosphériques et les conditions de rejets. Ce module comprend une bibliothèque de 700 substances chimiques¹ et permet un affichage graphique des résultats.
- un programme de cartographie électronique appelé MARPLOT [33].

IV.7.2. Domaine de fonctionnement d'ALOHA

ALOHA utilise, suivant le type de polluant, deux modèles de dispersion atmosphérique :

- un modèle gaussien pour les gaz neutres au niveau de la suspension dans l'atmosphère,
- un modèle de gaz lourd, basé sur le modèle DEGADIS 2.1 (Spicer, Tom and Jerry Havens, 1989) qui a été simplifié par souci de rapidité de calcul.

Ils supposent un terrain plat, sans réaction chimique, avec un terme source d'émission stationnaire. Leur avantage principal est le temps rapide de calcul.

Le module a été conçu afin :

- qu'il puisse être installé sur des ordinateurs portables,
- qu'il respecte des critères de convivialité et d'ergonomie indispensables aux situations d'urgence,
- que l'interface minimise les erreurs de l'utilisateur en vérifiant la cohérence physique des données d'entrée.

ALOHA permet la modélisation d'émissions à partir :

- flaques en ébullition ou non,
- réservoirs sous pression de gaz ou de liquide, de réservoirs liquides non pressurisés, de réservoirs contenant des gaz liquéfiés, de conduite de gaz sous pression.

ALOHA modélise la dispersion atmosphérique de gaz neutre, par un module basé sur l'approche gaussienne, et de gaz plus lourd que l'air au moyen d'un module degaz dense. Il propose à l'utilisateur le choix entre les deux modules, et de définir lui-même le module. Plus précisément les critères du logiciel sont la masse molaire du produit, la taille du rejet et la température du nuage [33].

IV.7.3. Limites de l'ALOHA

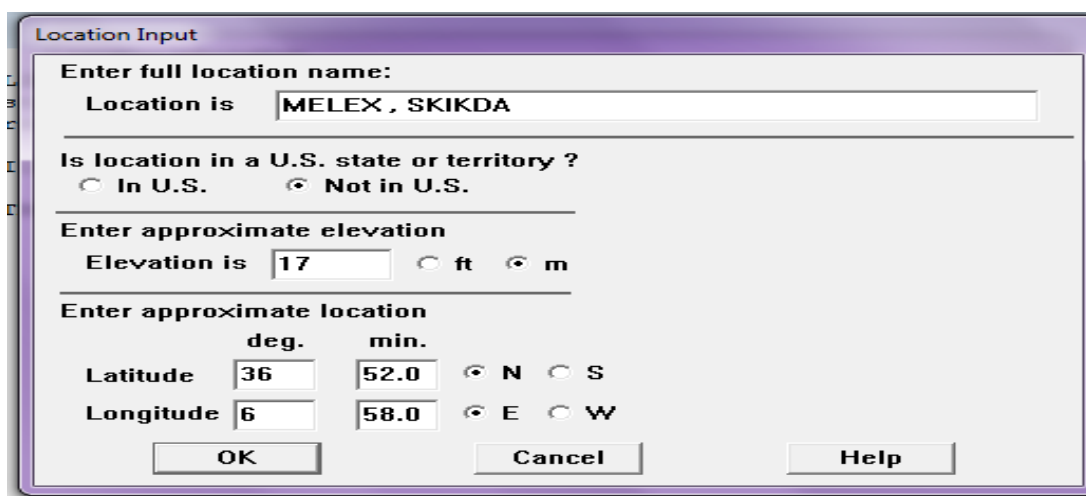
Les principales limitations sont les suivantes :

- la topographie et la présence d'obstacles ne sont pas prises en compte,
- la dispersion de particules n'est pas modélisée,
- l'élévation des gaz chaud ou légers n'est pas pris en compte,
- certains des phénomènes qui se situent au niveau du point de rejet ou dans le champ proche ne sont pas pris en compte, tel les phénomènes de jets, par conséquent ALOHA n'affiche pas de résultats à des distances inférieures à 100 m,
- les rejets à partir de conduite liquide ne sont pas modélisés,
- les aérosols (ex. : lors de rejets d'ammoniac,...) ne sont pas modélisés par ALOHA, qui suppose leur évaporation immédiate aux abords de la fuite,
- ALOHA ne calcule pas la réactivité chimique, il avertit cependant l'utilisateur et décrit le type de réactions et les produits attendus,
- ALOHA peut calculer le terme source et la dispersion à partir de composés purs ou de solutions liquides mais ne modélise pas les mélanges gazeux,
- la réactivité chimique au sein d'un panache de fumées n'est pas modélisée [33].

IV.6.4. Modélisation des conséquences par le logiciel ALOHA

Le scénario étudié est une fuite au niveau du bac de stockage du toluène. Les paramètres d'entrée permettent de donner une bonne description de l'accident étudié, la mise en place de ces paramètres est facile et nécessite quelques données :

- Coordonnées du lieu: Latitude = 36°52'11" N, Longitude = 6°58'31" E
Altitude = 17 m (données Google earth).
- Localisation : MELEX, SKIKDA, ALGERIE.

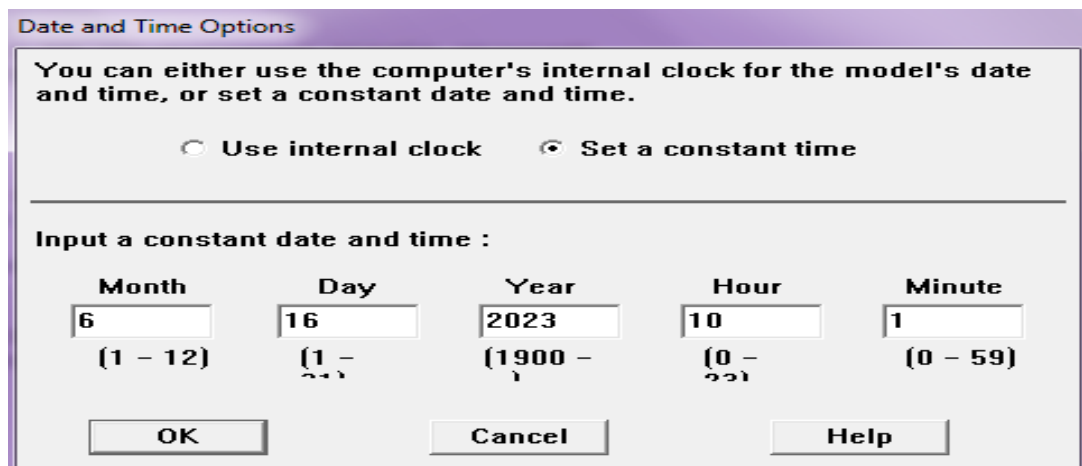


The screenshot shows a 'Location Input' dialog box with the following fields and options:

- Enter full location name:** Location is
- Is location in a U.S. state or territory ?**
 In U.S. Not in U.S.
- Enter approximate elevation**
Elevation is ft m
- Enter approximate location**
deg. min.
Latitude N S
Longitude E W
- Buttons:

Figure IV.7 : Fenêtre d'application pour les coordonnées du lieu.

- Sélection de la date et l'heure.



The screenshot shows a 'Date and Time Options' dialog box with the following fields and options:

- You can either use the computer's internal clock for the model's date and time, or set a constant date and time.**
 Use internal clock Set a constant time
- Input a constant date and time :**
Month (1 - 12)
Day (1 - 31)
Year (1900 - 2100)
Hour (0 - 23)
Minute (0 - 59)
- Buttons:

Figure IV.8 : Choix De la date.

- Substance étudiée : toluène.

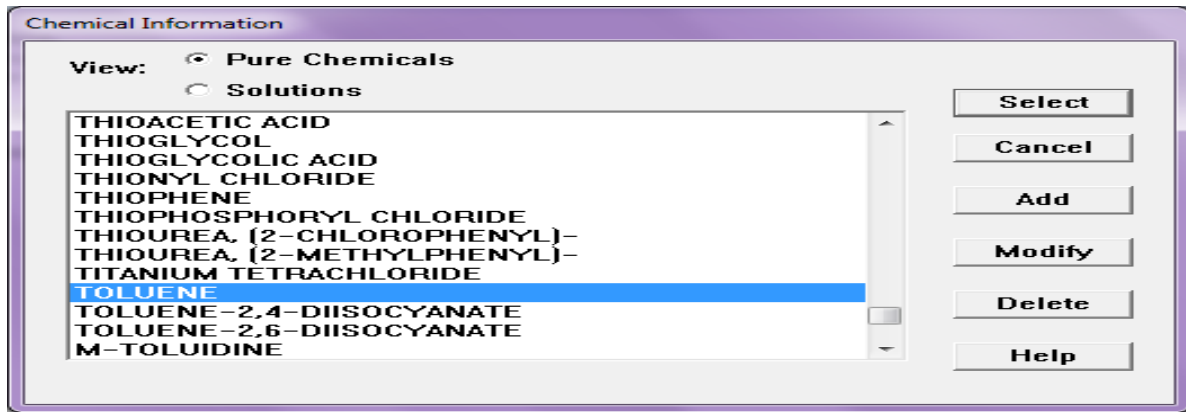


Figure IV.9: Fenêtre d'application pour la substance étudiée.

- Conditions météorologiques :

Vitesse du vent : 7 (m/s)

Direction du vent : vers l'Ouest.

Altitude du point de mesure : 3 m.

Rugosité du terrain : faible.

Couverture en nuage : faible.

Température : 28°C.

Humidité : 83%.



Figure IV.10: Fenêtre d'application pour les conditions atmosphériques.

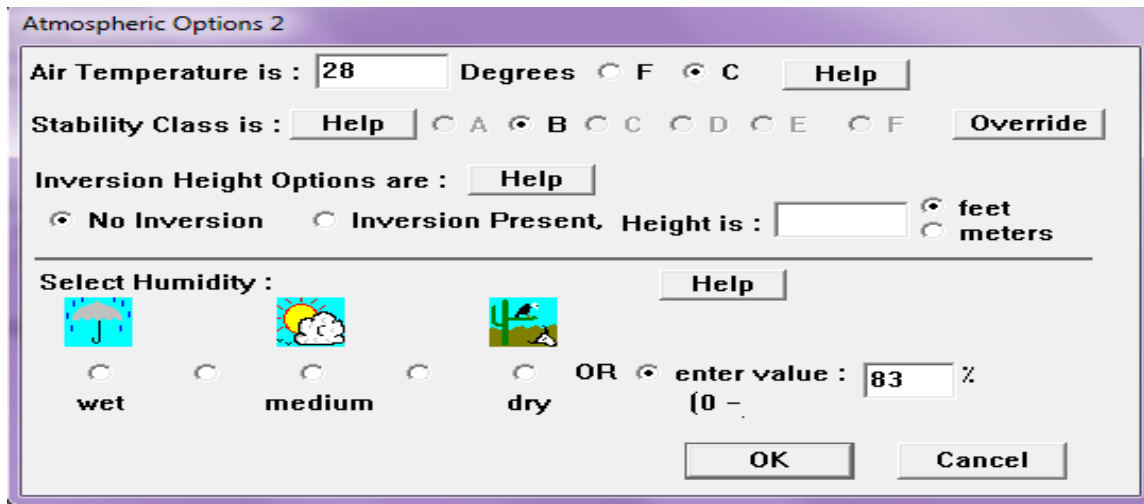


Figure VI.11: Deuxième fenêtre d’application pour les conditions atmosphériques.

- Dimensions de bac de stockage S19 :

Diamètre : 14.50 m

Hauteur : 14.64 m

Volume : 2418 m³

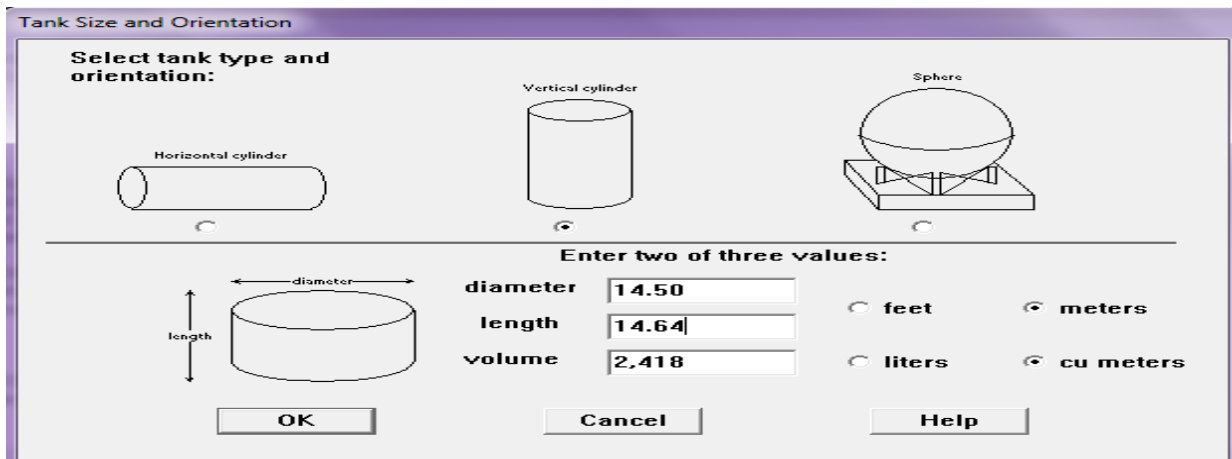


Figure VI.12: fenêtre d’application pour les dimensions de bac de stockage.

- la forme physique et température du produit stocké :

La forme physique : liquide

La température : 28°

Chemical State and Temperature

Enter state of the chemical:

Tank contains liquid

Tank contains gas only

Unknown

Help

Enter the temperature within the tank:

Chemical stored at ambient temperature

Chemical stored at 28 degrees F C

Help

OK Cancel

Figure IV.13 : Le choix de l'état du toluène.

- La masse et le volume de liquide :

La masse : 1721 tons

Volume : 1318 m²

Liquid Mass or Volume

Enter the mass in the tank OR volume of the liquid

The mass in the tank is: 1.721

pounds

tons(2,000 lbs)

kilograms

OR

Enter liquid level OR volume

The liquid volume is: 1,813

gallons

cubic feet

liters

cubic meters

75 % full by volume

OK Cancel Help

Figure IV.14 : fenêtre d'application pour la masse et le volume de toluène dans le bac S19.

- type de défaillance du réservoir :

Fuite dans le bac de stockage, le produit brule et forme un feu en nappe

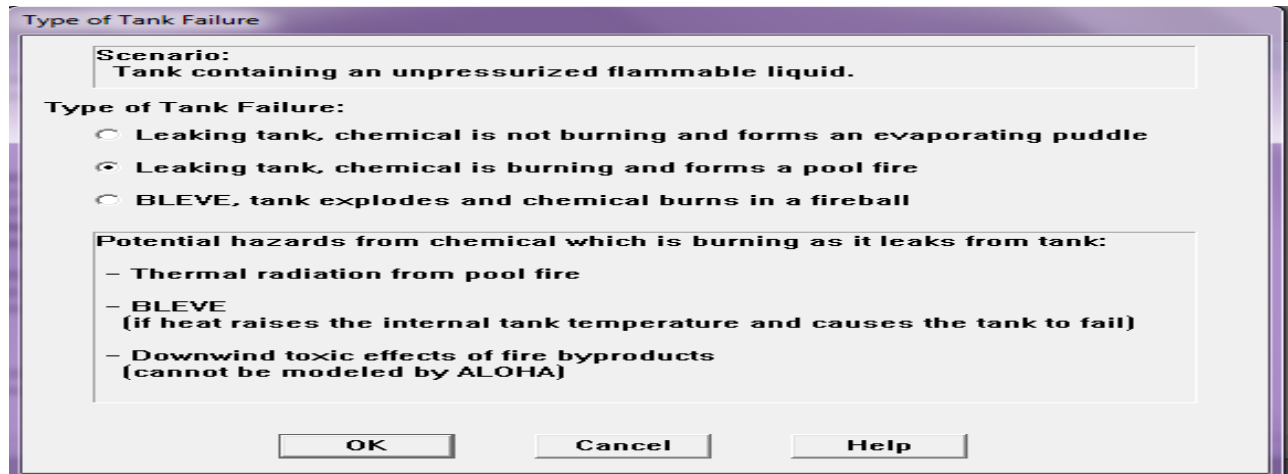


Figure IV.15 : Les différents types de risque évalués par ALOHA.

- Le diamètre de la fuite : 20cm
Fuite par le trou

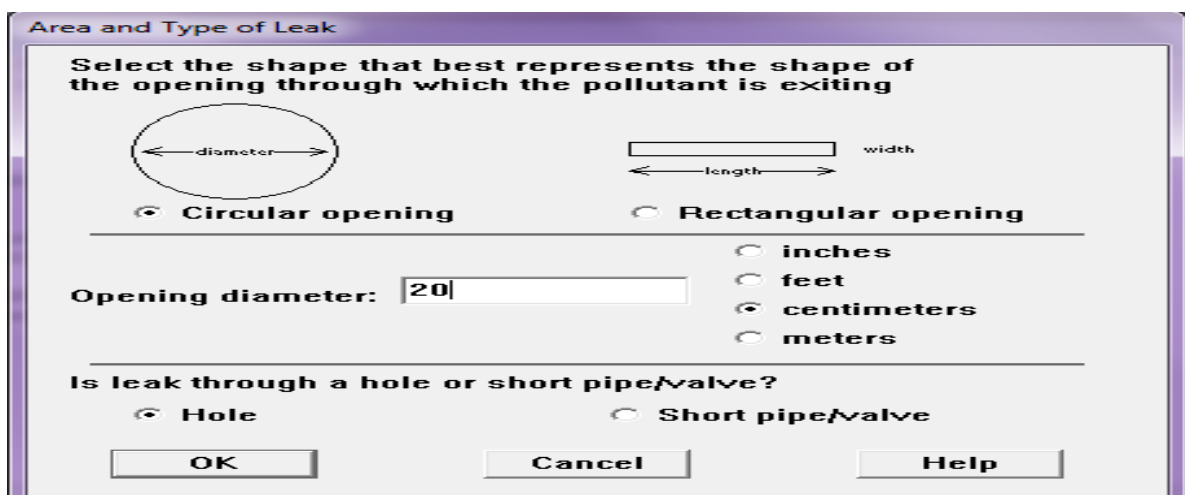


Figure IV.16 : Choix du diamètre de la fuite.

- La hauteur de la fuite dans le bac de stockage S19 :

Dans un 7 m.

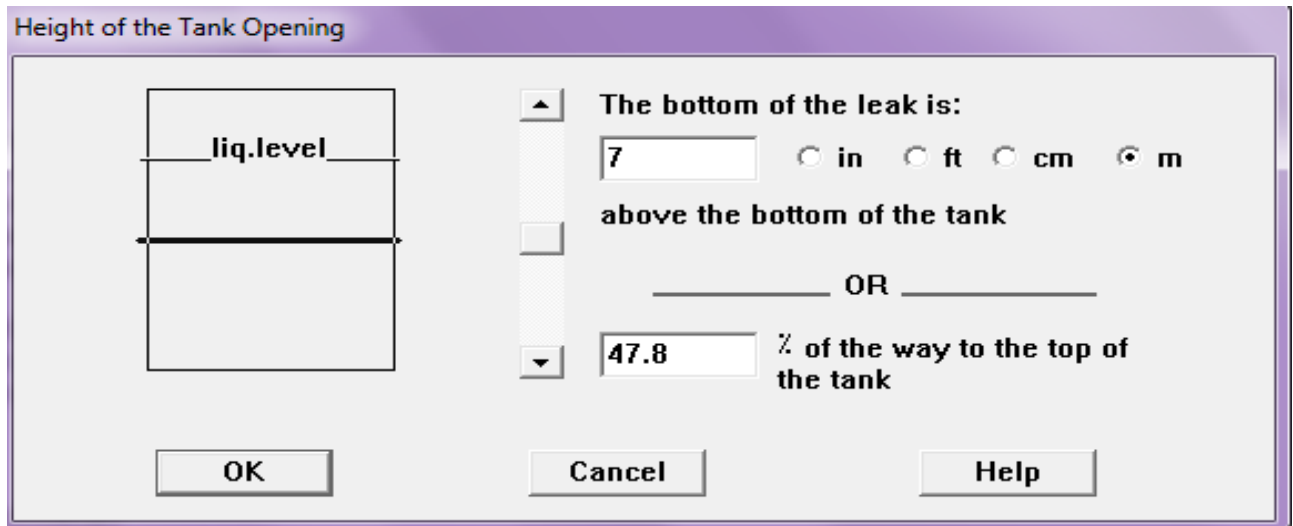


Figure IV.17 : Choix de la hauteur de la fuite.

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

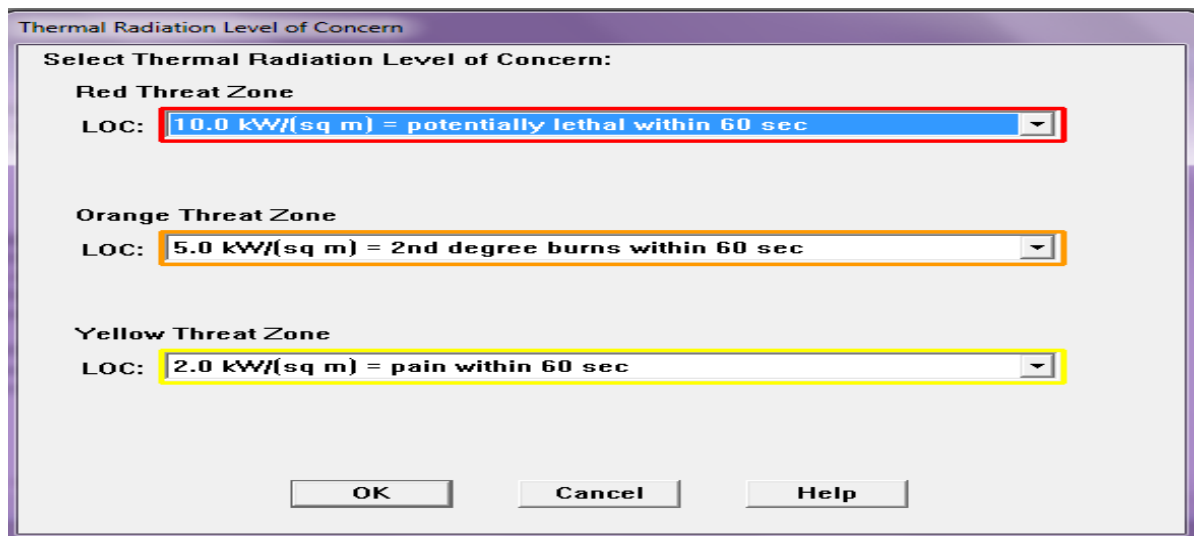


Figure VI.18 : Les zones d'impact.

- Nous avons déterminé les zones d'impact pour différentes quantités de radiation thermique, qui sont illustrées par la figure (IV.19).

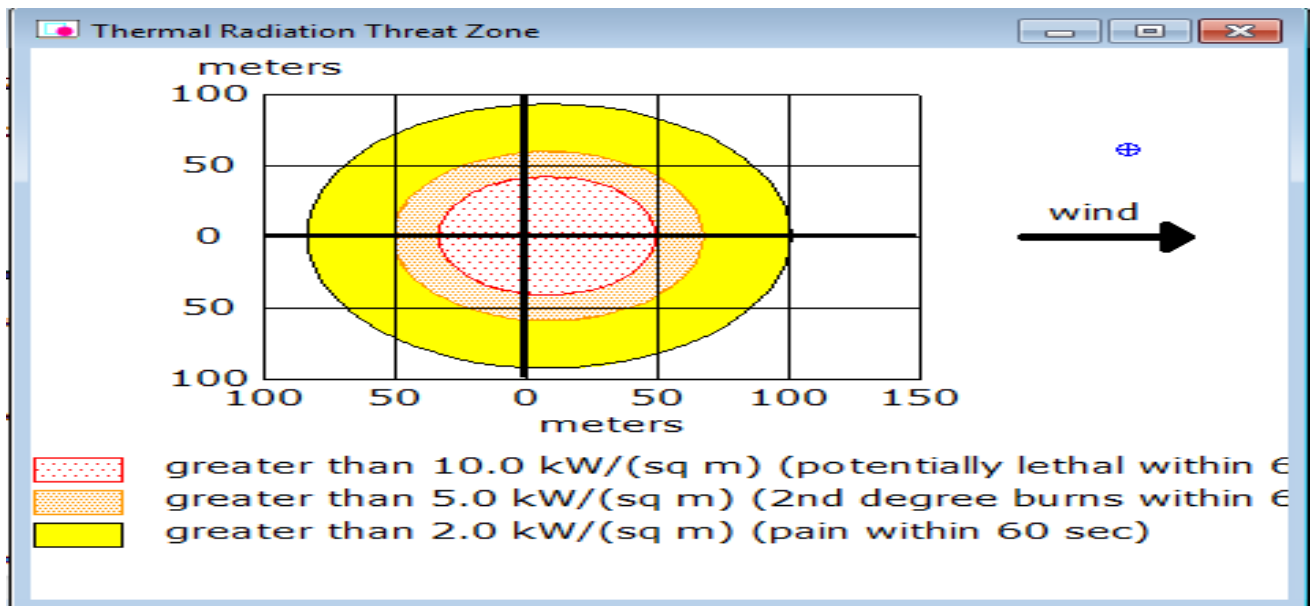


Figure IV.19 : Les zones menacées par les effets thermiques.

- La zone rouge : indique un niveau de danger extrêmement élevé. Cela signifie que l'exposition à cette zone peut entraîner des conséquences graves, voire la mort, en un laps de temps très court.
- La zone orange : où des brûlures au deuxième degré peuvent se produire en 60 secondes, représente également un niveau de danger élevé. Les brûlures au deuxième degré sont des blessures graves qui peuvent nécessiter des soins médicaux immédiats.
- La zone jaune : où des douleurs peuvent être ressenties en 60 secondes, indique un niveau de danger moins élevé que les zones rouge et orange. Cependant, cela ne signifie pas que cette zone est sans danger. Les douleurs peuvent être un indicateur de l'exposition de substance.

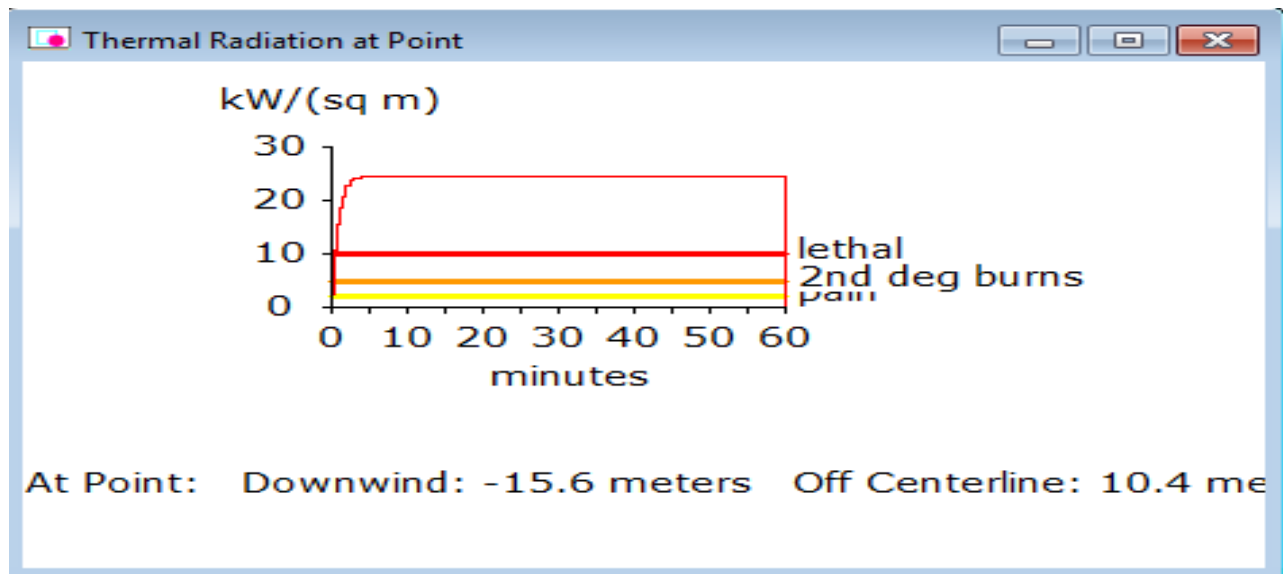


Figure IV.20 : les changements de radiation thermique avec le temps.

- **type de défaillance du réservoir :**

Fuite dans le bac de stockage, chimique ne brûlant pas et formant une flaque d'eau.

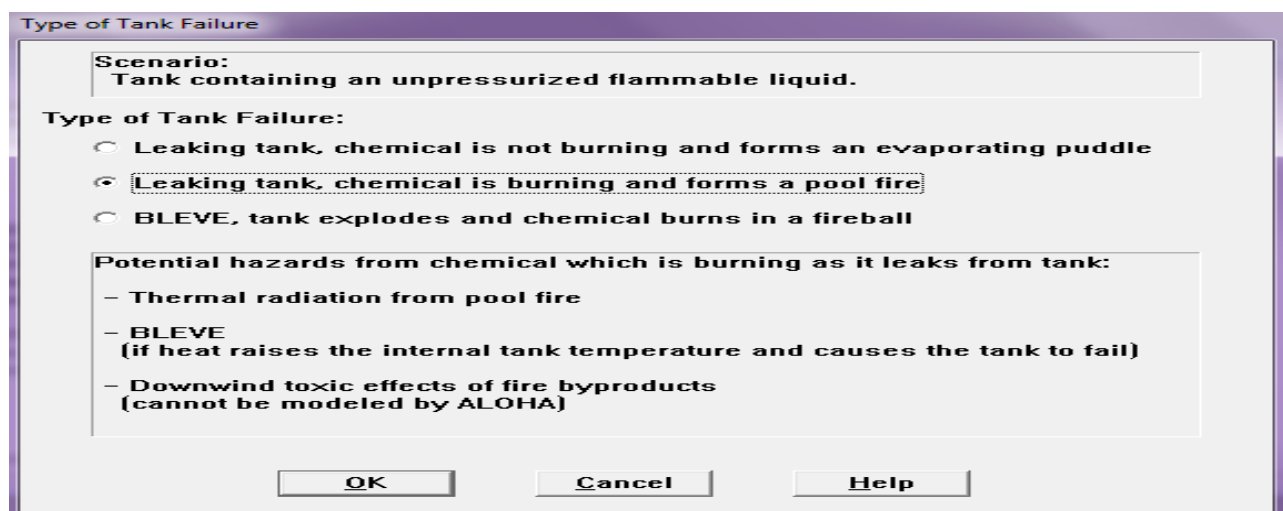


Figure IV.21 : Les différents types de risque évalués par ALOHA.

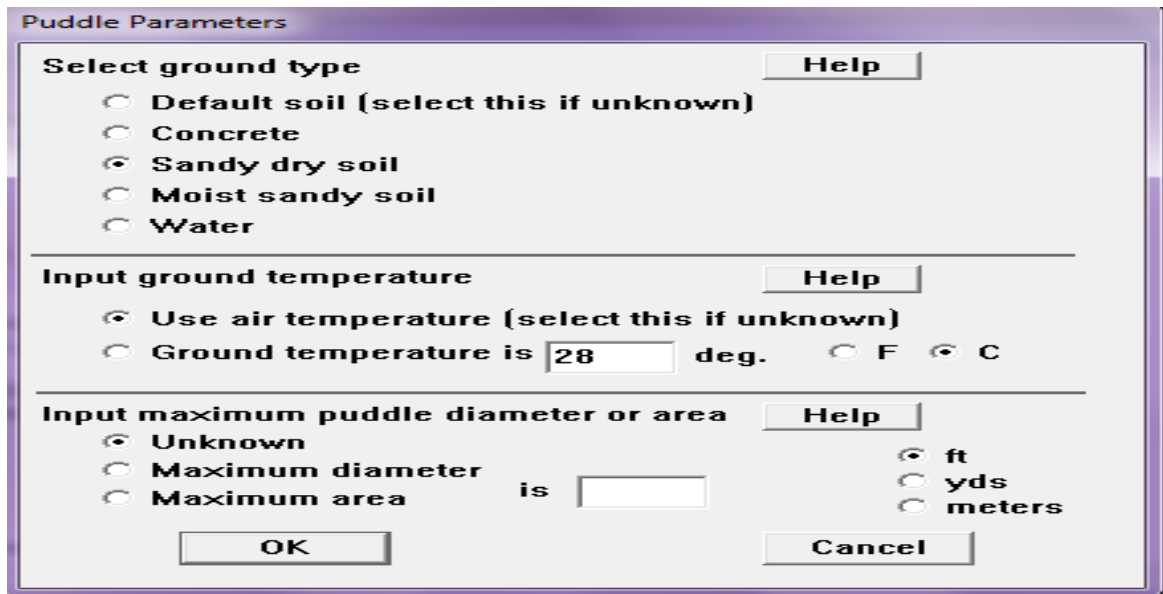


Figure IV.22 : le paramètre de flaque.

- Le type de sol : sol sablonneux sec
- température du sol : la température de l'air

- choisir l'analyse des risques :
Zone toxique de nuage de vapeur



Figure IV.23: représentent les trois zones dispersion des polluants.

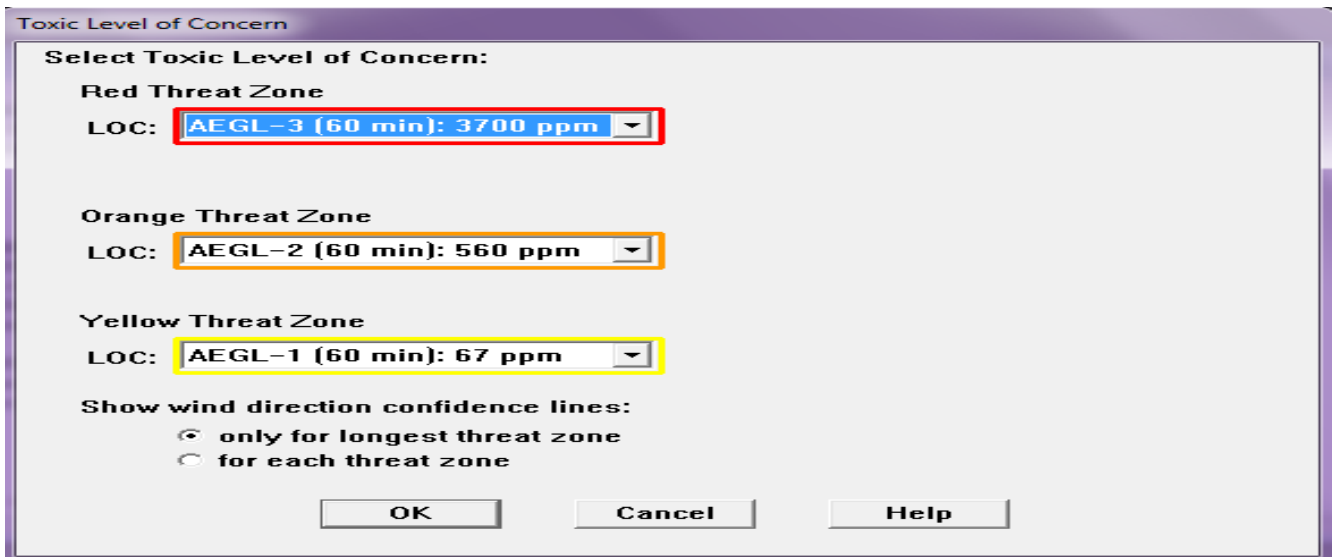


Figure IV.24 : Les zones d'impact de la dispersion des polluants.

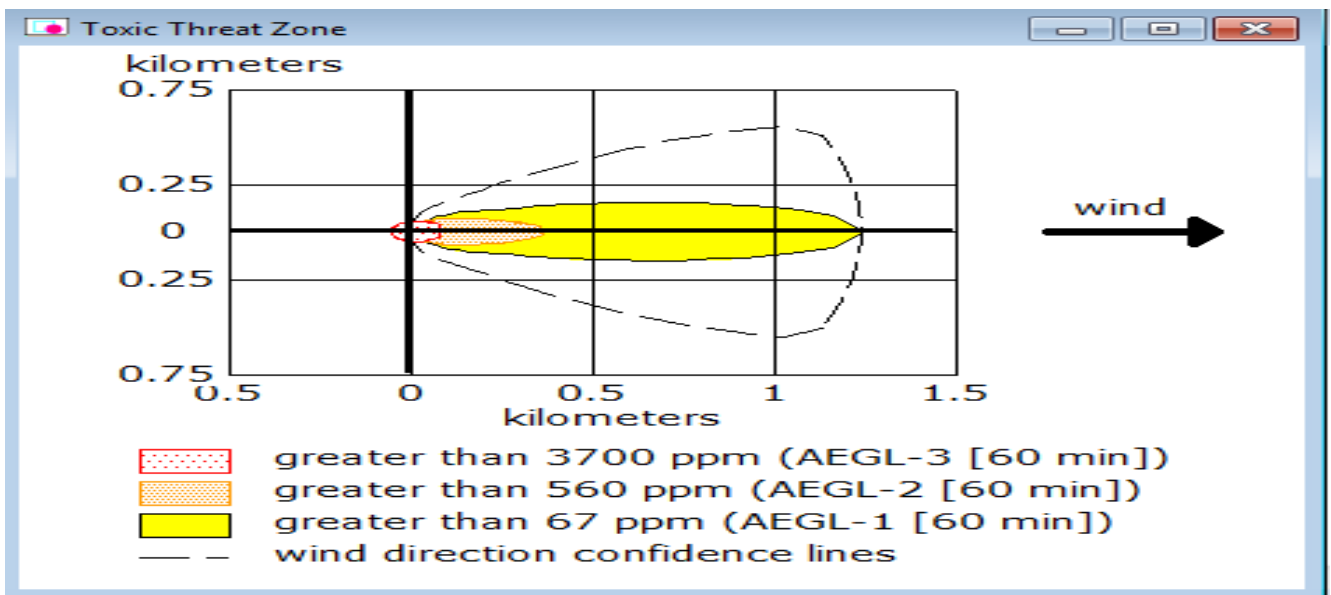


Figure IV.25 : zone de traitement toxique.

- La zone rouge : indique un niveau de toxicité élevé pour une concentration égale à 3700 ppm.
- La zone orange : indique un niveau de toxicité moyen pour une concentration égale à 560 ppm.
- La zone jeune : indique un niveau de toxicité faible pour une concentration égale à 67 ppm.

IV.8. Affichage des cartographies par le logiciel MARPLOT

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

C'est un programme de cartographie électronique, Ce logiciel fonctionne sur des ordinateurs équipés du système Microsoft Windows ou Apple Macintosh NOAA (National Oceanic and Atmosphérique Administration) 2006. MARPLOT un programme s'affiche une cartographie d'une zone menacée par satellite.

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

Le logiciel MARPLOT afficher la carte des zone des risques dans une unité de MELEX sur le bac de stockage S19 du toluène.

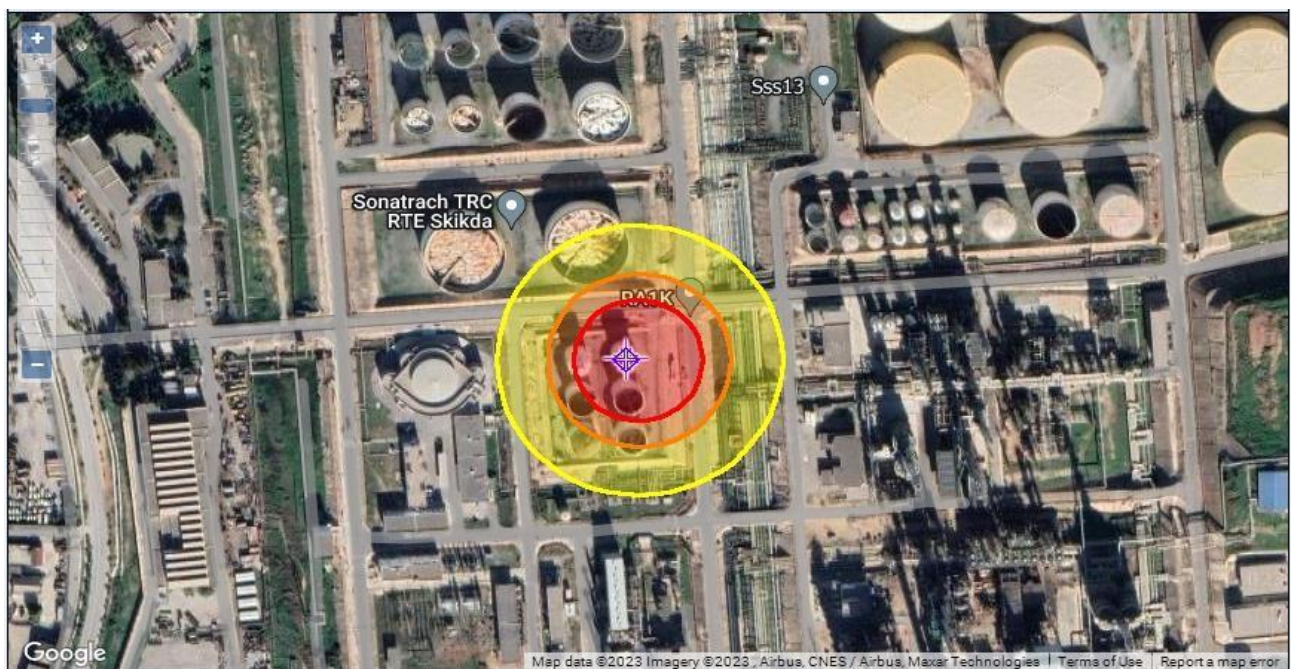


Figure IV.26 : Une modélisation par le logiciel ALOHA, zone parcelle affichés sur une carte MARPLOT de Zones toxiques suite à la dispersion des polluants.

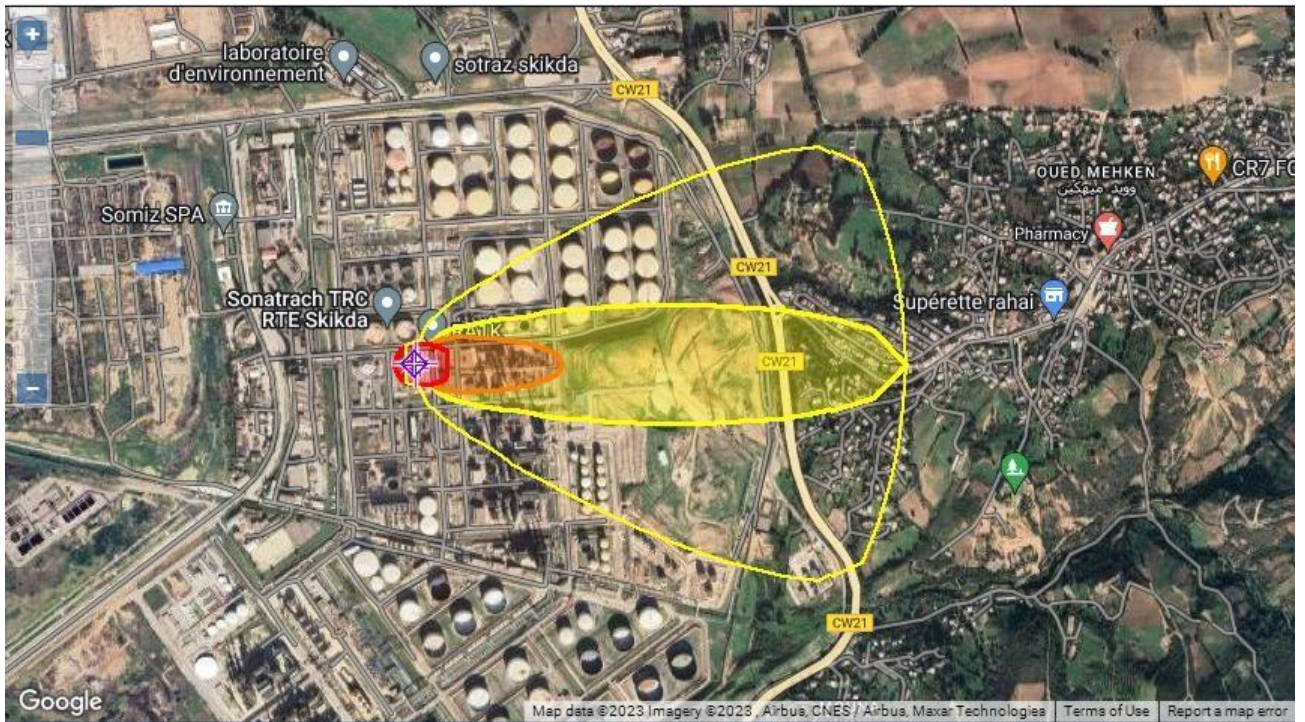


Figure IV.27 : Une modélisation par le logiciel ALOHA, zone parcelle affichés sur une carte MARPLOT de Les zones menacées par les effets thermiques.

IV.9. Comparaison entre les deux scénarios

Tableau IV.4 : La Comparaison entre les deux scénarios.

Scenario	Dispersion des polluants	rayonnement thermique
Menace modélisée	Toxicité	Effets thermique
Zone menacée de couleur rouge	41 m	80 m
Zone menacée de couleur orange	60 m	365 m
Zone menacée de couleur jaune	93.4 m	1225 m

IV.10. Recommandation

- Utilisé les équipements et les protocoles appropriés pour contenir et maîtriser la fuite afin de limiter les dommages potentiels.
- Organisez des sessions de formation et de sensibilisation pour les employés de la raffinerie afin de renforcer leur compréhension des risques associés au toluène et des mesures de sécurité appropriées à prendre en cas d'incident.
- l'utilisation de barrières physiques pour restreindre l'accès à la zone touchée.
- Il est important d'évaluer les impacts potentiels sur l'environnement et de prendre les mesures appropriées pour minimiser les dommages.

Conclusion

Ce chapitre est consacré à la présentation de la méthode d'analyse de risque HAZOP permettant d'identifier les phénomènes dangereux et d'évaluer les risques associés à ces phénomènes en intégrant les barrières de sécurité existant afin de réduire le risque à un niveau acceptable et simulations numériques effectuées par les logiciels ALOHA et MARPLOT afin de modéliser le deux phénomène sur le bac de stockage S19 au niveau raffinerie de Skikda.

Conclusion générale

L'étude sur les risques liés au bac de stockage de toluène en utilisant la méthode HAZOP et le logiciel de simulation ALOHA, il est clair que ces approches sont essentielles pour évaluer et gérer les dangers potentiels associés à cette activité industrielle.

L'utilisation combinée de la méthode HAZOP et du logiciel ALOHA permet une approche complète de l'analyse et de la gestion des risques dans le stockage de toluène. Elle permet de mieux comprendre les scénarios de risque potentiels, d'identifier les mesures de prévention et de mitigation appropriées, et de renforcer la sécurité des travailleurs, la protection de l'environnement et la conformité aux réglementations en vigueur.

Il est important de souligner que cette étude n'est qu'une partie du processus continu de gestion des risques. Une surveillance régulière, une formation adéquate du personnel, une mise à jour des procédures de sécurité et une culture de sécurité forte sont également nécessaires pour maintenir un niveau de risque acceptable.

Enfin, la formation, sensibilisation ainsi l'amélioration du comportement individuel du personnel en matière HSE sont des axes importants sur la gestion humaine des risques. Chaque entreprise doit mettre en disposition une gestion des risques professionnels. Nous avons essayé de rappeler les différents moyens de prévention et de protection contre les risques liés au stockage de toluène, et qui restent toujours insuffisants, et demande des étapes des gestions du risque.

Bibliographie

- [1] B. Douma et M. Kabkoub “L’application de la méthode HAZOP pour l’analyse des risques liés au stockage des hydrocarbures” Université Yahia Fares de Médéa 2020.
- [2] ISO, “Aspects liés à la sécurité principe directeur pour les inclure dans les normes, ISO/CEI/96/82.” 1999.
- [3] INERIS, “Principes généraux pour l’élaboration et la lecture des études de danger,” 2003.
- [4] NICHAN.M, Risques et accidents industriels majeurs caractéristiques • réglementation prévention. 2006.
- [5] Norme ISO 12100/2010 ; Sécurité des machines, PDF.
- [6] Norme ISO 45001/2018 ; Management de santé et sécurité au travail, PDF.
- [7] INERIS – DRA – 2006-P46055-CL47569 : Ω 7 : Méthodes d’analyse des risques générés par une installation industrielle.
- [8] CHNINA.S, 2012 « Analyse des risques », Centre de Lorraine INRS. Paris.
- [9] Kellil Abdelkrim, Delloul Nourddine, Mémoire de fin d’étude en vue de l’obtention du diplôme d’ingénieur d’état en hygiène et sécurité industrielle, la gestion des risques liés à un système de stockage des hydrocarbures, 2008
- [10] INERIS-DRA, 2006, Rapport Omega 7, méthode d’analyse des risques générés par une installation industrielle.
- [11] ROYER.M, “HAZOP : une méthode d’analyse des risques,” Tech. L’ingénieur Systèmes d’information Commun.,” 2009.
- [12] KHELOUFI.DJ and MEDJDOUB.J, “Analyse de la Sûreté de Fonctionnement pour la Maîtrise des Risques de la Chaudière de Tuchin-Lait,” Université Abderrahmane Mira de Bejaia, 2013.

Bibliographie

[13] FROQUET.L, “Contribution à l’analyse des risques : Proposition d’une méthode par scénarios et capitalisation de la connaissance,” Institut National Polytechnique de Grenoble, 2005.

Bibliographie

- [14] MAZOUNI.M, “Pour une Meilleure Approche du Management des Risques : De la Modélisation Ontologique du Processus Accidentel au Système Interactif d’Aide à la Décision,” l’Institut National Polytechnique de Lorraine, 2008.
- [15] M. M. Merad, « Analyse de l’état de l’art sur les grilles de criticité », rapport INERIS- DRA638, 16 Mars 2004.
- [16] J. Guiochet, « Maîtrise de la sécurité des systèmes de la robotique de service », PhD thesis, Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, 2003.
- [17] C. Lievens, « Sécurité des systèmes », Cepadues-éditions. 1976.
- [18] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Stockage_du_p%C3%A9trole_et_du_gaz.
- [19] en Ling : <https://fr.slideshare.net/salimH2/transport-et-stockage-de-ptrole>.
- [20] Document centrales_ thermique_a_flamme. PDF.
- [20] Document stockage des produits pétroliers PDF, responsable: Msc. K. Ed. ROUIBET
- [21] NICHAN Margossian. Risques et accidents industriels majeurs. DUNOD.280 p.
- [22] IFP- ENSPM «Risques et précaution liés au matériel : tuyauterie-robinetterie- matériel.
- [23] Document IFP training stockage atmosphérique 2015 page 67.
- [24] COPACEL« Guide bacs de stockage : bonnes pratiques relatives aux opérations de contrôle/maintenance/surveillance» Decembre2016.

Bibliographie

- [25] Manuel formation ENSPM référence PP STT_01362_A_F - Rév. 3 / IFP Training- France (2008).
- [26] Y. KHOUAJA «Evaluation des risques d'un stockage d'hydrocarbures : Dépôt d'hydrocarbures liquides SNDP» mémoire de mastère université de TUNIS 2017.
- [27] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Toluène>.
- [28] Fiche de données de sécurité selon le Règlement (CE) no 1907/2006 (REACH).
- [29] le règlement (CE) n°790/2009 de la commission du 10 août 2009.
- [30] documents sonatrach , Manuel opératoire U31et Manuel opératoire U104.
- [31] INERIS – DRA – 2006-P46055-CL47569 : Ω 7 : Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle.
- [32] Rapport DNV Energy Etudes, « Risk Assessment » des unités industrielles de la Division Production « Analyse de risques », SONATRACH DP-Haoud Berkaoui N° Rapport EP002715 -N° 16 Rév. 0.
- [33] INERIS - DRA N°46053 - evaluation_aloha_46053.doc.