



# Remerciement

Tout d'abord, nous devons remercier Dieu pour nous avoir aidé et nous avoir permis de finir notre cursus et terminer notre mémoire, Nous le remercions aussi de nous avoir fait preuve de patience et de courage pendant toutes ces longues années.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre encadreur Mme Talbi Zahera pour son appui considérable et pour les informations qu'elle nous a fournies, pour la qualité de sa encadrement et de sa gentillesse.

Je tiens également à remercier le responsable HSE, M. Henini Mourad, de son appui et de son aide, ainsi que de ses bons conseils, et à remercier tous les employés de NAFTAL pour leur accueil.

Nous remercions également les membres de jury Mme Habbar Chafika et Mme Benomar Fatima pour avoir accepté de juger et critiquer ce travail.

Nous ne devons pas oublier de remercier tous nos amis et collègues pour tous les moments de joie et de coopération, et ne pouvons pas oublier de remercier tous les membres de nos familles pour leurs soutiens et leurs encouragements, particulièrement nos parents.

---

# Dédicaces

## À ma très chère mère

Ma raison d'être, ma raison de vivre, la lanterne qui éclaire mon chemin.

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il le faut. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force.

## À mon très cher père

Tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, de la personne méticuleuse, je tiens à honorer l'homme que tu es.

## À mes chers frères : Madjid et Mohcine

Vous m'avez inculqué le sens de la responsabilité, de l'optimisme et la confiance en soi face aux difficultés de la vie.

Que Dieu le tout puissant te préserve, t'accorde santé, bonheur, quiétude de l'esprit et te protège de tout mal.

Khaldoun.

---

---

## Sommaire :

Remerciement

Dédicace

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Acronyme

Glossaire

Résumé

**Introduction générale.....1**

### **Chapitre I : Les produits chimiques dangereux.**

I.1 Introduction.....	3
I.2 Définition de substances chimiques dangereuses.....	4
I.3 Caractéristiques physico-chimiques des substances chimiques dangereuses.....	4
I.3.1 Pression de vapeur ou tension de vapeur .....	5
I.3.2 Taux d'évaporation [Indice d'évaporation (volatilité)] .....	5
I.3.3 Température d'Auto Inflammation .....	5
I.3.4 Point d'éclair .....	5
I.3.5 Température d'auto ignition .....	6
I.3.6 Limite Inférieure d'Inflammabilité (LII) .....	6
I.3.7 Limite supérieure d'inflammabilités (LSI).....	6
I.3.8 Limite inférieure d'explosivité (LIE).....	6
I.3.9 Limite Supérieure d'explosivité (LSE) .....	6
I.3.10 Valeur Moyenne d'Exposition (VME) .....	6
I.3.11 Valeur Limite d'Exposition (VLE) .....	6
I.4 Principaux produits chimiques industriels dangereux .....	9
I.5 Identification des produits dangereux.....	11
I.6 Pictogrammes et classes de danger.....	12
I.6.1 Le règlement CLP .....	12
I.6.2 Classes de danger du règlement CLP .....	12
I.6.2.1 Classes de danger physique .....	12
I.6.2.2 Classes de danger pour la santé.....	13
I.6.2.3 Classes de danger pour l'environnement .....	13
I.7 Classification des produits dangereux .....	14
I.7.1 Produits explosifs SGH01.....	14
I.7.2 Produits inflammables SGH02.....	15
I.7.3 Produits comburants SGH03.....	15

---

---

I.7.4 Les Gaz sous pression SGH04 .....	15
I.7.5 Produits corrosifs SGH05 .....	15
I.7.6 Produits toxiques SGH06 .....	15
I.7.7 Produits toxiques (CAT 4) SGH07 .....	15
I.7.8 Produits Cancérogènes, Mutagènes et Reprotoxiques SGH08 .....	16
I.7.9 Produits dangereux pour le milieu aquatique SGH09 .....	16
I.8 Les documents liés aux produits dangereux .....	17
I.8.1 La Fiche de Données de Sécurité (FDS).....	17
I.8.2 L'étiquetage .....	18
I.8.3 Étiquette selon le système préexistant .....	19
I.9 Stockage des produits dangereux .....	20
I.9.1 Signalisation.....	21
I.9.2 Séparation des produits incompatibles / réactions dangereuses .....	21
I.10 Conclusion .....	23

## **Chapitre II : les risques liés aux transport de matières dangereuses.**

II.1 Introduction .....	24
II.2 Notions de base : .....	25
II.2.1 Risque : .....	25
II.2.2 Le risque majeur : .....	25
II.2.3 Le risque technologique : .....	26
II.2.4 Aléa : .....	26
II.2.5 L'enjeu .....	26
II.2.6 Dommage : .....	26
II.2.7 Situation dangereuse : .....	26
II.2.8 Événement déclencheur : .....	26
II.2.9 Définition de l'évènement redouté ou indésirable : .....	26
II.2.10 Accident : .....	27
II.2.11 Incident : .....	27
II.3 Les risques liés au transport de matières dangereuses.....	27
II.3.1 Le risque d'explosion. ....	27
II .3.1.1 causes d'explosion .....	28
II.3.1.2 BLEVE .....	28
II.3.1.3 Déflagration .....	29
II.3.1.4 Détonation .....	30
II.3.2 Le risque d'incendie .....	30
II.3.2.1 Les causes d'incendie.....	31
II.3.3 La formation d'un nuage toxique .....	32
II.3.4 La fuite d'un liquide polluant.....	32
II.4 Les conséquences possibles d'un accident .....	33

---

---

II.4.1 L'explosion.....	33
II.4.2 L'incendie.....	33
II.4.3 Le nuage toxique.....	33
II.4.4 La fuite d'un liquide polluant.....	34
II.5 Les différents enjeux .....	34
II.5.1 Les enjeux humains.....	34
II.5.2 Les enjeux économiques : .....	34
II.5.3 Les enjeux environnementaux .....	34
II.6 Prévention routière concernant le transport de matières dangereuses .....	35
II.6.1 Signalisation et étiquetage .....	35
II.6.1.1 Où poser la signalisation sur le camion ? .....	38
II.6.2 La formation du conducteur .....	40
II.6.3 Équipement obligatoire du véhicule.....	41
II.6.3.1 Extincteurs.....	41
II.6.3.2 Limiteurs, ralentisseurs et ABR.....	41
II.6.4 Conseiller à la sécurité .....	42
II.6.5 Documents de transport.....	42
II.6.6 Protocole de sécurité pour le chargement et le déchargement .....	42
II.6.7 Règles particulières de circulation .....	43
II.7 Conclusion.....	44

### **Chapitre III : Analyse quantitative des risques.**

III.1 Introduction .....	45
III.2 Analyse quantitative des risques.....	46
III. 3 Les étapes de l'analyse quantitative des risques .....	46
III.3.1 Estimation de la fréquence d'occurrence .....	48
III.3.2 Arbre de défaillance ADD.....	48
III.3.3 Développer des arbres d'évènements ou conséquences ADE .....	49
III.3.4 Analyse des conséquences .....	51
III.3.5 Analyse de la vulnérabilité.....	52
III.3.6 Analyse des risques.....	52
III.3.7 Evaluation des risques.....	53
III.3.8 Risques individuels et sociétaux .....	54
III.3.8.1 Risques individuels .....	55
III.3.8.2 Risque sociétaux .....	56
III.3.9 Cartographie du risque .....	57
III.3.9.1 Risques individuel .....	57
III.3.9.2 Risque sociétal.....	59
III.4 Avantages de la méthode QRA .....	60
III.5 Limites de la méthode QRA.....	60

---

---

## **Chapitre IV : Présentation de la société NAFTAL.**

IV.1 Historique de la société NAFTAL.....	62
IV.2 Présentation de l'entreprise.....	62
IV.2.1 Situation géographique.....	64
IV.2.2 Activités de l'entreprise.....	64
IV.2.3 Les différents produits du district.....	65
IV.2.4 Objectifs du district :.....	68
IV.2.5 Logo du NAFTAL.....	68
IV.3 L'activité de sécurité en usine.....	69
IV.3.1 Objectifs stratégiques HSE.....	69
IV.3.2 La Sécurité.....	70

## **Chapitre V : Partie pratique.**

V.1 Introduction.....	72
V.2 Méthode d'évaluation du degré de risque.....	73
V.2.1 Définition et calcul du degré du risque.....	73
V.2.2 Méthode de normalisation.....	75
V.2.2.1 La fréquence de passage des véhicules $P_f$ .....	76
V.2.2.2 le point de flash des substances dangereuses $T_f$ .....	76
V.2.2.3 La chaleur de combustion.....	77
V.2.2.4 Section transversale des véhicules.....	77
V.3 Classification des risques.....	77
V.4 Etude de cas.....	79
V.4.1 La zone d'étude.....	79
V.4.2 Acquisition des données.....	81
V.4.2.1 La fréquence de passage des véhicules.....	81
V.4.2.2 Température de flash.....	81
V.4.2.3 Chaleur de combustion.....	82
V.4.2.4 La surface transversale des véhicules.....	82
V.4.3 La normalisation des données.....	82
V.4.3.1 La fréquence de passage des véhicules.....	82
V.4.3.2 La température de flash $T_f$ .....	83
V.4.3.3 La chaleur de combustion.....	84
V.4.3.4 Normalisation de la section transversale.....	85
V.4.4 Calcul de degré de risque $R$ .....	85
V.4.5 Interprétation des résultats.....	86
V.5 Classification des risques :.....	87
V.6 Conclusion.....	88
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>89</b>
<b>Bibliographie.....</b>	

---

---

## Liste des tableaux :

<b>Tableau I.1 :</b> Quelques produits chimiques industriels dangereux à respirer avec leurs concentrations limites dans l'air.....	7
<b>Tableau I.1 :</b> Quelques produits chimiques industriels dangereux à respirer avec leurs concentrations limites dans l'air (suite).....	8
<b>Tableau I.2 :</b> Liste des principaux produits industriels dangereux.....	10
<b>Tableau I.3 :</b> Correspondances des pictogrammes et classes de danger.....	13
<b>Tableau II.1</b> Les différentes classes des matières dangereuses.....	36
<b>Tableau V.1 :</b> Classification des risques de transports de produits chimiques dangereux.....	78
<b>Tableau V.2 :</b> Stratégie de contrôle de risque lors de passage des véhicules.....	78
<b>Tableau V.3 :</b> Fréquence de passage/an selon chaque produit dangereux.....	81
<b>Tableau V.4 :</b> Température de flash de chaque matière transportée.....	81
<b>Tableau V.5 :</b> Chaleur de combustion des substances.....	82
<b>Tableau V.6 :</b> Section des véhicules.....	82
<b>Tableau V.7 :</b> Normalisation de la fréquence de passage.....	83
<b>Tableau V.8 :</b> Normalisation de la température de flash.....	84
<b>Tableau V.9 :</b> Normalisation de la chaleur e combustion.....	84
<b>Tableau V.10 :</b> Normalisation de la section.....	85
<b>Tableau V.11 :</b> Calcul du degré de risque pour les transports de substances dangereuses.....	85

---



---

## Liste des figures :

<b>Figure I.1 :</b> Les symboles et indication de danger, Ancienne collection du pictogramme.....	11
<b>Figure I.2 :</b> Les 9 pictogrammes de danger selon CLP.....	17
<b>Figure I.3 :</b> Exemple d'une étiquette répondant au règlement CLP.....	19
<b>Figure I.4 :</b> Exemple d'étiquette selon le règlement préexistant.....	20
<b>Figure I.5 :</b> Incompatibilités de stockage des produits dangereux.....	22
<b>Figure II.1 :</b> Processus de risque, document INERIS : Analyse et évaluation des aspects environnementaux/Risque pour la SST.....	25
<b>Figure II.2 :</b> L'explosion.....	28
<b>Figure II.3 :</b> Triangle de feu.....	31
<b>Figure II.4 :</b> Exemple d'explosion d'un camion-citerne.....	32
<b>Figure II.5 :</b> les Pictogramme représentant le danger principal présenté par la matière.....	37
<b>Figure II.6 :</b> La plaque orange d'identification du danger et de la matière transportée.....	38
<b>Figure II.7 :</b> La position de la signalisation pour une citerne mono cuve et un type de produit.....	38
<b>Figure II.8 :</b> La position de la signalisation pour une citerne à plusieurs cuves et plusieurs matières.....	39
<b>Figure II.9 :</b> La position de la signalisation pour les camions non citernes.....	39
<b>Figure III.1 :</b> Principales étapes d'une analyse quantitative des risques.....	74
<b>Figure III.2 :</b> Syntaxe de l'arbre de défaillance.....	49
<b>Figure III.3 :</b> Schématisation d'un arbre d'évènement.....	50
<b>Figure III.4 :</b> Classification des évènements indésirables.....	51
<b>Figure III.5 :</b> La grille de criticité.....	53
<b>Figure III.6 :</b> Exemple de courbes fréquences/fatalité.....	54
<b>Figure III.7 :</b> Exemple de contours iso-risque individuel.....	58

---

---

<b>Figure III.8</b> : Courbe <i>F-N</i> d'une usine d'hydrogénation du propane.....	60
<b>Figure IV.1</b> : Une zone classé.....	63
<b>Figure IV.2</b> : Produits\Commercialisation de NAFTAL.....	65
<b>Figure IV.3</b> : Logo du NAFTAL.....	68
<b>Figure V.1</b> : Plan de calcul de degré du risque (R).....	75
<b>Figure V.2</b> : Classification des risques.....	79
<b>Figure V.3</b> : Vue par satellite du centre GPL-141- NAFTAL.....	80
<b>Figure V.4</b> : Vue par satellite du trajet étudié.....	80
<b>Figure V.5</b> : L'histogramme de degré de risque en fonction des substances chimiques.....	86

---

---

## Acronyme :

<b><u>ISO</u></b>	International Organization for Standardization.
<b><u>INERIS</u></b>	L'Institut national de l'environnement industriel et des risques.
<b><u>SST</u></b>	Le Sauveteur Secouriste du Travail.
<b><u>NF EN NF</u></b>	Norme Française, norme adoptée par l'AFNOR. <b>EN</b> : European Norm, norme adoptée par le Comité Européen de Normalisation.
<b><u>AFNOR</u></b>	Association Française de NORmalisation.
<b><u>INRS</u></b>	l'Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles.
<b><u>OHSAS</u></b>	Occupational Health and Safety Assesment Series.
<b><u>BLEVE</u></b>	Boiling Liquid Vapor Explosion.
<b><u>GPL</u></b>	Gaz Pétrolier Liquéfier.
<b><u>CVM</u></b>	chlorure de Vinyle Monomère.
<b><u>TMD</u></b>	Transport du Matières Dangereuses.
<b><u>ONU</u></b>	l'Organisation des Nations Unies.
<b><u>ABR</u></b>	Anti-Blocage des Roues.
<b><u>PTAC</u></b>	Poids Total Autorisé en Charge.
<b><u>ABS</u></b>	L'Anti Blockier System.
<b><u>MD</u></b>	Matières Dangereuses.
<b><u>QRA</u></b>	L'Analyse Quantitative des Risques.

---

---

<b><u>OREDA</u></b>	Offshore and Onshore Reliability Data.
<b><u>ADD</u></b>	Arbre de Défaillances.
<b><u>ADE</u></b>	Arbres d'Evènements.
<b><u>AMDE</u></b>	Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets.
<b><u>IR</u></b>	Le Risque Individuel.
<b><u>NAFTAL</u></b>	société algérienne responsable de la distribution et la commercialisation des produits pétroliers.
<b><u>SONATRACH</u></b>	Société NAtionale de TRAnsport par CanalisatIon des Hydrocarbures.
<b><u>ERDP</u></b>	Entreprise nationale de Raffinage et de Distribution de Produits pétroliers.
<b><u>NAFTEC</u></b>	l'entreprise nationale du raffinage de pétrole.
<b><u>SVH</u></b>	SONATRACH Valorisation des Hydrocarbures.
<b><u>AGEX</u></b>	Assemblée Générale Extraordinaire permet de convoquer les associés d'une entreprise pour répondre à une préoccupation urgente et majeure.
<b><u>GP1/Z</u></b>	Complexe de gaz pétrolier liquéfié.
<b><u>GP2/Z</u></b>	Complexe de gaz pétrolier liquéfié.
<b><u>CBR</u></b>	<u>Carburant.</u>
<b><u>COM</u></b>	Commerciale.
<b><u>CE</u></b>	Centre Emplisseur.
<b><u>MCE</u></b>	Mini Centre Enfûteur.
<b><u>DR</u></b>	Dépôts Relai.
<b><u>HSE</u></b>	Hygiène et Sécurité et Environnement.

---

---

## **Glossaire**

Selon la norme CEI 61508 [IEC 02] et AFNOR [AFN 88]:

### **Système :**

Ensemble d'éléments qui interagissent selon un modèle précis, un élément pouvant être un autre système, appelé sous-système, les sous-systèmes pouvant être eux-mêmes soit un système de commande soit un système commandé composé de matériel, des composants.

### **Composant :**

Un composant est une partie d'un système (matériels ou événements), non décomposable dans le cadre de l'étude, et pour laquelle on dispose d'informations qualitatives (conditions de fonctionnement, modes de défaillance, ...) et quantitatives (fréquences d'apparitions des pannes, durées de bon fonctionnement, ...) suffisantes. Le type de composants, leurs quantités, leur qualité et leur manière dont ils sont disposés ont un effet direct sur la fiabilité du système.

### **Redondance :**

Existence de plus de moyens que strictement nécessaire pour accomplir une fonction requise dans une unité fonctionnelle ou pour représenter des informations par des données.

### **Fiabilité :**

Aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, pendant une durée donnée.

### **Maintenance :**

Ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir une entité dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé.

### **Sécurité :**

La sécurité est une aptitude d'une entité à éviter de faire apparaître, dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques.

### **Défaillance :**

Cessation de l'aptitude d'une unité fonctionnelle à accomplir une fonction requise. Une défaillance est un passage d'un état à un autre, par opposition à une panne qui est un état. On entend par "unité fonctionnelle" soit un système complet, soit l'un quelconque de ses éléments.

### **Taux de défaillance :**

C'est la probabilité pour que le système soit défaillant, cette définition s'applique pour tout type d'éléments (système, sous-système, composant).

---

---

## Résumé :

Ce travail est consacré à l'évaluation des risques d'incendies d'un produit chimique liquide véhiculé par un camion-citerne dehors de la zone d'enfûtage et avant de prendre la route publique exactement dans la zone d'essai. Cette méthode intègre quatre paramètres de contrôle qui affecte de manière significative le risque d'incendie, notamment la fréquence de passage, la section maximale des véhicules, le point d'éclair et la chaleur de combustion des produits chimiques dangereux.

Le degré de risque des transports de produits chimiques dangereux liquides est déterminé par la multiplication des quatre paramètres après normalisation des données. Sur la base de l'évaluation des risques, une classification des risques et une méthode de contrôle sont présentées pour permettre la gestion quotidienne des risques des transports de produits chimiques dangereux liquides traversant un trajet bien défini.

---

## Abstract :

This work is devoted to assessing the risk of fire of a liquid chemical carried by a tanker outside the filling zone and before taking the public road exactly in the test zone. This method incorporates four control parameters that significantly affect the risk of fire, including frequency of passage, maximum section of vehicles, flash point and heat of combustion of hazardous chemicals.

The degree of risk of the transport of liquid hazardous chemicals is determined by the multiplication of the four parameters after normalization of the data. Based on the risk assessment, a risk classification and control method are presented to enable the day-to-day risk management of transporting liquid hazardous chemicals through a well-defined route.

---

## : الملخص

تم تخصيص هذا العمل لتقييم مخاطر حرائق أحد المنتجات الكيماوية السائلة التي يتم نقلها بواسطة شاحنة صهريجية خارج منطقة التعبئة وقيل أن تسلك الطريق العام بالضبط في منطقة التجربة. تتضمن هذه الطريقة أربعة معلمات تحكم و تؤثر بشكل كبير على خطر نشوب حريق ، بما في ذلك تكرار المرور ، وأقصى قسم للمركبات ، ونقطة الوميض ، وحرارة احتراق المواد الكيماوية الخطرة.

يتم تحديد درجة مخاطر نقل المواد الكيماوية الخطرة السائلة من خلال مضاعفة المعلمات الأربعة بعد تطبيع البيانات. بناءً على تقييم المخاطر ، يتم تقديم طريقة تصنيف المخاطر والتحكم فيها لتمكين إدارة المخاطر اليومية لنقل المواد الكيماوية الخطرة السائلة عبر مسار محدد جيداً.

---

---

## **Introduction générale :**

Le transport des matières dangereuses présente un risque chimique important dû à la présence, dans le véhicule, de quantités importantes de matières dangereuses, toxiques et inflammables. En cas d'accident par heurt avec un autre véhicule ou glissade et renversement, les produits chimiques dangereux peuvent se répandre sur la voie publique et dans la nature ; ils peuvent s'enflammer ou dégager des produits susceptibles d'intoxiquer le voisinage et l'environnement. Le transport de matières radioactives est susceptible de conduire à des irradiations.

De tels accidents sont fréquents, compte tenu de l'importance du transport de matières dangereuses d'une entreprise à l'autre ou le transport de carburants inflammables pour alimenter les nombreuses stations-service. Les risques pour le voisinage comme pour les salariés (conducteur, autres salariés) sont d'autant plus importants que ces transports traversent souvent les zones urbanisées.

Le centre GPL dépend beaucoup pour ses services du transport de matières dangereuses par voie routière. Où Il reçoit de gros camions-citernes de la société SONATRACH située dans la wilaya d'Oran dans le but de saturer les deux cigares de (150m<sup>3</sup>) en propane et la sphère de (200m<sup>3</sup>) en butane.

Il est également connu sous le nom de Centre d'enfutage, car il travaille au remplissage des bouteilles de gaz butane et à leur distribution par des camions dédiés au transport des bouteilles de gaz à travers tout l'état de Tiaret par voie routier. Il travaille également au transport de ses produits (GPL/c, butane, propane) vers les branches commerciales de la wilaya à des fins de vente et de commercialisation.

Compte tenu de ce qui a été mentionné sur les risques des transports des substances dangereuses, nous avons réalisé une étude basant sur une méthode simplifiée et semi-quantitative d'évaluation et de classification des risques d'incendie pour les transports de produits chimiques dangereux liquides traversant une route moyennement dangereuse. Cette méthode nous permettra de déterminer le degré de risque des transports de produits chimiques dangereux liquides. Sur la base de l'évaluation des risques, une classification des risques et une méthode de contrôle sont présentées pour permettre la gestion quotidienne des risques des transports de produits chimiques dangereux liquides afin de prévenir les incidents.

---

Ce mémoire est organisé comme suit :

**Chapitre I :** Est une recherche bibliographique sur les "substances Chimiques", nous abordé les principaux produits chimiques industriels dangereux, ainsi que les différents types du produits dangereux, leur caractéristique et leur classification.

**Chapitre II :** Ce chapitre présente les différents risques liée au transport des matières dangereuses (l'incendie, l'explosion, la formation d'un nuage toxique...etc.)

**Chapitre III :** Ce chapitre est consacré à l'analyse quantitative des risques et leurs étapes, avantages et limites. Les principales démarches d'analyse par ADD seront également abordées.

**Chapitre IV :** Ce chapitre est consacré à la description du Centre de distributions NAFTAL-GPL-141-TIARET.

**Chapitre V :** Dans ce chapitre l'application de la méthode simplifiée et semi-quantitative d'évaluation et de classification des risques d'incendie pour les transports de produits chimiques dangereux liquides traversant une route moyennement dangereuse. Cette méthode intègre quatre paramètres de contrôle qui affectent de manière significative le risque d'incendie, notamment la fréquence de passage, la section maximale des véhicules, le point d'éclair et la chaleur de combustion des produits chimiques dangereux.



---

# **Chapitre I**

**Les produits chimiques  
dangereux.**

---

---

## **I.1 Introduction**

L'utilisation des produits chimiques pour améliorer la qualité de vie est une pratique répandue à travers le monde. Cependant, s'ils peuvent être bénéfiques, les produits chimiques peuvent aussi présenter des effets indésirables pour les êtres humains ou l'environnement. C'est pourquoi un certain nombre de pays et d'organisations ont mis au point, au fil des ans, des lois ou des règlements requérant la transmission aux utilisateurs de produits chimiques de l'information nécessaire, au moyen d'étiquettes ou de fiches de données de sécurité (FDS) et c'est exactement ce que nous allons expliquer dans ce chapitre.

Nous examinerons également certaines informations principales des produits chimiques, ainsi que les informations de base sur les produits dangereux, pour commencer afin de faciliter le contenu de ce chapitre, et nous finirons par montrer comment les produits dangereux sont stockés

## I.2 Définition de substances chimiques dangereuses

Les substances dangereuses peuvent être définies sur le plan opérationnel comme « celles qui, suite à l'exposition des travailleurs, peut avoir un effet néfaste sur la santé » [1].

Les marchandises dangereuses sont des « substances, mélanges ou articles qui, en raison de leurs propriétés physiques, chimiques (physicochimiques) ou de toxicité aiguë, présentent un danger immédiat pour les personnes, les biens ou l'environnement » [1] et sont prescrits comme tels par une autorité compétente [2].

Le terme matière dangereuse a une définition plus large et est utilisé par les agences d'urgence pour désigner les matériaux qui doivent être traités comme dangereux.

Le terme plus récent, produit chimique dangereux, fait référence à des substances qui relèvent du Système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques (SGH) pour leurs [3] effets sur la santé, leurs propriétés physico-chimiques ou leurs impacts environnementaux, ou qui répondent aux critères d'inclusion. Sur la liste des produits chimiques dangereux, le terme combine les attributs des marchandises dangereuses et substances dangereuses, et deviendra le terme général après la mise en œuvre complète du SGH.

## I.3 Caractéristiques physico-chimiques des substances chimiques dangereuses

Du fait de leur mise en forme, de leur réactivité chimique, de leurs propriétés redox ou de leurs propriétés thermodynamiques, certaines substances peuvent générer des accidents et des dommages sur l'homme et l'environnement.

L'identification et la classification des produits chimiques et polluants requièrent la connaissance de leurs caractéristiques physico-chimiques qui reposent sur un certain nombre de paramètres dont nous allons revoir les principes généraux tels que :

- Limites inférieure et supérieure d'inflammabilité
- Température d'auto inflammation
- Indice d'évaporation
- Pression de Vapeur
- Point d'ébullition
- Explosibilité

- Point éclair
- Viscosité dynamique
- Masse molaire
- Densité. [4]

### **I.3.1 Pression de vapeur ou tension de vapeur**

Pression à laquelle un liquide et sa vapeur sont en équilibre à une température donnée. Un liquide dont la pression de vapeur est élevée s'évapore plus rapidement. [4]

### **I.3.2 Taux d'évaporation [Indice d'évaporation (volatilité)]**

Il caractérise la facilité d'évaporation d'un produit par rapport à l'éther éthylique : [4]

*Volatilité = Durée d'évaporation du Produit / Durée d'évaporation de l'Éther*

### **I.3.3 Température d'Auto Inflammation**

Température minimale pour laquelle un mélange de vapeurs (combustible mélangé à l'air), à une pression donnée, s'enflamme spontanément au contact d'une surface chaude. [4]

### **I.3.4 Point d'éclair**

Température la plus basse à laquelle un liquide ou un solide dégage de la vapeur ayant une concentration tel que lorsque cette vapeur se mélange avec l'air près de la surface du liquide ou du solide, il se forme un mélange inflammable. Par conséquent, plus le point d'éclair est bas, plus le produit est inflammable. [4]

#### Quelques exemples

- Point éclair  $\leq 0^{\circ}\text{C}$  et point d'ébullition  $< 35^{\circ}\text{C}$  : le Produit est « extrêmement inflammable ».
- Point éclair  $\leq 21^{\circ}\text{C}$  : Produit « facilement inflammable ».
- Point éclair  $\leq 55^{\circ}\text{C}$  : « Produit inflammable ». [4]

### **I.3.5 Température d'auto ignition**

Température la plus basse à laquelle s'effectue la combustion spontanée d'un produit. Elle s'amorce d'elle-même en l'absence de toute flamme ou étincelle. Plus la température d'auto ignition se rapproche de la température ambiante plus le risque d'incendie est grand. [4]

### **I.3.6 Limite Inférieure d'Inflammabilité (LII)**

Concentration minimale de gaz dans l'air au-dessous de laquelle une flamme ne peut se propager qu'en présence d'une source d'allumage (manque de combustible). [4]

### **I.3.7 Limite supérieure d'inflammabilités (LSI)**

Concentration maximale de gaz dans l'air au-dessus de laquelle une flamme ne peut se propager qu'en présence d'une source d'allumage (manque de comburant). [4]

### **I.3.8 Limite inférieure d'explosivité (LIE)**

Limite inférieure d'explosivité(LIE) d'un gaz, de vapeurs ou de poussières dans l'air est la concentration minimale dans le mélange au-dessus de laquelle celui-ci peut exploser. [4]

### **I.3.9 Limite Supérieure d'd'explosivité (LSE)**

Concentration maximale du gaz, vapeurs ou de poussières inflammables dans l'air au-dessous de laquelle il peut exploser. [4]

### **I.3.10 Valeur Moyenne d'Exposition (VME)**

Valeur de concentration d'un produit dans l'atmosphère que peut respirer une personne pendant une durée de 8 heures (journée de travail), sans risque d'altération de sa santé même si des modifications physiologiques réversibles sont parfois tolérées. [4]

### **I.3.11 Valeur Limite d'Exposition (VLE)**

Valeur à ne jamais dépasser afin de ne pas exposer les salariés à des risques d'altération de la santé. Le prélèvement servant à la mesure de concentration doit être d'une durée inférieure à 15 mn. [4]

**Tableau I.1** : Quelques produits chimiques industriels dangereux à respirer avec leurs concentrations limites dans l'air.

Produits	VME		VLE		TLV	CE
	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	ppm
Acétate de butyle	150	710	200	940	150	–
Acétate de méthyle	200	610	250	760	200	–
Acétate d'éthoxyéthyle	5	27	–	–	5	–
Acétate de méthoxyéthyle	5	24	–	–	5	–
Acétate de vinyle	10	30	–	–	10	–
Acétone	750	1 800	–	–	500	–
Acide acétique	–	–	10	25	10	25
Acide fluorhydrique	–	–	3	2,5	–	–
Acide formique	–	–	5	9	5	9
Acide cyanhydrique	2	2	10	10	–	–
Acide nitrique	2	5	4	10	2	–
Acroléine	–	–	0,1	0,25	0,1	–
Alcool isopropylique	–	–	400	980	400	–
Alcool méthylique	200	260	1 000	1 300	200	–
Aldéhyde acétique	100	180	–	–	25	–
Aldéhyde formique (formol)	0,5	–	1	–	0,3	–
Ammoniac	25	18	50	36	25	–
Argent et dérivés	–	0,1	–	–	0,1	0,01
Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	–	–	3	6	3	–
Benzène	5	16	–	–	0,5	–
Béryllium et dérivés	–	0,002	–	–	0,002	–
Bois (poussières)	–	1	–	–	–	–
Brais de houille	–	0,2	–	–	0,2	–
Brome	–	–	0,1	0,7	0,1	–
Cadmium et dérivés	–	0,05	–	0,05	0,01	–

**Tableau I.1** : Quelques produits chimiques industriels dangereux à respirer avec leurs concentrations limites dans l'air (suite).

Produits	VME		VLE		TLV	CE
	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	ppm
Monoxyde de carbone (CO)	50	55	–	–	25	–
Chlore	–	–	1	3	0,5	–
Chrome VI et dérivés	–	0,05	–	–	0,5	–
Crésols	5	22	–	–	5	–
Cuivre (fumées)	–	0,2	–	–	0,2	–
Cyclohexanone	25	100	–	–	25	–
Dichloroéthane	200	810	–	–	100	–
Dichlorométhane	50	180	100	350	50	–
Di-isocyanate d'hexaméthylène (HDI)	0,01	0,075	0,02	0,15	0,005	–
Di-isocyanate de diphenylméthane (MDI)	0,01	0,1	0,02	0,2	–	–
Di-isocyanate de toluylène (TDI)	0,01	0,08	0,02	0,16	0,005	–
Diméthylformamide (DMF)	10	30	–	–	10	–
Dioxanne	10	35	40	140	25	–
Fluor	–	–	1	2	–	–
Fluorures	–	2,5	–	–	–	–
Hexane n	50	170	–	–	–	–
Hydrogène sulfuré (HS)	5	7	10	14	–	–
Iode	–	–	0,1	1	–	–
Isophorone	–	–	5	25	–	–
Kaolin	–	10	–	–	–	–
Magnésium oxyde (fumées)	–	10	–	–	–	–
Manganèse (fumées)	–	1	–	–	–	–
Mercure (vapeurs)	–	0,05	–	–	–	–
Méthyléthylcétone	200	600	–	–	–	–
Molybdène (dérivés solubles)	–	–	5	–	–	–

## I.4 Principaux produits chimiques industriels dangereux

Suivant la nature chimique des molécules constituant les produits, l'intoxication et les atteintes à l'organisme diffèrent. [2]

Le caractère d'agressivité des produits chimiques dépend, dans de larges proportions de la réactivité de la molécule vis-à-vis des constituants des cellules, les molécules protéiques. Plus cette réactivité est grande, plus le produit est toxique et plus le danger est grand.

Cette réactivité s'explique par la nature, autrement dit par la structure et les parties réactives de la molécule. Plus les groupes réactifs de la molécule sont actifs et nombreux, plus le produit est dangereux.

Ainsi, les acides contiennent le groupe acide H qui détruit les molécules organiques ; les isocyanates qui entrent dans la composition des peintures et mousses polyuréthanes possèdent le groupe isocyanate qui agit rapidement avec les protéines et les dénature.

D'autres molécules, apparemment peu réactives, subissent au niveau de certains organes des transformations appelées métabolismes avec formation de substances très réactives qui, elles, sont dangereuses. C'est le cas du benzène qui, dans l'organisme, se transforme en phénol très agressif.

Il existe dans les molécules des groupes ou fonctions dits toxicophores qui sont réactifs et qui donnent aux produits leur toxicité élevée ; parmi ces groupes, il y a lieu de citer les fonctions acide et base, les amines, les isocyanates, l'époxy, les aldéhydes, le fluor et le chlore. Ainsi, les solvants chlorés sont dangereux par suite de la présence, dans leurs molécules, des groupes chlorés qui agressent le foie. [2]

Le tableau I.2 donne une liste de familles de produits chimiques industriels nocifs pour l'homme, à cause des groupes et fonctions qu'ils contiennent.



Tableau I.2 : Liste des principaux produits industriels dangereux.

Familles	Substances toxiques	Substances nocives	Inflammables explosibles
Éthers et dérivés	Éthers de glycol, oxyde d'éthylène	Éther éthylique	Tous
Amines	Amines aromatiques, aniline, benzidine	Amines aliphatiques	Amines aliphatiques volatiles
Autres dérivés azotés	Acrylonitrile, nitrobenzène, pyridine, isocyanates	Éthanolamines, nitrométhane	Hydrazine
Métaux et oxydes	Arsenic, cadmium, mercure, plomb	Cuivre, nickel, cobalt	Magnésium, aluminium, fer, zinc, tous à l'état pulvérulent
Métalloïdes	Fluor, chlore, brome, iode, cyanogène, sulfure de carbone, ammoniac, oxyde de carbone	Soufre, phosphore	Hydrogène, phosphore, ammoniac
Acides et anhydrides	Cyanhydrique, fluorhydrique, picrique, phosgène sulfureux, dioxyde d'azote	Chlorhydrique, nitrique, sulfurique, phosphorique, acétique, formique	Cyanhydrique, perchlorique, nitrique, picrique, persulfurique
Sels	Cyanures, chromates, bichromates, picrates	Tous à des degrés divers	Picrates, nitrates, chlorates, perchlorates, persulfates
Hydrocarbures	Benzène, hexane, anthracène, benzo-pyrène	Toluène, xylènes, styrène, naphthalène	Tous
Hydrocarbures chlorés	Tétrachlorure de carbone, chlorure de vinyle, chloroforme, tétrachloroéthane	Trichloréthylène, perchloréthylène, chlorure de méthyle, chloroprène	Quelques hydrocarbures très peu chlorés
Alcools	Cyclohexanol, allylique, phénols, naphthols	Méthanol, butanol	Tous
Aldéhydes et cétones	Acroléine, formol, isophorone	Furfural, cyclohexanone, méthyléthylcétone	Tous

## I.5 Identification des produits dangereux

On désigne sous le terme de produit dangereux tous les produits chimiques seuls ou en mélange qui peuvent avoir une influence néfaste sur la santé humaine ou l'environnement. [5]

En principe, les produits dangereux sont tous les produits étiquetés par les pictogrammes de dangers suivants : [5]

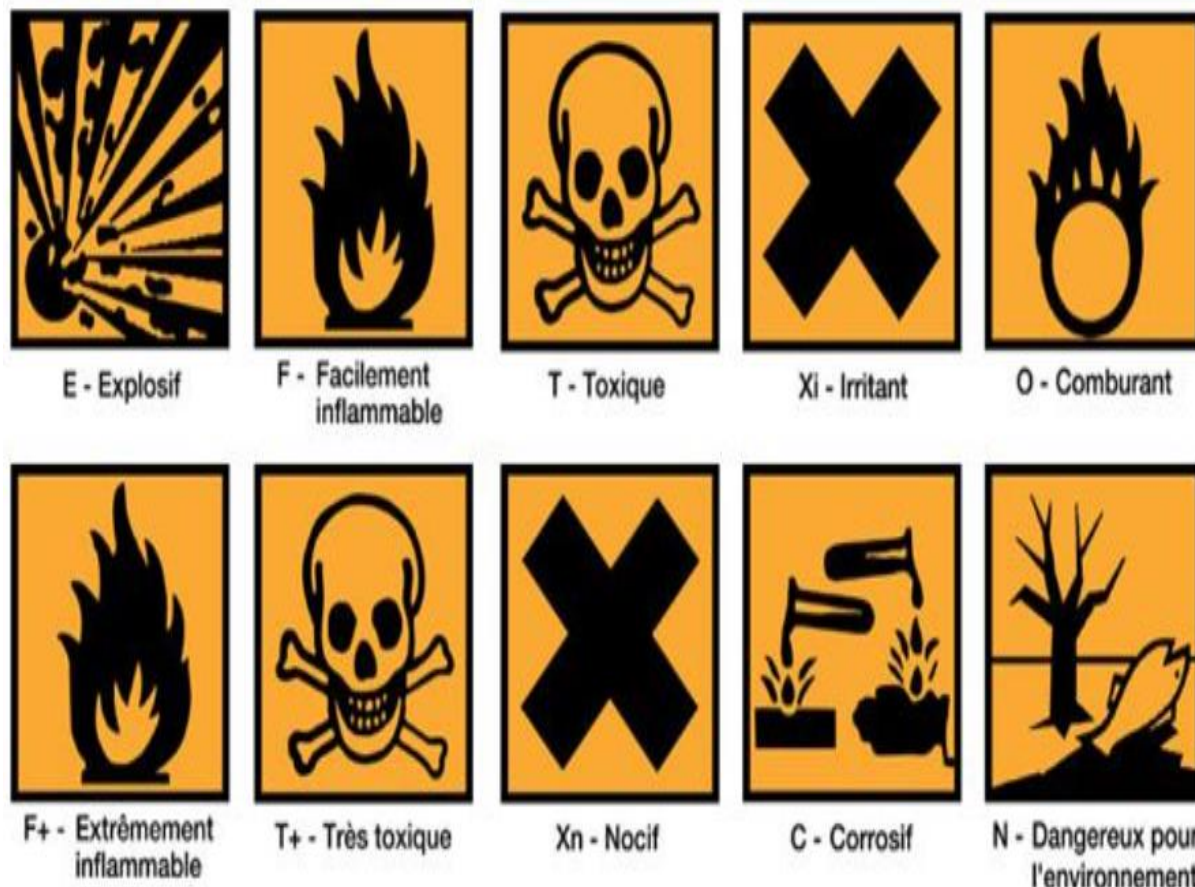


Figure I.1 : Les symboles et indication de danger, Ancienne collection du pictogramme [5]

De nombreux agents des collectivités territoriales du fait de leur métier (peintres, jardiniers, agents d'entretien, mécaniciens,) et des produits qu'ils manipulent (solvants, huiles, produits phytosanitaires, détergents...) sont exposés à des degrés divers, directement ou indirectement, aux risques chimiques. [5]

Cette exposition, si elle n'est pas convenablement maîtrisée peut engendrer des phénomènes pathologiques à évolution lente, des maladies professionnelles, des événements soudains ou des accidents de service/travail. [5]

De plus, la mise en œuvre de ces produits chimiques est génératrice de déchets, produisant des nuisances et des pollutions pouvant affecter gravement et durablement les milieux humains et naturels. [5]

### **I.6 Pictogrammes et classes de danger**

Le SGH (Système Général Harmonisé) est un ensemble de recommandations internationales développées depuis le début des années 90, au sein des Nations Unies, ayant pour objectif l'harmonisation des systèmes de classification et d'étiquetage des produits chimiques, à travers le monde. [6]

#### **I.6.1 Le règlement CLP**

En 2009, l'Union européenne a introduit un Système Général Harmonisé (SGH) de classification et d'étiquetage des produits chimiques. Celui-ci se traduit au sein du Règlement CLP qui recense, pour chaque produit chimique, les dangers potentiels qui y sont liés. [7]

Le règlement CLP est l'instrument réglementaire permettant de faire appliquer les recommandations du SGH au sein de l'Union européenne. Il définit les obligations concernant la classification, l'étiquetage et l'emballage des substances et des mélanges. [6]

L'acronyme « CLP » signifie en anglais, « Classification, Labelling, Packaging »

#### **I.6.2 Classes de danger du règlement CLP**

##### **I.6.2.1 Classes de danger physique**

- Explosibles
- Gaz inflammables
- Aérosols
- Gaz comburants
- Gaz sous pression
- Liquides inflammables
- Matières solides inflammables
- Substances et mélanges autoréactifs
- Liquides pyrophoriques
- Matières solides pyrophoriques
- Substances et mélanges auto-échauffants

- Substances et mélanges qui, au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammables
- Liquides comburants
- Matières solides comburantes
- Peroxydes organiques
- Substances ou mélanges corrosifs pour les métaux. [7]



#### I.6.2.2 Classes de danger pour la santé








- Toxicité aiguë
- Corrosion cutanée/irritation cutanée
- Lésions oculaires graves/irritation oculaire
- Sensibilisation respiratoire ou cutanée
- Mutagénicité sur les cellules germinales
- Cancérogénicité
- Toxicité pour la reproduction
- Toxicité spécifique pour certains organes cibles-exposition unique
- Toxicité spécifique pour certains organes cibles-exposition répétée
- Danger par aspiration. [7]

#### I.6.2.3 Classes de danger pour l'environnement

- Dangers pour le milieu aquatique
- Dangereux pour la couche d'ozone. [7]

**Tableau I.3** : Correspondances des pictogrammes et classes de danger. [7]

Pictogramme CPL	Code	CLASSES DE DANGER SUIVANT LE CLP
	SGH01	<b>Explosifs</b> Substances / Mélanges auto-réactifs (Types A, B) Peroxydes organiques (Types A, B)
	SGH02	Gaz / Aérosols / Liquides / Solides inflammables Substances / Mélanges auto-réactifs (Types B, C, D, E, F) Solides / Liquides pyrophoriques Substances / Mélanges auto-chauffant Substances / Mélanges qui, au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammables Peroxydes organiques (Types B, C, D, E, F)

	SGH03	Gaz / Liquides / Solides comburants
	SGH04	<b>Gaz sous pression</b> (comprimés, liquéfiés, dissous, réfrigérés)
	SGH05	<b>Corrosif</b> pour les métaux Corrosif pour la peau Lésion oculaire grave
	SGH06	<b>Toxicité aiguë</b>
	SGH07	Toxicité aiguë (Cat. 4) Irritation cutanée, oculaire et des voies respiratoires Sensibilisant cutané Toxicité spécifique pour certains organes cibles (exposition unique) (Cat. 3) Effets narcotiques
	SGH08	<b>Cancérogène, Mutagène et Reprotoxiques</b> (Cat. 1A, 1B, 2) Toxicité spécifique pour certains organes cibles (Cat. 1, 2) Sensibilisant respiratoire Danger par aspiration
	SGH09	Danger pour le milieu aquatique (Cat. 1) Danger chronique pour le milieu aquatique (Cat. 1, 2)

## I.7 Classification des produits dangereux

### I.7.1 Produits explosifs SGH01

Ces produits peuvent exploser au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, sous l'effet de la chaleur, d'un choc, de frottements [5].

### **I.7.2 Produits inflammables SGH02**

Ces produits peuvent s'enflammer suivant le cas :

- Au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, ...
- Sous l'effet de la chaleur, de frottements, ...
- Au contact de l'air.
- Au contact de l'eau, s'ils dégagent des gaz inflammables. [5]

### **I.7.3 Produits comburants SGH03**

Ces produits peuvent provoquer ou aggraver un incendie, ou même provoquer une explosion s'ils sont en présence de produits inflammables. [5]

### **I.7.4 Les Gaz sous pression SGH04**

Ces produits sont des gaz sous pression dans un récipient : certains peuvent exploser sous l'effet de la chaleur. Il s'agit des gaz comprimés, des gaz liquéfiés et des gaz dissous. Les gaz liquéfiés réfrigérés peuvent, quant à eux, être responsables de brûlures ou de blessures liées au froid appelées brûlures et blessures cryogéniques. [5]

### **I.7.5 Produits corrosifs SGH05**

Ces produits sont corrosifs. Suivant les cas :

- Ils attaquent ou détruisent les métaux,
- Ils rongent la peau et/ou les yeux en cas de contact ou de projection. [5]

### **I.7.6 Produits toxiques SGH06**

Toxicité aigüe : ces produits empoisonnent rapidement, même à faible dose. Ils peuvent provoquer des effets très variés sur l'organisme : nausées, vomissements, maux de tête, perte de connaissance ou d'autres troubles plus importants entraînant la mort. Ces produits peuvent exercer leur toxicité par voie orale, par voie cutanée ou par inhalation. [5]

### **I.7.7 Produits toxiques (CAT 4) SGH07**

Dangereux pour la santé : ces produits chimiques ont un ou plusieurs des effets suivants :

- Ils empoisonnent à forte dose,
- Ils sont irritants pour les yeux, la gorge, le nez ou la peau,
- Ils peuvent provoquer des allergies cutanées (eczémas),
- Ils peuvent provoquer une somnolence ou des vertiges. [5]

### **I.7.8 Produits Cancérogènes, Mutagènes et Reprotoxiques SGH08**

Sont dangereux pour la santé, ces produits rentrent dans une ou plusieurs de ces catégories :

- Produits cancérogènes : peuvent provoquer un cancer,
- Produits mutagènes : peuvent modifier l'ADN des cellules et peuvent alors entraîner des dommages sur la personne exposée ou sur sa descendance (enfants, petits-enfants, ...),
- Produits toxiques pour la reproduction : ils peuvent avoir des effets néfastes sur la fonction sexuelle, diminuer la fertilité ou provoquer la mort du fœtus ou des malformations chez l'enfant à naître.
- Produits qui peuvent modifier le fonctionnement de certains organes comme le foie, le système nerveux... Selon les produits, les effets peuvent apparaître dès la première exposition ou après des expositions répétées,
- produits qui peuvent entraîner des effets graves sur les poumons et qui peuvent être mortels s'ils pénètrent dans les voies respiratoires,
- Produits qui provoquent des allergies respiratoires (asthme par exemple). [5]

### **I.7.9 Produits dangereux pour le milieu aquatique SGH09**

Ces produits provoquent des effets néfastes sur les organismes du milieu aquatique (poissons, crustacés, algues, autres plantes aquatiques, ...). [5]





Figure I.2 : Les 9 pictogrammes de danger selon CLP. [8]

## I.8 Les documents liés aux produits dangereux

### I.8.1 La Fiche de Données de Sécurité (FDS)

C'est, pour l'utilisateur d'un produit, le document le plus important du point de vue de la sécurité. A sa demande, la fiche est transmise par le fabricant ou le vendeur avec chaque produit. [2]. Elle doit être connue des utilisateurs et être présentes sur le lieu de stockage et d'usage du produit. [5]

La fiche de données de sécurité ne se décompose de 16 points et présente, quels que soient le produit et le fabricant, les informations obligatoires suivantes : [5]

- L'identification de la substance/mélange et de la personne, physique ou morale, responsable de sa mise sur le marché,
- Les informations sur les composants, notamment leur concentration ou leur gamme de concentration, nécessaires à l'appréciation des risques,
- L'identification des dangers,



- La description des premiers secours à porter en cas d'urgence,
- Les mesures de lutte contre l'incendie,
- Les mesures à prendre en cas de dispersion accidentelle,
- Les précautions de stockage, d'emploi et de manipulation,
- Les procédures de contrôle de l'exposition des travailleurs et les caractéristiques des équipements de protection individuelle adéquats,
- Les propriétés physico-chimiques,
- La stabilité du produit et sa réactivité,
- Les informations toxicologiques,
- Les informations éco toxicologiques,
- Des informations sur les possibilités d'élimination des déchets,
- Les informations relatives au transport,
- Les informations réglementaires relatives en particulier au classement et à l'étiquetage du produit,
- Toute autre information disponible pouvant contribuer à la sécurité ou à la santé des travailleurs.

Cette fiche doit être transmise au médecin de prévention qui pourra donner son avis sur le choix du produit et si nécessaire, des équipements de protection. [5]

### **I.8.2 L'étiquetage**

L'étiquetage prescrit par le règlement CLP pour les secteurs du travail et de la consommation comprend des éléments de communication pour la plupart différents de ceux utilisés par le système préexistant. D'une façon générale, les informations requises pour l'étiquetage CLP sont les suivantes : [8]

- Identité du fournisseur,
- Identificateurs du produit,

- Pictogrammes de danger,
- Mention d'avertissement,
- Mentions de danger,
- Conseils de prudence,
- Section des informations supplémentaires,
- Quantité nominale pour les produits mis à disposition du grand public (sauf si cette quantité est précisée ailleurs sur l'emballage).

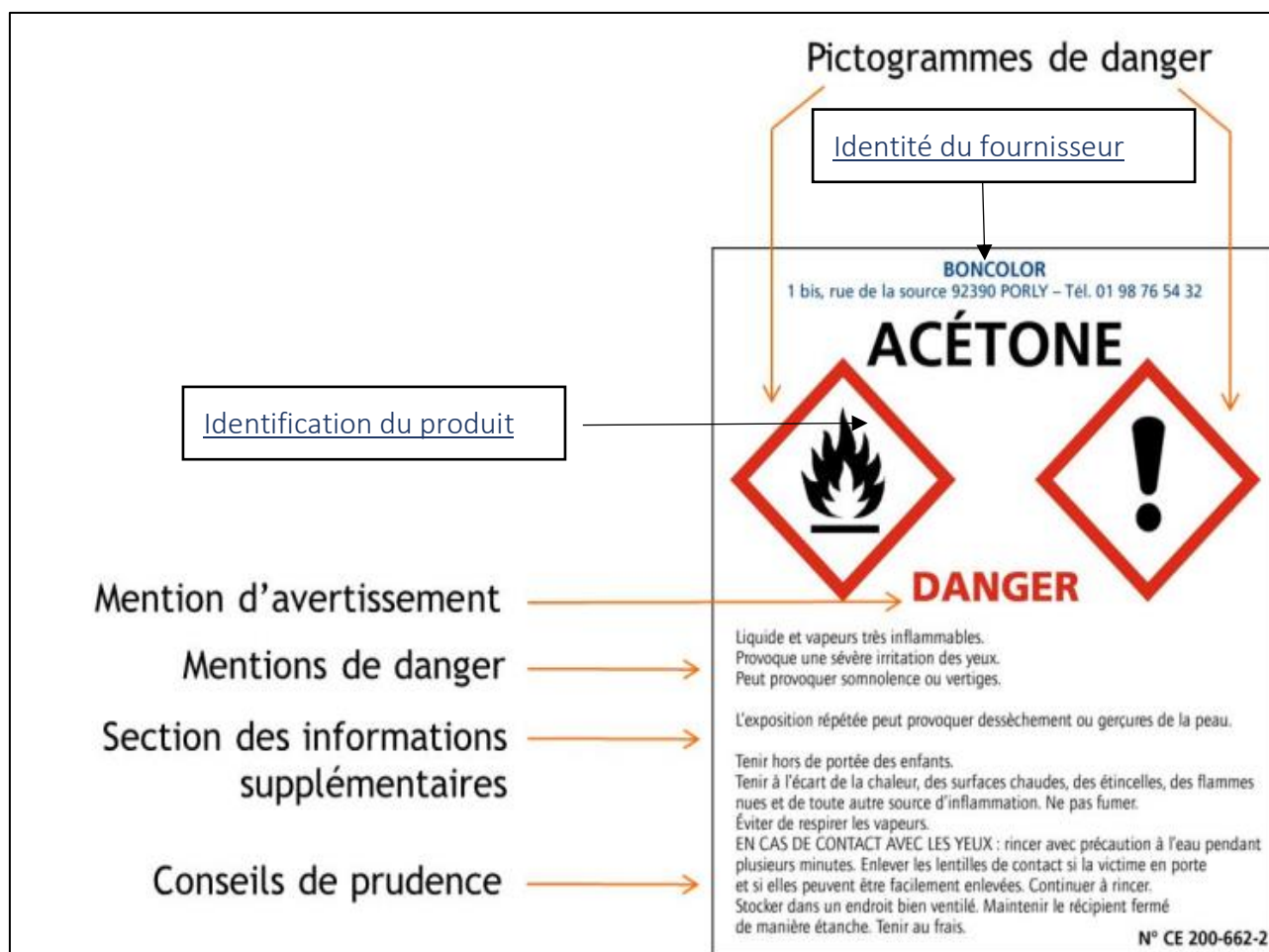


Figure I.3 : Exemple d'une étiquette répondant au règlement CLP. [8]

### I.8.3 Étiquette selon le système préexistant

La réglementation définissait ce qui devait figurer de façon obligatoire sur une étiquette de danger :

- Pour les substances : le nom chimique,

- Pour les mélanges : le nom commercial ainsi que le nom chimique de certaines des substances dangereuses présentes dans le mélange,
- Le nom, l'adresse, le numéro de téléphone du fabricant, distributeur ou importateur responsable de la mise sur le marché,
- Les symboles et indications de danger,
- Les phrases de risque ou phrases R,
- Les conseils de prudence ou phrases S,
- Pour les substances, le numéro CE et la mention « étiquetage CE »,
- Pour les mélanges destinés au public : la quantité nominale du contenu.

Les phrases S étaient choisies en fonction des dangers présentés par le produit chimique, selon des critères définis dans la réglementation. [8]

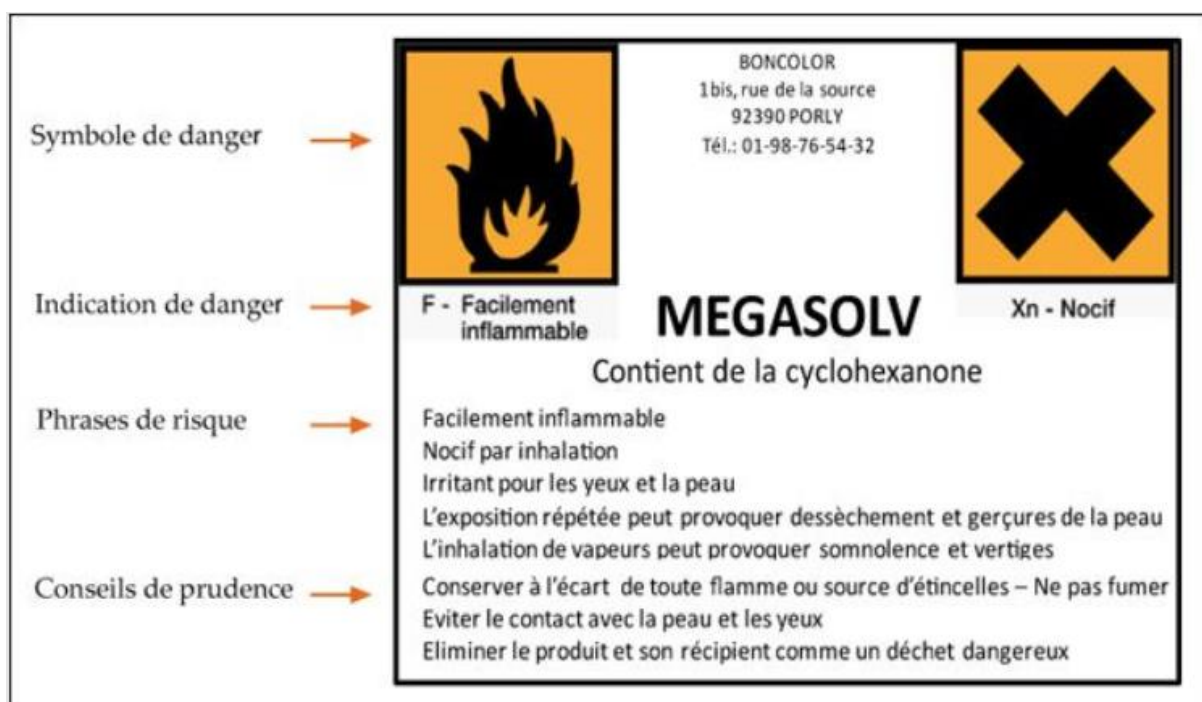


Figure I.4 : Exemple d'étiquette selon le règlement préexistant. [8]

### I.9 Stockage des produits dangereux

Un stockage défaillant peut s'avérer lourd de conséquences :

Réactions chimiques dangereuses, dégagement important de produits nocifs, voire explosion ou incendie, intoxication, chute de plain-pied, blessures... [8]

De nombreux paramètres jouent un rôle dans la sécurité du stockage :

- La quantité des produits stockés,
- La présence de produits volatils, inflammables ou incompatibles entre eux ou avec les matériaux présents,
- La ventilation,
- L'arrimage des emballages,
- La stabilité des produits et des emballages aux variations de température, aux rayonnements...

Afin de limiter les quantités de produits chimiques aux postes de travail tout en garantissant une activité continue, le stockage peut être organisé en un local central et un ou plusieurs lieux de stockage dits « tampons » à proximité des postes de travail. L'utilisation des lieux de stockage doit être soumise à des règles strictes, dont l'application doit être contrôlée régulièrement par un responsable compétent. [8]

### **I.9.1 Signalisation**

Les lieux de stockage doivent être clairement identifiés. Des panneaux d'avertissement doivent figurer à l'entrée comme par exemple « Matières inflammables », « Matières corrosives », « Matières toxiques » ... [8]

### **I.9.2 Séparation des produits incompatibles / réactions dangereuses**

Certains produits peuvent réagir les uns avec les autres, provoquant parfois des explosions, des incendies, des projections ou des émissions de gaz dangereux. Ces produits incompatibles doivent être séparés physiquement. [8]

	+	-	○	-	○	-	-	-	○
	-	+	-	-	-	-	-	+	○
	○	-	+	-	-	-	-	-	○
	-	-	-	+	-	-	-	-	○
	○	-	-	-	+	-	-	-	○
	-	-	-	-	-	+	-	-	○
	-	-	-	-	-	-	+	-	○
	-	+	-	-	-	-	-	+	○
	○	○	○	○	○	○	○	○	+

<b>+</b>	oui Les produits peuvent être stockés ensemble (sauf mentions contraires indiquées dans leur fiche de données de sécurité).
<b>-</b>	non Les produits ne peuvent être stockés ensemble.
<b>○</b>	les produits peuvent être stockés ensemble si une analyse de risques a été effectuée (sauf mentions contraires indiquées dans leur fiche de données de sécurité).

Figure I.5 : Incompatibilités de stockage des produits dangereux. [8]

D'autres produits encore réagissent violemment avec l'eau : ils doivent être entreposés de façon à ce que tout contact avec de l'eau soit impossible, même en cas d'inondation.

Enfin, les produits inflammables doivent être stockés à part dans une enceinte dédiée et constamment ventilée. [8]

Le contact accidentel entre certaines catégories de produits dangereux peut entraîner des effets cumulatifs. Il convient donc d'identifier les incompatibilités entre les produits chimiques et d'en tenir compte dans l'aménagement de la zone de stockage. [7]

## **I.10 Conclusion**

Après avoir discuté les classes de danger de ce chapitre, nous avons constaté que les produits chimiques présentent des dangers pour les personnes, les installations ou l'environnement : intoxications aiguës, asphyxie, incendie, explosion, pollution... Ils peuvent aussi provoquer des effets plus insidieux, après des années d'exposition du travailleur à de faibles doses, voire plusieurs années après la fin de l'exposition.

Ces dangers immédiats et différés doivent être pris en compte dans le cadre d'une même démarche de prévention des risques chimiques.

Par conséquent, l'ensemble de règlements et de bonnes pratiques décrits dans ce chapitre devrait être appliqué afin de réduire l'incidence des accidents.

---

# **Chapitre II**

**Les risques liés aux transport  
de matières dangereuses.**

---

## **II.1 Introduction**

Le Transport de Matières Dangereuses s'effectue principalement par la route (les trois-quarts environ). Le transport de matières dangereuses par route est le mode de transport le plus exposé aux accidents. Les causes sont diverses : mauvais état du véhicule, faute de conduite du conducteur ou d'un tiers, mauvais état des routes, météo défavorable...

Les nombreux produits dangereux transportés par la route, pétroliers, chimiques ..., sont inflammables, toxiques, explosifs, corrosifs, ou radioactifs, et les accidents de transports de matières dangereuses peuvent survenir partout, à la différence des accidents industriels. Les risques diffus engendrés sont difficiles à appréhender car c'est une activité circulante donc difficile à identifier, à localiser et à quantifier et il y a une grande diversité des sources du risque (défaillance du mode de transport, du confinement, erreur humaine ...).

Dans ce chapitre nous allons expliquer quelques concepts de danger, accident, matière dangereuse, l'aléa, le danger..., nous aborderons ensuite les risques les plus importants liés au transport de matières dangereuses (l'incendie, l'explosion, la formation de nuages toxiques, La fuite d'un liquide polluant) et nous verrons ensuite leurs principales causes, puis nous expliquerons les conséquences de chacun des phénomènes ci-dessus. Et à la fin, nous établissons les mesures préventives essentielles (signalisation et étiquetage spécifiques, formation du conducteur, équipements obligatoires du véhicule et contrôle technique périodique, conseiller à la sécurité, documents de transport, protocole de sécurité pour le chargement et le déchargement, règles particulières de circulation).



## II.2 Notions de base :

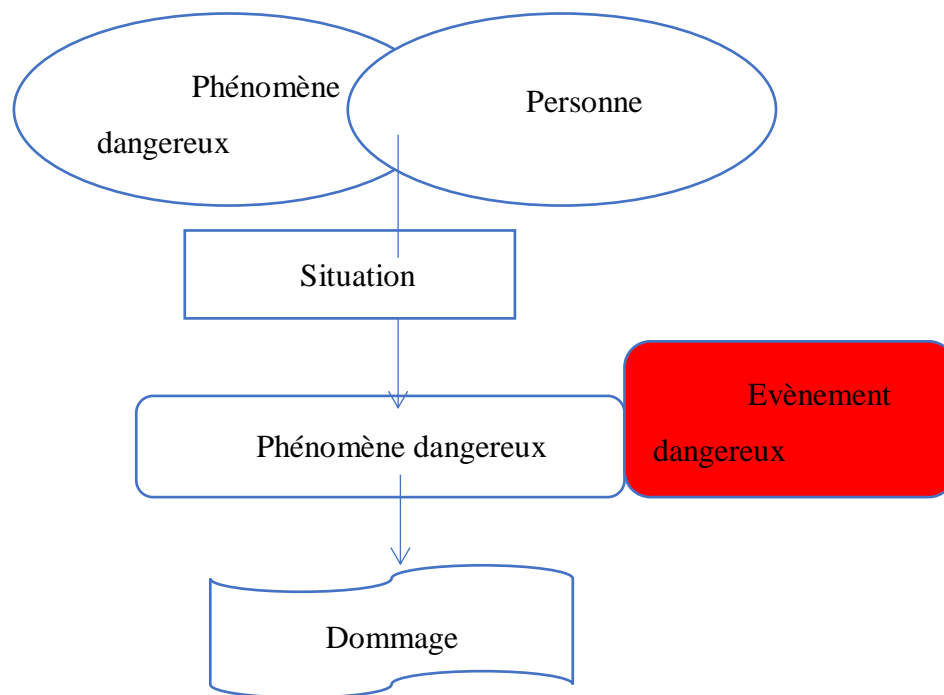
Avant d'initier les risques liés aux transport du produit aux transport de matières dangereuses, on va aborder quelques définitions :

### II.2.1 Risque :

Un "risque" est un événement dont l'arrivée aléatoire, est susceptible de causer un dommage aux personnes ou aux biens ou aux deux à la fois.

Dans ISO (2002) le risque est défini comme la combinaison de la gravité et de la probabilité d'un événement redouté résultant d'une situation de danger. [9]

$$\text{Risque} = \text{Probabilité} \times \text{Gravité}$$



**Figure II.1** : Processus de risque, document INERIS : Analyse et évaluation des aspects environnementaux/Risque pour la SST. [9]

### II.2.2 Le risque majeur :

C'est un accident grave qui peut être d'origine naturelle (feux de forêt, inondation, mouvement de terrain séisme ...) ou technologique (industriel, transport de matière dangereuses, barrages, nucléaire), il se caractérise par de nombreuses victimes, des dégâts importants, des impacts néfastes sur notre environnement. [9]

**II.2.3 Le risque technologique :**

Par risque technologique majeur, c'est on entendre : tout évènement accidentel lié à l'activité humaine entraînant des conséquences immédiates grave pour les enjeux exposés. [9]

**II.2.4 Aléa :**

Un aléa est défini selon Karagannis comme l'occurrence potentielle, en un temps et un lieu géographique déterminé, d'un phénomène, d'origine naturelle, technologique, sanitaire ou autre, susceptible de nuire à la vie, aux biens et aux activités humaines au point de provoquer un accident ou une catastrophe. [10]

**II.2.5 L'enjeu**

Est l'ensemble des personnes et des biens susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel ou technologique. [10]

**II.2.6 Dommage :**

Selon la NF EN 1050, le dommage est une lésion physique ou atteinte à la santé. [9]

**II.2.7 Situation dangereuse :**

Selon la NF EN ISO 12100-1, elle est définie comme toute situation dans laquelle une personne est exposée à une ou plusieurs phénomènes dangereux ou agents chimique pouvant entraîner un dommage immédiatement. [10]

**II.2.8 Evénement déclencheur :**

Evénement susceptible de causer un dommage (NF EN 1050). [9]

**II.2.9 Définition de l'évènement redouté ou indésirable :**

C'est l'évènement principale come une explosion, un incendie... [9]

### **II.2.10 Accident :**

Nichan à définit l'accident dans son livre Risques et accidents industriels majeurs, comme un événement imprévu et soudain, ayant entraîné des dégâts corporels et matériels, les dégâts provoqués peuvent être plus ou moins importants. [9]

Dans une autre définition on trouve dans l'OHSAS Accident événement imprévu entraînant la mort, une détérioration de la santé, des lésions, des dommages ou autre perte.

(OHSAS = Occupational Health and Safety Assesment Series).

### **II.2.11 Incident :**

L'incident est l'événement qui présente un potentiel de contacts et d'échanges d'énergie précédant le contact qui pourrait nuire ou endommager ou nuit ou endommage (perte) les gens, la propriété, le processus et/ou l'environnement. [9]

NOTE : d'après l'OHSAS, un incident n'entraînant pas une détérioration de la santé, des lésions, des dommages ou autre perte est également appelé « Presque accident ». Le terme « incident » couvre la notion de « presque-accident ».

(OHSAS = Occupational Health and Safety Assesment Series).

## **II.3 Les risques liés au transport de matières dangereuses**

### **II.3.1 Le risque d'explosion.**

Une explosion est la transformation rapide d'une matière en une autre matière ayant un volume plus grand, généralement sous forme de gaz.

Plus cette transformation s'effectue rapidement, plus la matière résultante se trouve en surpression ; en se détendant jusqu'à l'équilibre avec la pression atmosphérique, elle crée un souffle **déflagrant** ou **détonant**, selon sa vitesse. [11]

Pour qu'une explosion puisse se produire, les trois facteurs suivants doivent être réunis : [11]

1. Une substance inflammable (en répartition et concentration adéquates)
2. L'oxygène (de l'air)
3. Une source d'inflammation (par ex. étincelle électrique)

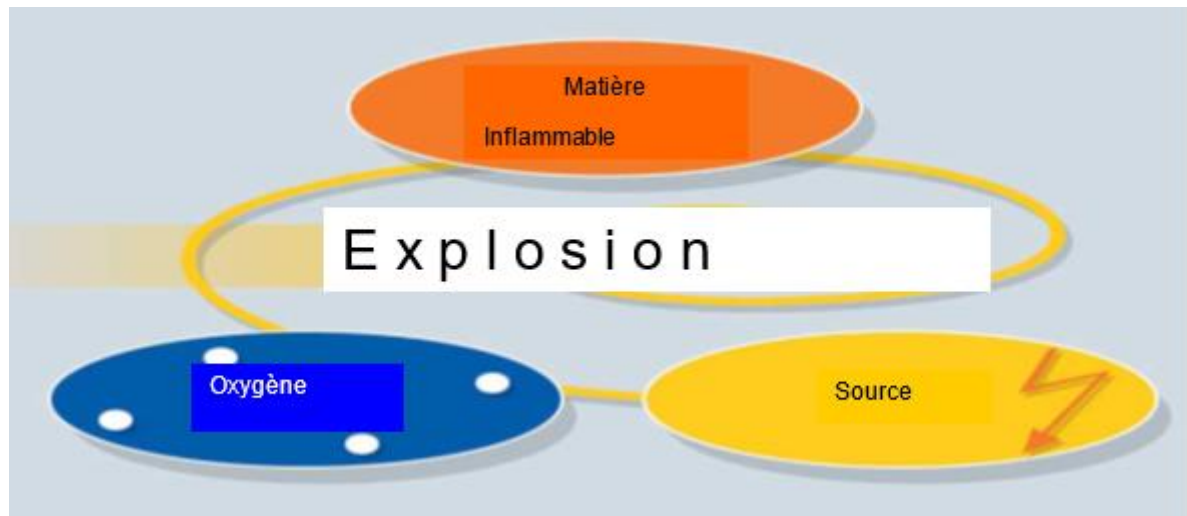


Figure II.2 : L'explosion. [11]

Suite à un choc simple ou avec production d'étincelles, à un échauffement ou à l'exposition au feu, les matières dangereuses peuvent exploser et générer une onde de choc avec projectiles et flammes ; [11]

#### II .3.1.1 causes d'explosion

Une explosion peut être physique ou chimique. L'explosion chimique peut résulter d'une réaction chimique où le volume occupé par les gaz produits par la réaction est supérieur au volume des réactifs, tandis que l'explosion physique est une transformation physique ou changement de phase qui résulte d'une vaporisation très violente, comme dans le cas de l'ébullition-explosion ou BLEVE. [11]

#### II.3.1.2 BLEVE

Toutes les opérations effectuées sur les gaz comprimés sous pression, tel que le stockage ou le transport sont susceptibles d'être le siège d'un **BLEVE**, l'abréviation anglaise de « Boiling Liquid Vapor Explosion » qui pourrait être traduit en français par « Explosion de vapeur en expansion d'un liquide en ébullition ». En effet, le BLEVE est une explosion purement physique due à un changement d'état à caractère explosif, et non à une réaction de combustion comme c'est le cas des explosions de nuages de gaz.

Ainsi, il n'est pas nécessaire que le produit concerné soit inflammable pour parler de

BLEVE. Toutefois, comme le montre l'accidentologie, cette dernière caractéristique présente généralement un caractère aggravant. [11]

Les effets d'un BLEVE sur l'environnement sont catastrophiques et se manifestent généralement de trois manières : [11]

- La propagation d'une **onde de surpression**,
- La projection de fragments à des distances parfois très importantes,
- Et, dans le cas d'un BLEVE de liquide inflammable, la formation d'une boule de feu dont le rayonnement thermique peut devenir prépondérant en termes de conséquences.

La cause du BLEVE est : [11]

- Fissure au niveau du réservoir
- La fatigue du réservoir,
- La corrosion,
- L'exposition du réservoir à un incendie
- Accident routier

Produits concernés : [11]

Il s'agit des gaz liquéfiés combustibles tels que :

- GPL (propane, butane)
- Propylène
- Butène
- Acétylène
- Ammoniac
- CVM (chlorure de vinyle monomère)
- Oxyde de propylène
- Les gaz liquéfiés non combustibles (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, Hélium, ...) et l'eau à l'équilibre liquide-vapeur peuvent être aussi sujets au BLEVE.

### II.3.1.3 Déflagration

La déflagration peut être considérée comme une explosion de faible ampleur, se situant entre un feu et une détonation. Elle s'explique principalement par une vitesse de réaction plus lente que celle de la détonation. Généralement, la vitesse de dégagement de l'énergie est de l'ordre de quelques centimètres par seconde et la vitesse du front de flamme de quelques centaines de mètres par seconde.

Le processus de la déflagration reste le même ; la réaction rapide dégage des gaz chauds et de la chaleur, mais la vitesse relativement faible fait que l'énergie dégagée, la même que si la vitesse

était élevée. Le dégagement gazeux est moins rapide et sa pression est moins élevée, d'où un pouvoir brisant plus faible. [11]

#### II.3.1.4 Détonation

La détonation est la forme la plus dangereuse de l'explosion. Les vitesses de réaction sont très élevées, de l'ordre de plusieurs kilomètres par seconde et sont à l'origine d'une onde de choc qui accompagne l'explosion et qui est la cause principale de destructions.

C'est la brusque augmentation de la pression de l'air pendant la détonation qui crée l'onde de choc. [11]

### **II.3.2 Le risque d'incendie**

L'incendie est une combustion qui se développe sans contrôle dans le temps et dans l'espace, elle engendre de grandes quantités de chaleur, des fumées et des gaz polluants, voire toxiques, l'énergie émise favorise le développement de l'incendie. [11]

Un choc avec étincelles, un échauffement ou une inflammation accidentelle peuvent mettre le feu aux matériaux combustibles. L'incendie peut provoquer de nombreux dommages directs, mais aussi causer des problèmes d'asphyxie et d'intoxication ;

Le processus de combustion est une réaction chimique d'oxydation d'un combustible par un comburant. Cette réaction nécessite une source d'énergie. [11]

- Combustible : exemple, gaz, essence, bois.
- Comburant : exemple oxygène.
- Energie d'activation : flamme.

La combustion est représentée par le triangle de feu dont les trois côtés correspondent à la présence des trois paramètres : un combustible, un comburant et un apport d'énergie. [11]



**Figure II.3** : Triangle de feu. [11]

Pour qu'une réaction de combustion ait lieu, il est impératif que ces trois éléments soient présents simultanément.

Dans le cas des gaz liquéfiés, en particulier les GPL qui sont des hydrocarbures dont la structure contient du carbone et d'hydrogène (le butane, méthane, butadiène.) sont très combustibles et facilement inflammable, plusieurs d'entre eux sont utilisés comme carburant (méthane, éthane, propane, butane, acétylène), il suffit donc la présence d'une source d'inflammation et un comburant tel que l'oxygène de l'air pour qu'un incendie se déclenche. [11]

### II.3.2.1 Les causes d'incendie

Pour qu'un incendie se déclenche, il faut réunir les trois éléments du triangle de feu, le comburant, le combustible et l'énergie d'activation, étant donné que le comburant est toujours présent dans les lieux puisqu'il s'agit de l'oxygène de l'air, l'inflammation du carburant provient de l'élévation de la température, elle peut être due : [11]

- À l'échauffement anormal d'un organe du véhicule
- À un choc contre un obstacle engendrant la production d'étincelles,
- À l'inflammation d'une fuite de produit inflammable,
- Ou une explosion au voisinage du véhicule accidenté.

### II.3.3 La formation d'un nuage toxique

Suite à une fuite ou à une combustion, un nuage de gaz toxique peut se répandre et engendrer une pollution de l'air et des sols, ainsi qu'une contamination des produits agricoles et le développement de pathologies (irritations, œdèmes pulmonaires...) ; [12]

### II.3.4 La fuite d'un liquide polluant

La rupture de l'enceinte de confinement de substances chimiques peut se traduire par un écoulement et une pollution des sols et des eaux. L'approvisionnement en eau potable, les activités liées à l'eau (pêche, aquaculture, baignade...) et les écosystèmes peuvent alors être compromis. [12]

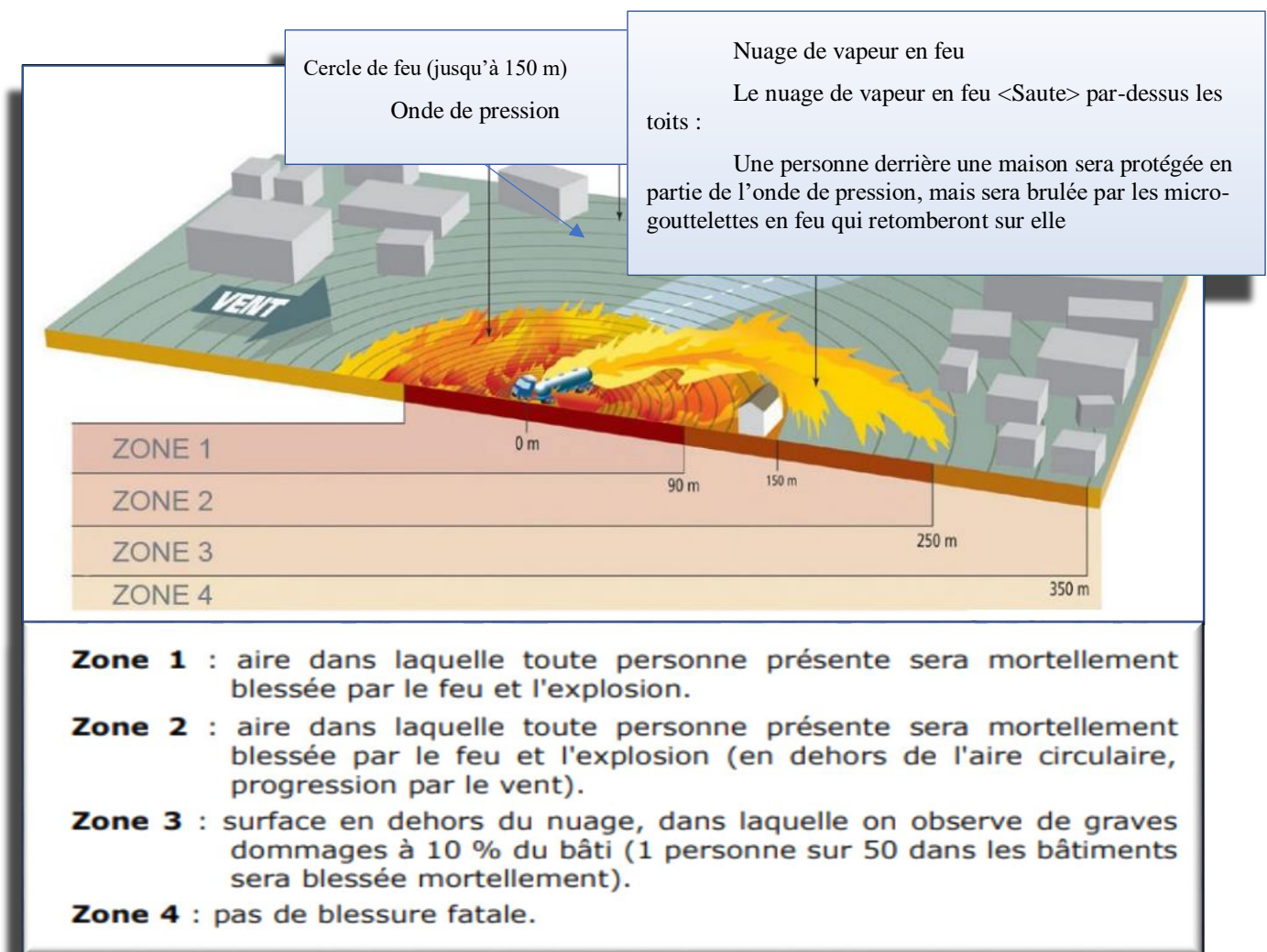


Figure II.4 : Exemple d'explosion d'un camion-citerne. [13]



## **II.4 Les conséquences possibles d'un accident**

### **II.4.1 L'explosion**

Une explosion consécutive à la rupture d'enceinte, due à la formation de mélanges particulièrement réactifs ou à un incendie, peut provoquer des effets thermiques, mais également mécaniques (effet de surpression), du fait de l'onde de choc. À proximité du sinistre et jusque dans un rayon de plusieurs centaines de mètres, les blessures peuvent être très graves et parfois mortelles : brûlures, asphyxie, lésions internes consécutives à l'onde de choc, traumatismes dus aux projectiles. Au-delà d'un kilomètre, les blessures sont rarement très graves. [13]

### **II.4.2 L'incendie**

Soixante pourcent des accidents de TMD concernent des liquides inflammables. Un incendie de produits inflammables solides, liquides ou gazeux engendre des effets thermiques (brûlures) qui peuvent être aggravés par des problèmes d'asphyxie et d'intoxication, liés à l'émission de fumées toxiques. Un incendie peut provoquer des brûlures à des degrés variables selon la distance à laquelle il se produit. [13]

### **II.4.3 Le nuage toxique**

Peut provenir d'une fuite de produit toxique ou résulter d'une combustion (même d'un produit non toxique), qui se propage à distance du lieu de l'accident. En se propageant dans l'air, l'eau et/ou le sol, les matières dangereuses peuvent être toxiques par inhalation, par ingestion directe ou indirecte lors de la consommation de produits contaminés ou par contact. [13]

Les produits toxiques pénètrent principalement dans le corps par les poumons, mais la peau et les yeux risquent également d'être atteints. En fonction de la concentration des produits et de la durée de l'exposition aux produits, les symptômes peuvent varier d'une simple irritation de la peau ou d'une sensation de picotements de la gorge, à des atteintes graves comme des asphyxies ou des œdèmes pulmonaires. Ces effets peuvent être ressentis jusqu'à quelques kilomètres du lieu du sinistre.

Toutes les manifestations décrites ci-dessus peuvent être associées (explosion, incendie, nuage toxique). [13]

L'eau est un milieu particulièrement vulnérable, qui peut propager une pollution sur de grandes distances. Un rejet liquide ou gazeux peut conduire à une pollution brutale ou différée de

l'air, des eaux superficielles ou souterraines (nappe phréatique), avec risque d'atteinte de la flore, des fruits et légumes, de la faune, puis des hommes, au bout de la chaîne alimentaire. [14]

Un accident chimique peut avoir des conséquences néfastes sur les biens. Un incendie ou une explosion provoquent des destructions, des détériorations, ainsi que des dommages aux habitations, aux ouvrages, aux cultures. [14]

### **II.4.4 La fuite d'un liquide polluant**

Les accidents impliquant des déversements de produits dangereux peuvent avoir de graves conséquences sur la sécurité des personnes et des biens, mais aussi sur la qualité de l'environnement. Dans un certain nombre de cas, les conséquences économiques directes ou résultant de la mise en œuvre de mesures de réhabilitation sont lourdes. Aussi le soin apporté aux analyses de risque et aux mesures de gestion correspondantes, doit-il tenir compte des potentiels de dangers présents dans les installations et être proportionné aux différents types de conséquences possibles. [14]

## **II.5 Les différents enjeux**

### **II.5.1 Les enjeux humains**

Il s'agit des personnes physiques directement ou indirectement exposées aux conséquences de l'accident. Elles peuvent se trouver dans un lieu public, à leur domicile ou sur leur lieu de travail. Le risque pour ces personnes peut aller de la blessure légère au décès. [13]

### **II.5.2 Les enjeux économiques :**

Les causes d'un accident de TMD peuvent mettre à mal l'outil économique d'une zone. Les entreprises voisines du lieu de l'accident, les routes, les voies de chemin de fer, etc. peuvent être détruites ou gravement endommagées, d'où des conséquences économiques désastreuses. [13]

### **II.5.3 Les enjeux environnementaux**

Un accident de TMD peut avoir des effets importants sur les écosystèmes. On peut assister à une destruction partielle ou totale de la faune et de la flore. Les conséquences d'un accident peuvent également avoir un impact sanitaire (pollution des nappes phréatiques par exemple) et, par voie de conséquence, un effet sur l'homme. [13]

## **II.6 Prévention routière concernant le transport de matières dangereuses**

La prévention est l'ensemble des moyens mis en place pour supprimer ou du moins atténuer les risques et ainsi réduire, dans de larges proportions, la probabilité de survenance d'un accident.

En effet, tous les accidents technologiques majeurs (incendies, explosions, victimes, dégâts matériels) sont souvent dus principalement et en grande partie à : [11]

- Des défaillances humaines directes comme : erreurs de manipulation, négligence, manque d'entretien.
- Des défaillances humaines indirectes ; mauvaise conception et construction des équipements.

Ainsi d'une manière générale, la prévention des accidents et les décisions misent en place pour une activité quelconque, une fabrication, un stockage ou un transport, il y a lieu de procéder de la manière suivante : [11]

1. Acquisition de l'ensemble des connaissances sur les différentes composantes de stockage ou de transport.
2. Mise en évidence des différents risques et dangers et leurs effets.
3. Choix des techniques, installations et modes opératoires jugés les moins dangereux.
4. Entretien et maintenance des installations.
5. Contrôle et vérification périodique.

Les mesures de prévention essentielles sont les suivantes : signalisation et étiquetage spécifiques, formation du conducteur, équipements obligatoires du véhicule et contrôle technique périodique, conseiller à la sécurité, documents de transport, protocole de sécurité pour le chargement et le déchargement, règles particulières de circulation. [15]

### **II.6.1 Signalisation et étiquetage**

Elle impose que chaque chargement soit clairement identifié par des plaques orange réfléchissantes affichant : [15]













- Le Code Danger : il permet de connaître les caractéristiques détaillées de la matière

**Tableau II.1** Les différentes classes des matières dangereuses. [15]

Classe 1	Matières et objets explosibles
Classe 4	4.1 : Matières solides inflammables, 4.2 : Matières sujettes spontanément à l'inflammation, 4.3 : Matières dégageant au contact de l'eau des gaz inflammables
Classe 2	Gaz comprimés, liquéfiés ou dissous sous pression
Classe 3	Matières liquides inflammables
Classe 5	5.1 : Matières comburantes, 5.2 : Peroxydes organiques.
Classe 6	6.1 : Matières toxiques, 6.2 : Matières infectieuses.
Classe 7	Matières radioactives
Classe 8	Matières corrosives
Classe 9	Matières et objets dangereux divers

- Le Code Matière, attribué par l'Organisation des Nations Unies (ONU), permettant de désigner les caractéristiques physiques de la matière transportée, numéro à 4 chiffres (ex : 1789 = acide chlorhydrique). Il permet aux services d'incendie et de secours de connaître précisément de l le produit en cause. [27]

- Le Pictogramme représentant le danger principal présenté par la matière : des panneaux de couleurs variées, ayant la forme d'un carré de 30 cm de côté posé sur la pointe, disposés à l'arrière et de chaque côté du véhicule. [15]

			
Explosion	Feu (liquides et gaz)	Feu (solides)	Matière sujette à inflammation spontanée
			
Emanation de gaz inflammables au contact de l'eau	Matière comburante ou peroxyde organique	Matière toxique	Matière nocive
			
Matière corrosive	Gaz non inflammable et non toxique	Matière ou objets divers	Matière radioactive

**Figure II.5** : les Pictogramme représentant le danger principal présenté par la matière. [15]

- Des panneaux de couleur orange, de 40 cm de large et 30 cm de haut bordés d'un liseré noir, disposés à l'avant et à l'arrière du véhicule : [15]

Permet de signaler à la fois le danger et la matière transportée par le véhicule.

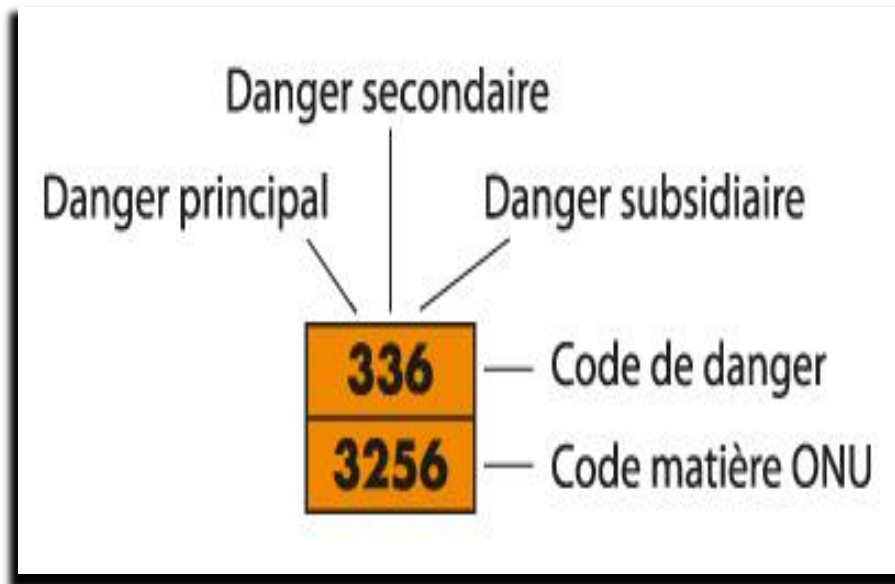


Figure II.6 : La plaque orange d'identification du danger et de la matière transportée. [15]

#### II.6.1.1 Où poser la signalisation sur le camion ?

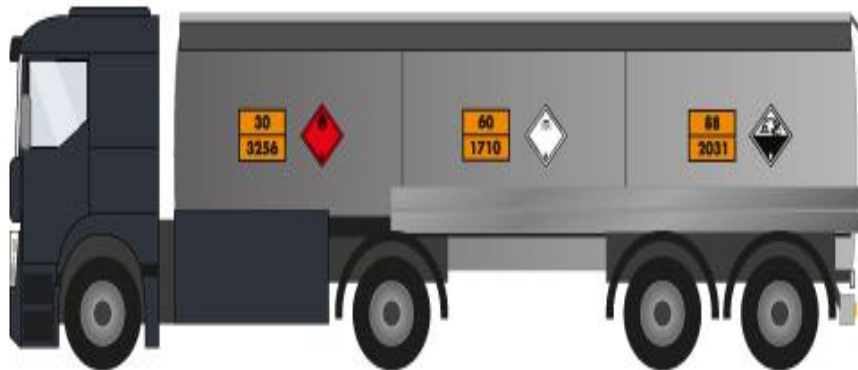
- Pour une citerne mono cuve et un type de produit : [15]



Figure II.7 : La position de la signalisation pour une citerne mono cuve et un type de produit.

La plaque orange doit être apposée à l'avant et à l'arrière du camion. Le symbole de danger doit aussi être fixé sur les côtés et l'arrière de la cuve. [15]

- Pour une citerne à plusieurs cuves et plusieurs matières : [15]



**Figure II.8** : La position de la signalisation pour une citerne à plusieurs cuves et plusieurs matières.

La plaque orange doit être apposée sur la cuve contenant le produit dangereux. Le symbole de danger, lui, doit être fixé à l'arrière et sur la cuve contenant la matière. Les citernes vides non dégazées doivent conserver la signalisation. En revanche, les citernes vides dégazées doivent afficher le panneau orange barré.

- Les camions non citernes (transport en fûts par exemple) : [15]



**Figure II.9** : La position de la signalisation pour les camions non citernes.

La plaque orange doit être vierge et apposée à l'avant et l'arrière du véhicule. Elle doit être barrée ou enlevée en cas d'absence de matières dangereuses. Le symbole de danger doit être fixé à l'arrière et sur les côtés du véhicule. [15]

### **II.6.2 La formation du conducteur**

Les formations ou Transport de matières dangereuses ont pour but de faire connaître la réglementation applicable au transport des matières dangereuses par route et de permettre de savoir rechercher et utiliser les informations contenues dans les règlements.

Elle concerne les conducteurs appelés à conduire des véhicules transportant des matières dangereuses mais aussi le personnel responsable en logistique et distribution de matières dangereuses. [15]

Il existe plusieurs types de formations délivrant des habilitations différentes en fonction de la classe de produit qui sera transportée par le conducteur. Cette formation spéciale est obligatoire pour les chauffeurs de véhicules TMD. Celle-ci doit être validée par la réussite à un examen permettant la délivrance d'un certificat renouvelable avec une remise à niveau tous les 5 ans tant pour la formation de base que pour les spécialisations. [15]

Les formations abordent les thèmes suivants : [15]

- Présentation des matières, objets et produits à transporter
- Comportement des marchandises dangereuses
- Les documents de bord obligatoires
- Le matériel de protection et de prévention
- Les modes de transport et le conditionnement des matières dangereuses
- Le chargement, calage et arrimage des matières conditionnées
- La signalisation des véhicules et équipement général des véhicules
- Les responsabilités...

La formation de base est obligatoire pour tout conducteur transportant des matières dangereuses. Elle s'adresse aux conducteurs n'ayant jamais reçu une formation spécifique aux transports de marchandises dangereuses. Elle peut être complétée par des formations de spécialisation selon les besoins de l'entreprise. Mais l'obtention préalable de la « formation de base » est indispensable pour permettre l'acquisition d'une spécialisation : citernes, citernes gaz, produits pétroliers, GPL... [15]



### **II.6.3 Équipement obligatoire du véhicule**

Au-delà des prescriptions techniques de construction des véhicules et des citernes de transport, il y a un équipement de sécurité spécialisé obligatoire : extincteurs, coupe-batterie, cales, matériel de sécurité et de première intervention (pelle, absorbants utilisables sur revêtements routiers, tapis et boudins absorbeurs, lunettes et de gants de protection, sacs pour déchets). [15]

#### **II.6.3.1 Extincteurs**

Deux extincteurs sont obligatoires à bord des engins de transport TMD.

Un extincteur apte à combattre un incendie du moteur ou de la cabine de conduite de capacité minimale 2kg de poudre, et un extincteur destiné à lutter contre un incendie des pneus, des freins, ou du chargement de capacité minimale de 6 kg de poudre.

L'équipage du véhicule doit être au courant de l'emploi des appareils d'extinction d'incendie. [15]

#### **II.6.3.2 Limiteurs, ralentisseurs et ABR**

Seuls les véhicules de plus de PTAC supérieur à 12 tonnes doivent être munis d'un limiteur de vitesse. Celle-ci est limitée à 85 km/h.

Suivant leur poids les véhicules doivent aussi être équipés de dispositif antiblocage ABR et de dispositif ralentisseur (freinage d'endurance). [15]

#### **C'est qui l'ABR**

L'Antiblockiersystem, plus connu sous le nom de système ABS ou encore ABR (Anti-Blocage des Roues), élimine l'effet de blocage des roues lors de freinages violents, notamment lorsqu'un conducteur circule en conditions de faible adhérence.

- Disques indicateurs de vitesse : tous les véhicules transportant des MD doivent porter 2 ou 3 disques indicateurs de vitesse. Ils doivent être apposés à l'arrière du véhicule, sur la partie inférieure gauche de la carrosserie.

Des modalités de contrôle des véhicules consistent en une visite annuelle auprès d'organismes agréés. Le but est de vérifier le respect des normes réglementaires des véhicules (normes de construction, équipements de sécurité...). [16]

#### **II.6.4 Conseiller à la sécurité**

Sous la responsabilité du chef d'établissement, le Conseiller a pour mission essentielle de rechercher tout moyen de promouvoir toute action, dans la limite des activités concernées par l'entreprise, afin de faciliter l'exécution de ces activités dans le respect des dispositions applicables et dans les conditions optimales de sécurité. [17]

Ces tâches sont les suivantes : [17]

- Examiner le respect des prescriptions relatives au transport de marchandises dangereuses.
- Conseiller l'entreprise sur son organisation dans les opérations liées à ces transports et examiner les pratiques et les procédures en place dans l'entreprise.
- Assurer la rédaction d'un rapport annuel sur ces activités de transport.
- Assurer la rédaction d'un rapport des accidents et de leurs modalités de traitement.
- Vérifier que le personnel a reçu une formation appropriée et dispose de procédures d'exécution et de consignes détaillées

#### **II.6.5 Documents de transport**

Des documents sont obligatoires et exigibles en cas de contrôle, pour assurer un transport MD. Il s'agit entre autres du bordereau de suivi de la matière indiquant la quantité transportée, d'où vient le chargement et où il va, ainsi que les coordonnées du destinataire et de l'affréteur, ou encore de la fiche de consignes d'urgence. [15]

On doit préciser : [15]

- La dénomination de la marchandise, sa classe de danger et son code matière ONU
- La nature du danger et les mesures de sécurité à observer
- Les équipements de protection individuels que le conducteur doit utiliser
- Les dispositions générales à observer en cas d'incident
- Éventuellement les mesures supplémentaires à prendre en raison de la nature de l'incident
- L'équipement d'intervention nécessaire : pelle ...

#### **II.6.6 Protocole de sécurité pour le chargement et le déchargement**

Beaucoup d'accidents surviennent véhicule à l'arrêt, au siège de l'entreprise d'accueil, au cours d'opérations de chargement et de déchargement ce qui justifie l'effort préventif de chacun des maillons de la chaîne " ACHETEUR-TRANSPORTEUR-FOURNISSEUR ". [15]

Un arrêté du 16/04/1996 rend donc obligatoire l'établissement d'un protocole de sécurité écrit pour toute opération de chargement/déchargement effectuée dans l'enceinte d'une usine ou d'un entrepôt par une entreprise extérieure. [15]

Ce document entre l'entreprise dite d'accueil (expéditeur de la marchandise ou destinataire ou encore opérateur de transport) et le transporteur qui comprend : [15]

- Les informations et indications utiles à l'évaluation des risques de toute nature générés par l'opération,
- Les mesures de prévention et de sécurité qui doivent être observées à chacune des phases de sa réalisation.

Il comporte des informations sur : [15]

- L'entreprise d'accueil (modalités d'accès, de stationnement, mode opératoire, engins utilisés, moyen de secours...),
- Le transporteur (nature de la marchandise, engins utilisés, règles de transport...). Il est donc à adapter à chaque situation.

En application des principes généraux de prévention, ce document est mis à disposition des chauffeurs bien évidemment mais également de l'inspecteur du travail. L'absence d'un tel document en cas d'accident ou non est passible de sanctions pénales.

### **II.6.7 Règles particulières de circulation**

Il convient de respecter les restrictions de circulation (par exemple, interdiction de circuler les weekends estivaux de grands départs) et de vitesse (limitation à 80 km/h au lieu de 90 km/h pour les autres poids lourds), ainsi que modalités de stationnement des véhicules. En effet, les véhicules ne peuvent stationner sur les voies publiques que le temps nécessaire dans le cadre de l'activité normale de transport et ne doivent pas constituer une source de danger. [15]

Pour assurer la sécurité des autres usagers de la route, des restrictions d'utilisation de certains ouvrages (notamment les tunnels et ouvrages d'art) sont définies par le code de la route. [15]

## **II.7 Conclusion**

Le transport des matières dangereuses demande beaucoup de précautions. Elles peuvent engendrer des dégâts humains et matériels à cause d'un mauvais geste établi ou par l'ignorance du risque occasionné.

Pour cela il faut attribuer à une large discipline stricte et formelle pour au moins minimiser et éliminer si possible les dangers causés pendant le transport des substances dangereuses.

---

# **Chapitre III**

**Analyse quantitative des  
risques.**

---

### **III.1 Introduction**

Les outils nécessaires pour estimer les conséquences des accidents sont les modèles mathématiques de prédiction des effets de ces accidents (radiation thermique, surpression, dose) et les modèles de vulnérabilité.

Le risque final est déterminé en multipliant ces conséquences par la fréquence des accidents dans le temps. Le but ultime de l'évaluation des risques pour un cas donné, comme une usine de traitement située à proximité d'une zone urbaine, est de calculer la répartition des risques sur la zone touchée en estimant les dangers existants et les conséquences des différents scénarios d'accidents et en appliquant les fréquences ou probabilités appropriées.

L'analyse quantitative des risques (QRA) consiste en un ensemble de méthodologies permettant d'estimer le risque posé par un système donné en termes de pertes humaines ou, dans certains cas, de pertes économiques. Des accidents majeurs aux conséquences graves continuent de se produire malgré l'application systématique de mesures de sécurité classiques telles que les codes d'ingénierie et les listes de contrôle. QRA fournit une approche avancée et complémentaire qui peut être considérée comme une étape supplémentaire vers des industries plus sûres.

### **III.2 Analyse quantitative des risques**

QRA est basé sur l'application de modèles mathématiques pour déterminer les conséquences de scénarios d'accident préalablement identifiés et sur l'utilisation des fréquences correspondantes pour estimer le risque qui en résulte sur une zone donnée.

L'analyse quantitative de risques permet de connaître la contribution de chaque composant d'un système au risque global de celui-ci. Elle permet aussi de comparer l'influence de mesures de réduction de risques sur le risque global. Les efforts de réduction des risques peuvent ainsi être dirigés par exemple vers les composants à haut risque (plus critique) ou selon le rapport du coût sur la réduction le plus avantageux [25].

À la lumière des résultats de l'analyse de risques, il est alors possible de mettre en place des mesures de gestion visant d'une part la prévention et le contrôle des risques et d'autre part la planification d'une intervention d'urgence appropriée.

### **III. 3 Les étapes de l'analyse quantitative des risques**

L'analyse quantitative des risques (QRA) est effectuée à travers une série d'étapes ou activités qui sont schématisées sur la Figure II.1 [24,18].

La première étape consiste à rassembler toutes les informations pertinentes. Il peut s'agir d'informations géographiques sur la localisation de la zone étudiée : si elle est plane ou montagneuse, la présence de cours d'eau, sa latitude et sa longitude, etc. ; données climatiques : humidité, rayonnement solaire, direction et vitesse du vent (rose des vents), stabilité atmosphérique, etc. ; les propriétés physiques et chimiques des substances impliquées ; et, enfin, des informations sur le procédé et l'usine ou le système analysé.

Une fois ces informations obtenues, il est possible d'identifier les différents scénarios de danger à considérer : un trou dans une canalisation, une rupture de canalisation complète, l'explosion d'un navire, etc. ensuite, il est nécessaire d'estimer la fréquence d'occurrence du risque identifié.

Prenant l'exemple l'événement initiateur, par exemple la rupture d'une canalisation qui est un incident. Le résultat physique d'un incident est par exemple la génération d'un nuage toxique, ce

dernier est un accident ; l'accident peut évoluer selon une séquence accidentelle, qui peut conduire à plusieurs scénarios d'accidents potentiels.

Enfin, le scénario de l'accident est l'un des nombreuses situations particulières à la fin d'une séquence accidentelle, comme le développement d'un nuage toxique dans une direction donnée [18].

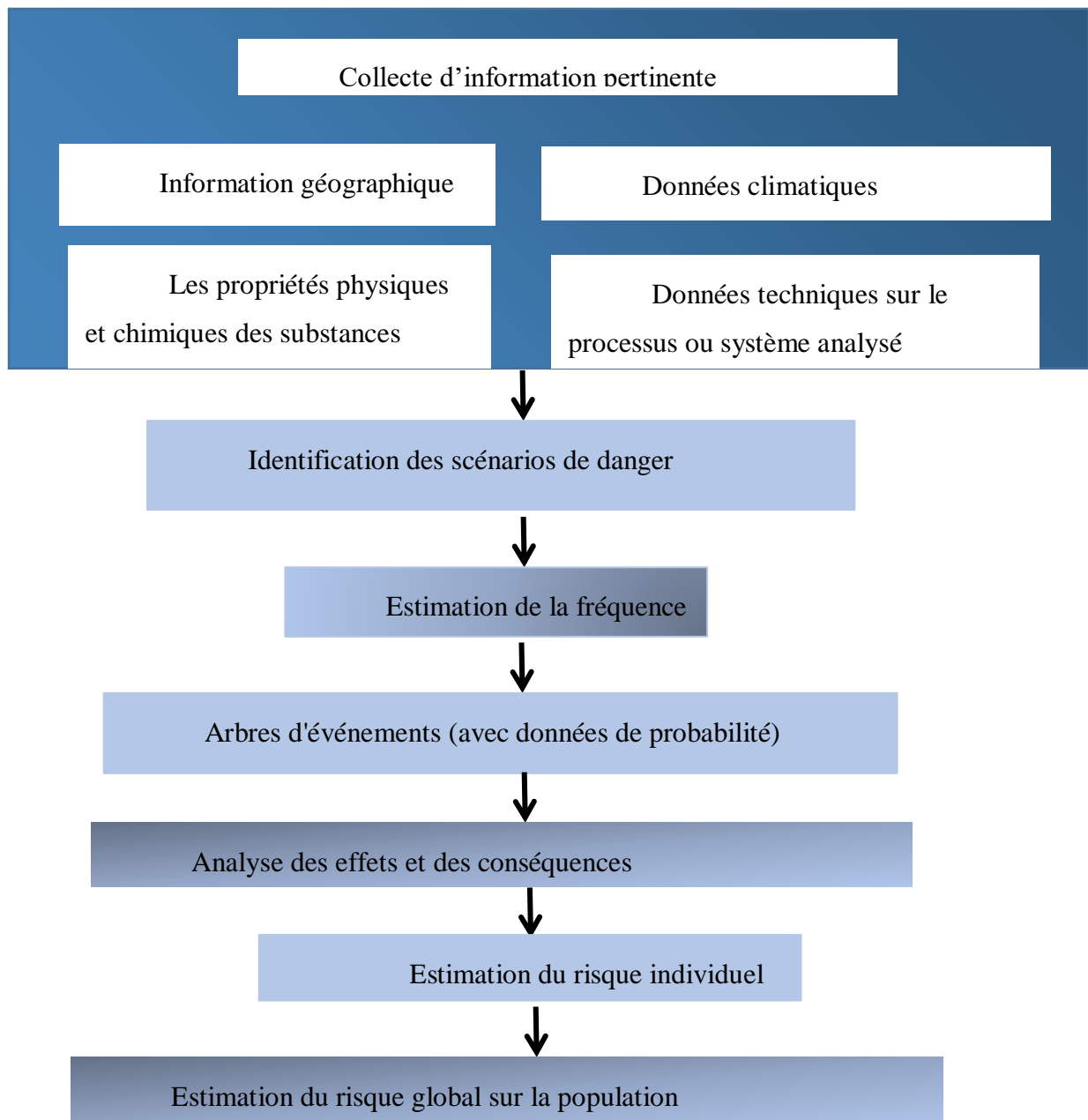


Figure III.1 : Principales étapes d'une analyse quantitative des risques [18].



### **III.3.1 Estimation de la fréquence d'occurrence**

La fréquence d'occurrence d'un scénario d'accident dépend de la fiabilité des équipements impliqués et de la séquence d'événements générant l'accident. Lorsque la fréquence d'occurrence d'un scénario d'accidents n'est pas directement disponible, il est nécessaire de décomposer le scénario en événements dont la fréquence ou la probabilité d'occurrence est connue.

Pour ce faire, les méthodes des arbres de défaillances et d'événements sont souvent utilisées. Les taux de défaillances et les probabilités d'occurrence utilisés dans ces arbres peuvent être tirés des bases données reconnues dans la littérature spécialisée telles que OREDA (Offshore and Onshore Reliability Data) [20,25, 26, 27,].

À la suite de l'évaluation des fréquences, il peut y avoir rétroaction afin d'apporter des modifications au projet et/ou système opérationnel. Les modifications apportées ont pour but de réduire la fréquence des accidents potentiels en augmentant la fiabilité des équipements et des systèmes.

Le changement d'équipements, l'ajout d'équipements de contrôle et d'alarme et leur redondance sont autant de mesures qui contribuent à la réduction des fréquences d'occurrence d'accidents.



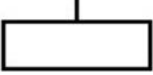





### **III.3.2 Arbre de défaillance ADD**

Appelée aussi « arbre des cause » a pour objectif de déterminer les combinaisons possibles d'évènements qui entraînent l'occurrence d'un évènement indésirable (ou redouté). L'idée est de représenter graphiquement la logique de dysfonctionnement d'un système.

La méthode consiste en une représentation graphique des multiples causes d'un événement redouté. Elle permet de visualiser les relations entre les défaillances d'équipement, les erreurs humaines et les facteurs environnementaux qui peuvent conduire à des accidents. On peut donc éventuellement y inclure des facteurs liés aux aspects organisationnels [22].

L'analyse par Arbre de Défaillances se déroule généralement en 3 étapes :

- Spécification du système et de ses frontières.
- Spécification des événements redoutés préalablement identifiés par exemple par AMDE.
- Construction des arbres de défaillances : On cible les événements redoutés un par un et on essaye d'identifier les successions et les combinaisons d'événements de base permettant de les atteindre.

Événement / report	Dénomination	Portes	Dénomination
	Événement de base		Porte « ET »
	Événement-sommet ou événement intermédiaire		Porte « OU »
	Report (sortie) Le sous-arbre situé sous ce « drapeau » est à dupliquer ...		Porte « OU exclusif »
	Report (entrée) ...à l'endroit indiqué par ce second drapeau		Porte « combinaison »

**Figure III.2** : Syntaxe de l'arbre de défaillance.

### III.3.3 Développer des arbres d'événements ou conséquences ADE

L'objectif est de décrire les scénarios d'accident à partir d'un événement initiateur. Cette méthode est appropriée lorsque le fonctionnement du système étudié est une étude chronologique, mais discrète. Le fonctionnement du système est qualifié de « discret dans le sens où les événements considérés sont ponctuels dans le temps ». Cette méthode permet de comparer l'efficacité de différentes mesures (de prévention ou de protection) dédiées à la réduction de l'impact d'un événement initial.

Les arbres d'événement sont conventionnellement construits horizontalement, à partir de la gauche, c'est-à-dire à partir de l'événement initial. Le développement de l'arbre se fait alors

chronologiquement, en étudiant le comportement de chaque élément. Un scénario ou un système est formé de plusieurs éléments qui se combinent pour prévenir les conséquences graves. Les arbres d'événement réussissent à déterminer l'enchaînement des événements ainsi que le résultat final : succès ou échec.

Les arbres d'événements sont donc en général binaires, les événements supposés soit arrivés, soit non [23]. La figure II.3 représente un arbre d'événement pour lequel on retient la branche supérieure si le système est dans un état opérationnel quand il est sollicité. L'événement initiateur initia le scénario. Les actions correctrices de l'événement générique peuvent atténuer ou aggraver l'événement initiateur. Une branche particularise les événements génériques en fonction du passé et en fonction des conditions initiales de la séquence. Une séquence est un chemin qui conduit aux conséquences acceptables ou inacceptables.

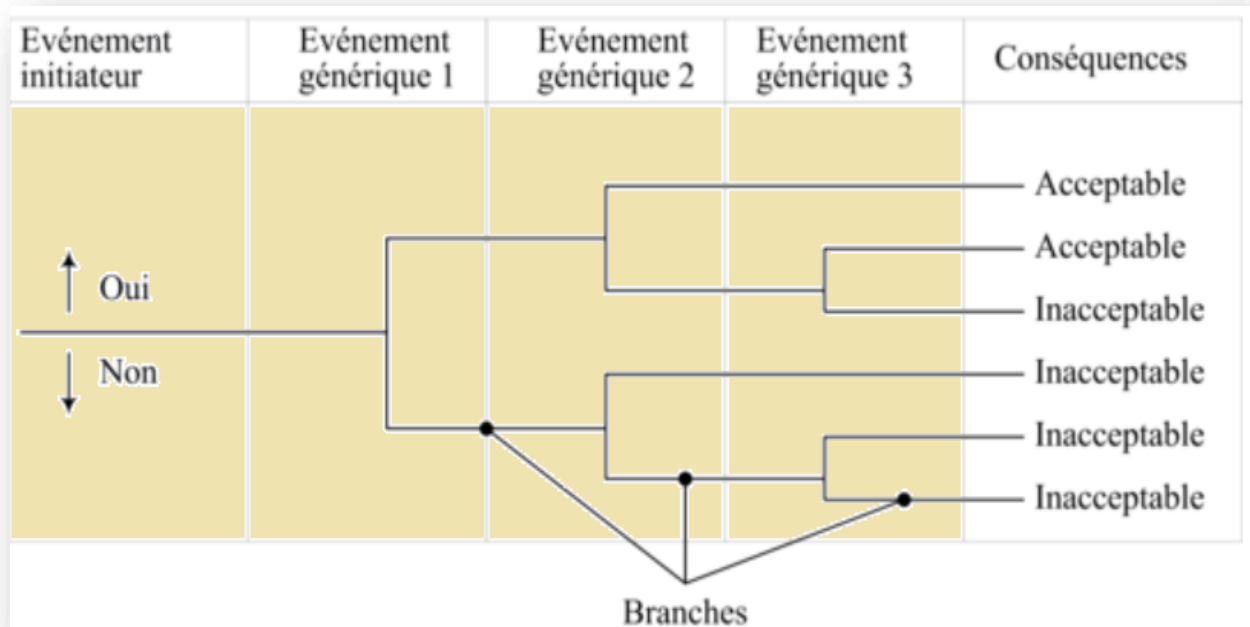


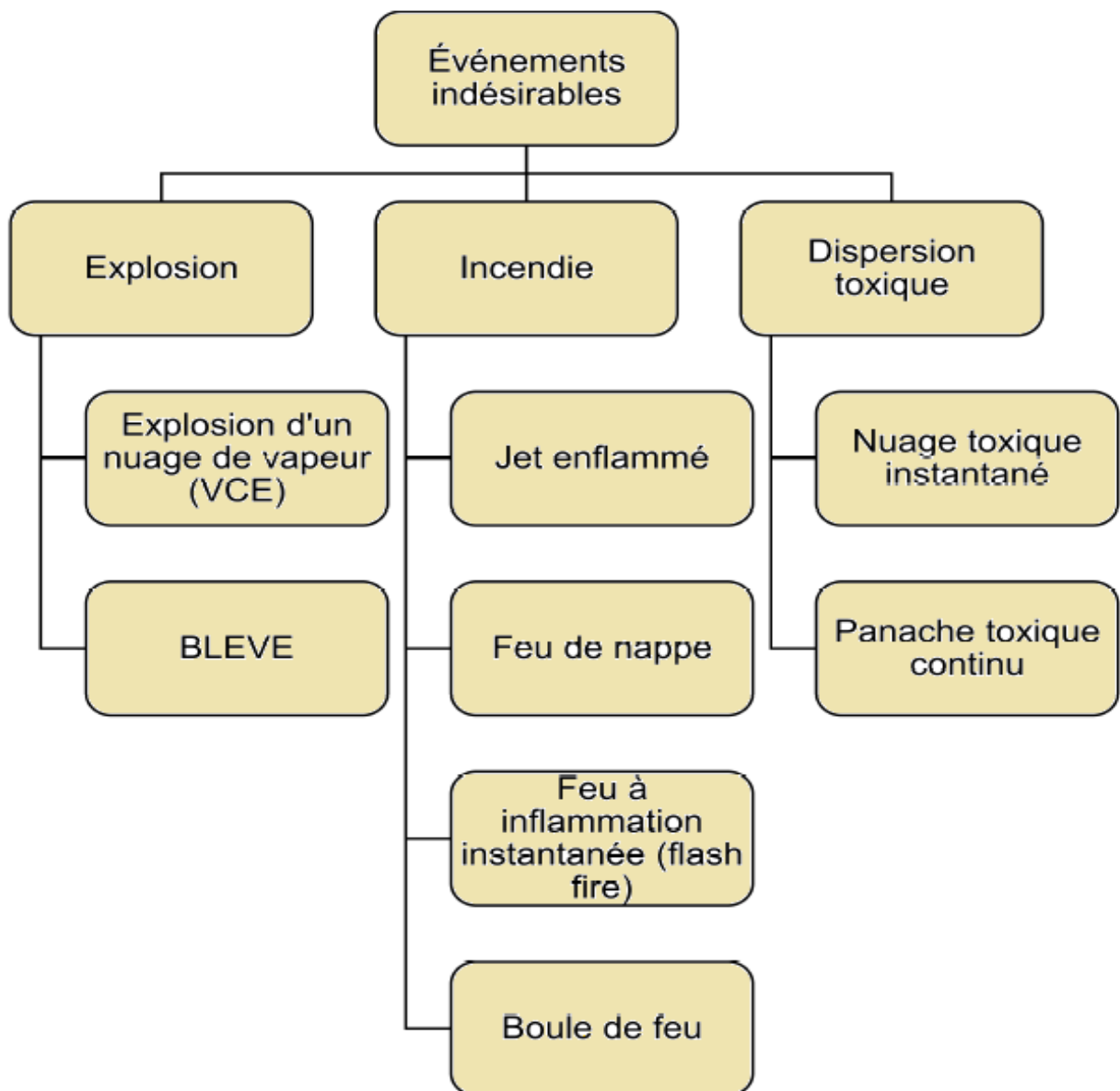
Figure III.3 : Schématisation d'un arbre d'évènement.

L'évaluation quantitative des arbres d'événements est simple et rapide. Connaissant pour tous les événements les probabilités de trouver dans une configuration échec ou défaillance, il est facile de calculer la probabilité d'apparition d'un des scénarios de défaillances.

**III.3.4 Analyse des conséquences**

Après avoir déterminé les scénarios d'accidents potentiels, il est nécessaire d'estimer les effets des conséquences sur les personnes, les installations et l'environnement.

L'analyse des conséquences est l'étude de divers événements indésirables pouvant résulter de la perte de confinement des matières dangereuses pendant l'exploitation des installations [19,21]. Les événements indésirables peuvent être classés en trois grandes catégories : dispersion toxique, incendie et explosion.



**Figure III.4 :** Classification des évènements indésirables.

En effet, cette étape permet d'identifier les zones où la sécurité de l'environnement naturel et humain pourrait être affectée. Cette information est souvent utilisée pour la planification d'urgence. Les effets peuvent être calculés à l'aide des abaques et des corrélations empiriques ou à l'aide de formules physiques et de modèles de vulnérabilité permettant la modélisation du comportement physique des accidents potentiels et de leurs conséquences sur les cibles [21].

### **III.3.5 Analyse de la vulnérabilité**

L'objectif de cette étape est d'évaluer les impacts des effets en fonction de la vulnérabilité des éléments sensibles (personnes et équipements). Cette estimation peut être faite à l'aide de tableaux ou d'abaques, à l'aide de formules ou modèles mathématiques. La validité de l'estimation dépendra de la bonne application de ces modèles comme dans d'autres domaines d'ingénierie, sur les critères et l'expérience de l'analyste.

### **III.3.6 Analyse des risques**

Le risque est l'effet combiné d'une fréquence d'occurrence d'un événement redouté et des conséquences de cet événement. Le risque associé à une installation est la somme des risques de tous les événements accidentels qui ont pour origine cette installation [20,18].

L'analyse des risques comprend plusieurs étapes :

1. Définir les séquences d'événements potentiels et les incidents potentiels. Cela peut être basé sur une analyse qualitative des dangers. Une analyse complète ou complexe est normalement basée sur une gamme complète d'incidents possibles pour toutes les sources.
2. Estimer les fréquences d'incidents potentiels. Des arbres de défaillances ou des bases de données génériques peuvent être utilisés pour les séquences d'événements initiales. Les arbres d'événements peuvent être utilisés pour tenir compte des événements d'atténuation et de post-diffusion.
3. Estimer les impacts de l'incident sur les personnes, l'environnement et les biens.
4. Estimer le risque. Ceci est fait en combinant la conséquence potentielle pour chaque événement avec la fréquence de l'événement et la somme de tous les événements (Guidelines for chemical process).

**III.3.7 Evaluation des risques**

Évaluer le risque c’est en premier lieu d’identifier les principales sources de risque et déterminer s’il existe des modifications de processus qui peuvent être mises en œuvre pour réduire les risques.

Souvent, cela peut être fait sans analyse approfondie. Des modifications mineures et peu coûteuses du système ont parfois un impact majeur sur le risque (Guidelines).

Cette évaluation permet de prendre une décision sur l’acceptabilité ou l’inacceptabilité de chaque risque [20], c’est-à-dire, déterminer s’il convient d’accepter le risque tel qu’il est ou bien de le réduire.

L’acceptabilité d’un risque est faite à partir de ses deux paramètres : sa probabilité d’occurrence et sa gravité. Le niveau du risque quantifié sera positionné dans une matrice d’évaluation et en fonction des critères d’acceptabilité retenus qu’on juge de l’acceptabilité ou la non-acceptabilité du risque (**Figure II.4**). Si le risque est jugé acceptable, le processus d’analyse sera terminé et le risque jugé sera contrôlé. Dans le cas contraire, le processus continue en passant à la réduction.

<b>PROBABILITE</b>  <b>GRAVITE</b>	<b>1 : Improbable</b> <i>Improbable de se produire durant la durée de vie de l'installation</i> ( $< 10^{-4}$ /an)	<b>2 : Rare</b> <i>Peut se produire une fois durant la durée de vie de l'installation</i> ( $10^{-4}$ à $10^{-2}$ /an)	<b>3 : Occasionnel</b> <i>Peut se produire plus qu'une fois durant la durée de vie de l'installation (1/10 ans)</i> ( $10^{-2}$ à $10^{-1}$ /an)	<b>4 : Fréquent</b> <i>Peut se produire plusieurs fois durant la durée de vie de l'installation</i> (1/an)
<b>1 : Négligeable</b> - Blessures superficielles ; - Dégradation de la capacité de l'installation à moins de 10%.	Faible	Faible	Faible	Modéré
<b>2 : Modérée</b> - Blessures mineures ; - Dégradation de la capacité de l'installation à moins de 50%.	Faible	Modéré	Modéré	Élevé
<b>3 : Critique</b> - Blessures graves ; - Arrêt de l'unité (train).	Modéré	Modéré	Élevé	Élevé
<b>4 : Catastrophique</b> - La mort ; - Arrêt de l'usine (module).	Modéré	Élevé	Élevé	Élevé

**Figure III.5** : La grille de criticité.

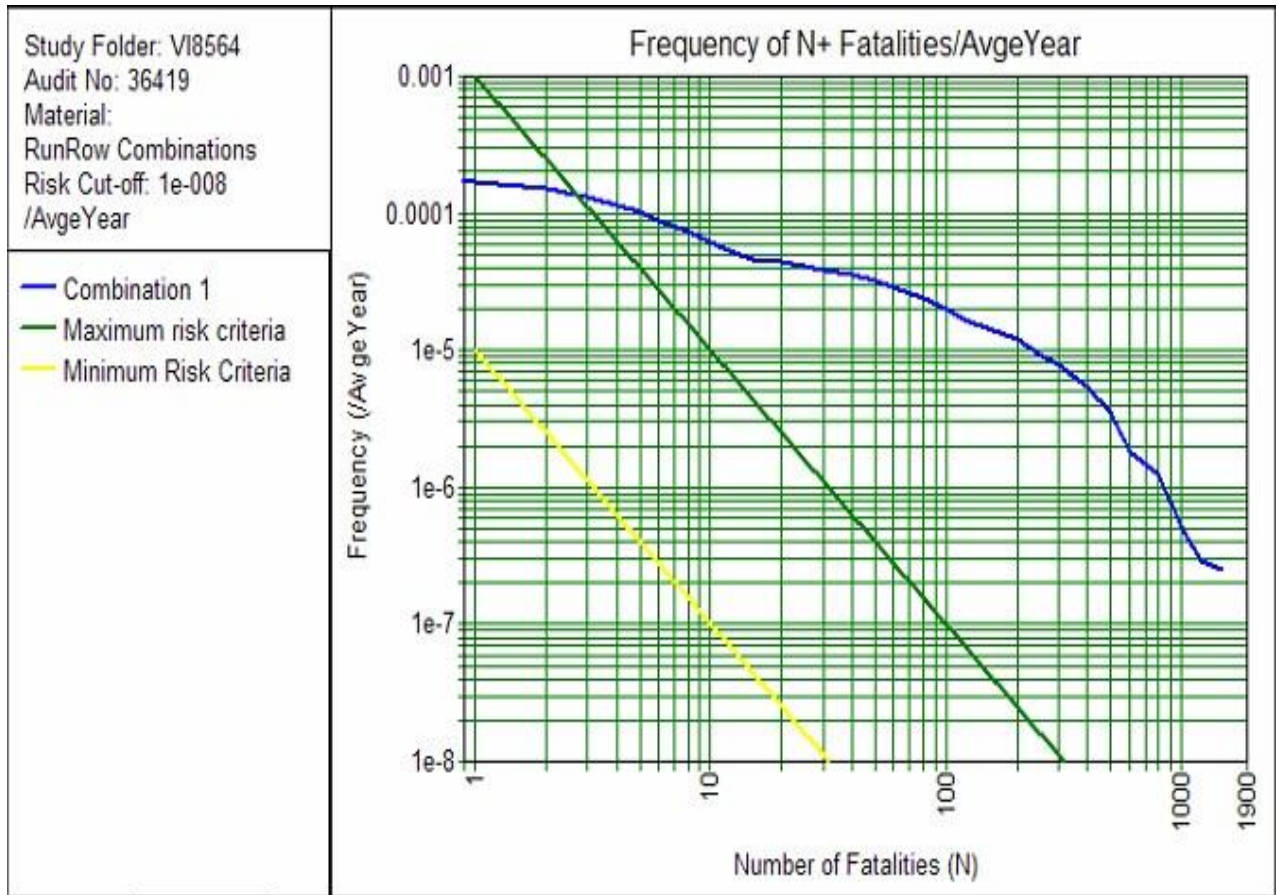


Figure III.6 : Exemple de courbes fréquences/fatalité.

Dans le cas où les critères du risque sont exprimés en termes de fréquence maximale tolérable ou acceptable pour des conséquences bien définies (cas de mort, par exemple), le risque estimé sera comparé à ces fréquences. Les courbes F/N décrivent parfaitement ce type de critères (Figure II.4) [19, 25, 20].

### III.3.8 Risques individuels et sociétaux

Le risque est fonction de la fréquence d'un accident et de l'ampleur de ses conséquences. Les conséquences possibles sont des blessures lorsqu'il 'agit de la population ou des pertes économiques.

QRA souvent prend en compte les pertes humaines. Les types possibles de dommages aux personnes sont les blessures ou la mort. Cependant, une quantité importante de travail supplémentaire est nécessaire pour analyser les blessures (par exemple, brûlures au deuxième degré ou dommages dus à un gaz toxique) et un niveau important d'incertitude affecte l'analyse en cas de risques multiples. Par conséquent, la plupart des évaluations des risques ne prennent en compte que les effets mortels. Les définitions suivantes des risques individuels et sociétaux sont basées sur les effets mortels [18].



### III.3.8.1 Risques individuels

Les résultats du QRA pour les pertes humaines sont souvent exprimés en risques individuels et/ou collectifs ou sociétaux. Le risque individuel (IR) est le risque d'une personne située 24 heures/jour et 365 jours/an à proximité d'un danger [28].

Cette définition comprend la nature de la blessure de l'individu, la probabilité de chaque type de blessure et la période pendant laquelle la blessure peut survenir.

Si IR est exprimé en termes de décès, il peut être défini en fonction des coordonnées spatiales qui représentent la probabilité qu'un individu à un point fixe extérieur pendant une période d'un an, décède de suite d'un accident survenu dans son lieu de travail, une installation ou un itinéraire de transport. L'unité utilisée pour mesurer l'IR est ( $\text{an}^{-1}$ ). Le risque individuel à un endroit donné peut être exprimé comme [19] :

$$\text{IR}_{x,y} = \sum_{i=1}^{i=n} \text{IR}_{x,y,i} \quad (1)$$

Où :

$\text{IR}_{x,y}$  est le risque individuel total des décès à l'emplacement géographique x, y (fréquence des décès par an et par personne).

$\text{IR}_{x,y,i}$  est le risque individuel de décès à l'emplacement géographique x, y sous scénario accidentel i (fréquence des décès par an ou par  $\text{an}^{-1}$ ).

n est le nombre total de scénarios d'accidents pris en compte dans l'analyse.

- $\text{IR}_{x,y,i}$  peut être exprimé en fonction de la fréquence et de la probabilité :

$$\text{IR}_{x,y,i} = f_i \cdot P_{Fi} \quad (2)$$

Où

$f_i$  est la fréquence du scénario accidentel i ( $\text{an}^{-1}$ )

$P_{Fi}$  est la probabilité que le scénario d'accident i entraîne un décès à l'emplacement x, y.



La valeur de  $P_{FI}$  est obtenue en appliquant les modèles d'effets accidentels et les modèles de vulnérabilité. Enfin,  $f_i$  est calculé à partir de la fréquence de l'incident (événement déclencheur) et de la probabilité que la séquence d'événements conduisant au scénario accidentel  $i$  se produise [18] :

$$f_i = f_{\text{incident } i} \cdot P_{\text{séquence } i} \quad (3)$$

Où

$f_{\text{incident } i}$  est la fréquence d'occurrence de l'incident ou de l'événement déclencheur ( $\text{an}^{-1}$ )

$P_{\text{séquence } i}$  est la probabilité globale de la séquence d'événements qui conduit au scénario d'accident  $i$ .

Les événements déclencheurs d'une fréquence inférieure à  $1.10^{-9} \text{ an}^{-1}$  ne sont généralement pas pris en compte dans l'analyse quantitative des risques [18]. Il en va de même (lors du calcul du risque pour la population externe) pour les accidents où la distance à laquelle la probabilité de létalité est de 1% est dans les limites de l'usine [18].

Les accidents majeurs peuvent affecter des zones dans lesquelles un grand nombre de personnes sont concentrées. Dans ces cas, le risque sociétal est utilisé pour mesurer le risque pour un groupe de personnes.

### III.3.8.2 Risque sociétaux

Est le nombre attendu de victimes par an mesuré en nombre de victimes par  $\text{an}^{-1}$ . Il est calculé à partir de données démographiques pour une zone donnée [18] :

$$\text{Risque sociétal} = \iint \text{Risque individuel} \cdot [\text{Densité de la population } (x, y)] dx \cdot dy \quad (3)$$

Lors de l'estimation du risque sociétal dans un domaine donné, il est possible de considérer des paramètres tels que les effets d'heure (différentes situations de jour ou de nuit par exemple), les effets de jour (jours ouvrés ou week-end) et la protection offerte par l'abri (les personnes à l'intérieur seront protégées contre certains accidents scénarios).

Enfin, le IR moyen peut être calculé comme la moyenne du IR de toutes les personnes exposées au risque d'un établissement donné. Il est très important de savoir comment cette population a été sélectionnée, car l'inclusion de personnes à risque faible ou nul peut introduire un biais important.

L'IR moyen est souvent calculé pour la population exposée, mais elle pourrait aussi être calculée pour la population totale d'une zone donnée sans tenir compte du fait que toutes ou seulement certaines des personnes sont exposées au risque de l'installation. Cela peut réduire considérablement la valeur du risque moyen. Le RI moyen pour la population exposée est calculé à partir [18] :

$$IR_{av} = \sum_{x,y} IR_{x,y} \cdot P_{x,y} / \sum_{x,y} P_{x,y} \quad (5)$$

Où

$IR_{av}$  est le RI moyen (population exposée) ( $an^{-1}$ )

$P_{x,y}$  est le nombre de personnes dans l'emplacement x, y.

Le RI moyen peut également être exprimé (principalement pour les employés) comme le taux d'accidents mortels, c'est-à-dire le nombre de décès pour  $10^8$  heures/personnes d'exposition.

### **III.3.9 Cartographie du risque**

#### III.3.9.1 Risques individuel

Les contours des risques individuels (IR) ou courbes iso-risques représentent les niveaux d'IR autour de l'installation analysée. Une courbe iso-risque relie tous les emplacements géographiques autour d'une activité dangereuse avec une IR égale, c'est-à-dire tous les emplacements avec la même probabilité globale de létalité [18,21].

C'est la manière la plus claire et la plus courante de produire une représentation graphique du risque sur une zone donnée. Afin de produire une courbe iso-risque, il est nécessaire de calculer les contributions de différents scénarios d'accident, dont chacun a sa propre probabilité et létalité : le risque global résultant est la somme des risques correspondant à chacun des accidents scénarios (Guidelines).

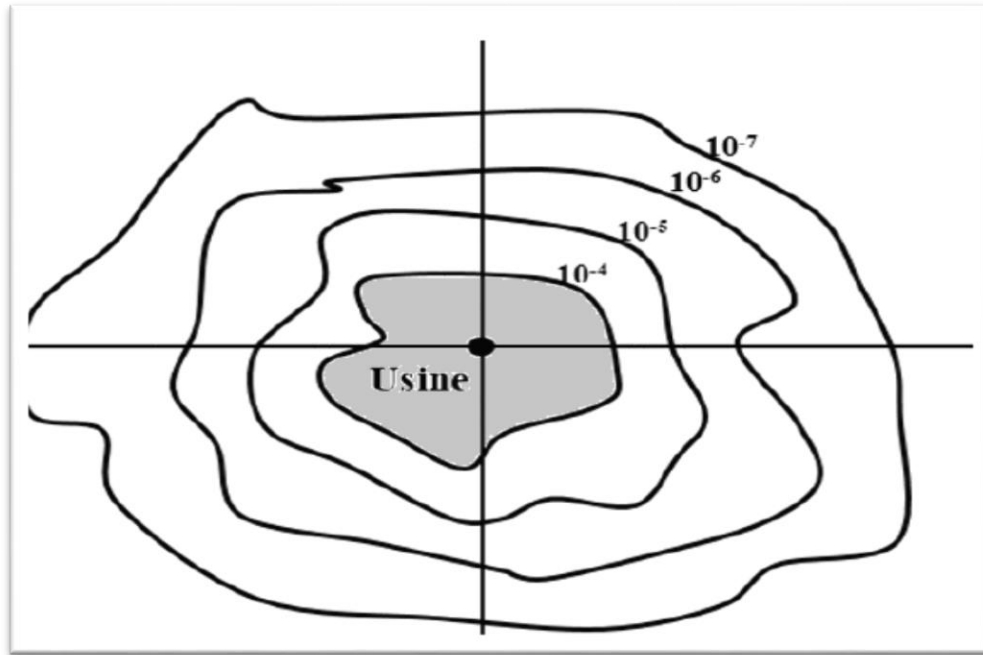


Figure III.7 : Exemple de contours iso-risque individuel.

Les contours IR peuvent être circulaires si les effets physiques des accidents se propagent uniformément dans toutes les directions ou plus irrégulièrement si l'intensité des effets diffère selon les directions. On peut donc distinguer le risque radial du risque directionnel.

- **Le risque radial** produit des courbes iso-risques circulaires, où la valeur du risque diminue avec le rayon. Les scénarios d'accidents typiquement associés à ce type de risque sont l'incendie, le BLEVE, les explosions d'autres navires et certaines explosions de nuages de vapeur : rayonnement thermique et surpression essentiellement répartis uniformément dans toutes les directions [18].
- **Le risque directionnel** produit des courbes iso-risques irrégulières en raison de la distribution non homogène de la direction du vent en fonction du temps (rose des vents), des différents degrés possibles de stabilité atmosphérique et de certains paramètres physiques directionnels. Les scénarios d'accidents associés à ce type de risque sont la dispersion atmosphérique de substances inflammables ou toxiques ou l'éjection de missiles lors de l'explosion de navires cylindriques [18].

### III.3.9.2 Risque sociétal

Le risque sociétal peut également être présenté sous forme de courbes  $f$ - $N$ . Ces courbes sont obtenues en traçant la fréquence cumulative ( $f$ ) des scénarios d'accident qui causent  $N$  ou plus de décès par an en fonction de  $N$  (généralement sur une échelle logarithmique).

Afin de calculer une courbe de risque sociétal  $f$ - $N$ , il est important que les fréquences et le nombre de décès soient correctement combinés. Le nombre de décès  $N_i$  de chaque scénario d'accident est :

$$N_i = \sum_{x,y} p_{x,y} \cdot P_{Fi} \quad (5)$$

où  $p_{x,y}$  est le nombre de personnes à l'emplacement  $(x,y)$ .

$P_{Fi}$  est la probabilité que le scénario d'accident  $i$  causera un décès à l'emplacement  $(x, y)$ .

Le nombre de morts et la fréquence associée doivent être estimés pour chaque scénario d'accident. Les données sont ensuite exprimées en fréquences cumulées suivant [18]:

$$f_N = \sum_i f_i \quad \text{for all accidental scenarios } i \text{ for which } N_i \geq N \quad (6)$$

Avec :

$f_N$  est la fréquence de tous les scénarios d'accident avec  $N$  décès ou plus ( $\text{an}^{-1}$ ),

$f_i$  est la fréquence du scénario d'accident  $i$  ( $\text{an}^{-1}$ ),

$N_i$  est le nombre de décès dans le scénario d'accident  $i$ .

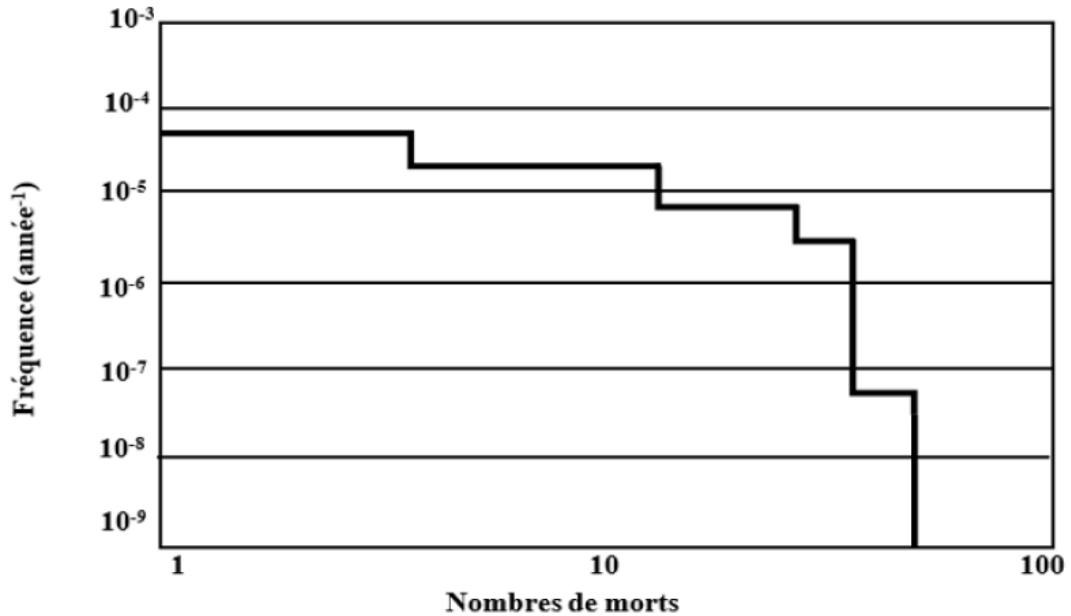


Figure III.8 : Courbe  $F-N$  d'une usine d'hydrogénation du propane [18].

### III.4 Avantages de la méthode QRA

L'analyse quantitative des risques permet au futur exploitant d'une installation de disposer d'une appréciation chiffrée du risque auquel son personnel est exposé. Elle permet également de mesurer et de comparer le gain potentiel de réduction du risque apporté par différentes mesures de maîtrises des risques envisagés. Une étude QRA est donc un outil précieux d'aide à la décision et d'économies de temps et d'argent [21].

### III.5 Limites de la méthode QRA

La QRA et les autres outils analytiques classiques sont basés sur des modèles mathématiques issus de la logique binaire : les états de défaillances et fonctionnement des composants sont précisément distingués, les taux de défaillances sont à valeur précises et par conséquent, une valeur unique d'estimation de risque est obtenue. Cette valeur est souvent conservatrice, car elle est basée sur le principe « du cas le plus défavorable ».

Cependant, la variabilité du taux de défaillance et des paramètres physiques ainsi que les différentes suppositions sur les modèles mathématiques utilisés sont souvent incertains et de nature subjective. Ainsi dans une QRA, chaque étape qu'elle soit qualitative (identification des scénarios

d'accidents potentiels) ou quantitative (estimation des probabilités et des conséquences) est une source potentielle d'incertitude.

On distinguera d'ailleurs trois types d'incertitudes [21] :

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

---

# **Chapitre IV**

**Présentation de la société**

**NAFTAL.**

---

## **IV.1 Historique de la société NAFTAL**

NAFTAL est une entreprise algérienne, filiale à 100 % de SONATRACH. Elle est chargée de la distribution des produits pétroliers sur le marché algérien. [29]

Par transfert du monopole et de biens et personnels détenus ou gérés par SONATRACH, le 6 avril 1981 par décret N° 80/101, il est créé une entreprise nationale dénommée « Entreprise nationale de raffinage et de distribution de produits pétroliers » par abréviation (E.R.D.P), entreprise socialiste à caractère économique. [29]

Entrée en activité le 1<sup>er</sup> janvier 1982, elle est chargée de l'industrie du raffinage des hydrocarbures liquides et de la distribution des produits raffinés sur le territoire national. Le 5 février 1983, par décret n°83-112, il est procédé à la modification de la dénomination de l'entreprise nationale de raffinage et de distribution de produits pétroliers d'E.R.D.P en NAFTAL. [30]

En date du 25 août 1987, promulgation du décret n°87-190 par portant création, par transfert de l'activité raffinage de NAFTAL, de l'Entreprise nationale de raffinage des produits pétroliers sous le sigle « NAFTEC » ; NAFTAL est désormais chargée de la commercialisation et de la distribution des produits pétroliers et dérivés. [30]

Le 18 avril 1998, elle change de statut avec la transformation de NAFTAL en société par actions au capital social de 6 650000000 DA, filiale à 100 % du holding SONATRACH Valorisation des Hydrocarbures (SVH). Le 29 Juillet 2002 : augmentation du capital social de 6,65 milliards de DA à 15,65 milliards de DA conformément à la résolution de l'AGEX. [30]

## **IV.2 Présentation de l'entreprise**

NAFTAL est composé de trois branches principales on les mentionne :

- la branche carburant (CBR),
- la branche commerciale (COM) et la branche Gaz Pétrolier Liquéfier (GPL). [29]
- La branche GPL comporte 19 districts GPL au niveau national.

Parmi eux ,celle de Tiaret qui ouvre la totalité de wilayas de Tiaret et Tissemsilt ainsi qu'une partie de la wilaya de Laghouat représentant la région d'Aflou. [30]

Elle dispose d'un centre emplisseur (CE) à Tiaret d'un Mini centre Enfûteur (MCE) à Tissemsilt et de 4 dépôts relai (DR) à Frenda, Sougueur et à Aflou Ksar Chellala. [30]



A ce qui concerne le CE 141 Tiaret, comporte :

Zone classé :

- Hall d'emplissage.
- Stock des bouteilles.
- Poste chargement /déchargement contient deux Bras (dans chacun des deux on a un bras pour phase liquide et un autre pour phase gazeuse).
- Pompier GPL dont il y a 04 pompes GPL et 03 compresseurs GPL.
- Un bac d'eau anti-incendie.
- Deux cigares pour le stockage du propane  $C_3H_8$  chacune avec une capacité de  $150m^3$  (75T) et une sphère de  $2000m^3$  (1000T) pour le butane  $C_4H_{10}$  [30]



**Figure IV.1** : Une zone classé. [30]

Zone non-classé :

- Vestiaires.
- Ateliers.
- Magasins.

- Bloc administration. [30]

Le district GPL Tiaret est approvisionné en butane et propane vrac à partir d'Arzew (GP1Z et GP2Z) ou l'on transporte le produit dans des citernes spéciales.

Arrivés au niveau des centres on procède au dépotage du produit et son stock :

-pour le centre 141 de Tiaret, dans une sphère pour le butane et deux cignes pour le propane.

[30]

### **IV.2.1 Situation géographique**

Le CE 141 TIARET se situe au niveau de la zone industrielle ZAAROURA route FRENDA a pour but de stocker, conditionner et de distribuer le GPL (B13, B03, B06, P35, P11, et le GPL/c) avec une capacité d'emplissage de 1000B13/h/carrousel [30]

Superficie : 8Hect

Altitude : 1000 m

### **IV.2.2 Activités de l'entreprise**

NAFTAL a pour mission principale, la distribution et la commercialisation des produits pétroliers sur le marché national. Elle intervient dans les domaines : [30]

- De l'enfûtage GPL.
- De la formulation de bitumes.
- De la distribution, stockage et commercialisation des carburants, GPL, lubrifiants, bitumes, pneumatiques, GPL/carburant, produits spéciaux.
- Du transport des produits pétroliers.

Pour assurer la disponibilité des produits sur tout le territoire, NAFTAL met à contribution plusieurs modes de transport : [30]

- Le rail pour le ravitaillement des dépôts à partir des entrepôts.
- Le cabotage et les pipes, pour l'approvisionnement des entrepôts à partir des raffineries.
- La route pour livraison des clients et le ravitaillement des dépôts non desservis par le rail.



**Figure IV.2 :** Produits\Commercialisation de NAFTAL. [30]

Le ravitaillement du GPL vrac s'effectue par des attelages (tracteurs + citernes) d'ARZEW comme une source (SONATRACH GP1/z et GP2/z) et de stocker ce produit vrac dans des capacités comme suite : [30]

- Une sphère de  $2000m^3$  1000TM pour le butane.
- Deux cigares de  $150m^3$  75TM dans chacune pour le stockage du propane vrac.
- Le chargement et le déchargement de ces réservoirs s'effectuent à l'aide des bras de chargement/déchargement.
- Une pompière GPL contient des pompes et des compresseurs GPL.
- Un bloc pour les utilités où se trouve pompière du réseau anti-incendie, compresseurs d'air, armoires pour l'alimentation en courant du CE et un groupe électrogène pour maintenir le courant électrique en cas de coupure ou rupture électrique.

Un réseau anti-incendie pour sécuriser le personnel et les installations de l'établissement se réalimente par un bac de stockage de  $150m^3$  d'autonomie de 3 heures d'intervention, de deux motopompes une de  $500m^3/h$  et une autre de  $300m^3/h$ , de quatre électropompes : une de  $150m^3/h$  et les trois autres de  $108m^3/h$ . Le réseau est mis sous pression par une pompe jockey à une pression de 6bars.

### **IV.2.3 Les différents produits du district**

#### Le butane :

Le butane est un gaz issu du raffinage de pétrole, dont la formule chimique est  $(C_4H_{10})$ .

Il a comme tous les GPL, un pouvoir calorifique plus élevé que le gaz naturel et il est moins toxique. [30,29]

En outre, le butane est naturellement incolore et inodore pour des raisons de sécurité ont utilisé un produit spécial pour le rendre odorant, l'occurrence le mercaptan. [30]

Arrivé au niveau de centre on procède au dépotage du produit et sans stockage dans un sphère (capacité = 1000 T). [30]

La deuxième phase consiste dans le pompage du GAZ à partir de la sphère pour approvisionner le hall d'emplissage.

A ce niveau, les bouteilles vides (emballages) sont disposées sur le carrousel en attente d'être emplies. [30]

Cette tâche est effectuée par la balance, un appareil qui sert à emplir les bouteilles passe parées dans un bac d'eau pour la détection d'éventuelles fuites.

Les bouteilles dont défectueuses sont éliminées du circuit, les autres passent dans le palettiseur est pour être mises dans des palettiseurs contenant chacune 35 unités. [30]

La bouteille passe parées dans un bac d'eau pour la détection d'éventuelles fuites.

### Le propane :

C'est un gaz également dérivé du pétrole dont la formule chimique est (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), [30,29]

C'est le plus léger des GPL commercialisés par NAFTAL, il a donc le pouvoir calorifique le plus élevé. [30,29]

Pour ce qui est de son transport et du stockage, c'est le même circuit que pour le butane exceptent quelques modifications, citernes spécifiques (différence de densité avec le butane) etc....

Au niveau du centre enfûteur de Tiaret il est stocké, dans deux cigares d'une capacité de 50T chacun. [30]

De là, le propane est pompé jusqu'à hall d'emplissage pour être conditionné sous 02 formes, la bouteille de 35 kg (P35) et la bouteille de 11kg (P11).

Les emballages pleins sont stockés au niveau du centre, et enlevées le jour de leur vente aux consommateurs. [30]

Pour des raisons de sécurité, la vente des bouteilles propane est soumise à des mesures permettant à tout moment leurs identifications et celle de leurs acquéreurs. [30]

Au niveau du centre enfûter de Tiaret il est stocké, dans deux cigares d'une capacité de 50T chacun. [30]

De l'ail est pompé jusqu'au hall d'emplissage pour être conditionné sous 02 formes, la bouteille de 35 kg (P35) et la bouteille de 11kg (P11). [30]

Les emballages pleins sont stockés au niveau du centre, et enlevée le jour de leur vente aux consommateurs.

Pour des raisons de sécurité, la vente des bouteilles propane est soumise à des mesures permettant à tout moment leurs identifications et celle de leurs acquéreurs.

La septième de 5000,1000 et 1750 kg, est une autre formule de vente du propane

Cette différence de capacité est appropriée à tout type de client, suivant son caractère, qu'il soit industriel, domestique, exploitation agricole, administration etc...

Cette formule est économique, offre plus d'autonomie et moins de dépenses tant que le propane est moins cher à l'unité comparativement aux autres énergies. En fin on utilise le propane dans l'élaboration du GPL /carburant ou le sirghaz. [30]

### Le GPL /Carburant ou le Sirghaz :

Le sirghaz est un mélange de butane et de (en hiver c'est 100% de propane, en été – il est composé de 80% de butane). [29]

Il est stocké dans la station de service à bord des véhicules sous forme de liquide, sous une pression de 5 à 8 bars. [30]

L'énergie fournie par un kilo de GPL est nettement supérieure à celle des autres carburants.

Grâce à la meilleure homogénéité du mélange (air GPL) contre (air carburant liquide). Pour les autres carburants, la surconsommation et en moyenne limitée à 15%.

En outre, il a l'avantage d'être un carburant relativement propre puisqu'il ne contient ni soufre ni plomb donc et les taux d'oxyde de carbone et d'imbrûlés sont réduits. [30]

Le GPL n'est pas plus dangereux que les autres produits inflammables, par conséquent l'installation d'équipements agréée par NAFTAL est fermement conseillée parce qu'il fait l'objet de normes extrêmement rigoureuses qui les rendent très fiables. [30]

Depuis quelque année, NAFTAL a renforcé son réseau de station-service équipée en pompe sirghaz. [30]

Au niveau du district de Tiaret on dénombre 06 GD (Tiaret, Sougueur et Hamadia, Tisemsilt, Theniet Elhad, Aflou) et 03 PVA offrant ce produit. [30]

### Les accessoires GPL :

NAFTAL offre toute une panoplie d'accessoires accompagnent ses produits principaux : pour le butane, il y en plus du détenteur et du flexible qui sont indispensable pour l'utilisation de la bouteille, le roule bouteille qui est un outil de sécurité pour le consommateur et un garant de la bonne manipulation de la bouteille, [30,29]

La lampe butane, le réchaud pour la cuisson, le poêle pour le chauffage etc. Et il y

Aussi un kit complet pour l'utilisation parfaite est sur des produits conditionnées du propane en plus du kit servant à l'équipement des véhicules roulant au sirghaz.

### IV.2.4 Objectifs du district :

De mieux répondre aux attentes du consommateur et d'améliorer l'image de marque de l'entreprise pour fidéliser davantage le client. [29]

### IV.2.5 Logo du NAFTAL



Figure IV.3 : Logo du NAFTAL. [30,29]

### IV.3 L'activité de sécurité en usine

Comme toute entreprise industrielle NAFTAL mis en place un système de sécurité pour aboutir la protection de la santé humaine et l'environnement donc il faut tenir informé tous les aspects de la sécurité qui pourraient avoir un rapport avec le district. [29]

Veiller, en collaboration avec les responsables des différents, à l'élaboration des plans de sécurité a courts, moyens et longs terme relatifs à chaque unité, et les faire incorporer dans leur budget respectif. [29]

NAFTAL a modifié sa vision de la sécurité au travail et s'est approprié un outil de gestion flexible, évolutif et adapté à un environnement sans cesse en progression. [29]

Cette entreprise consiste à développer une démarche préventive de gestion des risques d'accidents, d'incidents, d'atteinte à la santé au travail et à l'environnement. [29]

Veiller à l'évaluation et à l'amélioration continue de ses performances en matière de santé, sécurité et d'environnement. [29]

Assurer la formation et l'information de ses employés en matière santé, sécurité et d'environnement.

Développer l'information et la communication en matière d'hygiène, sécurité, et environnement envers ses employés, ses partenaires et toutes autres parties tierces. [29]

#### **IV.3.1 Objectifs stratégiques HSE**

Le respect et la mise en conformité par rapport aux obligations légales ;

- La maîtrise des risques HSE ;
- Le développement des compétences HSE ;
- L'amélioration des conditions de travail du personnel ;
- La protection des riverains contre les risques inhérents aux activités de l'entreprise ;
- La réduction des déchets ;
- La réhabilitation des sites pollués ;
- La mise à niveau technologique. [29]

La préservation de l'environnement constitue une préoccupation majeure pour NAFTAL, qui découle des engagements nationaux et internationaux pris à cet égard.

Soucieuse du respect de la réglementation nationale dans ce domaine, NAFTAL s'est engagée à :

- Lutter contre les changements climatiques et à contribuer à l'amélioration de la qualité de l'air,
- Gérer les déchets issus de la commercialisation de nos produits et procéder à leur élimination ou réduction,
- Procéder à la récupération des huiles usagées au niveau de ses points de vente
- Préserver les eaux superficielles et souterraines,
- Rationaliser les besoins en énergie,
- Promouvoir les carburants propres et les énergies renouvelables. [29]

### **IV.3.2 La Sécurité**

La Sécurité est l'affaire de tous, il s'agit de rassembler les énergies et fédérer l'ensemble des acteurs autour d'un objectif commun, celui de travailler dans un milieu sécurisé.

A ce titre, NAFTAL a pris l'engagement de :

- Promouvoir la culture de Sécurité ;
- Améliorer la Sécurité au poste de travail ;
- Maîtriser et gérer les risques liés à nos activités ;
- Renforcer la Sécurité dans le transport des produits ;
- S'inscrire dans la mise en place du Système de Management HSE du Groupe Sonatrach.
- La Santé au travail. [29]

La Santé au travail est un droit fondamental. Tout travailleur a le droit d'évoluer dans un environnement professionnel sain

Dans ce registre, NAFTAL s'est engagée à :

- Préserver la santé de son capital humain ;
- Limiter les impacts de ses activités sur la santé des travailleurs, des collaborateurs, des clients et des riverains ; [29]





---

# **Chapitre V**

**Partie pratique.**

---

## **Evaluation du degré du risque d'incendie par une méthode semi-Quantitative :**

### **Étude de cas**

#### **V.1 Introduction**

Le transport routier de matières dangereuses, en tant que risque, semble souvent négligé. Bien sûr, le caractère imprévisible des situations pouvant survenir dans ce domaine d'activité rend la tâche rebutante.

Pourtant, il s'agit d'un risque technologique majeur, particulièrement en milieu urbain où une population importante vit et travaille à proximité d'axes routiers sur lesquels circulent un nombre toujours grandissant de chargements dangereux. Même s'il est le plus souvent sans conséquence grave, l'accident routier peut donc, s'il survient en zone urbaine, prendre des allures de catastrophe.

Ce travail propose une méthode simplifiée et semi-quantitative d'évaluation et de classification des risques d'incendie pour les transports de produits chimiques dangereux liquides (TPCD) traversant une route moyennement dangereuse. Cette méthode intègre quatre paramètres de contrôle qui affecte de manière significative le risque d'incendie, notamment la fréquence de passage, la section maximale des véhicules, le point d'éclair et la chaleur de combustion des produits chimiques dangereux.

Le degré de risque des transports de produits chimiques dangereux liquides est déterminé par la multiplication des quatre paramètres ci-dessus après normalisation des données. Sur la base de l'évaluation des risques, une classification des risques et une méthode de contrôle sont présentées pour permettre la gestion quotidienne des risques des transports de produits chimiques dangereux liquides passant un pont routier.

## V.2 Méthode d'évaluation du degré de risque

### V.2.1 Définition et calcul du degré du risque

En général, le degré de risque est calculé par **la probabilité de danger** et **la gravité de danger** à partir de la relation suivante :

$$\text{Degré de risque} = \text{Probabilité de danger} \times \text{la gravité de danger}$$

Il est difficile d'évaluer avec précision le risque d'incendie pour les transports de produits chimiques dangereux lorsque le véhicule traverse un pont routier. Le potentiel d'incendie est apparemment lié à la fréquence des passages de véhicules, aux conditions de circulation sur le pont et à l'inflammabilité (par exemple, le point d'éclair) des produits chimiques transportés et d'autres facteurs.

La gravité d'un incendie peut également être influencée par de nombreux facteurs, notamment l'emplacement de l'incendie, l'intensité de la combustion chimique et les conditions environnementales (par exemple, la vitesse du vent). L'intensité de la combustion chimique seule est caractérisée par un certain nombre de paramètres complexes y compris la chaleur de combustion, la surface et le taux de combustion et la température maximale de la flamme.

Dans cette étude, une méthode simplifiée d'évaluation des risques a été appliquée qui pourrait permettre au personnel sur place d'évaluer rapidement le degré de risque d'incendie lorsque les transports de produits chimiques dangereux passe par une route dangereuse [31].

La probabilité de danger est caractérisée par la fréquence des véhicules des transports de produits chimiques dangereux liquides qui passent par un trajet déterminé, tandis que la gravité du danger est déterminée par la chaleur de combustion des produits chimiques dangereux et la section maximale des camions-citernes.

Le degré de risque d'incendie peut être exprimé mathématiquement comme suit [31] :

$$R = (P_r \times T_f) \cdot (\Delta H \times S)$$

**R** : degré de risque

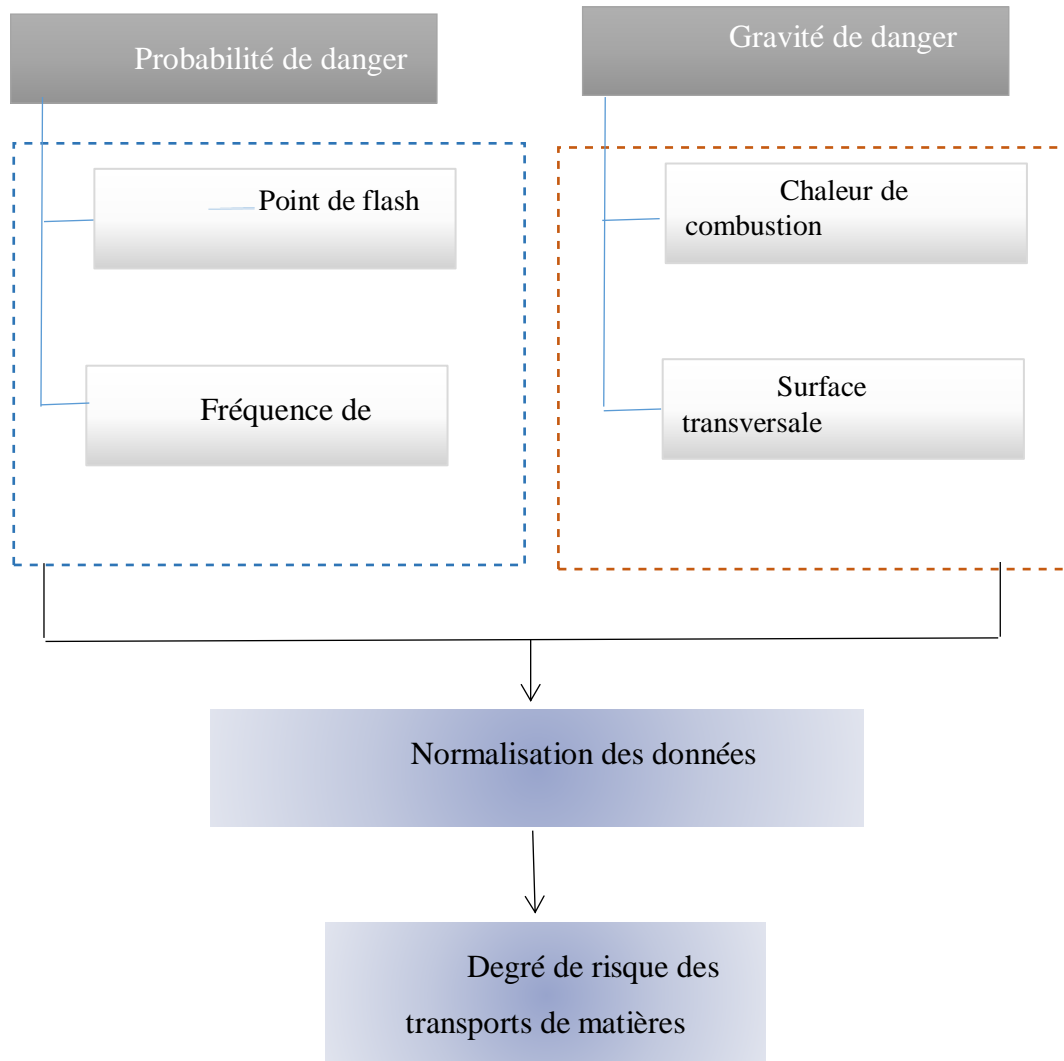
**P<sub>r</sub>** : fréquence de passage des véhicules transports de produits chimiques dangereux liquides par an.

**T<sub>f</sub>** : point de flash ou point d'éclair (°C)

**ΔH** : Chaleur de combustion (KJ/mol)

**S** : surface transversale du camion-citerne (m<sup>2</sup>).

La figure V.1 montre le plan de calcul du degré de risque des transports de produits chimiques dangereux.



**Figure V.1** : Plan de calcul de degré du risque (R).

### **V.2.2 Méthode de normalisation**

Étant donné que ces quatre paramètres sélectionnés ont des unités différentes, l'utilisation de la formule ci-dessus nécessiterait la multiplication des paramètres et ne produirait donc pas un résultat significatif. Il est nécessaire de transformer les paramètres en quatre paramètres sans dimension avant le calcul. Ce processus est également connu sous le nom de « normalisation des données » [32].

### V.2.2.1 La fréquence de passage des véhicules $P_r$

La fréquence de passage des véhicules de transports de produits chimiques dangereux liquides (TPCD) est déterminée durant une période d'une année dans un trajet choisi. Ce paramètre peut être considéré comme ayant une relation linéaire avec le degré de risque, en supposant que chaque passage des transports des matières dangereuses a la même probabilité d'être impliqué dans un incendie. La méthode de normalisation des données pour la fréquence de passage des véhicules est décrite dans l'équation [31] :

$$y_{i,j} = \frac{x_{i,j} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (1)$$

$y_{i,j}$ : valeur de la normalisation de la fréquence de passage des véhicules.

$x_{i,j}$ : la valeur de la fréquence de passage qui varie avec chaque produits transportés (une variable).

$\min(x_j)$  et  $\max(x_j)$  sont les valeurs maximales et minimales de la fréquence de passage (valeurs constantes).

### V.2.2.2 le point de flash des substances dangereuses $T_f$

Le point d'éclair est la température à laquelle ou au-dessus de laquelle un liquide dégage suffisamment de vapeur inflammable pour former un mélange avec l'air et qui peut par conséquent s'enflammer au contact d'une surface chaude, d'une étincelle ou d'une flamme.

Le point d'éclair est essentiellement fonction de la teneur en alcool. D'ailleurs, c'est le dégagement d'alcool qui initie le feu par conséquent, il est considéré comme un indicateur de sécurité (stockage, transport et l'utilisation de liquides inflammables) et peut caractériser le risque d'incendie. Il existe une relation linéaire entre le point d'éclair et le risque d'incendie.

Les points d'éclair des produits chimiques dangereux peuvent être normalisés par : [31]

$$y_{i,j} = \frac{\max(x_j) - x_{i,j}}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (2)$$

### V.2.2.3 La chaleur de combustion

La relation entre la chaleur de combustion des substances dangereuses et le degré de risque est linéaire, la méthode de normalisation des données pour chaleurs de combustion de produits chimiques dangereux s'écrit [31]

$$y_{i,j} = \frac{x_{i,j}}{\max(x_j)} \quad (3)$$

### V.2.2.4 Section transversale des véhicules

La section transversale des camions-citernes transportant de produits chimiques dangereux affecte directement le dégagement de chaleur, en particulier pour les feux en nappe, et considérée comme un indicateur important de la gravité du risque. La section maximale des véhicules est liée de manière non linéaire au degré de risque. La section maximale pour les véhicules peut être normalisé par [31] :

$$y_{i,j} = \frac{x_{i,j}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n x_{i,j}^2}} \quad (4)$$

## V.3 Classification des risques

En raison du développement continu des transports de produits chimiques dangereux, tels que des matériaux inflammables, spontanément combustibles et des matériaux toxiques, ces derniers présentent de grands risques pour la sécurité routière. Il est urgent par conséquent de pouvoir évaluer rapidement le risque et déterminer une stratégie de contrôle appropriée pour éviter les incendies et les accidents routiers.

L'évaluation du degré de risque des transports de produits chimiques dangereux peut être divisé en quatre niveaux de risque : risque élevé, modéré, faible et très faible, comme indiqué dans le tableau V.1. Pour les différents niveaux de risque, il existe différentes stratégies de contrôle correspondantes, comme présenté dans le tableau V.2.

Par exemple, le risque d'incendie est classé sous « risque modéré » devrait être indésirable, et il est recommandé que des mesures de surveillance soit nécessaire pour réduire le niveau de risque.



La figure V.2 illustre la classification des risques et stratégie de contrôle pour les transports de produits chimiques dangereux lors du passage sur une route.

**Tableau V.1** : Classification des risques de transports de produits chimiques dangereux [31].

Classification	Degré risque	Description
1	$1 \leq R \leq 10^{-2}$	Risque élevé
2	$10^{-2} \leq R \leq 10^{-4}$	Risque modéré
3	$10^{-4} \leq R \leq 10^{-6}$	Faible risque
4	$10^{-6} \leq R \leq 0$	Très faible risque

**Tableau V.2** : Stratégie de contrôle de risque lors de passage des véhicules.

Classification	Critère d'acceptation	Stratégie de contrôle
1	Inacceptable	Niveau de risque élevé ; une attention urgente doit être accordée pour éviter ou réduire le risque à un niveau indésirable.
2	Indésirable	Niveau de risque modéré; mesures de réponse aux risques et surveillance des mesures sont toutes deux nécessaires pour réduire le niveau de risque.
3	Acceptable	Faible niveau de risque; pas besoin de prendre des mesures de réponse mais des mesures de surveillance sont nécessaires.
4	Négligeable	Niveau de risque très faible; mesures de réponse aux risques et surveillance des mesures ne sont pas nécessaires.

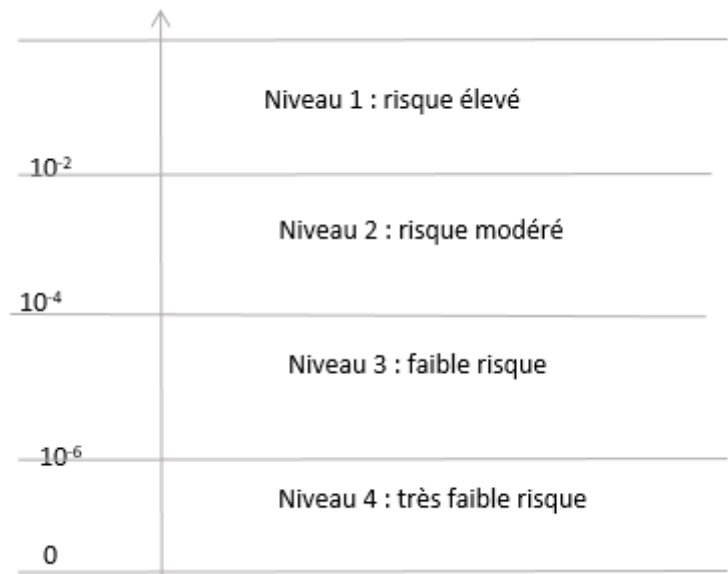


Figure V.2 : Classification des risques.

## V.4 Etude de cas

### V.4.1 La zone d'étude

Lors de notre stage dans l'entreprise NAFTAL GPL 141 de la ville de Tiaret, nous avons effectué des recherches sur la zone dans laquelle le trajet pris par les transports de produits chimiques dangereux présente des risques d'accidents majeurs, avec l'aide des ingénieurs de l'entreprise, nous avons choisis une route de 7,9 Km de longueur comme montrer sur la figure V.2 et figure V.3. Cet itinéraire est traversé par la totalité des transports de produits chimiques dangereux comme, les camions citernes, nous avons relevé un nombre de 25 camions citernes par mois et 9 camions de petit vrac qui circulent sur le trajet de notre étude.



Figure V.3 : Vue par satellite du centre GPL-141- NAFTAL.

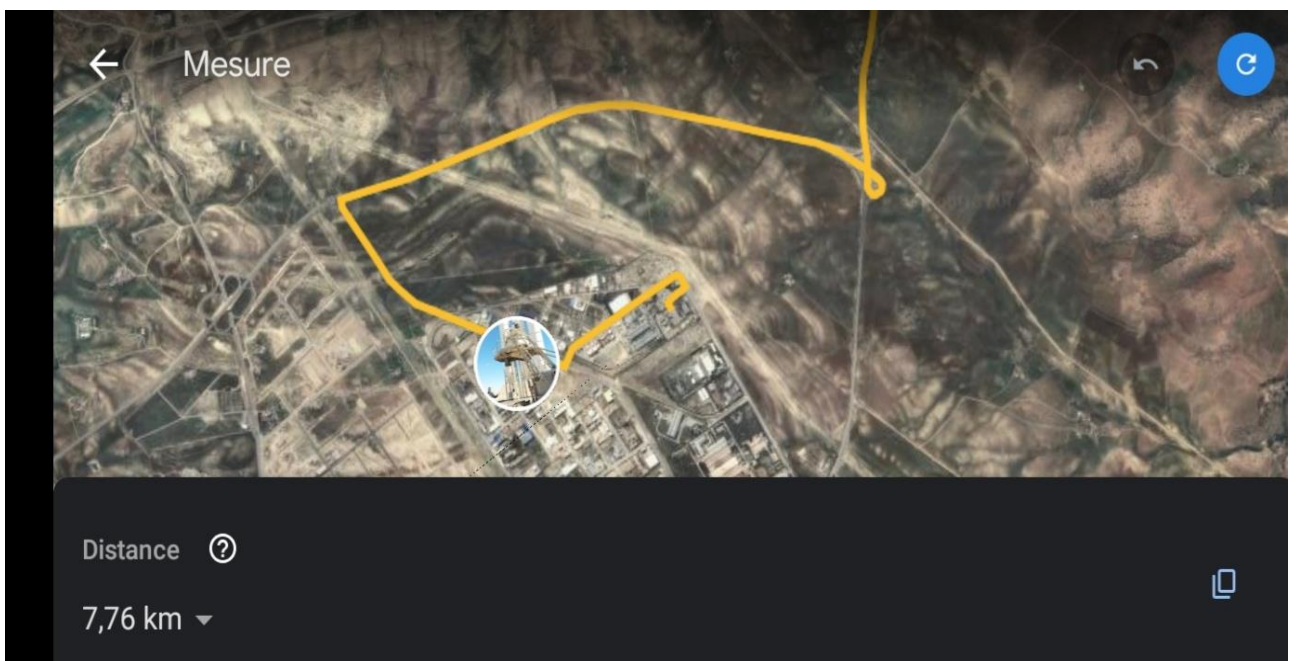


Figure V.4 : Vue par satellite du trajet étudié.

**V.4.2 Acquisition des données**

V.4.2.1 La fréquence de passage des véhicules

Les transports de produits chimiques dangereux se fait essentiellement par camion citernes pour le transport du butane et propane et des camions de petits vrac qui transportent le produit gaz pétrole liquéfié communément appelé GPL (tableau V.3). Le nombre total de camion qui traverse la route étudiée par an est : 408 camions.

**Tableau V.3** : Fréquence de passage/an selon chaque produit dangereux.

Substances dangereuses	Nombre de camion/an
Propane	120
Butane	144
GPL\c	144

V.4.2.2 Température de flash

Les produits chimiques transportés sont : propane, butane et le gaz pétrole liquéfié (GPL). La température de flash de chaque matière est illustrée sur le tableau V.3.

**Tableau V.4** : Température de flash de chaque matière transportée.

Substances dangereuses	Température de flash $T_f$ (°C)
Propane	-104
Butane	-60
GPL\c	-60

V.4.2.3 Chaleur de combustion

La chaleur ou enthalpie de combustion  $\Delta H$  de chaque substance est présentée dans ce qui suit :

**Tableau V.5** : Chaleur de combustion des substances.

Substances dangereuses	$\Delta H$ (Kj/Kmol)
Propane	-2219
Butane	-2876
GPL\c	-2350,4

V.4.2.4 La surface transversale des véhicules

D'après les fiches de données de l'entreprise concernant les dimensions des camions citernes, nous avons calculé par la suite la section transversale de chaque véhicule (tableau V.5).

**Tableau V.6** : Section des véhicules.

Substances dangereuses	S (m <sup>2</sup> )
Propane	4,9
Butane	4,9
GPL\c	4,9
	4,15

**V.4.3 La normalisation des données**

V.4.3.1 La fréquence de passage des véhicules

En utilisant la formule (1) indiqué précédemment, nous avons procédé au calcul de la normalisation du premier paramètre de notre étude.

$$y_{i,j} = \frac{x_{i,j} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)}$$

Selon le tableau V.3, nous constatons que :

$\min(x_j)$  et  $\max(x_j)$  sont respectivement 120 et 144.

Le calcul de la normalisation  $y_{i,j}$  pour la première valeur de  $x_{i,j}$  qui est de 120 :

$$y_{i,j} = \frac{120 - 120}{144 - 120} = 0$$

En faisant varier  $x_{i,j}$  on obtient les valeurs qui sont sur le tableau suivant :

**Tableau V.7** : Normalisation de la fréquence de passage.

Substances dangereuses	Nombre de camion/an	$Y_{i,j}$
Propane	120	0
Butane	144	1
GPL\c	108	1

#### V.4.3.2 La température de flash $T_f$

En appliquant l'équation (2), nous obtenons le calcul suivant :

$$y_{i,j} = \frac{\max(x_j) - x_{i,j}}{\max(x_j) - \min(x_j)}$$

$\min(x_j)$  et  $\max(x_j)$  sont respectivement -60 et -104.

$$y_{i,j} = \frac{-104 - (-104)}{-104 - (-60)} = 0$$

Le même calcul pour les autres valeurs.

**Tableau V.8 :** Normalisation de la température de flash.

Substances dangereuses	Température de flash $T_f$ (°C)	$Y_{ij}$
Propane	-104	0
Butane	-60	1
GPL\c	-60	1

V.4.3.3 La chaleur de combustion

De la même manière et en appliquant l'équation (3) nous obtenons :

$$y_{i,j} = \frac{x_{i,j}}{\max(x_j)}$$

$\max(x_j)$  est -2876

$$y_{i,j} = \frac{-2219}{-2876} = 0,771 \quad \text{on vari les } x_{i,j} \text{ on obtient les autres valeurs.}$$

**Tableau V.9 :** Normalisation de la chaleur e combustion.

Substances dangereuses	$\Delta H$ (Kj/Kmol)	$Y_{ij}$
Propane	-2219	0,771
Butane	-2876	1
GPL\c	-2350,4	0,817

V.4.3.4 Normalisation de la section transversale

En utilisant la formule 4, nous obtenons le tableau suivant :

**Tableau V.10** : Normalisation de la section.

Substances dangereuses	S (m <sup>2</sup> )	Y <sub>ij</sub>
Propane	4,9	0.0549
Butane	4,9	0.0549
GPL\c	4,9	0.0549
	4,15	0.0464

**V.4.4 Calcul de degré de risque R**

Après avoir déterminé la normalisation des quatre paramètres de base permettant le calcul du degré de risque d'incendie, nous avons procédé au calcul de ce dernier. Les résultats sont répertoriés sur le tableau V.10.

**Tableau V.11** : Calcul du degré de risque pour les transports de substances dangereuses.

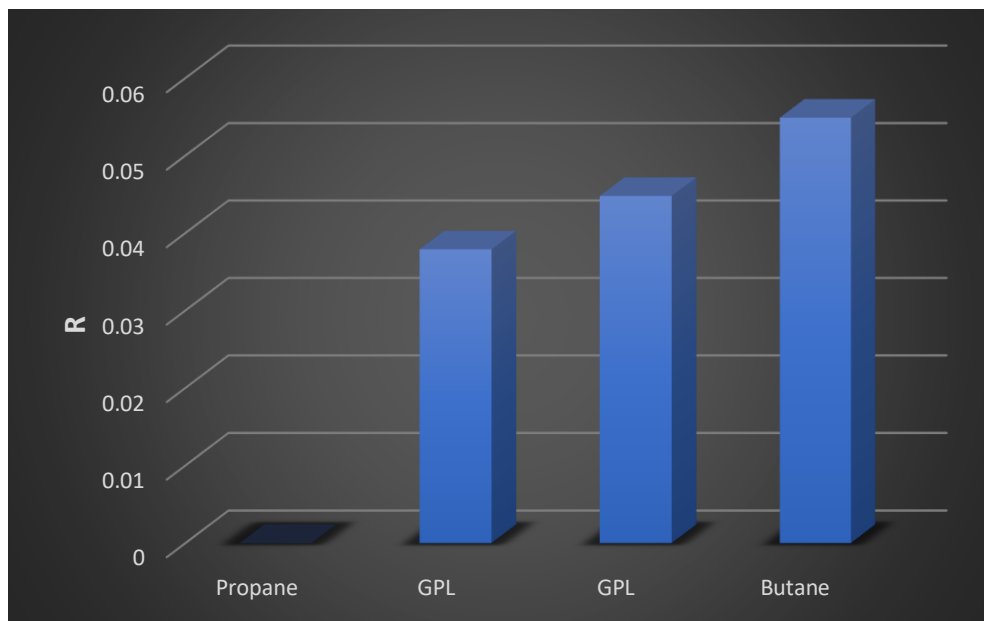
Substances dangereuses	R
Propane	0
Butane	0,0549
GPL\c	0,0448
	0,0379



**V.4.5 Interprétation des résultats**

Comme le montre le tableau V.10, le degré de risque du propane est nul, en raison du cas extrême où l'un des quatre paramètres pourrait être insignifiant. Ce résultat n'est pas une erreur de calcul, mais une imperfection de la procédure de la normalisation.

Cependant, à cause de la température de flash qui est inférieure à la température d'inflammabilité ( $\leq -50^{\circ}\text{C}$ ) et la fréquence de passage très élevée, il est évalué comme produit à haut risque.



**Figure V.5 :** L’histogramme de degré de risque en fonction des substances chimiques.

Le butane possède un degré de risque d’environ 0,0549 cette valeur est supérieure à 0,01 qui présente un risque élevé selon la classification des risques.

Le GPL présente deux valeurs de degré de risque différents, en raison d’un côté, de l’écart de la fréquence de passage qui est trois camions citernes contre neuf camions de petit vrac, et d’autre côté de la différence de la section transversale des camions.

On remarque que, le degré de risque augmente avec l’augmentation des deux paramètres c’est-à-dire, la fréquence de passage et la section des camions.

Malgré que le butane et le GPL, possède tous les deux la même température de flash ( $-60^{\circ}\text{C}$ ), le degré de risque du GPL est inférieur à celui du butane à cause de la chaleur de combustion des deux substances qui est élevée dans le cas du butane ( $-2876 \text{ KJ/Kmol}$ ).

D'après toutes ces remarques, on peut conclure que, le degré de risque varie proportionnellement avec la variation de la fréquence de passage, la section des camions et la chaleur de combustion.

Le degré de risque des substances chimiques dangereuses est supérieur à la valeur 0.01, cela indique un risque élevé d'incendie pouvant se produire sur le trajet étudié.

### **V.5 Classification des risques :**

Dans la gestion quotidienne du trafic routier, il est pratique pour le personnel sur site de faire un classement rapide des véhicules qui circulent en consultant le tableau V.1 sur la classification du degré de risque, ensuite les stratégies de supervision et de suivi pour différents niveaux de risque pourraient être mises en œuvre (comme indiqué dans Tableau V.2), ce qui améliorerait extrêmement l'efficacité de gestion des transports de produits dangereux sur les routes.

Dans notre étude, le degré de risque des substances chimiques de l'entreprise NAFTAL révèle un risque élevé, dans ce cas, une attention particulière doit être portée à la gestion du trafic routier en cas d'incendie.

Afin d'assurer le bon état des véhicules et des conducteurs, il est suggéré de prendre des mesures strictes d'inspection et de contrôle tout au long du trajet depuis la société NAFTAL jusqu'à la distance choisie qui est de 7,9 Km.

Pour réduire les risques, il est nécessaire d'installer les caméras pour surveiller l'ensemble du processus de circulation des véhicules. Dans certains cas, les transports de produits chimiques dangereux devraient être interdits de circuler si de mauvaises conditions de sécurité des véhicules ne sont pas respectées.

## **V.6 Conclusion**

La méthode d'évaluation du risque proposée dans ce travail est une méthode semi quantitative qui prend en compte quatre paramètres de contrôle qui affecte de manière significative le risque d'incendie, notamment la fréquence de passage, la section maximale des véhicules, le point d'éclair et la chaleur de combustion des produits chimiques dangereux.

Après normalisation des paramètres, le degré du risque est : 0,0549 pour le butane, 0,0448 et 0,0379 pour le GPL. Les valeurs sont supérieures à 0.01 révélant un risque élevé d'incendie sur le trajet choisi. Nous avons montré que le degré de risque augmente avec l'élévation de : la fréquence de passage, la section des camions et la chaleur de combustion des substances chimiques.

---

## **Conclusion générale :**

Cette étude propose une méthode simplifiée et semi-quantitative d'évaluation et classification du degré de risque d'incendie pour les transports de produits chimiques dangereux sur un trajet risqué.

Le centre NAFTAL GPL 141 de la ville de Tiaret est spécialisé dans le transport des produits chimiques dangereux à savoir : le butane, propane et GPL, essentiellement par camion-citerne qui présente par conséquent un potentiel de risque d'incendie et d'explosion considérable. De ce fait, cette étude a été portée sur un itinéraire de 7,9 Km depuis l'entreprise NAFTAL et sur lequel tous les transports de matières dangereuses de l'entreprise passe à travers ce trajet.

Dans cette méthode d'évaluation, quatre paramètres d'influence important ont été pris en compte de manière exhaustive pour déterminer les degrés de risque d'incendie des transports de produits chimiques tels que : la fréquence de passage, la section des véhicules, le point d'éclair et la chaleur de combustion des produits chimiques dangereux. Cette méthode peut être un moyen de premier outil d'analyse pour le risque d'incendie de différents transports.

Toutes les substances chimiques étudiées présentent un degré de risque supérieur à 0,01, classifié comme un degré de risque élevé par conséquent, une attention supplémentaire doit être portée à ces véhicules (inspection et contrôle, installation des caméras).

Le propane quoi que considéré comme un produit à haut risque, la valeur du degré de risque est nulle cela est dû au calcul de la normalisation de ce paramètre, dans ce cas il est préférable d'utiliser un autre calcul pour la normalisation.

Pour améliorer la précision de l'applicabilité du calcul du risque, d'autres facteurs d'influence doivent être pris en compte dans le modèle d'évaluation dans une étude future, tels que : le nombre de véhicule circulant sur le même trajet que les transports des substances dangereuses, la probabilité des accidents de circulation, types de matériaux et de structure de la route.

---

## **Bibliographie :**

[1] Chemical hazards, First published in 2012 by the Safety Institute of Australia Ltd, Tullamarine, Victoria, Australia. ISBN 978-0-9808743-1-0.

[2] NTC (National Transport Commission). (2007). Model Act on Transport of Dangerous Goods by Road or Rail (Select Legislative Instrument No 319).

[3] UN (United Nations). (2011). Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS), (4th ed.). New York and Geneva: United Nations.

[4] Cours Ms Bouhadiba « Lessons risques chimique » 2019\IMSI

[5] Le Registre Unique Santé Sécurité au Travail (RUSST) le 4ème chapitre « les registres d'aide à la gestion et à la vérification »

[6] [www.travail-emploi.gouv.fr](http://www.travail-emploi.gouv.fr) visité le 06\08\2021

[7] Revue concernant les produits dangereux « stockage et gestion » Mars-2021 sur le site [www.environnement-entreprises.be](http://www.environnement-entreprises.be) visité le 06\08\2021

[8] [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr) visité le 08\08\2021

[9] Stockage des gaz liquéfiés.2006. Documentation Sonatrach, ENSPM, formation industrie, IFP\_TRAINING.

[10] Article créé le 12\11\2019 par DDT (direction départementale des territoire) de vaucluse-service prospective urbanisme et risques. [www.vaucluse.gouv.fr](http://www.vaucluse.gouv.fr) visité le (29/07/2021).

---

---

[11] Transport de gaz et pétrole liquéfié.2006. Documentation Sonatrach, ENSPM, formation industrie, IFP\_TRAINING.

[12] [www.Aria.développement.durable-gouv.fr](http://www.Aria.développement.durable-gouv.fr) visité le (29/07/2021).

[13] revue (transport de matières dangereuses) ministère de l'écologie et de développement durable.  
[www.prim.net](http://www.prim.net)

[14] [www.fac.unc.edu.dz](http://www.fac.unc.edu.dz) visité le (29/07/2021).

[15] Officiel Prévention : Sécurité au travail, prévention risque professionnel. Officiel Prévention, annuaire CHSCT (xxxxx) [www.officiel-prévention.com](http://www.officiel-prévention.com) visité le (19/07/2021)

[16] [www.ornikar.com](http://www.ornikar.com) visité le (19/07/2021)

[17] Rôle du conseiller à la sécurité : chapitre 1-8-3-3 de l'ADR (accord européenne relatif au transport international des marchandises dangereuses par route).

[18] Casal, J. (218). Quantative risk analysis, chapitre 11. Elsevier, Amsterdam.

[19] Guidelines for chemical process quantitative risk analysis (2000), second edition, Wiley interscience.

[20] Mémoire master « Evaluation Quantitative de l'Effet de Surpression d'un BLEVE : Cas de l'Accumulateur de Propane Réfrigérant V302 – SH/DP/HRM » Université Kasdi Merbah, Orugla, 2018.

[21] Thèse de doctorat « Contribution à l'Analyse Quantitative des Risques Industriels : Application à l'Industrie des Procédés » (2019) par Ilyes Sellami. Université de Batna.

[22] Thèse de doctorat « Analyse quantitative des risques : Application sur les bacs de stockage » (2019) par Islam Guitarni. Université d'Oran 2 –Mohamed Ben Ahmed.

[23] S. Mannan, Lee's loss prevention in the process industries : hazard identification, assessment,

---

---

and control, (2012).

[24] Zwingelstein G. Diagnostic des défaillances – Théorie et pratique pour les systèmes industriels, Paris : Hermes, 1995. 601 p.

[25] A. Ronza, L. La´zaro, S. Carol, J. Casal, J. Loss. Prev. Process Ind. 22 (2009) 639\_648.

[26] CCPS, Guidelines for developing quantitative safety risk criteria, (2009).

[27] CCPS, Layer of protection analysis : simplified process risk assessment, (2001).

[28] M. Considine, The Assessment of Individual and Societal Risks, SRD Report R-310, Safety and Reliability Directorate, UK Atomic Energy Authority, Arrington, 1984

[29] [www.naftal.dz](http://www.naftal.dz) visité le 28/08/2021

[30] Présentation de l'entreprise NAFTAL (document contenant des informations sur l'entreprise Naftal donnée par le responsable HSE chez le CE 141 Tiaret).

[31] Liu, X., Zhang, L., Guo, S., Fu, M., A simplified method to evaluate the fire risk of liquid dangerous chemical transport vehicles passing a highway bridge, Journal of Loss Prevention in the Process Industries (2017).

[32] Campbell, R. M., Dymshitz, J., Eastwood, B. J., et al. (2004). Data Standardization for Results Management. Assay Guidance Manual.

---