République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Yahia FARES de Médéa
Faculté de Science et Technologie
Département Génie des Procédées et Environnement

Mémoire de Fin d'Etudes

Pour l'Obtention du Diplôme de

Master

***Filière** : Hygiène et sécurité industrielle*

***Option** : Hygiène et sécurité industrielle*

THEME

Simulation d'une fuite d'un polluant gazeux due au fisseur d'une citerne pour différentes conditions météorologique

Encadré par :

Dr. HADIDI Noureddine

Dr. REBHI Redha

Préparer et présenté par :

Melle. **DIFALLAH Loubna**

Melle. HADEF Nassima

2019 /2020

Remerciement

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance.

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.
En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur
Mr : Mr HADIDI Ali et Mr : REBHI Redha et leurs précieux conseils et leur aide durant toute la période du travail.
Nous tenons à remercier vivement tous les enseignants du Département de Hygiène et sécurité industrielle qui ont contribué à notre formation.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail Et de l'enrichir par leurs propositions.
Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.
Nous vous souhaitons une bonne lecture.

Dédicace

Avant tout, je remercie le grand Dieu, qui nous a aidés à élaborer ce modeste travail.

*Je dédie le fruit de mes size ans d'étude en premier mon ange gardien, ma très chère maman « «**Khadidja** » qui m'apporté et qui ne cesse pas de me supporter je lui dis hautement et fortement je t'aime. Ce modeste mémoire, est pour toi une petite part de tout le bonheur que tu mérite*

*A mon père « **Mustapha** » qui m'a soutenu et qui m'a fait confiance toutes ces années.*

Mon soutien de toujours, mon refuge et mon réconfort,

*À mes frangins « **Djamel** » « **Chirif** » « **Abdelmoula** » que j'adore*

*A mes meilleures sœurs « **Ferial** » « **Amina** » « **Omaima** » qui m'ont encouragés.*

*A mon fiancé « **Mohamed**», ma famille à laquelle je dois tout mon bonheur et ma réussite. Mes enseignants et mon promoteur «Dr. **Hadidi** et Dr. **Rebhi**» qui sont la source de mon savoir*

*Mes Amies qui n'ont jamais manqué de témoigner leur estimes à mon égard : ma binôme «Nassima», et ma copine « **Noussiba** » et mes cousines « **Zola, Abir, Hiba**»*

Enfin je dédie ce mémoire à ceux qui m'ont aidée de loin ou de près durant mes Etudes.

A toute la promotion HSI 2020.

…..LOUBNA

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à ceux qui m'a appris les belles choses De Vie L'amour, la confiance, la vérité, le droit chemin, aux personnes Qui Me sont Plus chères au monde :

Mes Parents ***AHMED CHERIF*** *et* ***FATIMA*** *qui on sacrifie leur Belle vie Pour me voir réussi.*

A celui que j'aime beaucoup et qui m'a soutenue tout au long de ce projet : mon marie ***MOHAMED,****et bien sûr*

A Mes frères et ma sœur : ***ABDNOUR, MOHAMED, BOCHRA.***

A toute ma famille, et mes amis,

A Mon binôme : ***DIF ELLAH-LOUBNA****.et toute la famille* ***HADEF***

A ceux qui ont partagés avec moi les moments de bonheur et D'amitié Durant mes études.

Enfin à tous ceux que j'aime, et qui me sont chère.

NASSIMA

ملخص :تركز الدراسة الحالية على محاكاة تسرب الملوثات الغازية بسبب تصدع في خزان في ظروف جوية مختلفة (سرعة الرياح)، بشكل عام يتم تخزين هذا النوع من الغاز في خزانات ذات قدرات وشكل مختلف. تعتبر منشآت مصنفة يمكن أن تكون مصدرًا لحادث صناعي عبر حادث كبير مثل الحريق والانفجار والتلوث، وهو مصدر القبور الحقيقية للإنسان والتلوث للبيئة (الحيوانات والنباتات والمباني والمنشآت المختلفة)، مع أضرار كبيرة، لا يمكن إصلاحها في كثير من الأحيان.
الهدف الرئيسي من تحقيقنا في هذه الرسالة هو التنبؤ، من خلال المحاكاة، بالتدابير الأمنية من أجل إنشاء محيط أمني واقتراح تدابير الوقاية والحماية (الاحتواء) والتدخل. ولهذا السبب تم اعتماد برنامج ALOHA للمحاكاة في هذه الدراسة.

Résumé : La présente étude ce concentre sur la simulation d'une fuite d'un polluant gazeux due à une fissure sur une citerne à différentes conditions météorologiques (vitesse de vent), généralement ce type de gaz sont stocké dans des citernes des différentes capacités et de forme elles sont considérés comme des installations classés peuvent être une source d'un accident industriel via un accident majeur comme l'incendie, l'explosion ainsi la pollution, Il est à l'origine de véritables hécatombes pour l'homme et d'une pollution pour l'environnement (faune, flore, bâtiments et constructions diverses), avec des dégâts importants, souvent irréversibles.

L'objectif principal de notre investigation dans ce mémoire est de prévoir à travers la simulation les mesures de sécurité à fin de mettre en place un périmètre de sécurité et de proposer des mesures de prévention, de protection (le confinement) et d'intervention. C'est pour cette raison Le logiciel ALOHA à été adopté pour la simulation dans cette étude.

Abstract: The present study focuses on the simulation of a leak of a gaseous pollutant due to a crack on a tank at different weather conditions (wind speed), generally this type of gas is stored in tanks of different capacities and shape. They are considered classified installations can be a source of an industrial accident via a major accident such as fire, explosion and pollution, It is the source of real hecatombs for humans and of pollution for the environment (fauna, flora, various buildings and constructions), with significant damage, often irreversible.

The main objective of our investigation in this thesis is to predict, through simulation, the security measures in order to set up a security perimeter and to propose prevention, protection (containment) and intervention measures. It is for this reason that the ALOHA software was adopted for the simulation in this study.

SOMMAIRE

Liste des figures *I*

Liste des tableaux *II*

Liste D'abréviation *III*

Introduction générale *…… 1*

Chapitre I :Généralité

Introduction

I.1Les types de pollution…….. 3

I.1.1 Pollution acoustique ……. 3

I.1.2 Pollution atmosphérique ……. 3

I.1.3 Pollution biologique ……. 4

I.1.4 Pollution chimique……. 4

I.1.5 Pollution de l'eau …….. 5

I.1.6 pollution industrielle ……. 5

I.1.7 Pollution du sol…… 5

I.2 Classification des polluants atmosphérique…… 6

I.3 La dispersion des polluante dans l'atmosphère …… 7

I.3.1 Qu'est-ce que la pollution atmosphérique ?..... 7

I.3.2 les déférents types d''émissions ……. 7

I.3.3 Les conséquences …… 7

I.3.4 Les effets sur l'environnement ……. 7

I.3.5 Les éffets sur la faune et la flore …… 8

I.3.6 Les effets sur les bâtiments …… 8

I.3.7 Les effets sur la santé …… 8

I.3.8 Les solutions …….. 8

I.4 Polluant gazeux d'une citerne ……. 9

I.4.1 Définition…… 9

I.4.2 Caractéristiques de la citerne de gaz…… 9

I.4.3 Règles de sécurité du stockage…… 10

I.4.4 Citerne de gaz et règles de distance à respecter…… 11
I.4.4.1 Citerne aérienne..... 11
I.4.4.2 Citerne enterrée…… 12
I.4.5 Règles et processus d'installation d'une citerne à gaz …… 12
I.4.6 Causes de l'événement …… 13
I.4.7 Mesures prises …… 13
Conclusion …… 13

Chapitre II : Fuite des polluants gazeux

II.1 Gaz chlore …… 15
II.1.1 Propriétés …… 15
II.1.2 Utilisation …… 17
II.1.3 Stockage …… 17
II.1.3.1 Récipient de stockage …… 18
II.1.4 Incendie – Explosion …… . 18
II.1.5 Pathologie – Toxicologie …… 19
II.1.5.1 Effets génotoxiques …… 19
II.1.5.2 Effets cancérogènes …… 19
II.1.5.3 Effets sur la reproduction …… 19
II.1.6 Toxicité sur l'Homme …… 19
II.1.6.1 Toxicité aigüe …… 19
II.1.6.2 Toxicité chronique …… 20
II.1.7 Réglementation …… 20
II.1.8 Sécurité et santé au travail …… 20
II.1.9 Recommandations…… 20
II.1.9.1 Au point de vue technique …… 20
II.2 Propane …… 21
II.2.1 Utilisation …… 22
II.2.2 Propriétés chimiques …… 23
II.2.3 Stockage …… 23
II.2.3.1 Récipients de stockage …… 23

II.2.3.2 Les étapes d'installation du gaz propane en citer.ne …… 23
II.2.4 Incendie – Explosion …… 23
II.2.4.1 Comment éviter un explosion …… 24
II.2.5 Pathologie – Toxicologie…… 24
II.2.5.1 Effets cancérogènes…… 24
II.2.5.2 Effets sur la reproduction …… 25
II.2.6 Toxicité sur l'Homme …… 25
II.2.6.1 Toxicité aigüe …… 25
II.2.6.2 Toxicité chronique …… 26
II.2.7 Réglementation …… 26
II.2.8 Sécurité et santé au travail…… 26
Mesures de prévention des risques chimiques (agents chimiques dangereux) …… 26
II.2.9 Recommandation …… 27
II.3 Butane …… 27
II.3.1 Utilisation …… 28
II.3.2 Comment le stocker ?..... 29
II.3.2.1 Comment bien stocker une bouteille de gaz ?..... 29
II.3.2.2 La règle de stockage est simple…… 29
II.3.3 Une intoxication gaz butane est-elle possible et quels son.t les risques …… 30
II.3.4 Recommandations pour une manipulation sans danger …… 31
II.3.5 Recommandations pour connecter le réservoir (bouteille) …… 31
II.3.6 Prévention des incendies et des explosions …… 32
II.3.7 Législations nationales …… 32
II.4 Feu de nappe …… 33
II.5 Conditions d'apparition…… 33

Chapitre III : Présentation du logiciel de simulation ALOHA

Introduction…… 36
III.1 Présentation du logiciel ALOHA…… 36
III.2 L'objectif …… 37
III.3Les modules …… 37
III.4 Les modèles de dispersion…… 37
III.4.1 Les entrées…… 38

III.4.2 Les sorties …… 38
III.5 Limites …… 38
III.5.1 Vitesse de vent très faible …… 38
III.5.2 Changement de direction du vent …… 39
III.5.3 Présence d'obstacles et relief …… 39
III.5.4 Condition atmosphérique très stable …… 39
III.5.5 Présence de mélanges gazeux…… 39
III.5.6 Répartition de la concentration près de la source …… 40
III.5.7 Présence de débris dangereux …… 40
III.5.8 Présence de particules …… 40
III.5.9 Présence d'aérosols…… 40
III.6 Autres limites…… 40
III.6.1 Mise en place du scénario sous ALOHA …… 40
III.6.2 Lieu de l'accident …… 40
III.6.3 Infrastructure…… 40
III.6.4 Choix du produit chimique : "chemical"…… 41
III.6.5 Description des conditions météorologiques "atmospheric option"…… 41
III.6.6 Description de la source : "source"…… 42
III.7 Calculs…… 43
CONCLUSION…… 44

Chapitre IV : Résultat et discussion

Introduction …… 46
IV.1 Les entrée…… 46
IV.2 Méthode d'utilisation ALOHA dans la simulation …… 46
IV.3 résultat…… 49
IV.4 Les Substance…… 50
IV.4 .1 le chlore …… 50
IV.4 .2 Le Benzène…… 54
IV.4 .3 Butane…… 57
IV.4 .4 Le Propane …… 60
IV.5 La comparaison entre le chlore et propane …… 63
***Conclusion générale**……*
***Bibliographie**……*

Introduction générale

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.
L'analyse de risques technologiques à pour but d'identifier les accidents technologiques majeurs susceptibles de se produire et d'évaluer leurs conséquences possibles, l'estimation des fréquences permet de poursuivre l'analyse et d'évaluer les risques associés. Elle vise également à identifier des mesures qui pourraient être mises en place pour réduire leur importance.
Le scénario normalisé ou « pire scénario » est utilisé dans le but d'estimer quelles sont les conséquences maximales d'un accident en termes d'étendue de territoire, de population touchée et de niveau d'impact (décès, blessures, contamination). Il suppose la perte de confinement de la plus grande quantité de matière dangereuse suite à la rupture d'une conduite ou d'une tuyauterie. Pour les inflammables, l'accident considéré est l'explosion, pour les toxiques, il s'agit de la formation d'un nuage toxique.
La modélisation des effets des phénomènes dangereux a deux objectifs. Elle permet certes d'évaluer les distances d'effets demandées par la réglementation dans une étude de dangers (EDD), mais aussi de conforter des choix techniques
(Par exemple la conception d'un réseau de capteurs, nombre et positionnement
D'une chaîne de détection de fuite afin d'optimiser la cinétique de
détection/réaction).
Ainsi le présent mémoire comporte, après une introduction générale quatre chapitres répartis comme suit :
Le premier chapitre représente une synthèse générale sur les polluants et la pollution
Leurs origines, ces conséquences, aussi ces effets sur l'homme et l'environnement avec une présentation de quelques caractéristiques des citernes de gaz.
Le deuxième chapitre : est consacré pour donner une synthèse générale sur les fuites des polluants gazeux ces origines, leurs conséquences, aussi ces effets sur l'homme et l'environnement avec la présentation de ses caractéristiques.

Le troisième chapitre : est réservé pour la présentation de l'outil informatique utilisé « ALOHA » pour estimer les conséquences d'un accident de fuite de gaz.

Le quatrième chapitre est dédié pour la présentation et discussion sur les résultats obtenu

Et nous avons clôturé notre mémoire par une conclusion générale.

Chapitre 01 :
Généralité

Introduction

Le polluant a pour définition la plus souvent retenue un altéragène biologique, physique ou chimique, qui au-delà d'un certain seuil, et parfois dans certaines conditions (potentialisation), développe des impacts négatifs sur tout ou partie d'un écosystème ou de l'environnement en général.

Ceci revient à définir, le polluant comme un contaminant d'un ou plusieurs compartiments des écosystèmes (air, eau, sol).Les fuites et les déversements de produits à risques tels les matières toxiques, corrosives, radioactives ou biologiques doivent être colmatés ou limités en prenant les mesures de sécurité adaptées.

I.1Les types de pollution :

I.1.1 Pollution acoustique : c'est une nuisance liée à un phénomène acoustique (bruit) considéré d'une manière général, sans qu'une source particulière soit identifiée ou mise en cause. [1]



Figure I.1 pollution acoustique

I.1.2 Pollution atmosphérique : Elle se manifeste par la présence dans l'aire de particules ou de gaz nocifs ou non, qui entrainement, en fonction de leur concentration, un inconvénient quelque.

Exemples : oxyde de carbone, de soufre et d'azote, poussière, particules radioactive provoquées par les rejets :

- des installations de chauffage,
- des moteurs à combustion, [1]



Figure I.2 pollution atmosphérique

I.1.3 Pollution biologique : Cette pollution est due à l'introduction dans un milieu donné d'espèces exogènes (provenant d'un autre milieu, écosystème ou continent) ou d'organismes génétiquement modifiés. Elle provoque des modifications de la faune et flore. Exemples domestiques échappées. [1]

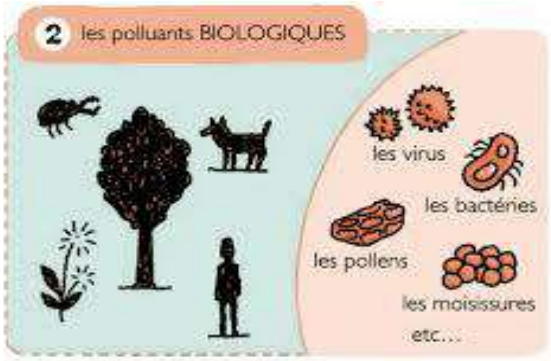


Figure I.3 les polluants biologiques

I.1.4 Pollution chimique : Elle est provoquée par la présence dans l'environnement de substances chimiques qui, normalement, sont absentes ou s'y trouvèrent en très faible quanti. [1]



Figure I.4 pollution chimique

I.1.5 Pollution de l'eau : elle se manifeste par une présence dans l'eau (océans, mers, lacs, fleuves, nappes phréatiques,) d'éléments toxiques qui engendrent la destruction de la faune et de la flore. Elle peut rendre l'eau impropre à la consommation ou à la baignade. Exemples : effluents ou accidents :

- Industriels,
- Urbains (eaux usées),
- Agricoles : produits phytosanitaires, élevage intensif, engrais (nitrates, pesticides),
- Hydrocarbures (marées noires, déballastages sauvages en pleine mer) [1]



Figure I.5 la pollution d'eau

I.1.6 pollution industrielle : La pollution industrielle est la pollution de l'environnement par l'industrie qui affecte de manière plus ou moins importante le fonctionnement de l'écosystème :

Exemples :

- Rejets gazeux,
- Produits chimiques, organiques, organiques
- Radioactivité,
- Lumière artificielle [1]



Figure I.6 la pollution industrielle

I.1.7 Pollution du sol :

Provoquée par l'infiltration d'eau polluée, elle est souvent d'origine industrielle ou agricole : utilisation d'engrais chimiques, de pesticides. [1]



Figure I.7 pollution de sol

I.2 Classification des polluants atmosphérique :

Polluant	Nature	Substance
Gaz	Inorganiques	Dérivés oxygénés du souffre (dioxyde et trioxyde de souffre, acide sulfurique, sulfate...)
		Dérivés oxygénés d'azote (monoxyde et dioxyde d'azote, acides nitreux et nitrique)
		Monoxyde et dioxyde de carbone
		Autre (dérivés du plombe , hydrogène sulfuré , ammoniac, chlore, chlorures, acide fluorhydrique, fluorures…)
	organiques	Hydrocarbures (aliphatiques saturés ou non, cyclaniques, aromatiques légers ou polycycliques)
		Aldéhydes et cétones (formaldéhyde, acroléine, acétone)
		Autre(alcools, hydrocarbures chlorés, mercaptans, sulfures…)

Tableau 1 : classification des polluants atmosphérique [1]

I.3 La dispersion des polluante dans l'atmosphère :

I.3.1 Qu'est-ce que la pollution atmosphérique ?

La pollution atmosphérique est un phénomène complexe, qui a fait l'objet de multiple définition. Au fur et `à mesure de l'avancée des connaissances, le terme pollution a recouvert des réalités de plus en plus diverses. De manière générale, la pollution de l'air se définit par les conséquences qu'elle entraine, allant de la simple gène olfactive `a la nocivité mortelle. Selon certaines instances, la notion de pollution correspond uniquement aux conséquences de l'activité humaine, alors que d'autres incluent la pollution d'origine naturelle (volcanisme, feux de forêts, ...). Les concentrations en polluant dans l'atmosphère peuvent fluctuer dans le temps et dans l'espace selon les paramètres suivants :

- variation dans le temps de l'intensité des émissions des différentes activités : en hiver le chauffage est important, le trafic routier est quasiment nul la nuit.
- la topographie locale peut favoriser ou non le déplacement des masses d'air
- les conditions météorologiques : une atmosphère stable limite la dispersion des polluants et favorise les pics de pollution
- la structure thermique de l'atmosphère : une inversion thermique de température limite la dispersion des polluants. [2]

I.3.2 les déférents types d'´émissions :

Les sources de polluants atmosphériques sont très variées, par leur nature (accidentelle, chronique) ou par leur origine (naturelle, anthropique).

De nombreux m´mécanismes naturels ´émettent des composés nuisibles pour l'homme et perturbent certains ´équilibres fragiles. La contribution des ´émissions humaines vient fortement aggraver les conséquences de cette pollution, en particulier en milieu urbain ou` la densité de population est ´élevée. En fonction de leur nature, les ´émissions anthropiques ont des eff ets très déférents.

Les principales sources de pollution atmosphérique sont les suivantes :

Les ´émissions naturelles, Les ´émissions d'origine agricole, – Les ´émissions industrielles, Les ´émissions domestiques, Les ´émissions dues aux transports. [2]

I.3.3 Les conséquences :

La pollution atmosphérique est ´également caractérisée par ses conséquences.

Nous distinguerons les effets sur l'environnement et les effets sur la santé humaine.

I.3.4 Les effets sur l'environnement :

Les d'déséquilibres climatiques : La pollution atmosphérique agit directement sur la composition de l'atmosphère, localement ou globalement. De faibles variations de cette

composition entrainent un d'déséquilibre du système climatique, dont les exemples les plus connus sont l'effet de serre ou la destruction de la couche d'ozone. Il est cependant souvent difficile, `a notre ´échelle de temps, de distinguer les fluctuations climatiques naturelles de celles provoquées par l'homme. [2]

I.3.5 Les éffets sur la faune et la flore :

La présence dans l'air de substances toxiques perturbe la faune et la flore. Le lessivage des composés acides par les précipitations permet un transfert de la pollution atmosphérique vers une pollution des eaux ou des sols. [2]

I.3.6 Les effets sur les bâtiments :

Les retombées acides d´dégradent de nombreux matériaux, en particulier les roches calcaires utilisées dans la construction des bâtiments ou des monuments, qui sont dissoutes par les pluies acides.[2]

I.3.7 Les effets sur la santé :

Si l'homme est affectée psychologiquement par les effets de la pollution atmosphérique sur son environnement, son organisme est ´également directement sensible `a cette pollution, sachant déjà qu'un adulte inhale en moyenne 11 m3 d'air par jour.

Les polluants présents dans l'air affectent la sante `à court et `à long terme. `A court terme, ils agissent souvent comme des facteurs d´déclenchant ou aggravants pour des personnes fragiles. En provoquant une irritation des poumons et une diminution de la fonction respiratoire, la pollution `a court terme touche surtout des personnes `à risques comme les enfants, les personnes ˆâgées, les asthmatiques. Il semblerait que les particules aggravent le risque de cancer des poumons. L'impact de la pollution sur la santé d´dépend donc de la nature des polluants, du type de personnes impliquées mais ´également de la dose reçue par l'organisme. Les facteurs agissant sur cette dose sont la concentration en polluant, la durée d'exposition et l'activité physique.[2]

I.3.8 Les solutions :

On a trop souvent tendance `à oublier que la seule solution pour diminuer la pollution de l'air est de réduire les ´émissions de polluants. Malheureusement, pour des raisons socio-économiques, culturelles ou politiques, cette réduction est dicible `a mettre en œuvre et elle n´nécessite du temps pour trouver des solutions alternatives. C'est pourquoi il est ´également indispensable de d´déterminer les conséquences de la pollution et de lutter contre ces conséquences en mettant en place des politiques adaptées. Nous allons donc

aborder ces deux aspects de la lutte contre la pollution atmosphérique. En conclusion, nous exposerons la place de la modélisation au sein de ce système de solutions. [2]

I.4 Polluant gazeux d'une citerne :

I.4.1 Définition :

Une citerne de gaz s'installe soit en aérien c'est-à-dire dans une partie de votre jardin à l'abri des regards, soit dans une fosse aux dimensions réduites et sans dalle de béton. Dans ce cas la citerne de gaz est enterrée et absolument non visible.

Il s'agit d'un réservoir fermé ou est garde l'eau de pluie afin qu'elle ne s'évapore pas. Ce réservoir peut être rond carré ou rectangulaire.

Les dimensions d'une citerne sont variables les facteurs a prendre en compte pour les calculer sont :

- la hauteur des pluies dans la région
- Le nombre de personnes vont utiliser Léau

La surface des toits

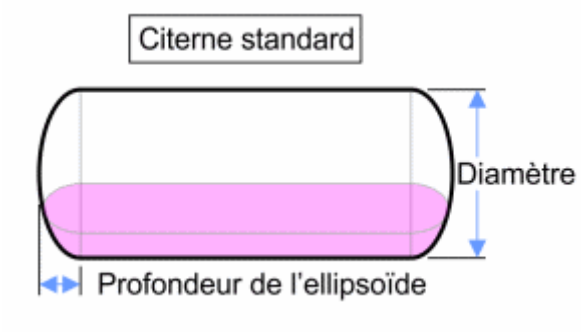


Figure I.8 citerne standard

Le choix des matériaux dépend de ressources dont dispose la collectivité et des matériaux que l'on trouve dans la région. Cependant, il préférable de construire la citerne dans les sols car : Elle ne prend pas de place ; L'eau reste fraiche ;

Par ailleurs il vaut mieux avoir recours au ciment, car, alors l'ouvrage s'abime moins vite qu'une citerne réalisée avec d'autres matériaux.

L'ouvrage doit être à plus de 15 mètre des douchières et des latrines, car, dans ce cas, même en cas de fissure des murs de la citerne, Léau ne risque pas d'être pollué. [3]

I.4.2 Caractéristiques de la citerne de gaz :

Lorsque l'on indique 1000 Kg pour une citerne de gaz, c'est la quantité de gaz qu'elle peut contenir lorsqu'elle est remplie à 85%. Les citernes de gaz ne sont pas remplies en totalité afin de permettre au gaz liquéfié de se détendre.

Le gaz est liquide et dans sa partie haute appelée ciel gazeux le gaz est en phase gazeuse prêt à être utilisé. Lorsque l'on soutire du gaz, le liquide se met en ébullition et passe de liquide à gazeux [4]

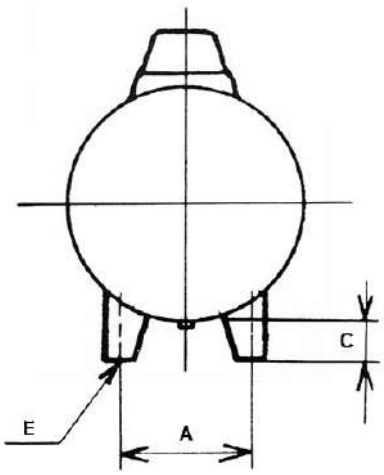


Figure I .9 citerne de gaz et réservoir

Charge nominale		500 kg	1000 kg	1750 kg
Ø Diamètre extérieur	mm	800	1000	1200
A Voie	mm	450	450	800
B Empattement	mm	1400	1400	2000
C Garde du sol	mm	150	150	150
D Écartement anneaux de levage	mm	1200	1200	1200
E Trou boulon scellement	mm	23	23	23
F Longueur hors tout	mm	2500	3200	3850
G Largeur minimale des pieds	mm	70	80	100
H Volume intérieur	$dm^3 \pm 2\ \%$	1140	2280	3990

Tableau2 : les caractéristiques d'une citerne de gaz

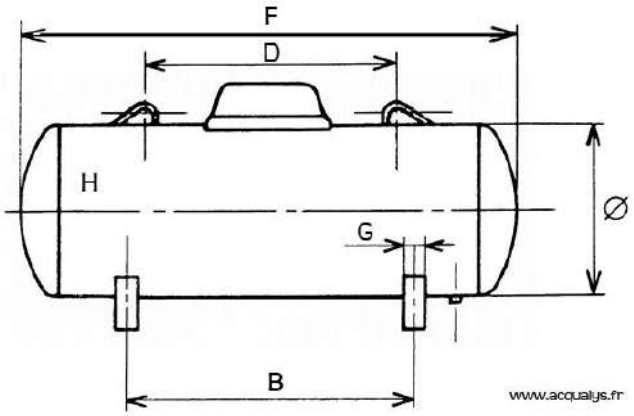


Figure I .10 citerne de gaz et réservoir

Toutes les citernes de gaz regroupent certaines spécificités communes :

- Les citernes de gaz peuvent s'adapter à tous les terrains, même en pente.
- Leur revêtement est adapté à leur environnement : elles ne craignent ni le froid, ni la chaleur et résistent à des températures de - 40°C.Il n'y a donc pas de risque de gel du gaz propane dans la citerne.
- La citerne de gaz doit être entretenue régulièrement : tous les ans, ou tous les 3 ans selon le fournisseur.
- Le distributeur de gaz propane reste propriétaire de la citerne qu'il fait installer au domicile de son client. [5]

I.4.3 Règles de sécurité du stockage :

Les réservoirs renfermant du propane doivent être conformes à la réglementation sur les appareils à pression de gaz (décret du 18 janvier 1943 modifié) :

- Ils doivent être résistants à la corrosion.
- Les citernes doivent être identifiées à l'aide d'un panneau portant en caractères indélébiles l'indication en toutes lettres du produit stocké.
- Chaque réservoir ou citerne doit posséder un indicateur permettant d'en contrôler le niveau.
- Un affichage à proximité des réservoirs rappelle l'interdiction de fumer et d'utiliser les appareils produisant des flammes, des étincelles, etc. [5]

I.4.4 Citerne de gaz et règles de distance à respecter :

La réglementation impose des distances de sécurité minimales vis-à-vis des habitations, des feux et de la voie publique :

- Ni la distance réglementaire, ni l'emplacement de la cuve ne peuvent être modifiés sans l'aval du fournisseur de propane.
- La distance entre la cuve et le camion-citerne de livraison du gaz propane doit être comprise entre 3 et 35 mètres.
- Prévoyez un espace libre d'au moins 60 cm autour de votre citerne.[5]

I.4.4.1 Citerne aérienne :

Une citerne aérienne doit être installée à l'extérieur de l'habitation, dans le jardin. Elle peut éventuellement être recouverte d'un toit.

Une citerne aérienne doit être placée au moins à 3 mètres :

- des engins à moteur ;
- de la baie d'un local habité ;
- de l'ouverture d'un local contenant des foyers ou autres feux nus ; d'un dépôt de matières combustibles.[5]



Figure I.11 citerne de gaz aérienne

I.4.4.2 Citerne enterrée :

Une citerne enterrée doit s'installer à l'extérieur de l'habitation. Sa présence est signalée au sol et elle doit être éloignée de tout dépôt de matériaux combustibles.

La citrne enterrée doit être placée à au moins 1,5 mètres :

- des engins à moteur ;
- de la baie d'un local habité ;
- de l'ouverture d'un local contenant des foyers ou autres feux nus ;
- d'un dépôt de matières combustibles ;



Figure I.12 installation d'une citerne enterrée

Pour assurer la stabilité de votre installation, il est conseillé de poster la citerne sur une dalle de béton :

- Cette dalle est indispensable sur les terrains inondables.
- Dans ce cas, le réservoir doit être ancré en fixant les pieds avec des écrous sur 4 tiges de 20 mm scellées dans le béton. [5]

I.4.5 Règles et processus d'installation d'une citerne à gaz :

Pose du réservoir de la citerne de gaz :

Il faut environ :

- 2 heures pour installer une citerne aérienne ;

- 4 heures pour une citerne enterrée : le temps de creuser la fosse. La citerne est livrée avec tous les accessoires nécessaires à son installation. [5]

I.4.6 Causes de l'événement :

L'analyse de l'événement par l'exploitant met en exergue :

- un problème d'étanchéité du bouchon de remplissage du réservoir (bouchon mal revissé par un chauffeur livreur ?) ;
- une vanne restée ouverte (oubli du chauffeur livreur ou acte de malveillance) ;
- des cadenas de clôture cassés. [6]

I.4.7 Mesures prises :

Les actions suivantes sont entreprises par le propanier :

- contrôle et réparation du bouchon de vidange ;
- sécurisation de l'accès à la citerne ;
- formation des chauffeurs livreurs et apposition d'un autocollant de rappel sur la cuve ;
- remplissage d'une checklist de contrôle après chaque livraison. [6]

Conclusion :

En conclusion de ce travail, nous pouvons affirmer que la dispersion des polluants gazeux à travers l'atmosphère est très complexe. Ainsi, une situation anticyclonique, très faibles vents, favorise des niveaux de pollution élevés car elle entraîne une accumulation des gaz. L'inversion du gradient thermique vertical, induit les mêmes conséquences. A l'inverse, une situation dépressionnaire, vents plus sensibles, permet une bonne dilution des polluants dans l'atmosphère. Au cours de la dispersion, les polluants peuvent se transformer par réactions chimiques complexes pour former les polluants secondaires tels que l'ozone.

Chapitre II

fuite des polluants gazeux

II.1 Gaz chlore :

Le chlore (symbole Cl, numéro atomique 17) est un élément chimique de la famille des halogènes. Sa molécule Cl_2 (le dichlore) est un gaz verdâtre plus lourd que l'air. Irritant et suffocant, il fut employé comme gaz de combat pendant la Première Guerre mondiale. Trop réactif pour exister à l'état libre, le chlore est très répandu dans la nature, dans les eaux salées et les gisements de sel notamment, à l'état d'halogénures. Il est aussi un constituant important de la matière vivante : le sérum sanguin renferme environ 7 grammes de chlorure de sodium par litre.

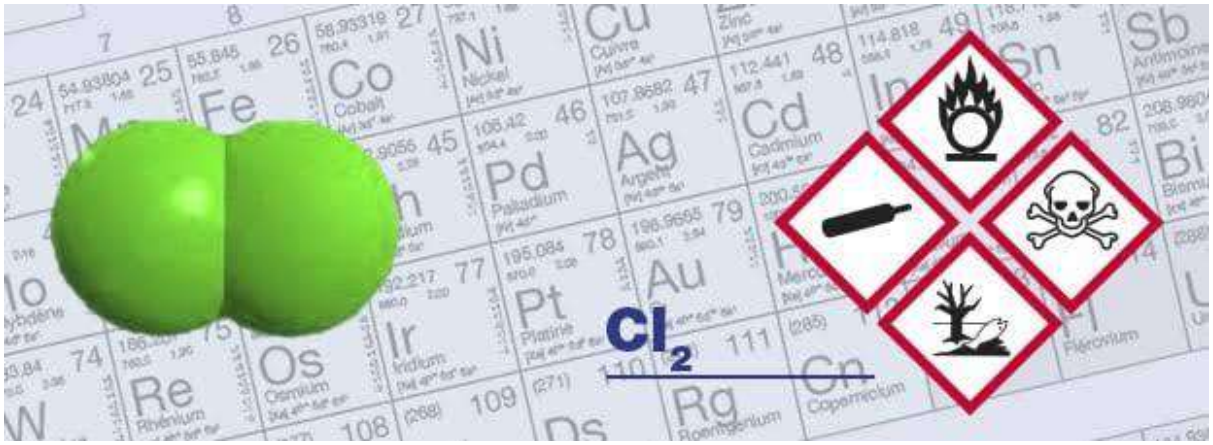
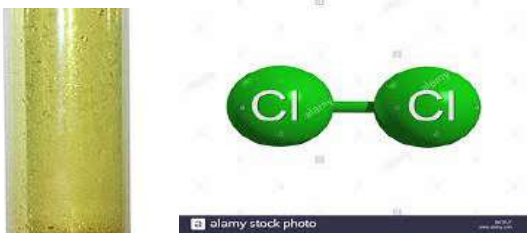


figure Ⅱ.1 chlore,dichlore

La production mondiale de chlore a atteint près de trente-sept millions de tonnes en 1989. Sa progression fut très rapide entre 1965 et 1975 mais a ensuite ralenti. L'industrie chimique consomme environ 80 p. 100 du chlore pour la préparation de solvants, de plomb tétra éthyle, de plastiques, de caoutchoucs synthétiques, d'insecticides. L'industrie papetière est un autre utilisateur important. La fabrication du chlore fournit simultanément de la soude et de l'hydrogène : chlore et soude constitue cependant, il y a parfois déséquilibre ; c'est ainsi que des besoins accrus en soude nécessitent, depuis le début des années quatre-vingt-dix, l'obtention d'une certaine quantité de celle-ci par caustification du carbonate de sodium. [7]

II.1.1 Propriétés :

Le chlore, dont le tableau présente les principales propriétés physiques, se situe dans la septième colonne du tableau de Mendeleïev. Possédant sept électrons périphériques, il a tendance à en capter un huitième pour former l'anion chlorure Cl^-, en passant au degré d'oxydation -1 ; mais, avec ses trois doublets libres, il peut également former diverses liaisons atomiques dans lesquelles ce degré. [7]



figureII.2 dichlore gazeux

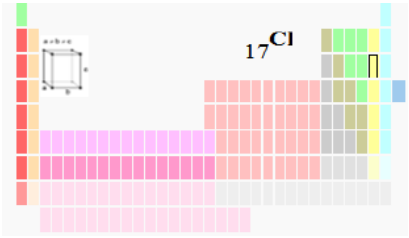
	Chlore
F ↑ Cl ↓ Br	Soufre ← **Chlore** → Argon  Table complète • Table étendue
Informations générales	
Nom, Symbole, Numéro	Chlore, Cl, 17
Série chimique	Halogènes
Groupe, Période, Bloc	17 (VII), 3
Masse volumique	3,214 g·l^{-1} 1,56 g·cm^{-3} (-33,6 °C)
Propriétés physiques	
État ordinaire	gaz (non-magnétique)
Point de fusion	-101,5 °C
Point d'ébullition	-34,04 °C
Énergie de fusion	3,203 kJ·mol^{-1}
Énergie de vaporisation	10,2 kJ·mol^{-1}
Température critique	143,8 °C
Volume molaire	17,39×10^{-3} m^{3}·mol^{-1}
Pression de vapeur	> Patm. à 20 °C
Vitesse du son	206 m·s^{-1} à 20 °C

Tableau 02 : Fiche technique de chlore [8]

II.1.2 Utilisation :

Le dichlore est depuis largement utilisé pour fabriquer de nombreux objets et produits courants :

- comme biocide, pour tuer les bactéries et autres microbes, donc pour la potabilisation de l'eau (dichlore, eau de Javel...). Le chlore a des propriétés rémanentes, ce qui signifie que son action désinfectante est valable sur tout le long du réseau de distribution d'eau. Pour purifier l'eau, on peut également utiliser le dioxyde de chlore, gaz très oxydant qui présente l'avantage de ne pas produire de chlorophénols lorsqu'il reste des traces de dérivés phénoliques dans l'eau. Ce produit est en outre décolorant et désodorisant ;
- pour le traitement de l'eau des piscines comme biocide sous la forme de chloro-isocyanurates (par exemple le dichloroisocyanurate de sodium dihydrate pour le chlore choc) ou d'acide trichloroisocyanurique (par exemple pour le chlore lent) qui ont l'avantage de se présenter sous une forme solide ;
- pour le blanchissement du papier : autrefois on utilisait du chlore gazeux mais ce procédé était très polluant. Il a été remplacé par un procédé employant du dioxyde de chlore
- pour la production d'antiseptiques, de colorants, d'insecticides, de peintures, de produits pétroliers, des plastiques (comme le PVC), des médicaments, des textiles, des dissolvants, et de beaucoup d'autres produits de consommation.
    - La chimie organique emploie cet élément intensivement comme oxydant et dans la substitution parce que le chlore donne souvent beaucoup de propriétés désirées dans un composé organique quand il est substitué à l'hydrogène (par exemple dans le néoprene un caoutchouc synthétique résistant aux hydrocarbures).
    - Il existe d'autres emplois dans la production des chlorates, chloroforme, tétrachlorure de carbone, et dans l'extraction de brome.
    - En géomorphologie et paléosismologie, l'isotope ^{36}Cl, créé par les rayons cosmiques, est utilisé pour la datation par isotopes cosmogéniques de surfaces ou la détermination de taux d'érosion [8]

II.1.3 Stockage :

Stocker le chlore à l'air libre ou dans des locaux spéciaux , secs et frais, à l'abri de l'humidité et de toute source de chaleur et à l'écart des matières combustibles et des autres produits chimiques. Le sol de ces locaux sera imperméable et disposé de façon à constituer une cuvette de rétention. Prévoir une surveillance continue du dépôt (ou un sys tème de détection du chlore relié à une alarme), ainsi qu'un dispositif d'aspiration du gaz aussitôt mis en service en cas de fuite et associé à une installation d'absorption.

Prévoir un équipement électrique anticorrosion. Inspecter régulièrement l'état et la fermeture des récipients qui devront être correctement étiquetés. Ne jamais porter le métal des récipients à une température supérieure à 50 °C. Prévoir, à proximité et à l'extérieurdes locaux, des équipements de protection respiratoire autonomes isolants . [9]



Figure II.3 citerne de stockage (le chlore)

II.1.3.1 Récipient de stockage :

- Le stockage du chlore liquéfié s'effectue généralement dans des récipients en acier. Le chlorure de polyvinyle (à basse pression et basse température) et les polymères fluorés (à haute température) peuvent également être utilisés. [9]

II.1.4 Incendie – Explosion :

- Le chlore, bien qu'ininflammable, va favoriser l'inflammation des matières combustibles environnantes (graisses notamment) en raison de ses propriétés comburantes. Instable et possédant un fort pouvoir oxydant, il peut être à l'origine de réactions violentes, voire explosives, en présence de nombreux composés organiques ou minéraux (voir partie "propriétés chimiques").
- En cas d'incendie où serait impliqué du chlore, faire évacuer rapidement les locaux et combattre le feu avec toutes les précautions requises pour les produits oxydants. On veillera à ce que les agents d'extinction utilisés soient compatibles avec les éléments combustibles présents. Ne laisser intervenir que des personnes spécialisées dotées d'un équipement complet de protection. Refroidir à l'aide d'eau pulvérisée les récipients exposés au feu en évitant le contact direct de l'eau avec le produit. [9]



Figure II.4 l'effet d'explosion chlore

II.1.5 Pathologie – Toxicologie :

II.1.5.1 Effets génotoxiques :

Les données limitées d'écotoxicité sont négatives mais ne permettent pas de conclusions définitives. [9]

II.1.5.2 Effets cancérogènes :

Les données limitées de cancérogénicité sont négatives mais ne permettent pas de conclusions définitives. L'exposition 6 h/j, 5 j/sem., pendant 2 ans à 0,4, 1 ou 2,5 pm de chlore (99,7 % de pureté) n'induit pas l'apparition de néoplasme chez la souris ou le rat, mâle ou femelle. [9]

II.1.5.3 Effets sur la reproduction :

La seule étude menée par inhalation est très ancienne. Des lapins ont été exposés à 0,7 ou 1,7 ppm pendant 9 mois ; des fœtus en cours de résorption ont été observés chez 2 animaux sur 6. Cette étude a été effectuée sur un nombre d'animaux trop restreint pour pouvoir conclure. [9]

II.1.6 Toxicité sur l'Homme :

Comme chez l'animal, les intoxications aiguës se traduisent par des irritations des muqueuses du tractus respiratoire et des yeux. Des séquelles broncho-pulmonaires sont possibles après une exposition à de fortes concentrations. Les expositions répétées sont à l'origine d'affections cutanées, d'irritations des muqueuses oculaires et de bronchites chroniques. Le chlore n'est pas considéré comme cancérogène chez l'homme. [9]

II.1.6.1 Toxicité aigüe :

Les expositions à de faibles doses (< 15 ppm) entraînent une irritation des muqueuses nasale, oculaire et pharyngé sans conséquence clinique. Des concentrations supérieures (> 30 ppm)

entraînent immédiatement des sensations de brûlure et des douleurs au niveau des muqueuses oculaires (larmoiements), des voies respiratoires (toux, rhinorrhée) et buccales (hyper sialorrhée). Il s'y associe des signes généraux comme une sensation de suffocation avec anxiété, une douleur ou brûlure rétro sternale, des céphalées et des douleurs abdominales avec nausées et vomissements. [9]

II.1.6.2 Toxicité chronique :

L'exposition prolongée au chlore induit essentiellement des effets liés à ses propriétés irritantes. Il s'agit d'acné chlorée, de conjonctivite, kératite et blépharite, d'érosion de l'émail et de la dentine (rôle de l'acide chlorhydrique), d'anorexie, de pyrosis, nausées et vomissements. On peut également observer des troubles généraux : amaigrissement, anémie, céphalées et vertiges. Les effets les plus importants surviennent au niveau pulmonaire avec des signes respiratoires à type de bronchite chronique. [9]

II.1.7 Réglementation :

Les textes cités se rapportent essentiellement à la prévention du risque en milieu professionnel et sont issus du Code du travail et du Code de la sécurité sociale. Les rubriques "Protection de la population". "Protection de l'environnement" et "Transport" ne sont que très partiellement renseignées. [9]

II.1.8 Sécurité et santé au travail :

Mesures de prévention des risques chimiques (agents chimiques dangereux)

II.1.9 Recommandations :

II.1.9.1 Au point de vue technique :

le chlore à l'air libre ou dans des locaux spécciaux, secs et frais, à l'abri de l'humidité et de toute source de chaleur et à l'écart des matières combustibles et des autres produits chimiques.

Le sol de ces locaux sera impermuable et disposé de façon à constituer une cuvette de rétention.

Prévoir une surveillance continue du dépôt (ou un système de détection du chlore relié à une alarme), ainsi qu'un dispositif d'aspiration du gaz aussitôt mis en service en cas de fuite et associé à une installation d'absorption.

Prévoir un équipement électrique anticorrosion.

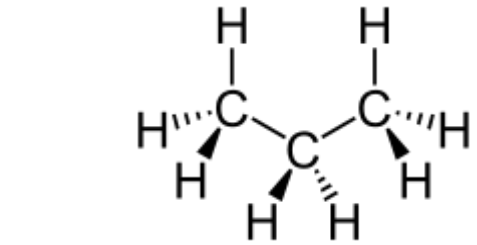
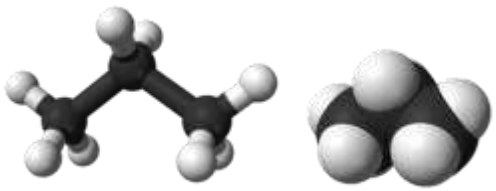
Inspecter régulièrement l'état et la fermeture des récipients qui devront être correctement étiquetés. [9]

II.2 Propane :

Le propane est un alcane linéaire de formule C_3H_8. On parle de biopropane s'il est d'origine non fossile (synthétisé à partir de biomasse).

Il est essentiellement aujourd'hui dérivé d'autres produits pétroliers par des processus de thermochimie de gaz ou de pétrole, mais commence aussi à être dérivé du biogaz. Il est couramment utilisé comme source d'énergie chimique par combustion dans les moteurs à combustion interne, chaudières, barbecue.

Généralement vendu à l'état liquide, sous forme de GPL notamment (c'est l'un de ses constituants principaux). Un additif, l'éthanethiol, est utilisé comme odorant pour signaler les fuites éventuelles. [10]

Propane	
  Molécule de propane	
Identification	
NOM UICPA	Propane
Synonymes	*n*-propane Diméthylméthane
Apparence	gaz comprimé liquéfié, inodore, incolore
Propriétés chimiques	

Formule brute	C_3H_8 [Isomères]
Masse molaire	44,0956 ± 0,003 g/mol
	C 81,71 %, H 18,29 %,
Moment dipolaire	0,084 ± 0,001 D
Propriétés physiques	
T° fusion	−187,63 °C
T° ébullition	−42,1 °42,1 °C
Solubilité	75 $mg \cdot l^{-1}$ (eau, 20 °C)
Masse volumique	2,0098 $kg \cdot m^{-3}$ (0 °C, 1 015 mbar, gaz)
	0,5812 $kg \cdot l^{-1}$ (−42,1 °C, 1 015 mbar, liquide
T° d'auto-inflammation	470 °C
Point d'éclair	−104 °C
Limites d'explosivité dans l'air	1,7–10,8 %vol
	31–202 g·m-3
Vitesse du son	1 158 $m \cdot s^{-1}$ (liquide, −42,1 °C)

Tableau 03 : Fiche technique de propane [10]

II.2.1 Utilisation :

- Matière première pour la fabrication de l'acétone.
- Intermédiaire en synthèse organique pour la préparation de nombreux dérivés isopropyliques (notamment l'acétate d'isopropyle).
- Solvant pour peintures, vernis, encres...
- Solvant pour l'extraction et la purification de produits naturels : huiles, gommes, cires, parfums, alcaloïdes, vitamines, protéines.
- Agent de nettoyage, de dégraissage et de déshydratation.
- Substance active biocide entrant dans la composition de produits biocide. [10]

II.2.2 Propriétés chimiques :

Dans les conditions normales d'emploi, le propan-2-ol est un produit chimiquement stable. Il possède les propriétés générales des alcools secondaires (réactions d'oxydation, de déshydrogénation, de déshydratation, d'estérification...).

Cependant, si le propan-2-ol est stocké plusieurs mois en présence d'air et de lumière, des peroxydes instables peuvent se former. La présence de cétones telle que la méthyléthylcétone dans le propan-2-ol favorise la formation de ces peroxydes. Le propan-2-ol peut réagir violemment avec des oxydants forts tels que les perchlorates, le trioxyde de chrome, le trinitrométhane et le peroxyde d'hydrogène. À haute température, il peut réagir vivement avec l'oxygène de l'air. [10]

II.2.3 Stockage :

II.2.3.1 Récipients de stockage :

Le stockage du propan-2-ol s'effectue généralement dans des récipients en acier recouverts éventuellement de résines phénoliques. Le verre est également utilisable pour de petites quantités.

L'aluminium et certaines matières plastiques sont à éviter. L'emploi de caoutchouc dans les garnitures de récipients est à déconseiller. [10]

II.2.3.2 Les étapes d'installation du gaz propane en citerne :

Installer une citerne de gaz propane ne doit pas se décider du jour au lendemain. Une bonne réflexion ainsi qu'un calcul coût-avantage sont nécessaires. Pour ce faire plusieurs étapes sont utiles afin de bien définir sa situation.

- Assurez-vous que le gaz propane en citerne soit une option viable pour votre logement.
- Comparez les prix pour pouvoir choisir le fournisseur le moins cher, comme nous l'avons vu précédemment. [11]

II.2.4 Incendie – Explosion :



FigureII.5 l'effet d'explosion propane

Le propan-2-ol est un liquide facilement inflammable (point d'éclair = 11,7 °C à 13 °C). Les vapeurs peuvent former des mélanges explosifs avec l'air dans les limites de 2 à 12 % en volume. Les solutions aqueuses peuvent aussi s'enflammer aisément. D'autre part, les oxydants puissants peuvent réagir vivement avec le produit. Les agents d'extinction préconisés sont le dioxyde de carbone, les mousses spéciales pour liquides polaires et les poudres chimiques. L'eau n'est pas recommandée (risque de dispersion de l'incendie). On pourra toutefois l'utiliser sous forme pulvérisée, ou sous forme de brouillard en grande quantité, pour éteindre un feu peu important ou pour refroidir les fûts exposés et disperser les vapeurs. Les intervenants, qualifiés, seront équipés d'appareils de protection respiratoire autonomes isolants et de combinaisons de protection spéciales**.** [12]

II.2.4.1 Comment éviter un explosion :

Pour éviter tout incident, l'entretien régulier de la citerne de gaz est une nécessité. Lors de chaque livraison, le livreur de gaz vérifie plusieurs points essentiels liés au matériel et à l'environnement de la citerne. Si vous suivez toutes les consignes de sécurité, il y a peu de risques que votre citerne de gaz explose. N'oubliez pas de respecter les distances de sécurité réglementaires ! Toute forme de feu, d'utilisation d'un moteur ou de dépôt de matières combustibles est formellement interdit dans un périmètre délimité autour de la citerne de gaz. Pour rappel ces distances sont de :

- 3 mètres autour d'une citerne de gaz aérienne .
- 1,5 mètre autour d'une citerne de gaz enterrée. [12]

II.2.5 Pathologie – Toxicologie :

II.2.5.1 Effets cancérogènes :

Le propan-2-ol n'a pas montré d'effet cancérogène chez la souris et le rat par voie inhalatrice, cutanée et sous-cutanée. Des souris exposées à 0 - 500 - 2500 - 5000 ppm (0 - 1225 - 6125 - 12 250 mg/m), 6 h/j, 5 j/sem pendant 78 semaines ne présentent pas d'effet sur le gain de poids, la mortalité ou l'apparition de lésion néoplasique. Des rats, exposés à des concentrations identiques pendant 104 semaines, présentent, chez les mâles uniquement, une augmentation de la mortalité due aux lésions rénales chroniques, ainsi qu'une augmentation liée à la dose du taux des adénomes des cellules interstitielles testiculaires. [10]

II.2.5.2 Effets sur la reproduction :

Les effets sur la fertilité du rat ne sont observés qu'en présence de toxicité parentale :

dans une étude sur une génération, aucun effet n'est observé après exposition par voie orale dans l'eau de boisson des parents (0,5 - 1 - 2 % pendant 70 jours (mâles) et 21 jours avant l'accouplement et jusqu'au sevrage (femelles)) ;

dans une étude sur deux générations (gavage, 0 - 100 - 500 - 1000 mg/kg/j pendant au moins 10 semaines avant l'accouplement), une létalité postnatale des petits des deux générations ainsi qu'une réduction de l'index d'accouplement chez les mâles de la génération P2 sont obs ervées, à partir de 500 mg/kg, en présence d'autres effets toxiques ;

une exposition dans l'eau de boisson 2 mois avant l'accouplement et pendant trois générations (1290 - 1470 mg/kg/j) induit un retard réversible de croissance de la première génération sans autre effet sur la fertilité . [10]

II.2.6 Toxicité sur l'Homme :

L'inhalation isolée de fortes concentrations de 2-propanol provoque des effets narcotiques pouvant aller jusqu'au coma. Lors d'ingestion, apparaissent des troubles digestifs et neurologiques (ébriété, coma). Le contact avec la peau ou les yeux ne provoque pas d'effet notable. Les études réalisées n'ont pas montré d'effet lié à l'exposition répétée par inhalation au 2-propanol Les données humaines ne permettent pas de conclure vis-à-vis des risques cancérogènes du produit. [10]

II.2.6.1 Toxicité aigüe :

Des études sur volontaires ont montré que l'ingestion d'une solution aqueuse de propan-2-ol (jusqu'à 40 ml d'une solution à 40 %) provoquait, après quelques heures, des céphalées modérées à très sévères, transitoires à persistantes (jusqu'à 24 heures) et une sensation de dépression chez tous les sujets. Il n'y a ni euphorie ni incoordination des mouvements. L'ingestion simultanée d'une dose égale d'éthanol supprime les effets néfastes du propan.

L'ingestion accidentelle d'une dose massive de produit entraîne des troubles digestifs (vomissements répétés) et, 30 à 60 minutes après l'ingestion, un syndrome ébrieux pouvant aller jusqu'au coma calme, hypotonique et aréflexique, accompagné fréquemment d'hypothermie, de dépression respiratoire et d'hypotension ; celui-ci peut se compliquer d'hémorragie digestive ou d'insuffisance rénale aiguë. Des cas mortels ont été rapportés. L'étude anatomo-pathologique révèle alors des lésions stéatosiques du foie.

Sous forme de vapeurs, le propan-2-ol provoque une légère irritation des yeux, du nez et de la gorge après 3 minutes d'exposition à 400 ppm. La concentration de 800 ppm est considérée comme inconfortable, sans que l'irritation soit encore sévère. Pour un séjour de 8 heures, les volontaires considèrent 200 ppm comme la plus forte concentration acceptable. [10]

II.2.6.2 Toxicité chronique :

Dans une étude ancienne, chez des volontaires ingérant chaque jour 6,4 mg/kg de propan-2-ol pendant 6 semaines, aucun signe clinique de toxicité, aucune anomalie hématologique ou urinaire (en dehors d'une cétonurie), aucune modification de la fonction excrétrice du foie n'ont été observés. Les examens ophtalmologiques ont montré que le champ et l'acuité visuels demeuraient normaux ainsi que le fond d'œil. Quelques cas isolés d'irritation cutanée et/ou de sensibilisation ont été signalés après des contacts répétés avec le produit. [10]

II.2.7 Réglementation :

Les texte cités se rapportent essentiellement à la prévention du risque en milieu professionnel et sont issus du Code du travail et du Code de la sécurité sociale. Les rubriques "Protection de la population" , "Protection de l'environnement" et "Transport" ne sont que très partiellement renseignées. [10]

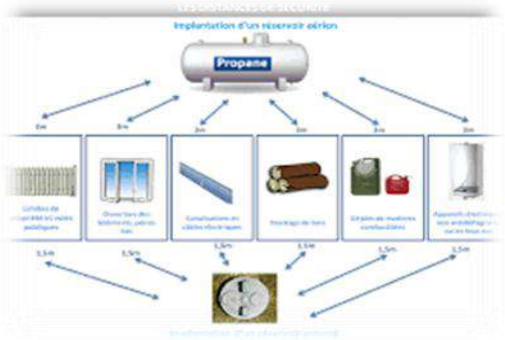
II.2.8 Sécurité et santé au travail :

Mesures de prévention des risques chimiques (agents chimiques dangereux) :

- Articles R. 4412-1 à R. 4412-57 du Code du travail.
- Circulaire DRT du ministère du travail n° 12 du 24 mai 2006 (non parue au JO).

Aération et assainissement des locaux :

- Articles R. 4222-1 à R. 4222-26 du Code du travail.
- Circulaire du ministère du Travail du 9 mai 1985 (non parue au JO).
- Arrêtés des 8 et 9 octobre 1987 (Jo du 22 octobre 1987) et du 24 décembre 1993 (JO du 29 décembre 1993) relatifs aux contrôles des installations. [10]

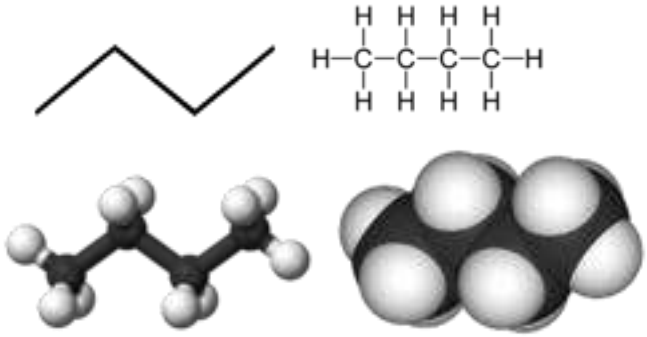


FigureII.6 Citerne de gaz réglementation

II.2.9 Recommandation :

- Stocker le grill sans bouteille dans la maison, à la cave, dans le garage ou dans la cabane de jardin.
- Stocker les bouteilles de gaz exclusivement à l'air libre, sous un toit ou un couvert.
- Protéger les bouteilles de gaz de dommages éventuels.
- Ne pas déposer les bouteilles de gaz à proximité de renfoncements du sol.
- Respecter les consignes de sécurité.
- Faire réparer les appareils endommagés exclusivement par des spécialistes reconnus. [13]

II.3 Butane : Le butane est un hydrocarbure saturé de la famille des alcanes et de formule brute C_4H_{10}. Il existe sous deux formes isomères, le *n*-butane et l'isobutane ou 2-méthylpropane.

***n*-butane**	
	
Structure et représentations du *n*-butane	
Identification	
Nom UICPA	Butane
	n-butane
Synonymes	d'éthyle
	méthyléthyl méthane.
Apparence	gaz comprimé liquéfié, inodore, incolore
Propriétés chimiques	

Formule brute	C4H10 [Isomères]
Masse molaire	58,1222 ± 0,0039 g/mol
	C 82,66 %, H 17,34 %,
Propriétés physiques	
T° fusion	−138,29 °C
T° ébullition	−0,5 °C
Solubilité	61,2 mg·l^{-1} (eau, 25 °C)
Masse volumique	2,709 g·l^{-1} (gaz,0 °C, 1 013 mbar)
T° d'auto-inflammation	287 °C
Pression de vapeur saturante	2,081 bar à 20 °C
	2,8 bar à 30 °C
	4,9 bar à 50 °C
Vitesse du son	1 034 m·s^{-1} (liquide,−0,5 °C)

Tableau 04 : Fiche technique de butane [14]

II.3.1 Utilisation :

Le butane est un gaz principalement utilisé comme combustible à usage domestique (gazinière, chauffe-eau) et également d'appoint, notamment pour le chauffage (radiateur à gaz pour l'intérieur des locaux d'habitation, commerces et ateliers ainsi que pour le plein air). Il est généralement conditionné en bouteille de 13 kg.

Au niveau industriel, le butane est un réactif pour la synthèse de l'éthylène et propylène via le vapocraquage, du butadiène au moyen de la déhydrogénation catalytique et de l'anhydride maléique par le procédé de Du Pont. L'oxydation non-catalytique du butane est utilisée pour la synthèse de l'acide acétique et l'isomérisation par catalyse acide permet de convertir le n-butane en isobutane.

Comme de nombreux hydrocarbures, le butane réagit avec le chlore pour former du 1-chloro- et du 2-chlorobutane, mais aussi d'autres composés plus substitués. Les taux de chloration peuvent partiellement s'expliquer par les différentes énergies de dissociation, 425 et 411 kJ/mole pour les 2 types de liaisons C-H (les 2 carbones centraux ont des liaisons C-H plus faibles). [14]



FigureII.7 Bouteilles de gaz butane

II.3.2 Comment le stocker ?

Avec, comme cité précédemment, une température de vaporisation située aux alentours de 0° C, le gaz butane se doit d'être conservé en intérieur, contrairement au propane qui lui doit être stocké en dehors du domicile pour des raisons de sécurité. Si jamais une bouteille de butane se trouvait à l'extérieur pendant trop longtemps, il devient alors impératif d'attendre plusieurs dizaines de minutes pour permettre le gaz qu'elle contient de retrouver une température permettant une utilisation en toute sécurité. [15]



FigureII.8 stockage de gaz

II.3.2.1 Comment bien stocker une bouteille de gaz ?

Vos bouteilles de gaz doivent toujours être conservées et stockées debout et sur un support stable. En position couchée, le gaz risque de s'échapper sous forme liquide et il y a donc un risque d'incendie.

La règlementation pour les bouteilles de gaz dans la maison (Arrêté du Ministère de l'Industrie datant du 2 août 1977) est très précise.
Si vous entreposez votre bouteille de gaz dans un placard, il doit être pourvu d'une aération basse à moins de 30 cm du sol et d'une aération haute à plus de 1m80 du sol.

Si votre bouteille est conservée dans un meuble, il doit lui aussi être suffisamment aéré.
Tenez également vos bouteilles de gaz à l'écart de toute source de flamme et de toute source de chaleur. Bien évidemment, ne laissez pas vos bouteilles à la portée des enfants. Enfin, ne stockez jamais vos bouteilles de gaz à la cave ou au sous-sol. Le gaz est plus lourd que l'air et s'il venait à fuir, il remplirait la pièce. Le risque d'accident serait alors élevé.[16]

II.3.2.2 La règle de stockage est simple :

- Les bouteilles de gaz butane doivent être stockées à l'intérieur et les bouteilles de gaz propane à l'extérieur.
- Un placard ou tout autre espace clos doit avoir des aérations dans sa partie supérieure et inférieure d'au moins 50 cm.
- cet espace ne doit pas être en matière inflammable afin de pouvoir recevoir une bouteille de gaz butane.
- Les bouteilles de gaz doivent être placées dans un endroit propre (pas de matières combustibles type papier, chiffons, carburant, bois, matériaux facilement inflammables, etc.).
- Les bouteilles de gaz doivent être éloignées de sources de chaleur (radiateur, groupe frigorifique, appareil électrique, etc.).
- Les bouteilles de gaz doivent être tenues à l'écart de toute source de flamme (chaudière, poêle, cheminée, barbecue, etc.).
- Le stockage de bouteille de gaz dans un demi-sous-sol, un sous-sol ou une cave est à proscrire.

En cas de fuite, le gaz plus lourd que l'air va s'accumuler et chasser l'oxygène : le risque n'est pas lié à une intoxication, car le gaz n'est pas toxique, mais à l'asphyxie ou l'explosion en présence d'une flamme ou d'une étincelle (interrupteur électrique, boitier électrique ou appareil électrique). [17]

II.3.3 Une intoxication gaz butane est-elle possible et quels sont les risques ?

Le butane, comme le propane, n'est pas toxique pour l'homme mais peut engendrer des risques pour la santé. En effet, dans une pièce le butane chasse l'oxygène de l'air ambiant et du fait qu'il soit plus lourd peut causer une asphyxie ou de la fibrillation ventriculaire. Cela se produit lorsqu'une bouteille de gaz est stockée dans une pièce en contrebas comme une cave ou un sous-sol par exemple. D'autre part, le butane est naturellement inodore mais afin de détecter une éventuelle fuite de gaz, un additif est incorporé au butane pour lui donner cette odeur particulière.

Le butane est un gaz extrêmement inflammable, c'est pourquoi il faut veiller à respecter les consignes de sécurité pour l'utilisation d'une bouteille de butane. Les risques liés à la manipulation du butane sont les suivants :

1. Brûlure par le froid dans le cas d'un contact de la peau avec le butane liquide ;
2. Somnolence, vertiges voire nausées et perte de conscience lors d'une inhalation de vapeurs ;
3. Incendie ou explosion lors d'une trop grande pression gaz butane. [18]

II.3.4 Recommandations pour une manipulation sans danger :

Contient un gaz sous pression, peut exploser sous l'effet de la chaleur (H280) Ce gaz est produit, stocké, transporté et distribué sous pression sous forme liquéfiée.

Il ne fait pas l'objet de manipulation directe dans les conditions normales de distribution, car il est confiné sans interruption, dans des systèmes clos jusqu'à sa destruction finale par combustion, lors de son utilisation.

Les précautions à prendre consistent avant tout à maintenir le confinement. Assurer une ventilation adéquate. Tenir à l'écart de chaleur/étincelles/flamme nue.

Ne pas fumer. Prendre des précautions contre l'électricité statique. Ne jamais souder sur un récipient de gaz.

Ne jamais entreprendre de travaux ayant pour effet de compromettre le confinement des stockages fixes ou des récipients.

Les opérations d'inspection, de nettoyage et de maintenance des réservoirs de stockage impliquent le respect de procédures strictes et ne doivent être confiées qu'à du personnel qualifié (interne ou externe) en particulier contrôle de l'atmosphère (explosivité, atmosphère respirable).

Porter des équipements de protection individuelle, voir section 8. Les récipients doivent être utilisés en position verticale de manière à éviter absolument l'intrusion de la phase liquide dans les installations prévues pour la phase gazeuse.

En cas d'utilisation discontinue, fermer le robinet du récipient après usage. [19]

II.3.5 Recommandations pour connecter le réservoir (bouteille) :

L'utilisation de canalisations flexibles souples, en caoutchouc synthétique de qualité appropriée, se limite au raccordement des appareils d'utilisation sur une longueur inférieure à 2m. Ne pas dépasser les dates de péremption d'emploi. [19]

II.3.6 Prévention des incendies et des explosions :

Ne pas fumer. Tout transvasement, chargement ou déchargement de véhicule ne doit être effectué que par du personnel formé à cet effet et selon des procédures appropriées. N'intervenir que sur des réservoirs froids, dégazés (risque d'atmosphère explosive) et aérés. L'utilisation d'un explosimètre est conseillée pour s'assurer de l'absence d'atmosphère explosive. Rechercher immédiatement la cause de l'apparition d'odeur caractéristique. La recherche des fuites ne doit se faire qu'avec de l'eau savonneuse ou des produits appropriés. Jamais avec une flamme. Concevoir les installations pour éviter les possibilités d'accumulation du gaz. Ne jamais chauffer un réservoir ou des canalisations contenant du gaz avec une flamme nue. [19]

II.3.7 Législations nationales :

Se conformer aux dispositions applicables du règlement des Installations classées : **Arrêté du 30 juillet 1979 modifié :** Règles techniques et de sécurité applicables aux stockages fixes d'hydrocarbures liquéfiés non soumis à la législation des installations classées ou des immeubles recevant du public Rubrique n°4718 (ex 1412) pour les installations de capacité supérieure à 6 tonnes

Arrêté du 23 août 2005 modifié : Prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n°4718 de la nomenclature des installations classées

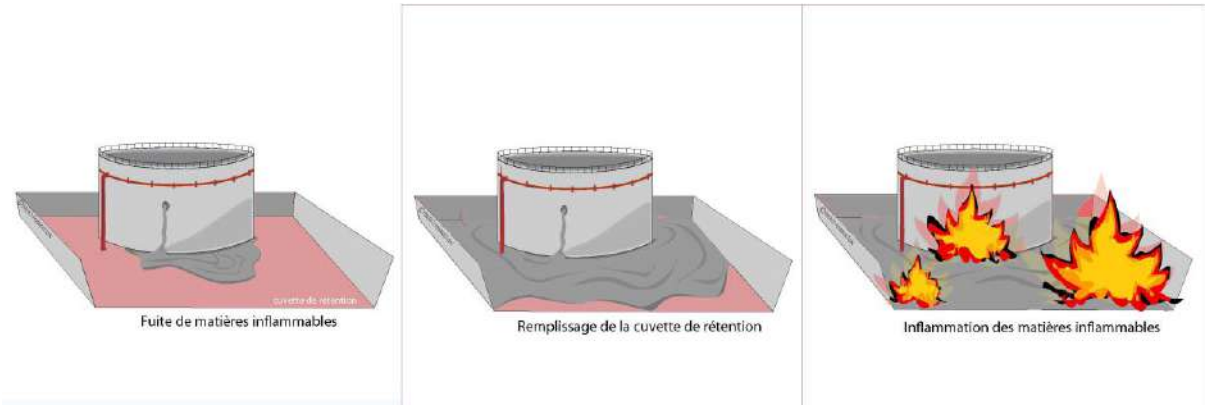
Arrêté du 2 janvier 2008 modifié : Prescriptions applicables aux stockages contenant plus de 50 tonnes de gaz inflammables liquéfiés relevant du régime de l'autorisation au titre de la rubrique n°4718 de la nomenclature des installations classées à l'exception des stockages réfrigérés ou cryogéniques

Arrêté du 9 septembre 1996 modifiant l'arrêté du 2 août 1977 : Règles techniques de sécurité applicables aux installations de gaz combustibles et d'hydrocarbures liquéfiés situées à l'intérieur des bâtiments d'habitation ou de leurs dépendances.

Locaux d'habitation: Etablissement recevant du public : **Arrêté du 25 juin 1980** modifié (Articles GZ); Immeuble de grande hauteur : **Arrêté du 18 octobre 1977.** [19]

II.4 Feu de nappe :

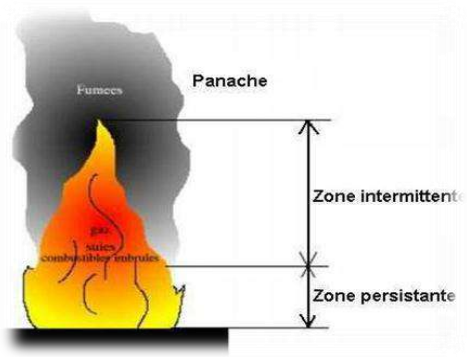
Le feu de nappe est un phénomène de combustion auto-entretenue. De fait, la combustion ne s'applique pas au liquide lui-même, mais implique les vapeurs émises par le produit. Aussi faut-il, pour qu'un combustible brûle, qu'il émette des vapeurs inflammables. Pour les combustibles liquides, les vapeurs inflammables sont émises par évaporation de la phase liquide. Pour les solides, un processus plus complexe mettant notamment en jeu des réactions de décomposition, fusion ou pyrolyse est indispensable à l'émission de gaz ou distillats inflammables.



FigureII.9 feu de nappe

Ainsi, la combustion se fait en phase gazeuse, là où se développent les flammes.

L 'exothermicité de la réaction de combustion libère de l'énergie dont une partie est cédée au combustible, entretenant, de ce fait, l'émission de gaz inflammables. En conséquence, pour prévenir l'apparition d'un feu de nappe, limiter la taille d'un feu de nappe et son impact dans l'environnement, plusieurs types de mesures compensatoires peuvent être prises : mesures de prévention, de détection. De nouveau, on rappelle que les mesures présentées ci-après ne sont pas exhaustives. [20]



FigureII.10 Structure d'un feu de nappe

II.5 Conditions d'apparition :

Un nuage de gaz combustible répondant aux critères d'explosibilité (teneurs en combustible et en oxygène comprises dans le domaine d'inflammabilité) à l'air libre rencontre un point chaud. Le gaz peut avoir deux origines : fuite d'un gaz combustible liquéfié ou évaporation d'une flaque de liquide inflammable. Il est à noter qu'une très faible énergie est suffisante pour initier l'explosion (étincelle lorsqu'on bascule un commutateur électrique, ..) Par ailleurs, l'allumage peut se produire à une certaine distance du lieu de la fuite. Un UVCE génère plusieurs effets :

- Une boule de feu qui consume ou endommage ce qui se trouve à l'intérieur.
- Un rayonnement thermique sur le voisinage immédiat de la boule de feu.
- Des effets de pression plus ou moins importants suivant l'encombrement du lieu de l'accident.

Les conséquences de l'UVCE dépendent de :

- La masse de gaz combustible concerné, c'est à dire du volume du nuage.
- La composition du nuage de gaz.
- L'encombrement de l'espace.

Plus le nuage est important et plus on se rapproche d'une composition combustible/ comburant idéale, plus les conséquences sont importantes. Par ailleurs, plus l'espace est encombré (tuyaux, véhicules, convoyeurs, ...), plus l'explosion sera violente. [21]



FigureII.11 Explosion d'un nuage de gaz en atmosphère libre

Chapitre III :

Présentation du logiciel de simulation ALOHA

Introduction

Dans le cadre de la réalisation des études de danger, la réglementation prévoit le calcul de périmètres de sécurité autour des établissements industriels à risques surtout dans le domaine d'hydrocarbures qui présente des divers types de risque. Ce qui conditionne la mise en œuvre de mesures importantes en matière de prévention et de protection.

La libération accidentelle de gaz toxique ou inflammable constitue un scénario d'accident important, puisque pouvant conduire à des distances d'effet importantes. Le rejet accidentel d'un produit peut entraîner la formation de nuages dangereux pour les personnes et pour l'environnement.

La propagation de ces nuages dans l'atmosphère est un phénomène extrêmement complexe, régi par de nombreuses variables. Afin de modéliser les conséquences et donc d'estimer les périmètres de sécurité, l'étude de la dispersion atmosphérique des nuages de gaz fait appel à des logiciels de simulation.

Parmi les nombreux outils disponibles sur le marché ou développés en interne par les entreprises le logiciel ALOHA ("Areal Locations of Hazardous Atmospheres") qui est souvent utilisé lors des analyses de risques et d'étude des dangers.

Nous avons choisi d'utiliser parmi ceux-ci le modèle ALOHA5.4.7 en raison de sa facilité d'utilisation, de la possibilité de contrôler plusieurs variables et de la possibilité de l'obtenir gratuitement. [22]

III.1 Présentation du logiciel ALOHA :

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



FigureIII.1 le symbole de logiciel

ALOHA modélise la dispersion atmosphérique de gaz neutre, par un module basé sur l'approche gaussienne, et de gaz plus lourd que l'air au moyen d'un module de gaz dense.

ALOHA permet notamment la modélisation d'émissions à partir de flaques en ébullition ou non, de réservoirs sous pression de gaz ou de liquide, de réservoirs liquides non pressurisés, de réservoirs contenant des gaz liquéfiés, de conduite de gaz sous pression. [23]

III.2 L'objectif :

Faciliter la gestion d'une crise sanitaire due à la libération dans l'atmosphère d'un gaz toxique grâce à une modélisation de la zone qui serait touchée par le nuage. Ainsi, les autorités pourraient par exemple procéder à une évacuation des populations présentes dans cette zone afin de limiter le nombre de victimes. La modélisation de la zone de danger par ALOHA suit une approche gaussienne pour les gaz neutres (gaz passifs ayant la même densité que l'air) et un modèle « gaz dense » pour les gaz plus lourds que l'air. Ces approches fonctionnent bien si la source d'émission est ponctuelle avec un champ de vent uniforme, une turbulence homogène et un terrain homogène plat . Les avantages des modèles gaussiens sont que peu de données d'entrée sont nécessaires, l'obtention de la modélisation se fait rapidement et qu'ils sont capables de modéliser une zone de danger de quelques centaines de mètres à quelques dizaines de kilomètres .

Cependant les principales limites de ces modèles gaussiens sont leur caractère approximatif et empirique .

ALOHA permet de modéliser des zones de danger suite à des émissions de substances chimiques issues de :

- Flaques en ébullition ou non ;
- Réservoirs sous pression de gaz ou de liquide, de réservoirs liquides non pressurisés, de réservoirs contenant des gaz liquéfiés, de conduites de gaz sous pression (5) ;
- Libération rapide dans l'environnement. [22]

III.3 Les modules :

- Du module CAMEO contenant les basse de donné chimiques et toxicologiques.
- Du module ALOHA modélisant la zone de dispersion dans la situation d'urgence et incluant une bibliothèque de 700substance chimique.
- Du programme MARPLOT permettent la superposition de la zone de danger modélisé sue des plans ou photo aériennes. [23]

III.4 Les modèles de dispersion :

ALOHA utilise un modèle gaussien pour la dispersion atmosphérique des gaz neutres et dispose d'un module complémentaire ALOHA-DEGADIS pour les gaz lourds. [23]

III.4.1 Les entrées :

Les paramètres d'entrée renseignent la localisation de l'accident, la substance chimique mise en cause, les conditions atmosphériques, les caractéristiques du site et du gazoduc ainsi que les conditions de rejet.

Entrées :

- localisation du site : coordonnées GPS (longitude, latitude, altitude).
- conditions atmosphériques : vitesse, direction du vent et hauteur à laquelle est faite la mesure, température de l'air, humidité relative de l'air, classe de stabilité, inversion de température, couverture nuageuse.
- caractéristiques du rejet : rugosité du sol, état du rejet (produit enflammé ou non), pression et température en entrée de la canalisation.
- caractéristiques du gazoduc : diamètre intérieur, longueur, type de surface intérieure de la canalisation. [23]

III.4.2 Les sorties :

Les sorties graphiques du logiciel sont constituées par :

_les évolutions temporelles de la valeur du débit.

- les évolutions temporelles de la concentration et de la dose à un point donné
- la trace au sol de la concentration. [23]

III.5 Limites :

La justesse des résultats obtenus par ALOHA dépend bien évidemment de la qualité de l'information fournie en entrée. Cependant, bien que les valeurs en entrée soient des plus précises, ALOHA, comme tout autre modèle, peut ne pas être fiable dans certaines situations, et ne peut modéliser certains types de dégagement chimique. Les résultats d'ALOHA sont particulièrement incertains dans les conditions suivantes :

III.5.1 Vitesse de vent très faible :

En effet, la direction du vent est moins prévisible quand la vitesse du vent est faible. Or, la zone de menace obtenue représente le lieu du nuage de pollution seulement si la direction du vent ne change pas par rapport à la valeur entrée. ALOHA prédit à environ 95% du temps que le vent ne changera pas suffisamment de direction pour déplacer progressivement le nuage de polluants en dehors d'une zone de menace définie par des deux lignes en pointillés. Plus grande est la zone entre les lignes, moins la direction du vent est prévisible et plus il est probable qu'elle change considérablement. A la vitesse de vent la plus basse acceptable par ALOHA (environ 1m.s-1 à une hauteur de 3m), ces lignes forment un cercle qui indique que le vent peut souffler dans n'importe quelle direction. [22]

III.5.2 Changement de direction du vent :

ALOHA fait l'hypothèse que la vitesse du vent et la direction sont constantes (à n'importe quelle hauteur) sur toute la zone de libération du produit chimique. ALOHA s'attend à ce que le sol sous le nuage de dispersion soit plat et libre de tout obstacle. En réalité le vent change de vitesse et de direction. En zone urbaine, le vent autour des immeubles entraine des tourbillons et change de direction et de vitesse, modifiant la forme et le mouvement du nuage. Les rues bordées d'immeubles peuvent générer un « canyon » qui entrave le nuage dispersif. ALOHA ignore ces effets quand il modélise la courbe de zone de menace. [22]

III.5.3 Présence d'obstacles et relief :

La topographie du site et la présence d'obstacles ne sont pas prises en compte. ALOHA considère que le sol en dessous d'une fuite de réservoir ou une flaque est plat et dépourvu d'obstacles. Ainsi le liquide s'épand uniformément dans toutes les directions. [22]

III.5.4 Condition atmosphérique très stable :

Sous les conditions atmosphériques les plus stables, il y a généralement très peu de vent et quasiment pas de mélange du nuage polluant avec l'air environnant. Les concentrations de gaz dans le nuage peuvent s'accumuler dans des vallées ou des dépressions et persister sur de longues périodes de temps, même à des distances éloignés du point de source. ALOHA ne prend pas en compte les accumulations de grandes concentrations de gaz dans des régions à basse altitude. Pour l'estimation des concentrations, ALOHA suppose que le produit chimique dégagé dans l'atmosphère est immédiatement mélangé, ainsi la concentration ressemble à une courbe en forme de cloche à travers le nuage (la plus forte concentration est dans le sens du vent le long de la ligne médiane). Même si ce n'est pas exactement ce qui se produit dans un dégagement chimique, cette prévision « Gaussienne » est assez caractéristique et fourni des estimations convenables de la concentration dans la plupart des cas. [22]

III.5.5 Présence de mélanges gazeux :

ALOHA peut calculer le terme source et la dispersion à partir de composés purs où de solutions liquides mais ne modélise pas les mélanges gazeux. Il est en effet difficile pour tout modèle de prédire correctement le comportement d'une solution ou d'un mélange de composés car la prédiction des propriétés chimiques est délicate. ALOHA a été conçu pour modéliser le dégagement et la dispersion de produits chimiques purs et de quelques solutions, l'information dans la bibliothèque des produits chimiques n'est pas valide pour des mélanges de produits. [22]

III.5.6 Répartition de la concentration près de la source :

ALOHA fourni des concentrations qui sont des moyennes sur des périodes de temps de l'ordre de quelques minutes. ALOHA prédit que les concentrations moyennes seront plus grandes près du point de source et le long de la ligne centrale du nuage de polluants, et diminueront lentement et graduellement dans le sens du vent direct et latéral. Cependant, autour de la source, les tourbillons entrainent le nuage de façon imprévisible, causant à tout moment une concentration de gaz haute en un point et basse en un autre. Toutefois, les concentrations moyennes se comportent approximativement comme ALOHA le prédit. En effet, le nuage se déplace dans la direction du vent à partir de la source, les tourbillons tendent à uniformiser les concentrations dans le nuage et deviennent ainsi plus semblables aux prédictions d'ALOHA. [22]

III.5.7 Présence de débris dangereux :

Si un dégagement chimique induit une explosion, il y aura des débris volants issu du conteneur et la zone environnante. ALOHA ne modélise pas les trajectoires de fragments dangereux. [22]

III.5.8 Présence de particules :

ALOHA ne prend pas en compte le processus qui affecte la dispersion des particules.

III.5.9 Présence d'aérosols :

ALOHA suppose leur évaporation immédiate aux abords de la fuite. Les aérosols ne sont donc pas modélisés.

III.6 Autres limites :

Certains des phénomènes qui se situent au niveau du point de rejet ou dans le champ proche ne sont pas pris en compte, tel les phénomènes de jets, par conséquent ALOHA n'affiche pas de résultats à des distances inférieures à 100 m. L'élévation des gaz chaud ou légers n'est pas pris en compte. Les rejets à partir de conduite liquide ne sont pas modélisés. ALOHA ne calcule pas la réactivité chimique, il décrit cependant le type de réactions et les produits attendus. [22]

III.6.1 Mise en place du scénario sous ALOHA :

La mise en place du scénario est très simple. Il suffit de suivre les étapes suivantes **:**

III.6.2 Lieu de l'accident : "location" Il faut rentrer les informations relatives au lieu soit à travers la base de données existantes soit en renseignant les coordonnées GPS du lieu**.**

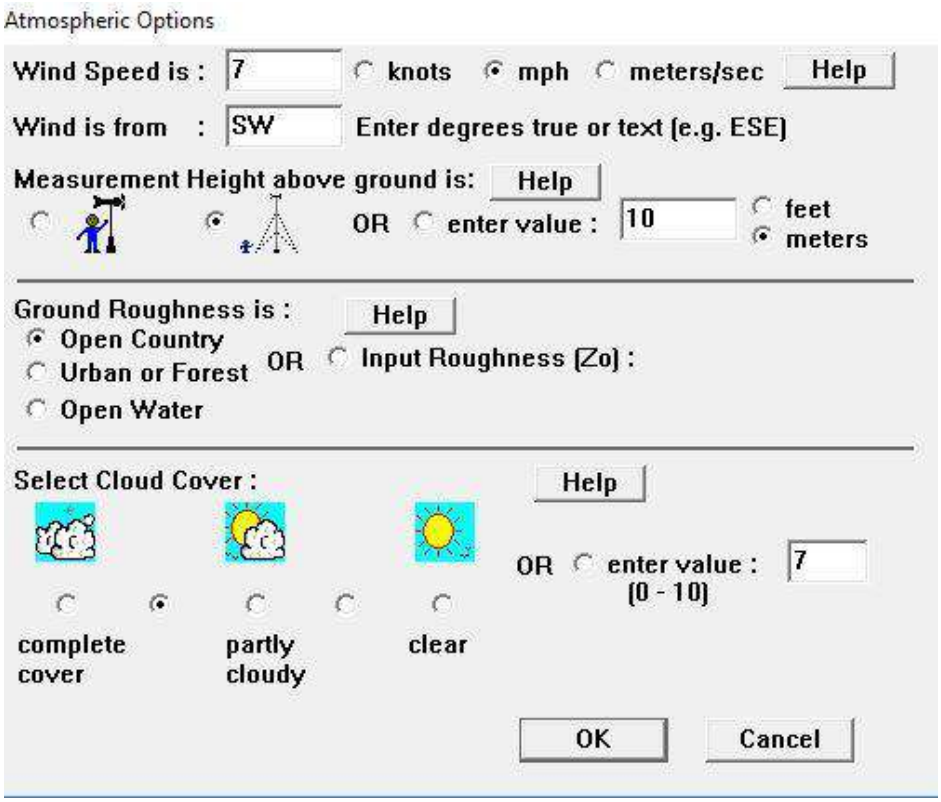
III.6.3 Infrastructure : "building" Les infrastructures ne concernent par la zone de stockage du produit chimique mais le type de bâtiment qui pourrait se trouver dans le nuage du

polluant après l'accident. Avec cette option, ALOHA peut calculer le taux d'infiltration du polluant dans les bâtiments.

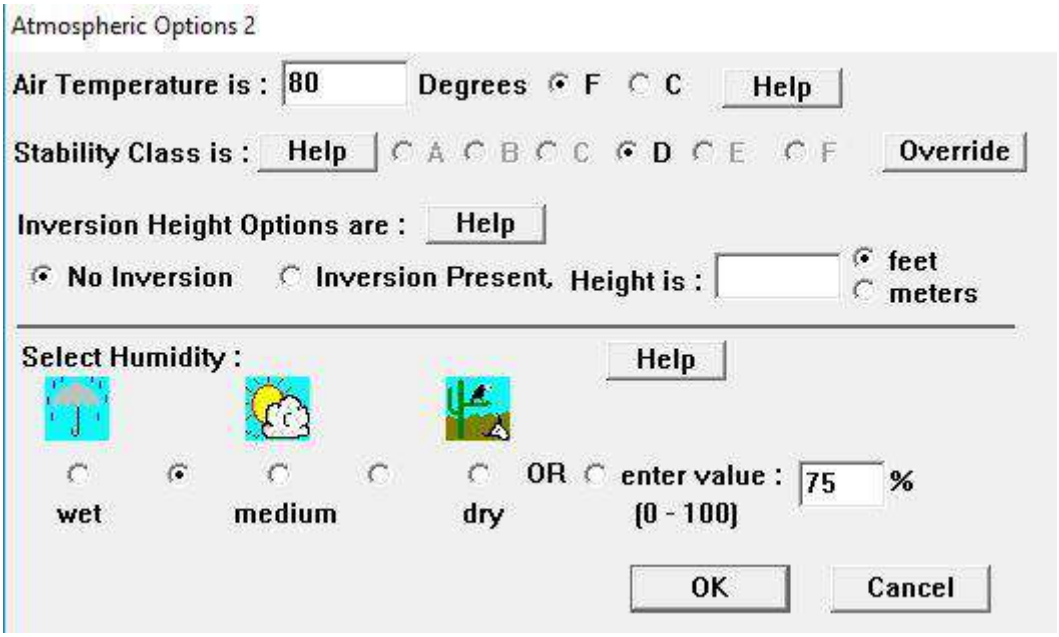
III.6.4 Choix du produit chimique : "chemical" Cette étape permet de sélectionner le composé chimique souhaité.

III.6.5 Description des conditions météorologiques "atmospheric option" Dans cette option, il faut remplir les champs suivants :

Vitesse du vent, Direction du vent , Hauteur de mesure du vent, Rugosité du sol, Couverture nuageuse, Température de l'air, Inversion de température, Humidité, Les fenêtres d'application dans lesquelles il faut remplir ses caractéristiques sont les suivantes :



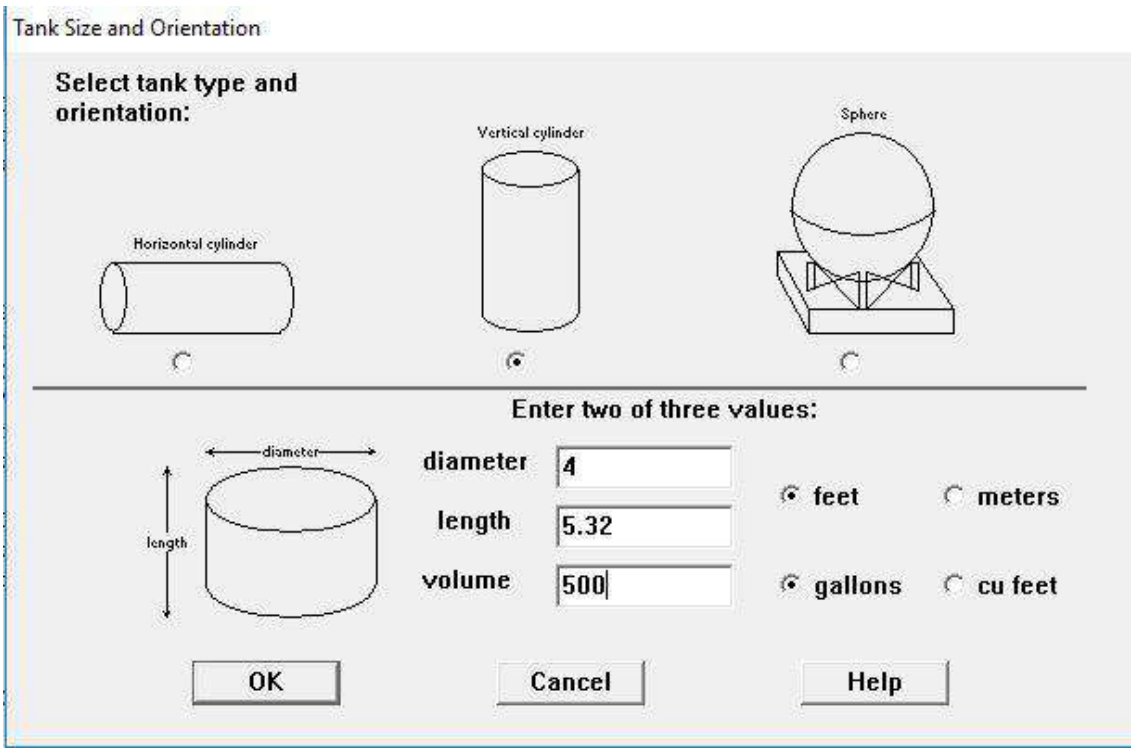
FigureIII.2: Fenêtre d'application " option atmosphérique " 1



FigureIII.3 : Fenêtres d'application "atmospheric option" 2

III.6.6 Description de la source : "source"

Cette option permet de définir la provenance du polluant. Nous choisissons l'option correspondant à notre cas comme le montre la figure suivante:



FigureIII.4 : Fenêtre d'application "Tank size and Orientation"

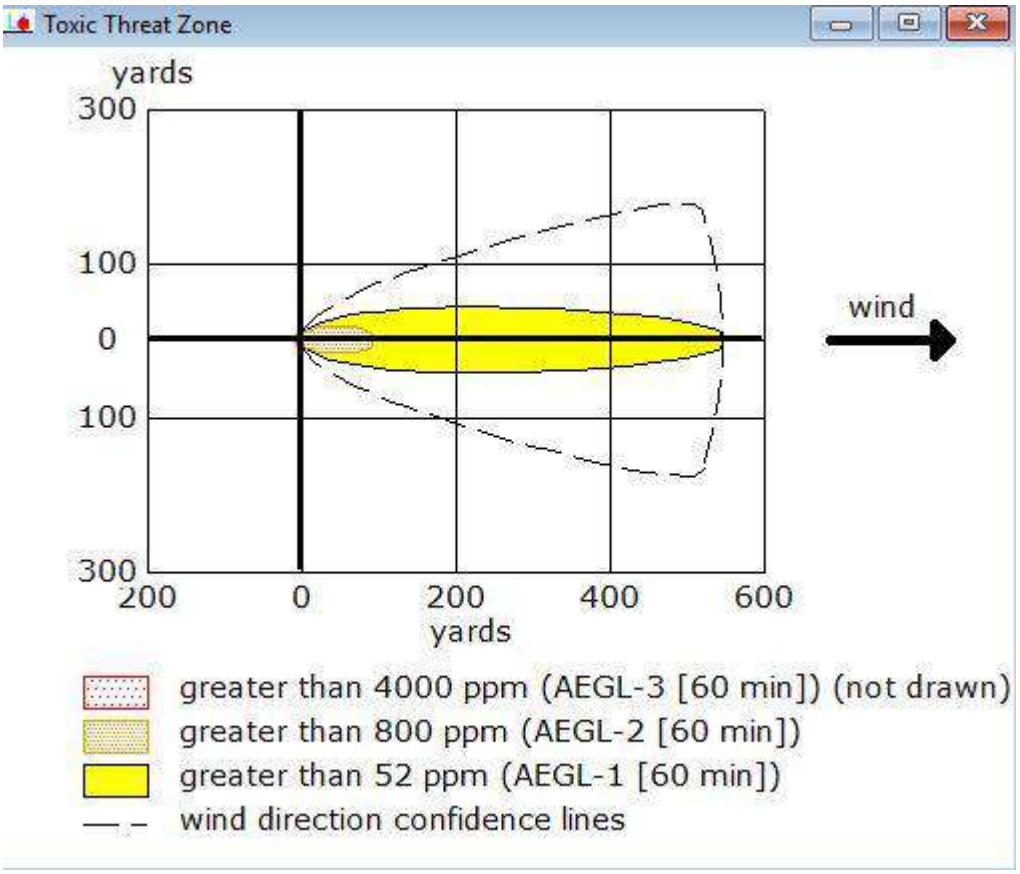
Puis nous cochons l'option qui correspond à la forme de notre cas et nous remplissons ses caractéristiques géométriques.

Il nous faut ensuite spécifier le contenant du réservoir puis la température de stockage.

Ensuite, nous renseignons le volume occupé par le liquide dans le réservoir et enfin le type de fuite**. [22]**

III.7 Calculs

Toutes les caractéristiques nécessaires à ALOHA sont alors renseignées. L'utilisateur peut alors décider d'y appliquer un modèle gaussien, un modèle de gaz lourd ou laisser ALOHA décider. Par la suite, il peut alors demander à ALOHA de tracer 3 types de menaces : la zone toxique, la zone potentielle d'inflammabilité ou la zone d'explosion selon les caractéristiques du polluant et l'on obtient le type de graphique suivant : [22]



FigureIII.5 : présentation des résultats

Conclusion

Les outils de calcul de dispersion atmosphérique sont des outils utiles pour l'analyse des phénomènes dangereux mais ne constituent qu'une part des éléments d'analyse. Ils doivent permettre de calculer et de visualiser les distances d'effets en tenant compte des seuils d'effets et de mettre en évidence des effets de synergie. Cependant, compte tenu des incertitudes liées notamment aux simplifications retenues dans les outils de calcul de dispersion et aux seuils de toxicité utilisés, les résultats de calcul, qui sont avant tout fonction des phénomènes dangereux représentatifs étudiés, ont une précision acceptable pour l'élaboration d'un plan d'urgence, mais demandent une application plus prudente.

Il importe que le logiciel soit mis en œuvre par des personnes ayant des connaissances suffisantes des phénomènes physiques et chimiques voire toxicologiques et écotoxicologiques mis en jeu et des réalités industrielles, ceci afin de conserver un regard critique sur les étapes du calcul et le résultat final.

Chapitre IV

Résultat et discussion

Introduction

Dans ce chapitre nous avons simulé le cas d'une fuite de gaz stocké dans une citerne aérienne, nous avons utilisé le logiciel ALOHA pour avoir la structure de panache produite en fonction de la variation de quelques paramètres notamment le vent afin de délimiter les différentes zones (le zonage) tel que : la zone rouge (le risque toxique ou contamination), la zone où il ya un risque potentielle d'inflammabilité ou bien ou une zone d'explosion selon les caractéristiques du polluant.

IV.1 Les entrées

Les paramètres d'entrée renseignent la localisation de l'accident, la substance chimique mise en cause, les conditions atmosphériques, les caractéristiques du site et du gazoduc ainsi que les conditions de rejet. Localisation du site : **BATON ROUGE, LOUISIANA**

- date et heure de l'accident : le 20/06/2016 à 22h30mn
- produit chimique étudié : le chlore
- conditions atmosphériques : les paramètres métrologiques (vitesse du vent et température de l'air, humidité relative de l'air, rugosité du sol) sont présentés dans ce tableau suivant :

caractéristique	**Valeur**
vitesse du vent	10 Km/h
Température de l'aire	80℉=26.7C°
humidité	75%
conditions météorologiques	couverture nuageuse (terrain libre)
pression	1.82 atm

1mile=1.61m

Tableau. IV. 1 : paramètres du l'accident 1

IV.2 Méthode d'utilisation ALOHA dans la simulation

Toutes les caractéristiques nécessaires à ALOHA sont alors renseignées. L'utilisateur peut alors décider d'y appliquer un modèle gaussien, un modèle de gaz lourd ou laisser ALOHA décider.

Par la suite, il peut alors demander à ALOHA de tracer les types de menaces : la zone toxique, la zone potentielle d'inflammabilité ou la zone d'explosion selon les caractéristiques du polluant et l'on obtient le type de graphique suivant :

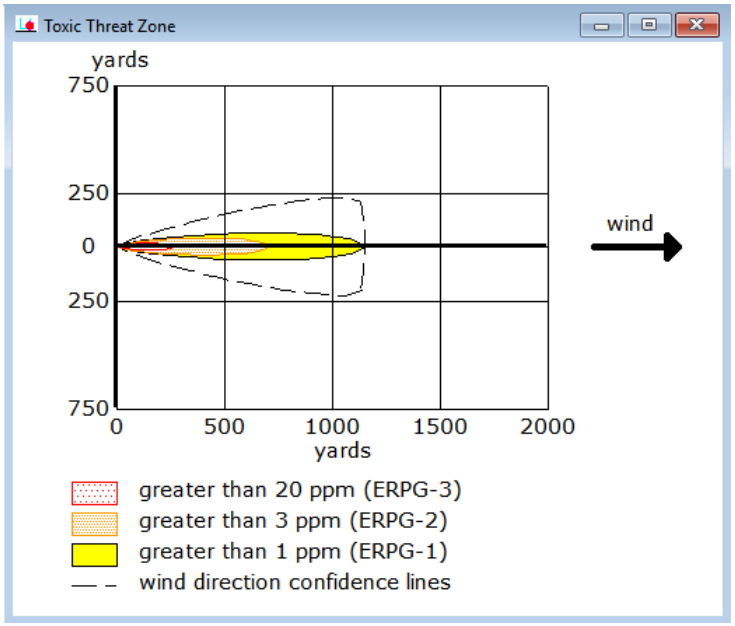


Figure IV 1 Dispersion atmosphérique du propane -1-

2eme cas

caractéristique	**Valeur**
vitesse du vent	3 Km/h
Temperature de l'aire	80℉=26.7C°
humidité	50%
conditions météorologiques	partiellement nuageux (terrain libre)
pression	1.82 atm

1yards =0.91m 400yards =364m

Tableau. IV. 2 : paramètres du l'accident 2

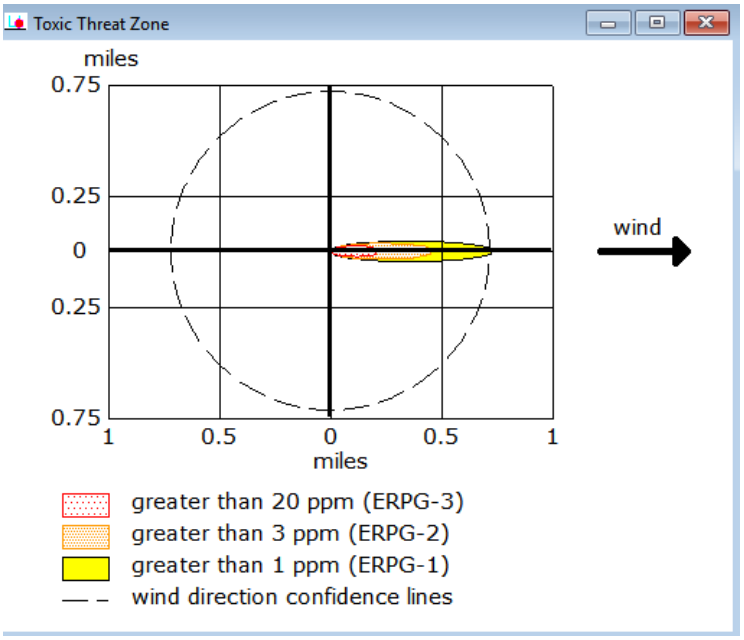


Figure IV 2 Dispersion atmosphérique du propane -2-

3eme cas

caractéristique	**Valeur**
vitesse du vent	40 Km/h
Température de l'aire	80 ℉=26.7C°
humidité	25%
conditions météorologiques	Claire (terrain libre)
pression	1.82 atm

Tableau. IV. 3 : paramètres du l'accident 3

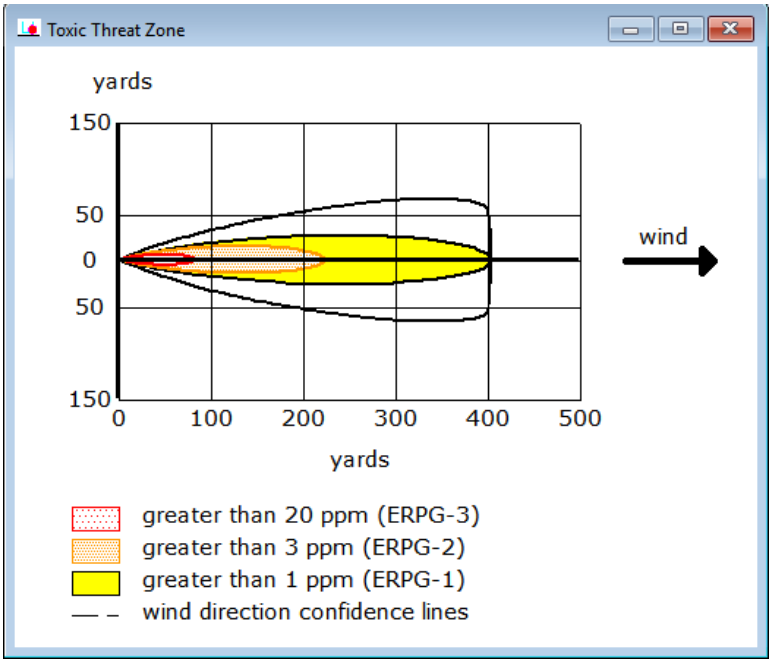


Figure IV 3 Dispersion atmosphérique du propane -3-

Pour la même concentration 9 Pounds/minute =0.07kg/s

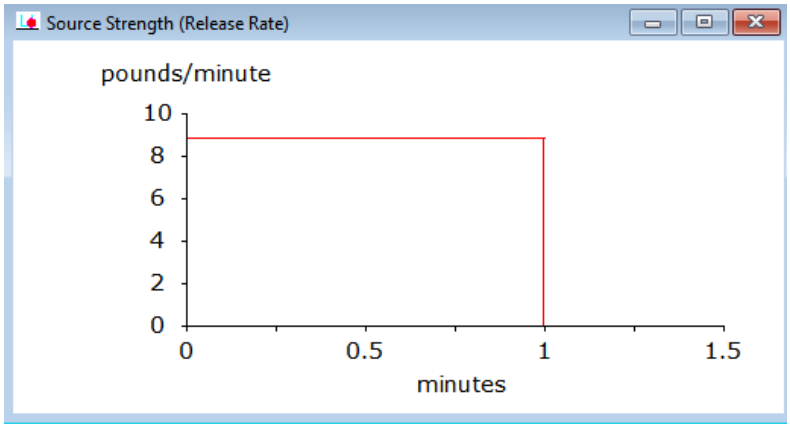


Figure IV 4 le taux de libération moyen

IV.3 Résultat

Nous avons pris la dispersion de gaz propane pour la même flux massique 0.**07kg**/s Mais une vitesse de vent et le taux d'humidité différentes pour les 3 cas suivant (10km/h, 3 et 40km/h) et (Hu=75%, 50% et 25%) respectivement , d'après les figures la vitesse de vent et le taux d'humidité ont une grande influence sur la structure de panache via la dispersion de ce gaz dans l'atmosphère, il est remarquable que dès que la vitesse de dispersion est faible avec un taux d'humidité est moyenne est égale à 50% la panache est très concentré reste très limité par contre dans le cas où la vitesse est égale 10km/h avec un taux d'humidité est à 50% la panache peut atteindre jusqu'à 1365m de longue, dans le où la vitesse est égale à 40km/h avec un taux d'humidité à 25% la longueur de la panache arrive jusqu'à une valeur de 364m, donc d'après les résultats obtenu on peut conclure que la vitesse de vent et le taux d'humidité ont beaucoup d'influence sur la longueur de la panache même dans le sens verticale notamment lorsque le taux d'humidité est élevée (Hu=75%).

IV.4 Les Substance

IV.4 .1 le chlore :

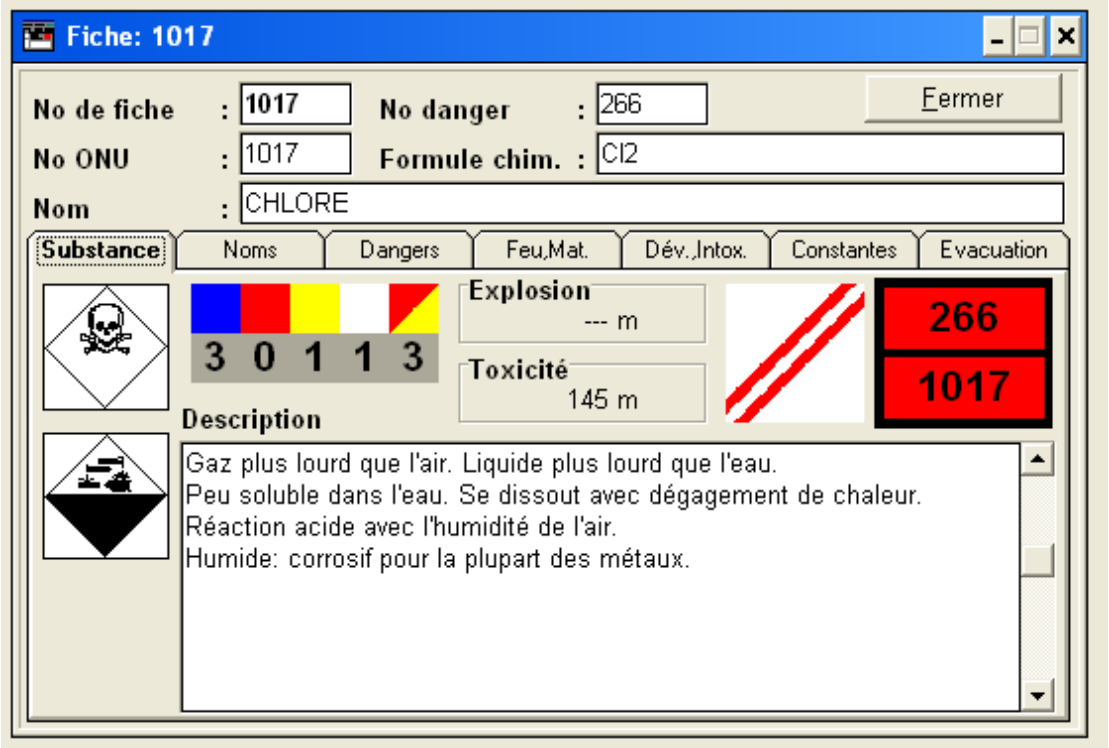


Figure IV 5 informations sur le chlore

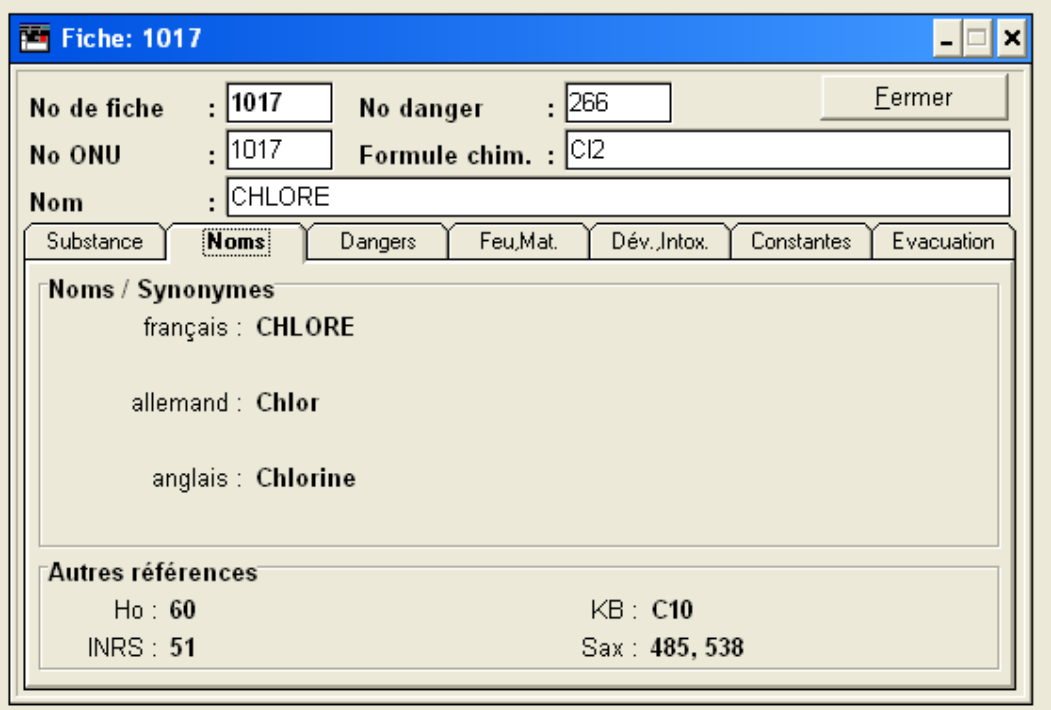


Figure IV 6 synonymes de chlore

Le Nom

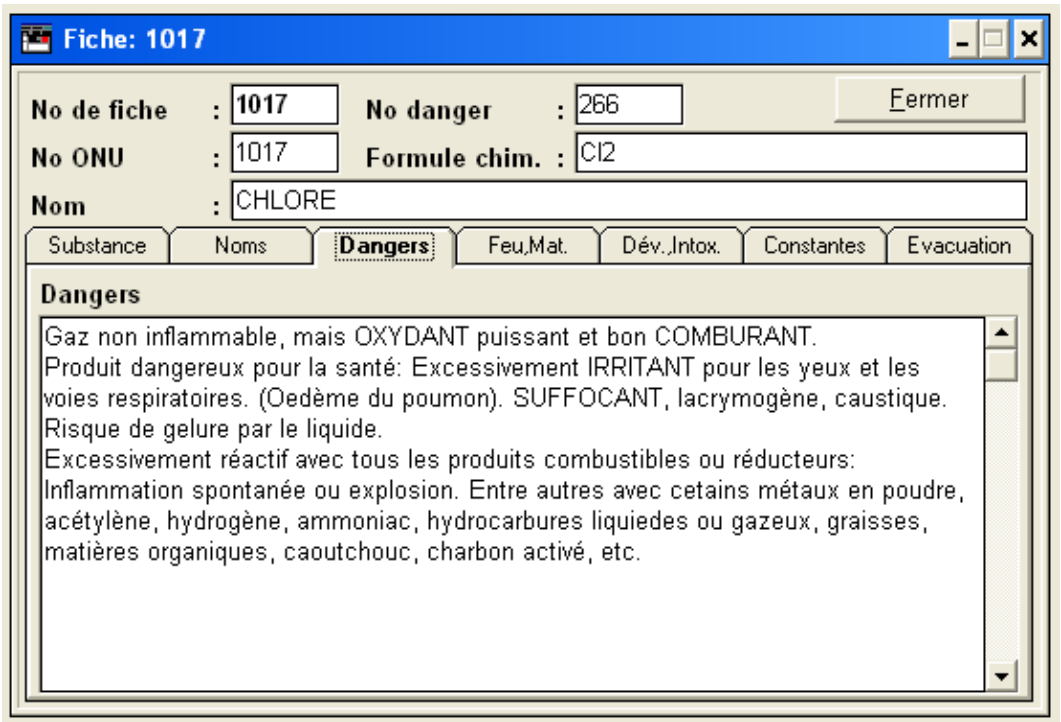


Figure IV 7 le nom de chlore

Le Danger

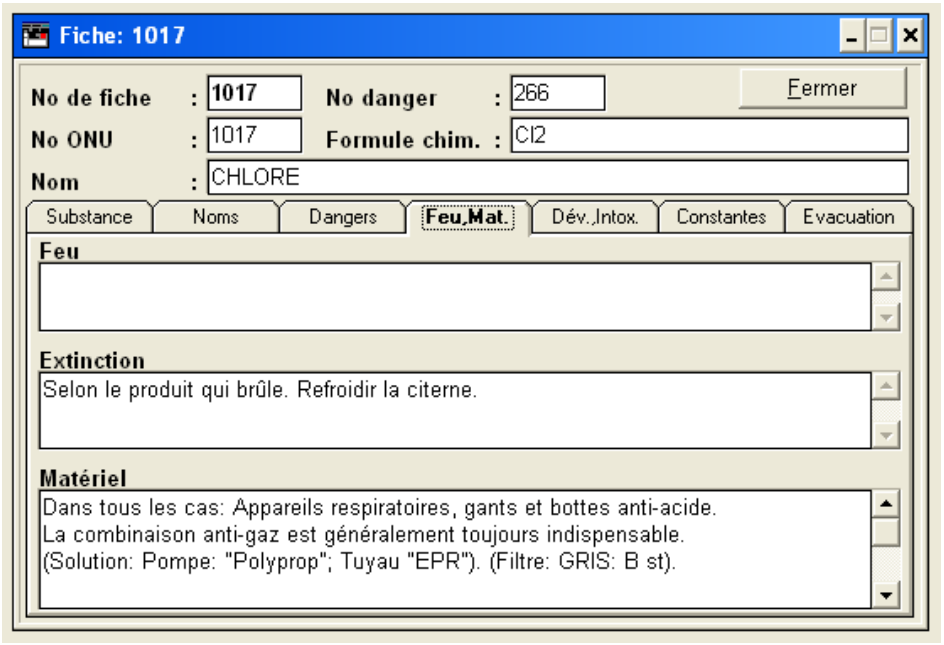


Figure IV 8 le danger de chlore

Feu, Matériel

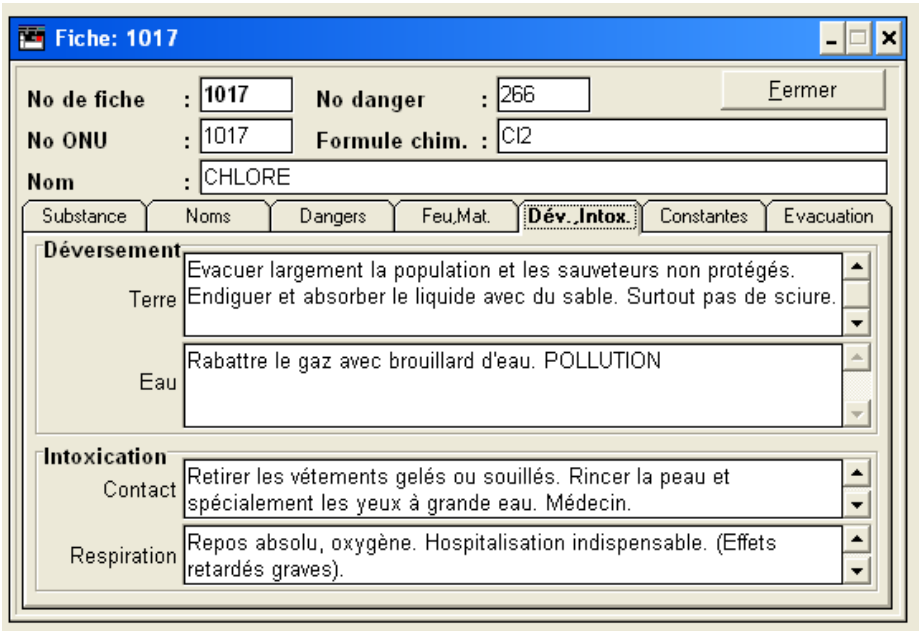


Figure IV 9 Feu, Matériel du chlore

En cas de Déversement, Intoxication

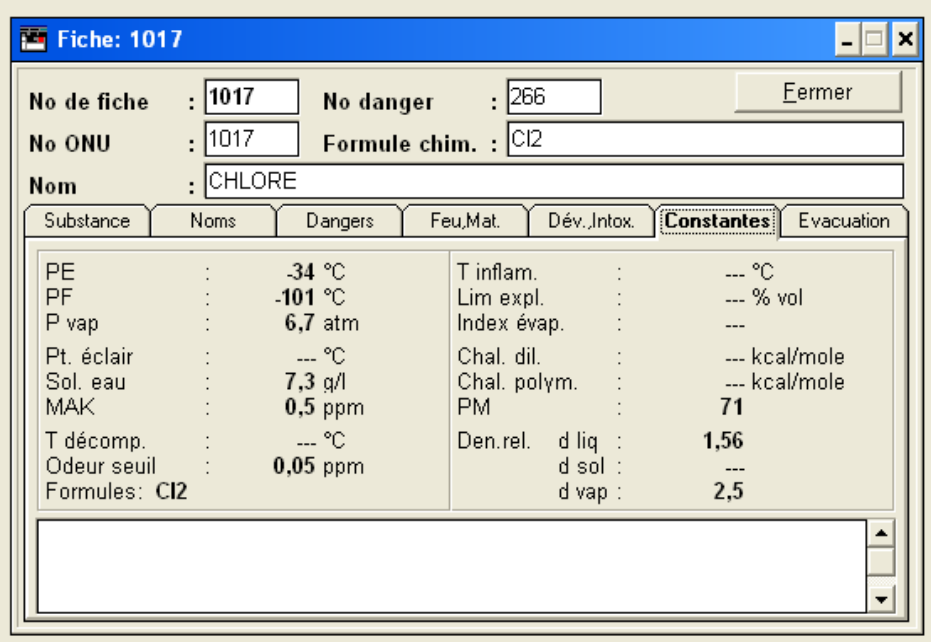


Figure IV 10 Déversement, Intoxication du chlore

Les Constantes

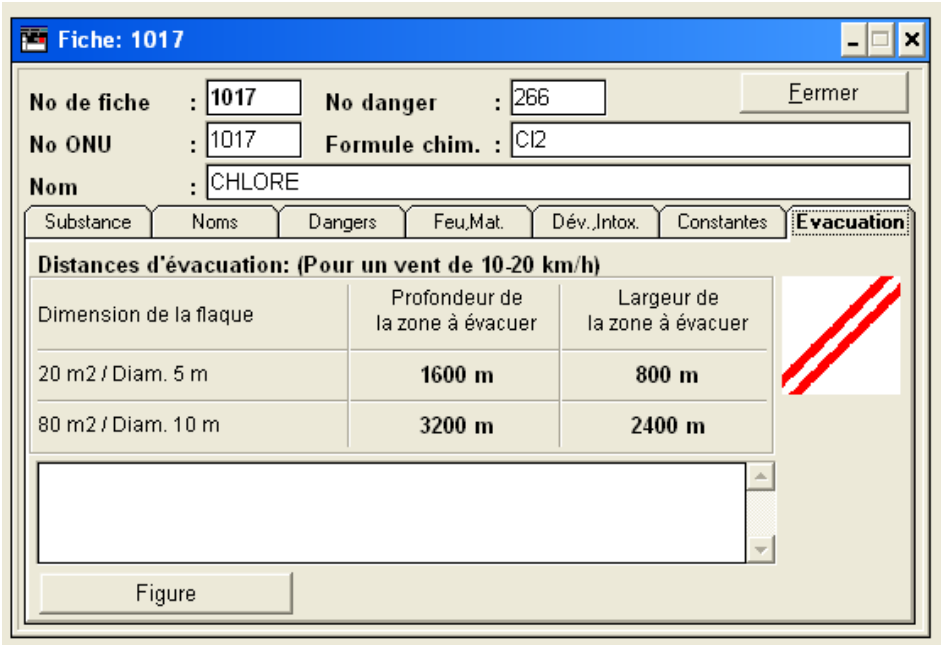


Figure IV 11 les constantes du chlore

Evacuation



Figure IV 12 Schéma d'évacuation

IV.3 .2 Le Benzène

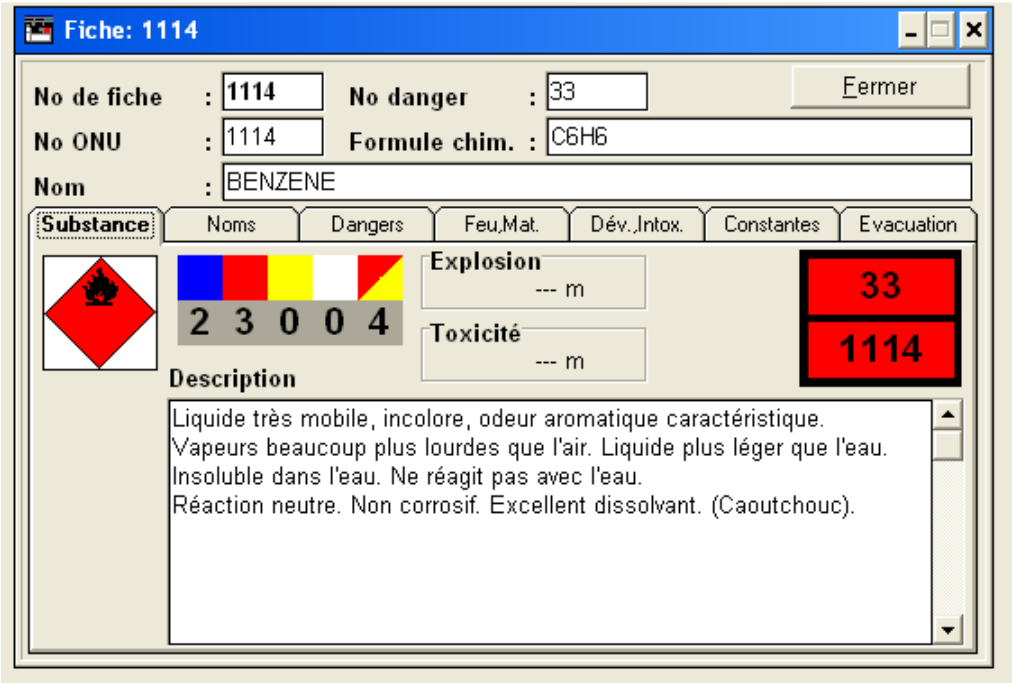


Figure IV 13 informations sur le benzène



Figure IV 14 synonymes du benzène

Le Nom

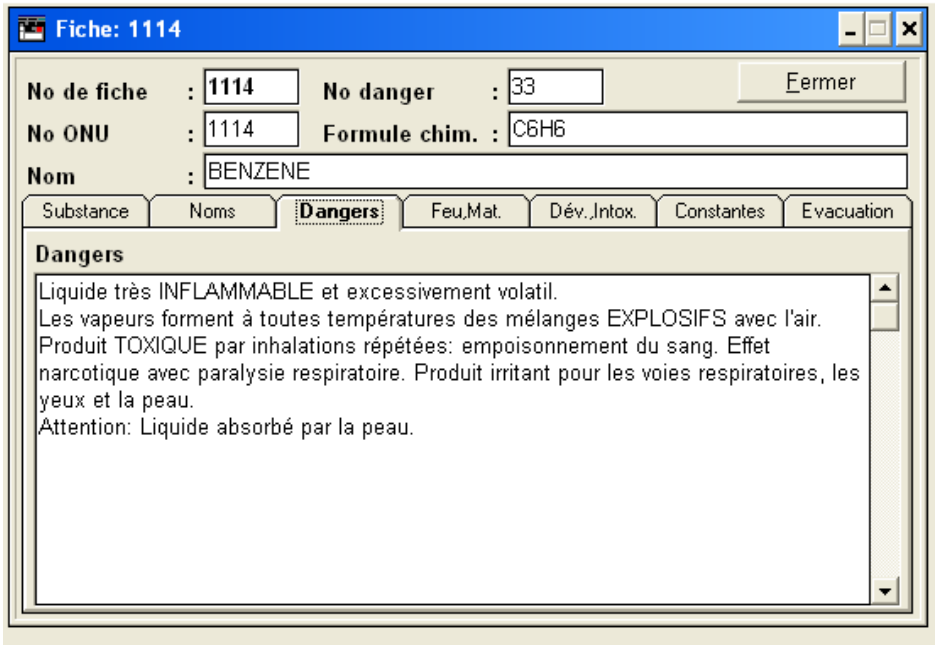


Figure IV 15 le nom du benzène

Le Danger

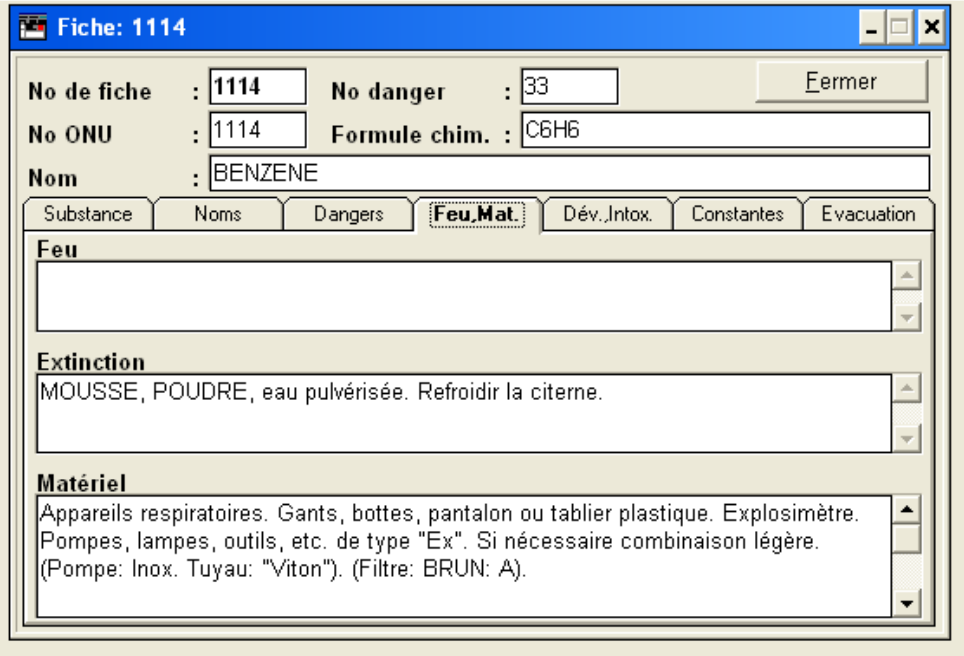


Figure IV 16 le danger du benzène

Feu et Matériel

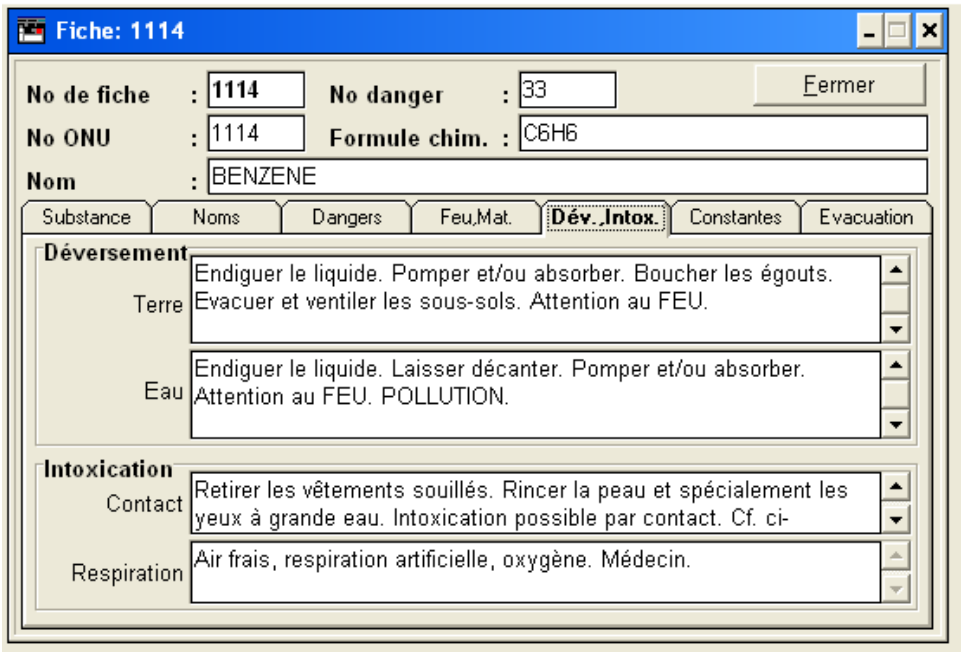


Figure IV 17 feu et matériel du benzène

Déversement et Intoxication

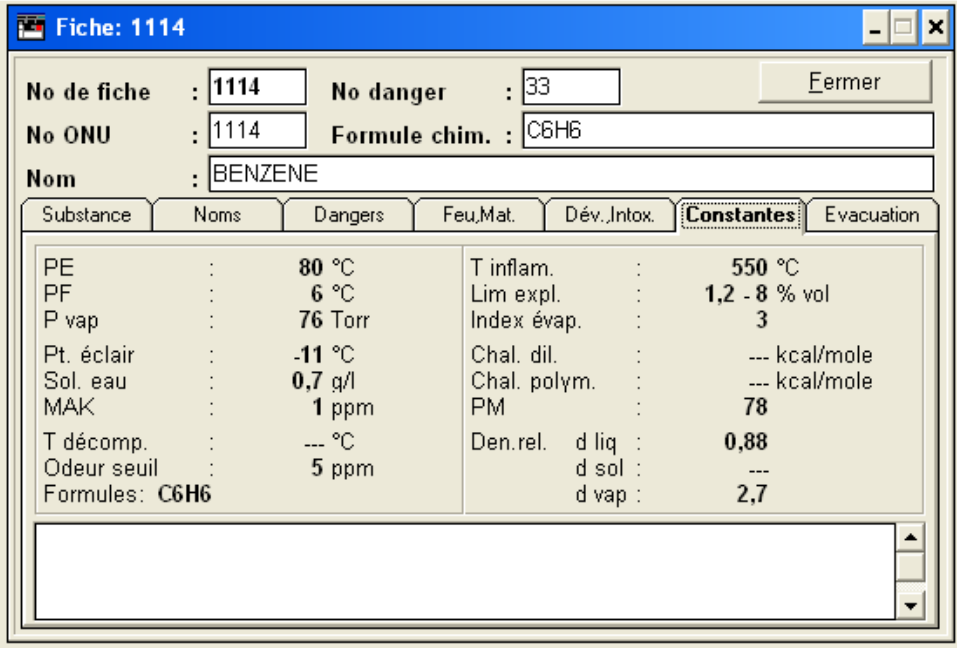


Figure IV 18 déversement et intoxication du benzene

IV.4 .3 Butane

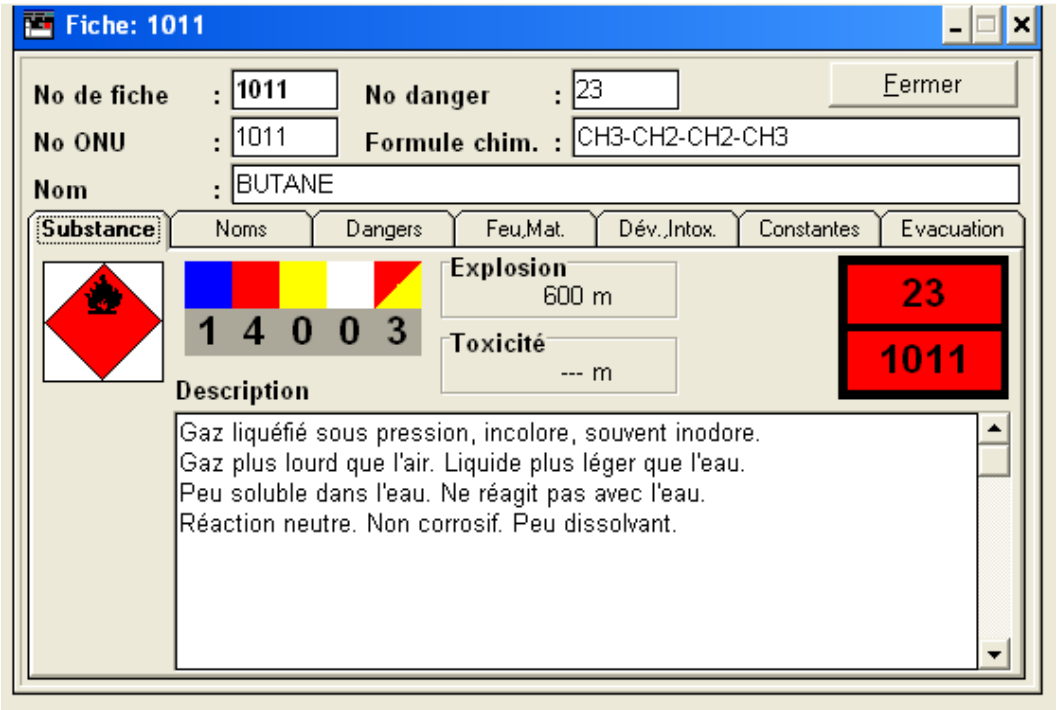


Figure IV 19 informations sur le butane



Figure IV 20 synonymes du butane

Le Nom

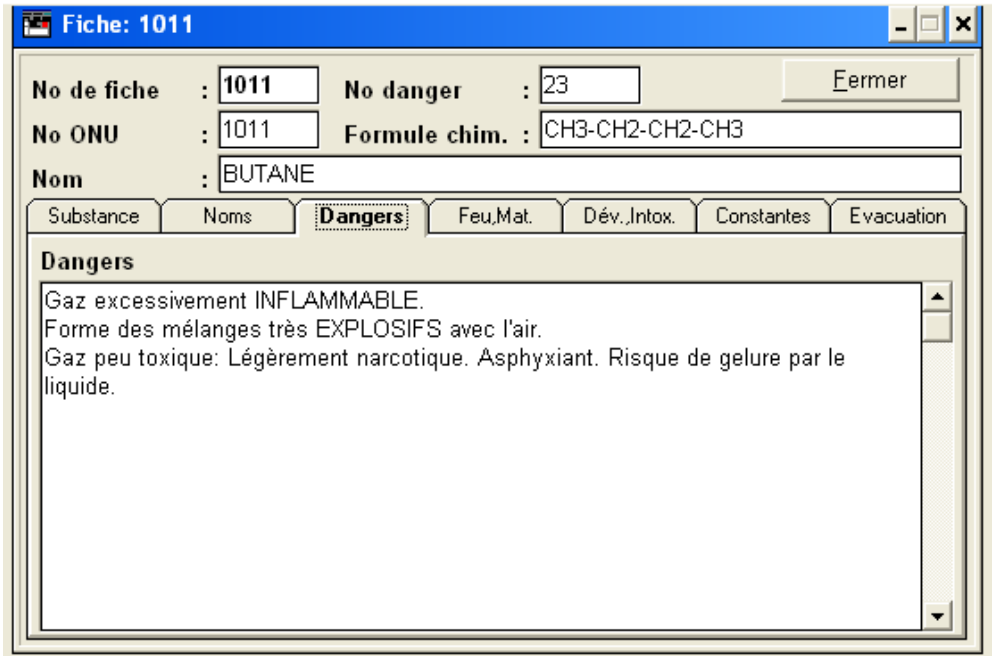


Figure IV 21 le nom du butane

Le Danger

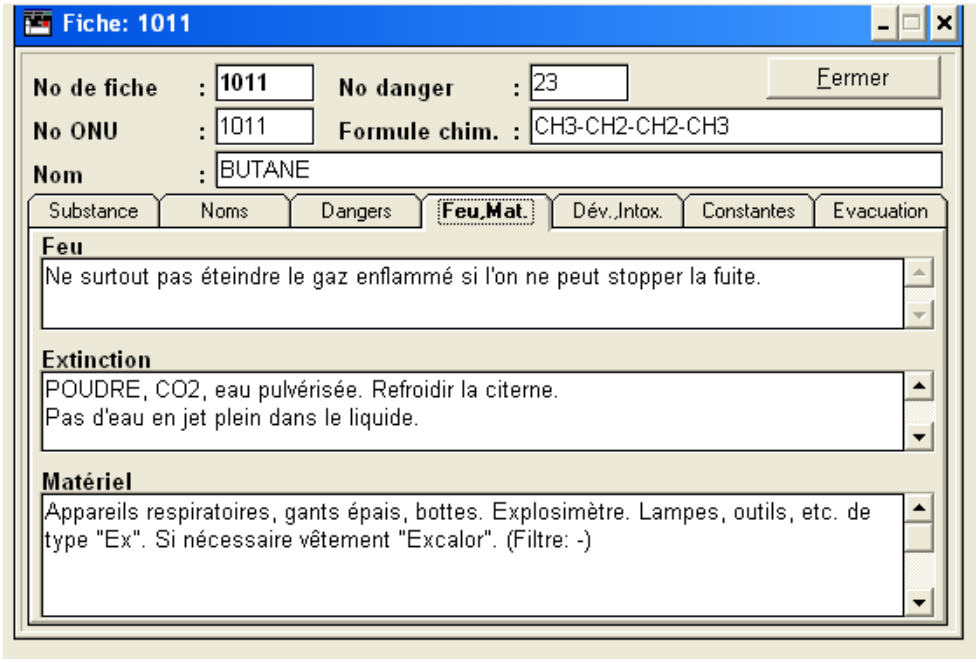


Figure IV 22 le danger du butane

Feu, Extinction et Matériel



Figure IV 23 Feu, Extinction et Matériel du butane

Déversement et Intoxication

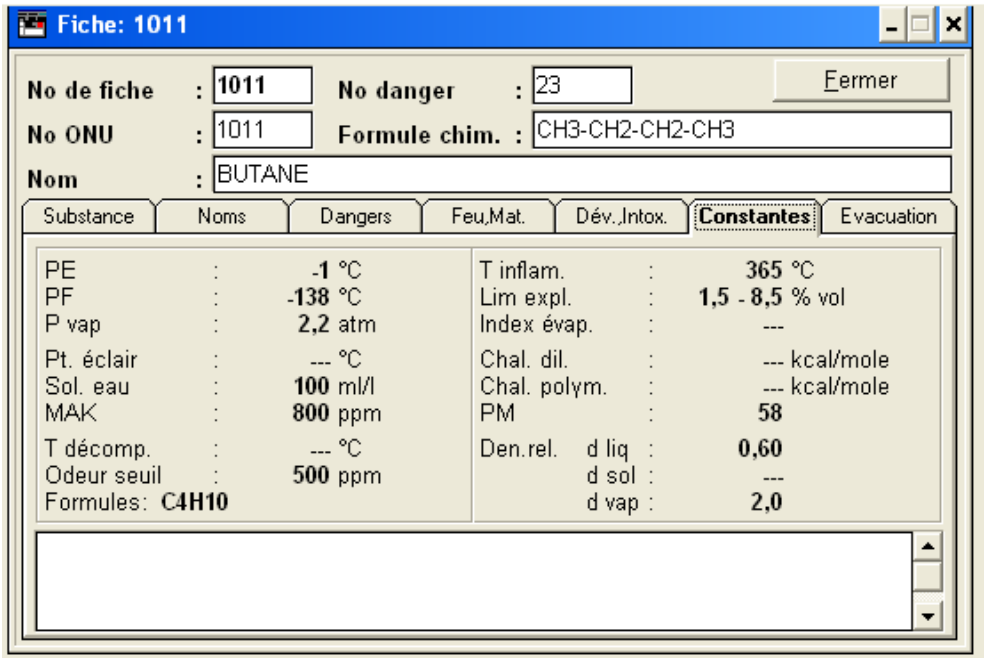


Figure IV 24 déversement et intoxication du butane

IV.4 .4 Le Propane

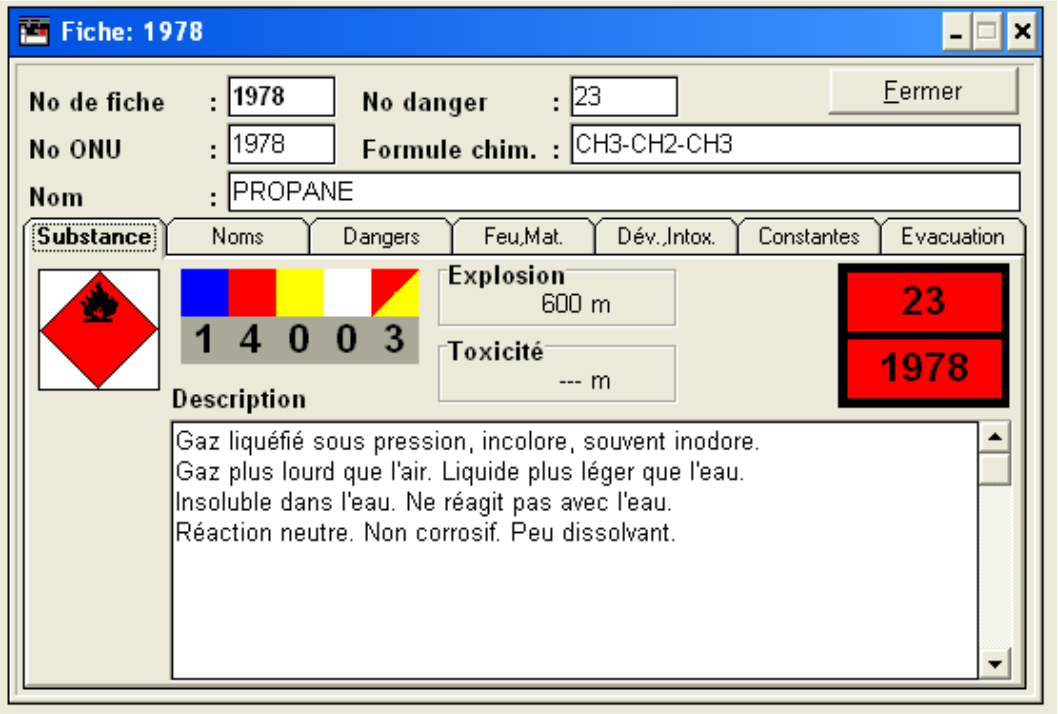


Figure IV 25 informations sur le propane

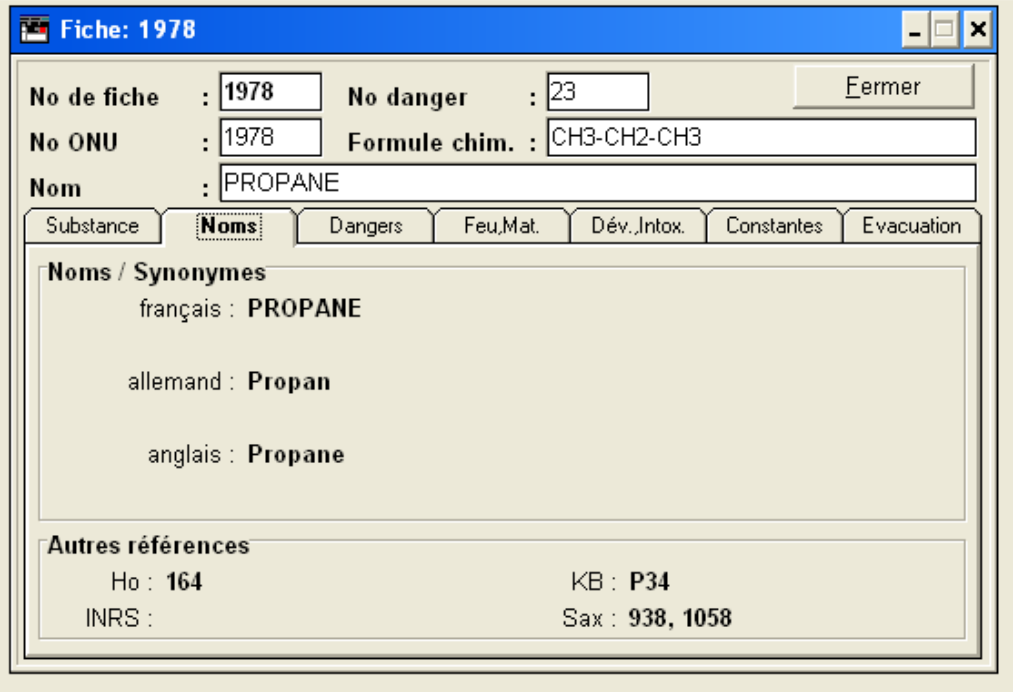


Figure IV 26 synonymes du propane

Le Nom

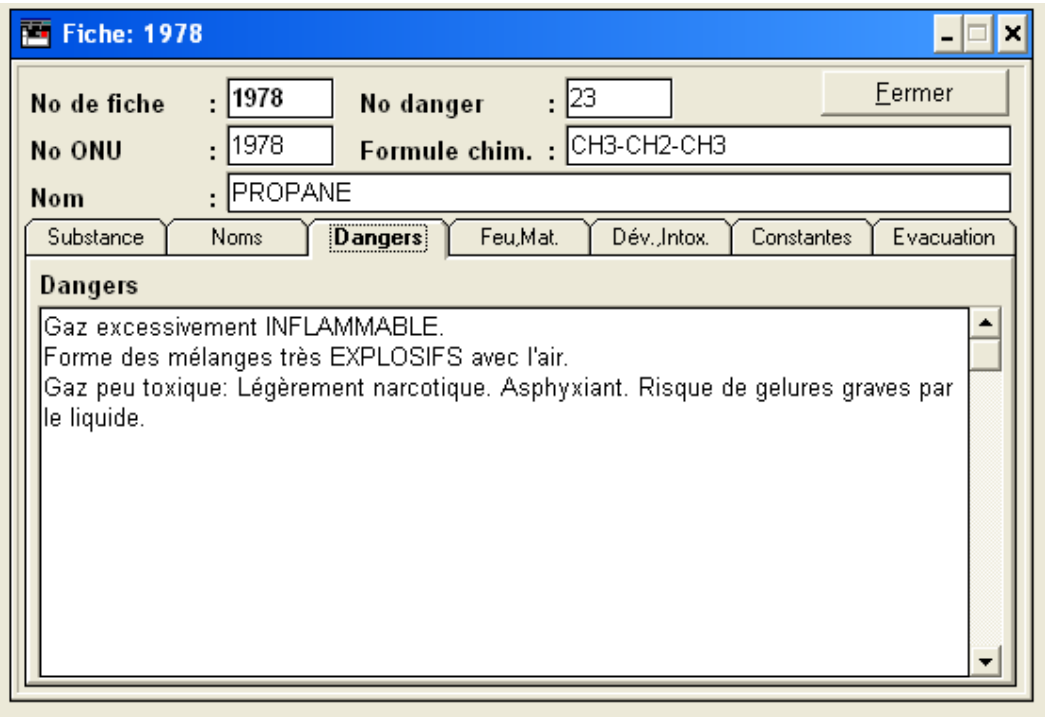


Figure IV 27 le nom du propane

Le Danger

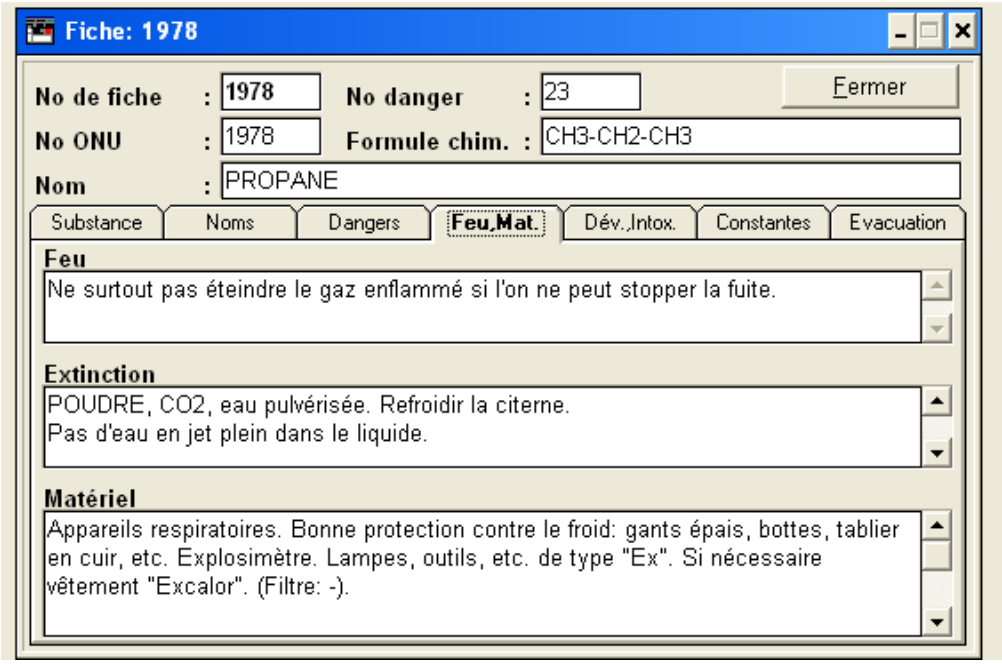


Figure IV 28 le Danger du propane

Feu, Extinction et Matériel

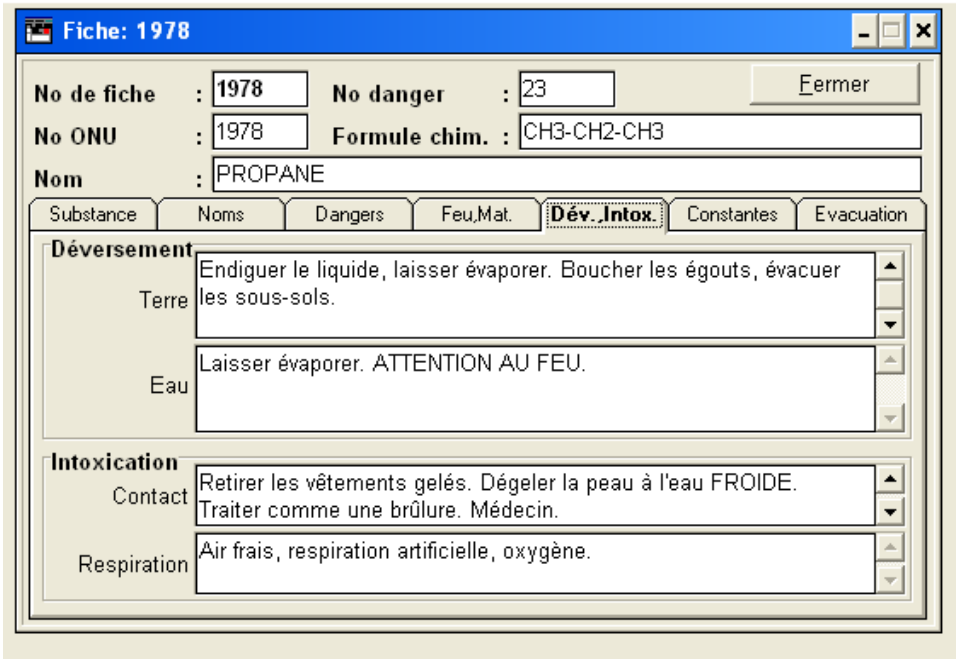


Figure IV 29 Feu, Extinction et Matériel du propane

Déversement et Intoxication

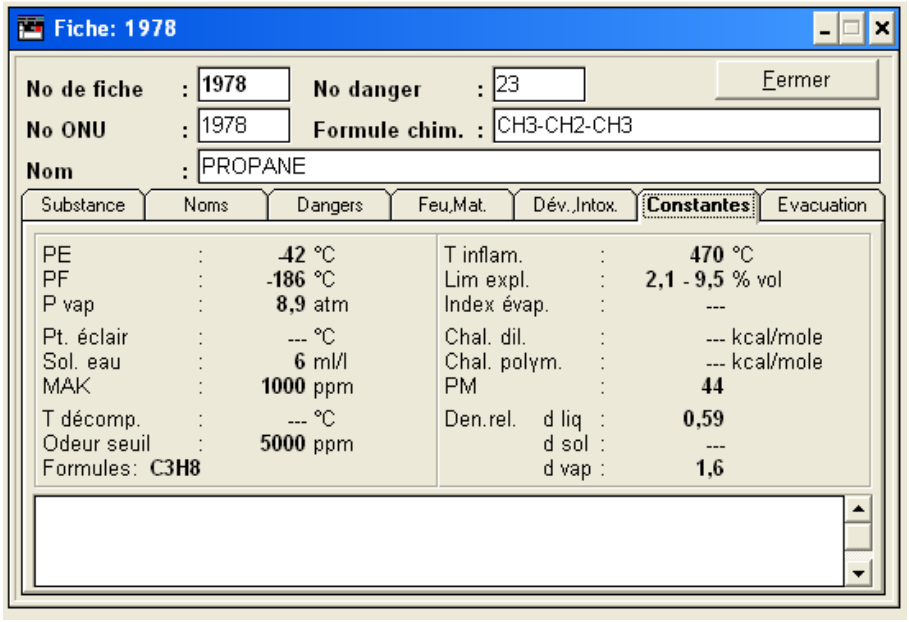


Figure IV 30 déversement et intoxication du propane

IV.5 La comparaison entre le chlore et propane :

Les effets de la dispersion des deux gaz (Chlore et propane) pour deux valeurs de vitesse de vent (10 Km/h et 40 Km/h) sont illustrés sur les figures de IV 33 au IV 36.

A/ Vitesse de vent 10 Km/h

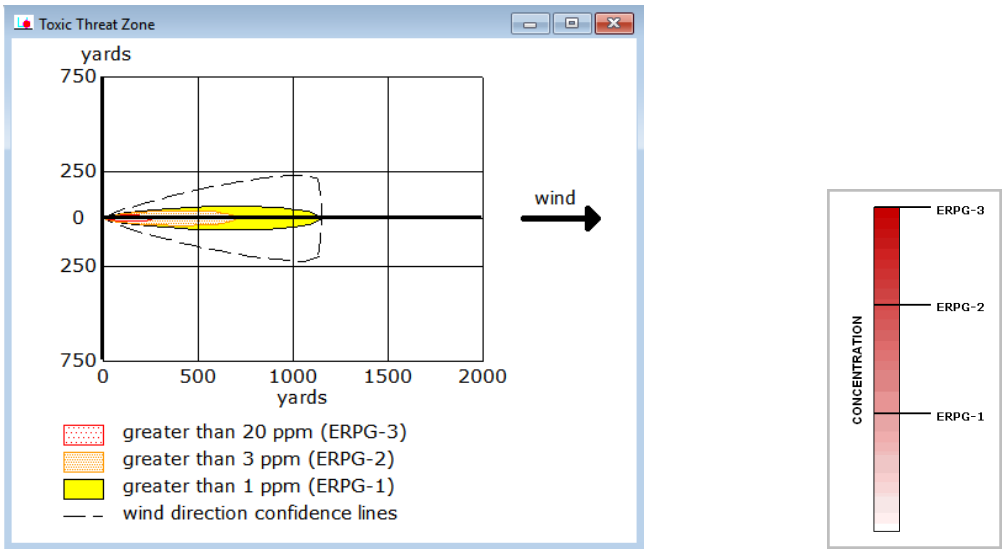


Figure IV 31 Dispersion atmosphérique du chlore-1-

Figure IV 31-33 représentent les différentes zones pour différentes valeurs de concentration qui est définie par ; Les ERPG (Emergency Response Planning Guidelines (ERPGs) estiment les concentrations auxquelles la plupart des gens commenceront à ressentir des effets sur la santé s'ils sont exposés à un produit chimique dangereux en suspension dans l'air pendant 1 heure.

ERPG-3 est la concentration maximale en suspension dans l'air au-dessous de laquelle presque tous les individus peuvent être exposés pendant une heure au maximum sans ressentir ni développer d'effets néfastes sur la santé.

ERPG-2 est la concentration maximale dans l'air en dessous de laquelle presque tous les individus peuvent être exposés pendant une heure au maximum sans ressentir ou développer des effets ou des symptômes graves ou irréversibles sur la santé qui pourraient nuire à la capacité d'un individu à prendre des mesures de protection.

ERPG-1 est la concentration maximale en suspension dans l'air en dessous de laquelle presque tous les individus peuvent être exposés jusqu'à 1 heure sans ressentir plus que des effets néfastes transitoires sur la santé ou sans percevoir une odeur désagréable clairement définie.

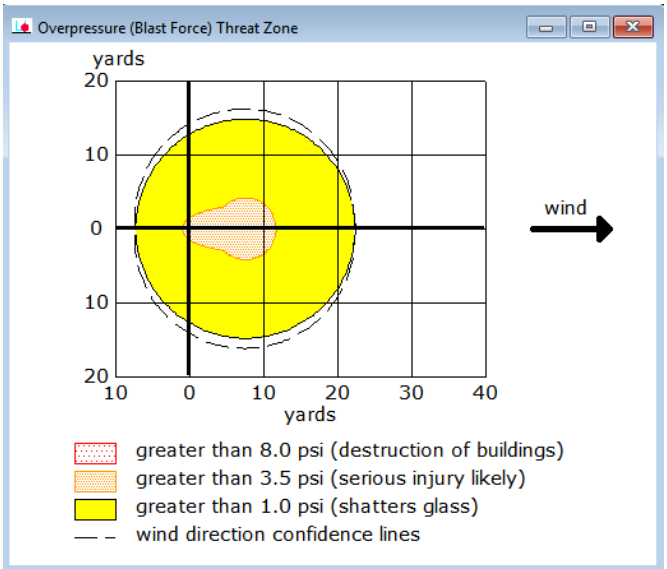


Figure IV 32 Dispersion atmosphérique du propane-1-

Figure IV 32 montre les zones à différentes valeurs de surpression qui définie comme suit ; La surpression, également appelée onde de choc, fait référence au début soudain d'une onde de pression après une explosion. Cette onde de pression est causée par l'énergie libérée lors de l'explosion initiale - plus l'explosion initiale est importante, plus l'onde de pression est dommageable. Les ondes de pression sont presque instantanées, se déplaçant à la vitesse du son. Bien qu'une onde de pression puisse sembler moins dangereuse qu'un incendie ou un nuage toxique, elle peut être tout aussi dommageable et tout aussi mortelle. L'onde de pression rayonne vers l'extérieur et génère des fragments dangereux (tels que des débris de construction et du verre brisé). De plus, ces vagues peuvent endommager les bâtiments ou même les faire tomber à plat, blessant ou tuant souvent les personnes à l'intérieur. Le changement soudain de pression peut également affecter les organes sensibles à la pression comme les oreilles et les poumons.

- 8,0 psi (**pound per square inch**) (destruction de bâtiments)
- 3,5 psi (blessures graves probables)
- 1,0 psi (brise le verre)

1 psi est approximativement égal à 6895 N / m^2

B/ Vitesse de vent 40Km/h

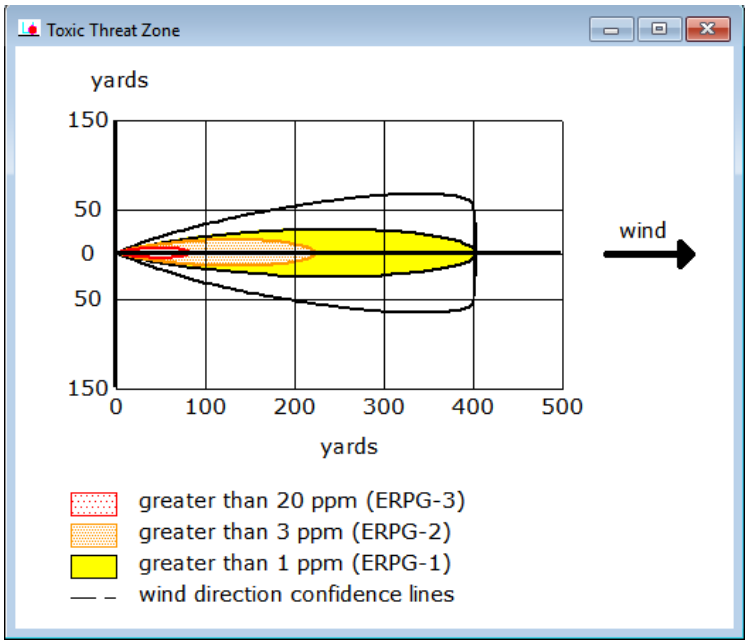


Figure IV 33 Dispersion atmosphérique du chlore -2-

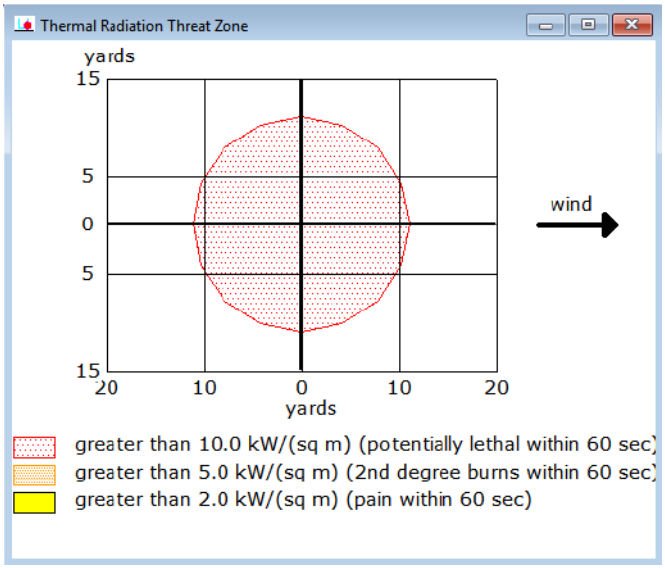


Figure IV 34 Dispersion atmosphérique du propane -2-

Figure IV 34 illustre les niveaux de rayonnement thermique par défaut préoccupants d'ALOHA

Il n'existe aucune directive ou norme bien définie pour évaluer le risque de rayonnement thermique. Ainsi, ALOHA utilise des valeurs de rayonnement thermique par défaut (en kilowatts par mètre carré) qui sont basées sur un examen de plusieurs sources largement acceptées sur le rayonnement thermique:

- 10 kW / (m2) (potentiellement mortel en 60 secondes)
- 5 kW / (m2) (brûlures au deuxième degré en 60 secondes)
- 2 kW / (m2) (douleur dans les 60 secondes)

Les effets du rayonnement thermique que les gens subissent dépendent de la durée pendant laquelle ils sont exposés à un niveau de rayonnement thermique spécifique. Des durées d'exposition plus longues, même à un niveau de rayonnement thermique inférieur, peuvent produire de graves effets physiologiques. Les zones de menace affichées par ALOHA représentent les niveaux de rayonnement thermique; le texte d'accompagnement indique les effets sur les personnes qui sont exposées à ces niveaux de rayonnement thermique, mais qui peuvent se mettre à l'abri en une minute.

Conclusion générale

La plupart du temps, la planification des mesures d'urgence repose sur des hypothèses: à partir d'éléments connus, des scénarios sont élaborés pour tenter de représenter toutes les éventualités. Même si nous souhaitons tous ne jamais y être confrontés, il faut se préparer à faire face à la pire des situations.

Toutefois, il est aussi important que ces scénarios soient réalistes et mènent vers l'élaboration d'une réponse adéquate. En ce sens, la réflexion initiée par les résultats obtenus au cours des analyses de risques constitue une phase fondamentale du processus de planification. Ce chapitre reprend donc cette étape et présente un bilan de la situation pour le site d'étude avant de discuter des principales mesures de protection de la population.

Dans le cadre des analyses réalisées pour ce projet de recherche, seuls les conséquences en terme de populations touchées par la dispersion atmosphérique d'un produit déversé ont été considérées. Toutefois, une étude complète du risque associé au stockage des gaz dangereux devra également tenir compte des autres aspects du risque, notamment en matière d'environnement.

Ce travaille consiste une recherche générale sur les fuites d'un polluant gazeux avec ces caractéristiques leurs utilisations et stockage, la toxicité qui peuvent causer des dégâts pour l'être humain et l'environnement de travail en général.

Ensuite nous avons parlé sur l'application des outils de simulation numérique ALOHA qui contient une présentation et l'objectif de ce logiciel .
En conclusion de l'examen de l'utilisation du logiciel ALOHA (version 5.4.7) , il ressort que le logiciel pourrait être intégré comme un des outils de simulation des phénomènes dangereux.

- Module de calcul des paramètres météorologiques, à partir des observations in situ, bien adapté à l'urgence .
- Intégration des données d'entrée pour le calcul du terme source bien adapté à l'urgence
- Calcul d'effets toxiques.
- calcul de doses toxiques possibles.
- modules disponibles :

modules de terme source de rejet (liquide, diphasique, ..), dispersion de gaz passif et lourd.

- Calcul d'autres effets dangereux (explosion, incendie, ,…)

Références Bibliographie

[1] Mémoire présenté pour obtenir le diplôme de master en génie mécanique .spécialité : énergétique et thermique des systèmes. thème la dispersion des polluants gazeux dans un milieu urbain. (Promo : 2016/2017)

[2] Lionel Soulhac. Modélisation de la dispersion atmosphérique à l'intérieur de la canopée urbaine. Mécanique des fluides [physics.class-ph]. Ecole Centrale de Lyon, 2000. Français.

[3] https://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/CapteEauPluie/citerne_generalite.PDF

[4]https://www.picbleu.fr/page/citerne-de-gaz-reservoir-gpl-propane-caracteristiques-techniques

[5] https://gaz-electricite.ooreka.fr/astuce/voir/192899/citerne-a-gaz-de-chaudiere-quelle-reglementation-s-applique

[6]https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/49269/?fbclid=IwAR0X826VCEsjVcDTmbgGs8yj3cY0PoGIdbgTV_XXUm1EHUnGWLnszWAJdqg

[7] https://www.universalis.fr/encyclopedie/chlore/

[8] https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Chlore.html

[9] file:///C:/Users/binfo/Downloads/FicheTox_51%20(1).pdf

[10] http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_66

[11] https://www.hellowatt.fr/gaz-propane-citerne/

[12] https://www.hellowatt.fr/gaz-propane-citerne/securite-gaz-propane

[13] file:///C:/Users/binfo/Desktop/Nouveau%20dossier/handler.pdf

[14] https://fr.wikipedia.org/wiki/Butane

[15] https://gazissimo.fr/conseils/securite/stockage-bouteille-de-gaz-ou-et-comment-ranger-ma-bouteille

[16] https://www.antargaz.fr/bouteilles-de-gaz/guide-pratique/stocker-sa-bouteille-de-ga

[17] https://www.picbleu.fr/page/les-bouteilles-de-gaz-butane-sont-elles-dangereuses

[18] https://selectra.info/propane/guides/usages/butane

[19] https://www.butagaz.fr/sites/default/files/documents/fds_butane-_janv2016.pdf

[20] https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/environnement-securite-th5/icpe-reglementation-integree-42439210/etude-de-dangers-des-icpe-g4214/prevention-des-feux-de-nappe-g4214niv10001.html

[21] http://www.fkgmaroc.com/donnee/uvce.pdf

[22] file:///C:/Users/binfo/Desktop/Nouveau%20dossier/hyg%20TOUAHAR%20BACHIR , ALOHA - Areal Locations of Hazardous Atmospheres. User's Manual/february 2006. U.S. Environmental Protection Agency - National Oceanic And Atmospheric Administration.

[23] http://hmf.enseeiht.fr/travaux/CD1011/bei/beiere/groupe5/node/98