



Mémoire de Magister

THEME

**«Scénarii d'Incendie - Explosion au niveau du  
complexe pétrochimique de Skikda »  
Etude de cas: Unité éthylène**

Présenté par **Chafik Guerzi**  
Soutenu le **09/01/2011**

**Membres du jury**

Président : Pr M. Bouziani, Université d'Oran  
Examineur : Pr D. Benachour, Université de Sétif  
Examineur : Pr S. Ould Kadda, Université d'Oran  
Membre invité : Dr Benachenhou, Directeur HSE, Activité Aval Gr SH  
Encadreur : Pr Y. Khatir, Université d'Oran  
Co encadreur Dr A. Belkhatir, Université Paris 1-13, France

## REMERCIEMENTS

*« Mes plus vifs remerciements vont à l'ensemble du personnel du Complexe Matières Plastiques de SKIKDA et plus particulièrement aux responsables de l'unité éthylène.*

*Aussi, je remercie mes Encadreurs Pr KHATIR, et Dr BELKHATIR pour les conseils éclairés qu'ils m'ont prodigué tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Mes reconnaissances ainsi que mes respects vont également au Professeur BOUZIANI pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence du Jury.*

*Mes remerciements s'adressent également aux Pr BENACHOUR, Pr OULD Kadda, et Dr BENACHENHOU pour avoir accepté de faire partie de ce Jury*

*Mes remerciements vont également au Dr GUENACHI et à l'ensemble de mes professeurs de l'Ecole Ecole Doctorale Risques Industriels Technologiques et Environnement».*

# Résumé

---

## Résumé

La zone industrielle de Skikda, de part le nombre d'installations pétroliers et pétrochimiques, présente des risques très élevés, notamment à l'exploitation dans ces installations.

En effet, la nature des produits exploités, pétrole et gaz, sous de très hautes températures et pressions fait que les risques d'explosion et leurs conséquences peuvent être catastrophiques sur l'ensemble de la zone et même sur la ville de Skikda.

L'étude des risque incendie explosion que nous avons fait au niveau du complexe pétrochimique de Skikda montre la problématique de la sécurité des installations dans un pareil enchevêtrement d'unités. Il serait souhaitable et même nécessaire de mettre l'accent sur la rénovation et la mise à niveau des différente installations notamment sur l'aspect exploitation et sécurité à même de prévenir et ou de contenir les potentiels dysfonctionnements pouvant survenir en mettant les barrières nécessaires.

L'outil méthodologique MADS MOSAR est une des approches à la solution de cette situation.

**Mots clés :** Skikda, risques, pétrole et gaz, catastrophiques, incendie, explosion, complexe, pétrochimique, sécurité, barrières, MADS MOSAR.

## Summary

The industrial zone of Skikda, on both the number of petroleum and petrochemical facilities, this very high risk, including operations in these facilities.

Indeed, the nature of the products used, oil and gas, high temperatures and pressures that the risks of explosion and the consequences can be devastating on the whole area and even the town of Skikda.

The study of fire risk explosion we did at the petrochemical complex in Skikda shows the issue of plant safety in such a tangle of units. It would be desirable and even necessary to focus on the renovation and upgrading of different facilities including the appearance and operation safety and even prevent or contain potential problems that may occur through the barriers necessary.

The methodological tool MADS MOSAR is one approach to solving this situation.

**Keywords:** Skikda, risks, oil and gas, catastrophic, fire, explosion, complex, petrochemical, barriers, MADS MOSAR

## Abréviations

---

### **Abréviations :**

**LIE :** Limite inférieure d'explosivité: concentration minimale d'un gaz ou d'une poussière combustible dans l'air pour former un mélange capable d'exploser en présence d'une source d'inflammation spécifiée (méthane : 5% en volume, poussière de blé : 50 g/m<sup>3</sup>) ; en dessous de la LIE, le mélange est dit "trop pauvre" pour exploser

**LSE :** Limite supérieure d'explosivité : concentration maximale d'un gaz dans l'air pour former un mélange capable d'exploser en présence d'une source d'inflammation spécifiée (méthane : 15% en volume) ; au dessus de la LSE, le mélange est dit "trop riche" pour exploser.

**ADF :** Antidéflagrant

**ATEX :** atmosphères explosif

**IC :** Installations classées

**ICPE :** Installation classées pour la protection de l'environnement

**P.O.I. :** Plan d'Opération Interne : plan de secours établi par l'entreprise et déclenché sous sa responsabilité. Le POI définit l'organisation des secours nécessaire à la gestion d'un sinistre interne à l'établissement et n'ayant pas de répercussion sur les populations hors du site. Le POI est obligatoire pour les installations classées Seveso seuil haut et peut être prescrit par le préfet à certaines installations dont les caractéristiques sont de nature à nécessiter une telle organisation des secours (risques d'effets domino avec d'autres installations, par exemple)

**P.P.I :** Plan Particulier d'Intervention : plan de secours établi sous l'autorité du Préfet pour les installations classées Seveso seuil haut, qui prévoit la mobilisation des services de secours publics et de l'ensemble des services de l'Etat concernés. Le PPI est déclenché par le préfet lorsque les conséquences d'un accident grave dépassent les limites de l'usine ; le directeur du site reste cependant le directeur des opérations de secours internes au site

**P.P.R :** Plan de Prévention des Risques : instrument d'action de l'état dont l'objet est de cartographier les zones soumises à un ou plusieurs risques naturels et d'établir les règles d'urbanisme qui s'appliqueront au bâti existant ou futur pour réduire leur vulnérabilité. Une fois approuvé par le préfet, il vaut servitude d'utilité publique et est annexé au P.L.U. (plan local d'urbanisme)

## Abréviations

---

**P.P.R.T** : Plan de Prévention des Risques Technologiques : instrument d'action de l'état dont l'objet est de cartographier, autour des installations classées à haut risque, des zones à l'intérieur desquelles l'expropriation est possible pour cause de danger potentiel très grave menaçant la vie humaine, celles à l'intérieur desquelles les communes peuvent donner aux propriétaires un droit de délaissement et celles à l'intérieur desquelles les communes peuvent préempter les biens à l'occasion de transferts de propriétés Une fois approuvé par le préfet, il vaut servitude d'utilité publique et est annexé au Plan local d'urbanisme

**PPRT** : Plan de prévention des risques technologiques

**BLEVE** : Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion : expression américaine adoptée pour décrire un type particulier d'explosion, une explosion de gaz en expansion provenant d'un liquide en ébullition. Si le gaz en question est inflammable, il y a formation d'une boule de feu avec un rayonnement thermique intense

**Boil-over** : Phénomène qui peut se produire quand il y a présence d'un film d'eau dans un réservoir d'hydrocarbure et que celui-ci est chauffé par un incendie ; la vaporisation brutale peut provoquer une boule de feu de par la projection du carburant enflammé

**U.V.C.E** : Unconfined Vapor Cloud Explosion : explosion d'un nuage de gaz en milieu non confiné. Suite à une fuite de gaz combustible, le mélange du gaz et de l'air peut former un nuage inflammable qui rencontrant une source d'allumage peut exploser. Les effets sont essentiellement des effets de surpression.

**ENS** : événements non souhaité

**REX** : Retour d'expérience : analyse détaillée d'un événement et de ses effets à partir des constats qui ont été faits, pour en tirer des enseignements

**T.N.O**: The Netherlands Organization of applied Scientific Research

**RBF** : Rayon de la boule de feu

**TBF** : Temps de la boule de feu.

**MADS** : Méthodologie d'Analyses des Dysfonctionnements des Systèmes.

**MOSAR** : Méthode Organisée et Systémique d'Analyse de Risque.

## Abréviations

---

**AMDEC** : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité

**HAZOP**: Hazard and Operability Study

**Cyndinique** : Science qui étudie les risques. Ce terme employé depuis les années 1980 désigne une approche du risque qui se veut transdisciplinaire et systémique

# Table des matières

---

## Table des matières

Introduction générale .....	01
Problématique .....	03
<b>CHAPITRE I: la gestion des risques et la science du danger</b>	
I.1 Le risque .....	04
I.2 Le Risque Majeur.....	04
I.3 Le Risque technologique.....	04
I.4 Le risque industriel majeur.....	05
I.5 De la notion de sécurité à la notion de risques technologiques.....	05
I.6 Politique de prévention des risques.....	07
I.6.1 Enjeux de la prévention des risques.....	07
I.6.2 Objectifs.....	08
I.6.3 Actions.....	08
I.7 La gestion des risques technologiques.....	08
I.8 L'acteur principal dans la gestion des risques.....	09
I.9 L'incendie .....	10
I.10 L'explosion .....	11
I.10.1 Les effets de l'explosion.....	11
I.10.2 Comment prévenir les explosions ou en limiter les effets .....	12
I.11 L'estimation des conséquences des événements indésirables de l'industrie .....	12
I.12 Les conséquences des événements indésirables.....	12
I.13 Les différents types d'effets .....	13
I.13.1 Les effets thermiques .....	13
I.13.2 Les effets de surpression.....	14
I.13.3 Les effets toxiques.....	14
I.14 Evaluer les conséquences des risques.....	14
I.15 Etude des effets dominos.....	16
I.16 Science du danger .....	16
I.16.1 Événement Non Souhaité .....	16
I.16.2 Le processus de danger .....	17

# Table des matières

---

## **CHAPITRE II : Description du site et son environnement**

II.1 Présentation de l'entreprise ENIP.....	19
II.2 Description du site CP1K.....	20
II.2.1 Historique.....	20
II.2.2 Objectif du complexe CP1/K.....	20
II.2.3 Contexte géologique et géotechnique, hydrogéologie.....	21
II.2.4 Contexte géographique et topographique du Complexe.....	22
II.2.5 Principales installations du CP1K .....	25
II.3 Transformations quantitatives au niveau du complexe .....	29
II.4 Echelles retenues pour le site .....	30
II.5 Cartographie des risques .....	33
II.6 Présentation de l'unité éthylène (description du procédé).....	35
II.6.2 Propriété de l'Ethane .....	36
II.6.3 Section craquage .....	36
II.6.4 Section compression .....	39
II.6.5 Section purification .....	42
II.6.6 Section stockage .....	45
II.6.7 Déchargement et chargement de l'éthylène sur navire .....	46
II.6.8 Produits chimiques dangereux utilisés à l'unité éthylène.....	47
II.6.9 Risques présentes par l'unité d'éthylène.....	48
II.6.10 Incendie Explosion unité éthylène .....	48
II.6.10.1 Vraisemblance .....	48
II.6.10.2 Gravite .....	49
II.6.10.3 BLEVE du E FB 801 .....	49
II.7 Accident de voisinage .....	55
II.7.1 Vraisemblance .....	55
II.7.2 Gravité .....	55
<b>CHAPITRE III : réglementation et retour d'expérience</b>	
III.1 Réglementation.....	56
III.1.1 Réglementation algérienne.....	56
III.1.2 Réglementation internationale.....	57
III.1.3 Normes internationales.....	58
III.2 Retour d'expérience .....	61

## Table des matières

---

III.2.1 Au niveau de la zone industrielle de Skikda.....	61
III.2.3 Au niveau international .....	63
III.2.4 le quotidien de l'entreprise .....	66

### **CHAPITRE IV application de MADS MOSAR à l'unité éthylène**

IV.1 Introduction à la méthode MOSAR.....	69
IV.2 Méthodologie MADS.....	69
IV.3 Méthode MADS-MOSAR appliquée à l'unité éthylène.....	74
Conclusion générale .....	106
Références bibliographiques .....	107
Annexes .....	108
Index des figures.....	113
Index des tableaux.....	115

# Introduction

---

## INTRODUCTION

Les incendies et les explosions sont des initiateurs potentiels d'accidents majeurs pour les installations industrielles en général et en particulier dans les complexes et unités de transformation des produits pétroliers.

Dans ces installations une explosion peut induire des dispersions de produits inflammables, toxiques, corrosifs et entre autre une perte de contrôle de l'installation.

On peut observer différents types d'explosions, soit celles résultant d'une combustion à vitesse élevée qui peut se produire au sein même d'un produit, soit au sein du mélange d'un gaz avec l'air, ou celles résultant de la mise en présence de substances chimiques dites incompatibles.

D'autres explosions peuvent être observées à savoir, celles dues à une rupture d'un réservoir ou d'un réacteur, due à une augmentation excessive de la pression du produit contenu ou à l'affaiblissement localisé de la résistance de ses parois.

Les risques d'explosion, incendies générés par l'exploitation des produits pétroliers et gaziers, montrent la problématique que peut engendrer une explosion dans une unité pétrochimique et les conséquences sur les installations de l'unité autant que celles des unités avoisinantes et l'environnement en général. Lorsque ces risques surviennent, ils peuvent être catastrophiques à l'image de la catastrophe du GL1K de Skikda qui s'est traduit par la destruction presque totale du complexe et la mort de 27 agents ainsi qu'un nombre important de blessés et de traumatisés. Cet accident a eu des répercussions jusqu'à la ville de Skikda qui se trouve à environ 03 km.

Considérant l'industrie des thermoplastiques, qui a la particularité d'utiliser des produits hautement explosifs et inflammables tel que l'Ethylène qui est un produit de base de la production des thermoplastiques et dont le seuil de l'explosivité est très élevé (03% - 32%), ainsi que la production de polyéthylène basse densité nécessitant des pressions très hautes (2200 bars). Il est important de souligner la dangerosité de l'exploitation d'un tel ensemble, au sein d'une zone industrielle, avec comme unités avoisinantes les complexes de gaz, une raffinerie de 15000 000 de tonnes et du terminal pétrolier (stockage de brut).

Toutes ces unités présentent à leur tour des risques importants d'explosion et d'incendie de part l'utilisation dans leur exploitation de produits pétroliers et gaziers.

## Introduction

---

Cette concentration d'usine au sein d'une même zone et relier les uns aux autres, ainsi que les différents incidents survenus durant leur exploitation ou comme l'accident du GLIK (destruction du complexe), du terminal pétrolier (destruction de 02 bacs de brut) ainsi que l'incident du CPIK (fuite de chlore) nous a poussé à l'élaboration de scénarios basés sur la méthode MADS MOSAR vue sous l'angle macroscopique (ne considérant que les risques principaux), complétée par l'approche systémique afin d'étudier l'évolution de la catastrophe et son impact sur l'ensemble de la région de Skikda.

L'objectif de cette étude est de montrer qu'un système, concept de base de l'approche systémique, est un ensemble d'éléments en relation les uns avec les autres et formant un tout; les installations, les produits manipulés, l'environnement et l'homme sont à la fois système source de danger et système cible, les interactions entre eux sont permanentes.

## Problématique

Le complexe pétrochimique CP1/K est implanté dans la zone industrielle de la ville de SKIKDA située sur la côte de l'Est algérien. Cette usine est destinée pour la fabrication de produits thermoplastiques de base pour les besoins de l'industrie de transformation des plastiques et de la production de dérivés tels que l'éthylène, polyéthylène, VCM, PVC, et chlore soude. Par ailleurs, d'autres unités se trouvent installées dans cette zone telle que les unités GNL, GPL, PEHD ainsi que des lieux de stockage de produits d'une raffinerie et d'un terminal pétrolier.

Ce regroupement industriel de complexes diversifiés par l'utilisation et la transformation de produits à base de pétrole en majorité n'est pas à l'abri d'évènements redoutés tels que les incendies et / ou explosion. En effet les produits à base de pétrole sont caractérisés par leurs propriétés physicochimiques comme l'inflammabilité, l'explosivité et/ou leurs propriétés chimique telles que la toxicité lesquelles en cas d'évènement redoutés sont susceptibles de provoquer des dommages sur la population, les installations et l'environnement, et seront aggravés par l'effet domino dû à la proximité des autres unités de production.

En vertu des sciences des risques l'évènement non souhaité (ENS) ne peut survenir au hasard ou ne relève pas de la fatalité mais il est bien le résultat d'un enchaînement de plusieurs évènements qui sont susceptibles de provoquer un accident. L'identification de la nature du danger et la description des situations dangereuses permettent la recherche du générateur des ENS. Les scénarii d'accidents comme les incendies et / ou les explosions sont des techniques de danger, étayées par le REX, ces dernières permettent d'élaborer des moyens de prévention et de protection face aux évènements redoutés. Ainsi, pour l'élaboration des scénarios nous considérons les cas suivants : rupture de la ligne d'alimentation en éthane, BLEVE ou BOIL OVER au niveau des bacs de stockage d'éthane ou d'éthylène liquide, emballement du réacteur d'acétylène. L'application de la méthodologie MADS- MOSAR qui est un modèle d'analyse des risques nous permet de décrire les scénarios associés au type d'accident considéré, d'étudier l'évolution de la catastrophe et d'évaluer son impact sur la population, l'installation et l'environnement ainsi que le phénomène d'effet domino qui en découle.

## **CHAPITRE I**

# **la gestion des risques et la science du danger**

# Chapitre I : la gestion des risques et la science du danger

---

## I.1 Le Risque :

Les chercheurs et les grands établissements scientifiques sont sollicités de façon croissante sur les questions de risques collectifs, de plus en plus caractérisées par la notion d'incertitude.

Dans les années 70/80, on s'intéressait essentiellement aux risques naturels et industriels assez aisément identifiables, avec cependant la mise en évidence des "risques majeurs" qui échappent aux définitions et cadrages habituels.

Dans les années 80/90, d'autres risques collectifs ont émergé (amiante, sang contaminé par le virus du sida, hormones de croissance). Ils ont accentué le problème de l'incertitude dans la gestion des risques.

Aujourd'hui, les risques relatifs à la vache folle, aux OGM (organismes génétiquement modifiés), à l'hépatite B, aux pollutions environnementales cancérogènes, aux faibles doses radioactives) nous confrontent directement à la question de l'incertitude.

De plus en plus, l'incertitude remet en cause nos schémas linéaires d'une science comme objectivation des risques, instrument d'arbitrage politique et outil d'information du public.

**Qu'est ce que le risque ?** conjugaison de Aléa et Vulnérabilité.

Le risque est une notion difficile à appréhender qui ne prend sens que **lorsqu'un aléa entre en relation avec la vulnérabilité d'une société**. Dépendant à la fois de l'un et de l'autre, le risque est apprécié de façon variable, et souvent sous-estimé, parce qu'il est toujours une probabilité et jamais une certitude. On peut définir des zones à risques, des périodes de risques (dans le meilleur des cas) sans jamais savoir précisément où et quand une catastrophe vont survenir.

**I.2 Le Risque Majeur :** C'est un accident grave qui peut être d'origine naturelle (feux de forêt, tempête, inondation, mouvement de terrain, séisme, avalanches, volcan) ou technologique (industriel, transports de matières dangereuses, barrages, nucléaire). Il se caractérise par de nombreuses victimes, des dégâts importants, des impacts néfastes sur notre environnement et dont les effets prévisibles dépassent les capacités de réaction des instances directement concernées.[4], [1], [2]

**I.3 Le Risque technologique :** Par risque technologique majeur, on peut entendre : "tout événement accidentel lié à l'activité humaine entraînant des conséquences immédiates graves pour les enjeux exposés".

# Chapitre I : la gestion des risques et la science du danger

---

Il faut bien dissocier la notion de risque de celle d'accident. Le risque est l'événement redouté contre lequel on va faire de la prévention ; l'accident est l'événement réalisé, que les études préventives avaient, en principe, permis d'envisager.

Toute activité humaine comporte une part de risque et d'incertitude ; le monde industriel n'échappe pas à cette problématique, par l'utilisation d'outils de production complexes, la fabrication et l'emploi de produits explosifs, inflammables, toxiques... On ne peut donc occulter les risques présents dans de telles exploitations ou installations [4], [1], [2]

**I.4 Le risque industriel majeur :** Le risque industriel majeur "est " un événement tel qu'une émission, un incendie, ou une explosion, de caractère majeur, en relation avec un développement incontrôlé d'une activité industrielle, entraînant un danger grave, immédiat ou différé pour l'homme, à l'intérieur ou à l'extérieur de l'établissement, et/ou pour l'environnement, et mettant en jeu une ou plusieurs substances dangereuses". *Définition donnée par la Directive communautaire européenne du 24 juin 1982, dite «Sévés»*

## **I.5 De la notion de sécurité à la notion de risques technologiques. [3]**

La **sécurité**, thème de plus en plus porteur dans l'opinion publique, désigne généralement dans notre langage courant l'ensemble des mesures visant à limiter les risques d'accidents pouvant affecter notre état de santé. Ces risques présentent dans la société et plus largement dans l'environnement dans lequel nous vivons ont des origines très variées. On parlera ainsi, sans que la liste soit exhaustive, des risques naturels, des risques domestiques, des risques technologiques ou encore des risques politiques.

Les **risques** technologiques désignent l'ensemble des **dangers** ou situations dangereuses (pour l'homme mais aussi pour l'environnement) pouvant être provoqués par des installations techniques créées par l'homme et appartenant dans la plupart des cas au secteur industriel. Concernant le domaine des risques technologiques, on parlera donc également de risques industriels.

Les dangers générés par l'activité industrielle sont généralement liés à la production, à l'utilisation, à la manipulation, au transport ou au stockage de produits dangereux car toxiques, inflammables, radioactifs, polluants, ....etc

Suivant les types de produits ou les types de procédés rencontrés, on distinguera donc :

## Chapitre I : la gestion des risques et la science du danger

---

- Le risque chimique,
- Le risque nucléaire,
- Le risque pétrolier,
- Le risque gazier,....etc

Les accidents de Three Mile Island (79), Bhopal (84) et Tchernobyl (86) ont donné dans un passé récent une dimension nouvelle aux risques technologiques. Cette nouvelle dimension s'est traduite dans l'opinion publique par l'émergence de la notion d'accidents majeurs ou de risques majeurs. La couverture médiatique de ces catastrophes ainsi que la circulation de plus en plus rapide et large de l'information ont facilité l'émergence de cette vision catastrophique des risques technologiques.

Les développements récents des affaires dites de la « vache folle » ou de l'amiante n'ont fait que renforcer la perception de risques encourus de tailles croissantes et de formes plus complexes.

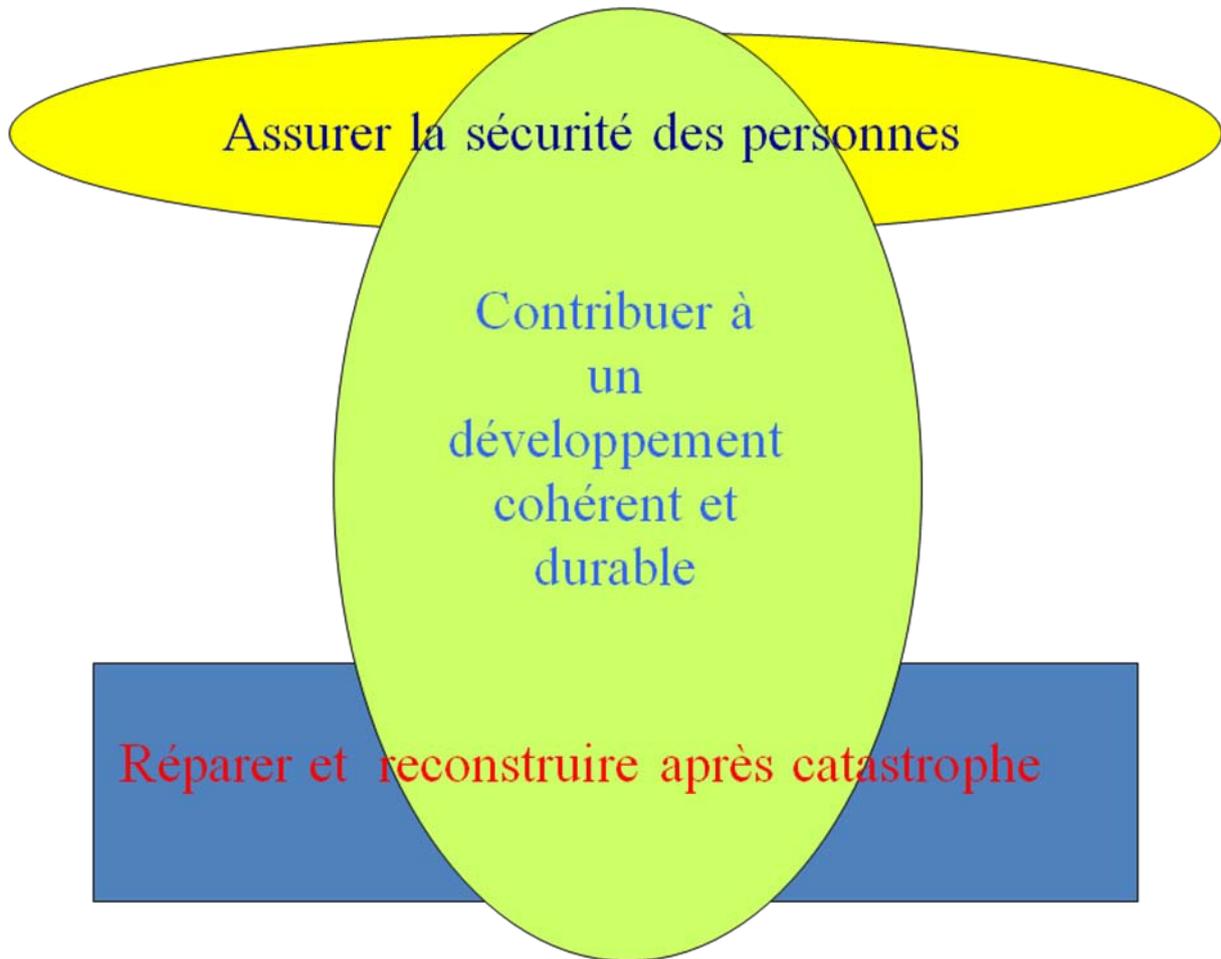
Tous ces risques ou accidents majeurs ont de plus un point commun : ils sont perçus comme inacceptables. Ce constat est fondamental car il va être déterminant dans les choix fait par les Etats et les industriels dans le domaine de la maîtrise de ces risques, la démarche réglementaire suivie par les membres de l'Union Européenne en est un exemple.

La **prévention** ou la maîtrise d'un risque, quel qu'il soit, nécessite avant toute chose sa connaissance et son évaluation préalable.

Ainsi, toutes les actions engagées dans le cadre de la gestion des risques technologiques appliquée à une installation industrielle ont pour objectif de :

- Protéger de façon durable son environnement : population, milieu naturel, installations voisines, .....etc.
- Protéger le personnel du site, les équipements de l'installation, l'image de marque de l'industriel.
- Permettre le développement éventuel des activités de l'industriel.

**I.6 Politique de prévention des risques : [1]**



**Fig. I. 1. Politique de prévention des risques**

**I.6.1 Enjeux de la prévention des risques :**

- Sécurité des personnes et des biens
- Préservation des espaces et de l'environnement
- Aménagement du territoire et développement durable
- Réduction des dommages et des indemnités
- Responsabilité de l'Etat et des collectivités

## I.6.2 Objectifs :

- Réduire la vulnérabilité des personnes et des biens
- Reconnaître la réalité des phénomènes naturels
- Adapter l'aménagement local au développement durable
- Diminuer les sinistres et les coûts
- Prévenir plutôt que guérir : responsabiliser

## I.6.3 Actions:

- Connaissance des phénomènes et des risques
- Suivi et surveillance des aléas
- Information préventive
- Prise en compte des risques dans l'aménagement
- Travaux de réduction de la vulnérabilité
- Préparation, gestion de crise
- Retour d'expérience

## I.7 La gestion des risques technologiques :

Une gestion efficace des risques technologiques est donc synonyme d'équilibre entre la **sécurité** et la protection de son environnement et la garantie d'une activité industrielle stable.

Les acteurs impliqués dans la gestion des risques technologiques, principalement les industriels, l'administration, les collectivités locales et le public participent, à la recherche de compromis sur les risques technologiques résiduels. Cette recherche est à la base de toute gestion efficace des risques. Elle se décline généralement suivant quatre axes principaux reposant tous sur l'identification et l'évaluation des risques :

- La réduction des risques à la source,
- La préparation des interventions en cas d'accident,
- L'information préventive du public,
- La maîtrise de l'urbanisation

# Chapitre I : la gestion des risques et la science du danger

---

L'identification et l'évaluation des risques sont généralement assurées par l'industriel exploitant. La réduction des risques à la source incombe également à l'exploitant souvent dans un cadre de la réglementation en matière de **sécurité**.

Malgré les mesures de réduction du risque prises à la source au niveau des installations dangereuses, des plans de secours doivent être mis en place et testés régulièrement afin d'assurer la **sécurité** du personnel, des populations avoisinantes et de l'environnement en cas d'accident. Ces plans sont généralement de la responsabilité de l'industriel (Plans internes) ou de l'état (Plans externes ou plans d'urgence) suivant que les conséquences des accidents prennent de l'ampleur.

L'information des populations concernées par les risques technologiques est assurée par l'industriel avec l'appui des collectivités locales et de l'Etat de façon que toutes les personnes se trouvant au voisinage des installations dangereuses connaissent la nature des risques et les consignes à suivre pour se protéger en cas d'accident. Le dispositif décrit ci-dessus peut être dans certains cas insuffisant pour assurer la **sécurité** des populations. Les délais nécessaires à la mise en œuvre des plans de secours peuvent en effet être trop long vis à vis d'accidents à cinétique rapide (incendie- explosions, émanation toxiques, ...).

Aussi, l'éloignement des populations et donc des habitations dans le cadre de la gestion de l'espace autour des installations industrielles peut s'imposer (maîtrise de l'urbanisation et des voies de communication).

## **I.8 L'acteur principal dans la gestion des risques [3] :**

Le concept de gestion des risques est bien évidemment interprété différemment selon la position occupée par les acteurs intervenant dans le processus de gestion des risques.

La perception des besoins est ainsi souvent différente d'un acteur à l'autre. L'industriel exploitant aura, entre autre tâche, à mettre en place un système de management, à former son personnel, à préparer et à appliquer des procédures de maintenance et de contrôle, à concevoir des unités techniques où l'accident soit le moins probable et où les impacts d'un accident sur l'environnement soient limités. En matière de risques industriels ou technologiques, le rôle et la responsabilité de l'industriel sont essentiels.

# Chapitre I : la gestion des risques et la science du danger

---

Toutes les actions menées au titre de l'évaluation des risques ou de leur réduction à la source sont en effet placées sous sa responsabilité.

C'est lui qui présente, dans le cas d'installations classées soumises à autorisation ou dans le cas de l'industrie pétrochimique, le dossier de demande d'autorisation d'exploiter, ou de concession de transport, aux autorités administratives compétentes.

C'est lui qui dans ce dossier analyse et évalue les risques liés à l'installation projetée et justifie les mesures prises pour les réduire (étude des dangers). Pour des projets importants ou délicats, il est de l'intérêt de l'industriel de mener cette démarche en concertation préalable avec les autorités administratives même si sa responsabilité reste entière en la matière.

L'industriel est également amené, dans ce type de procédure, à répondre aux questions qui peuvent être posées par les élus locaux et le public lors de la mise à enquête publique du dossier.

Concernant les installations soumises à autorisation, il pourra de plus être consulté à divers stades de la procédure et de façon informelle par l'inspecteur des installations classées et sera consulté de manière formelle lors du conseil départemental d'Hygiène et ensuite sur le projet de prescriptions particulières qui lui seront imposées (par arrêté préfectoral) et qu'il devra donc respecter. Il devra, également signaler les modifications ou extensions notables de ses ouvrages industriels et demander, s'il y a lieu, les autorisations nécessaires.

Il doit notifier aux autorités administratives les accidents survenus. Les industriels et leurs associations professionnelles constituent également et de façon permanente, des interlocuteurs des autorités administratives nationales dans le cadre de la préparation de nouveaux textes réglementaires.

## **I.9 L'incendie :**

Le terme **incendie** a été emprunté par la langue française au XVI<sup>e</sup> siècle au latin « incendium » (*embrasement*), dérivé de « incendere » (*allumer*). Il désigne un feu violent, un embrasement qui se propage à un édifice, une maison, une forêt, etc. L'incendie est une réaction de combustion non maîtrisée dans le temps et l'espace.

# Chapitre I : la gestion des risques et la science du danger

---

L'incendie, appelé communément feu, est particulièrement destructeur pour les activités humaines et la nature : habitations, lieux de travail, entrepôts, véhicules, cultures, forêts, monuments historiques, etc.

La prise en compte du risque d'incendie a conduit à créer des services de secours (sapeurs-pompiers, protection civile). Ils ont développé et perfectionné des moyens de lutte contre l'incendie pour combattre l'incendie.

## **I.10 L'explosion : [14]**

Il y a lieu de distinguer deux types d'explosions :

- la première est une explosion résultant d'une combustion à vitesse élevée, elle peut se produire soit au sein même d'un produit, soit au sein du mélange d'un gaz avec l'air, dans ce dernier cas une flamme se propage dans le mélange à une vitesse élevée, et ce selon la réactivité du produit et les proportions du mélange.
- Le second type d'explosion est un éclatement d'un réservoir, ou d'un réacteur, dû à l'augmentation excessive de la pression de gaz qu'il contient ou à l'affaiblissement localisé de la résistance de ses parois.
- On peut observer aussi des explosions résultant de la mise en présence de substances chimiques dite incompatibles qui réagissent violemment entre elles.

### **I.10.1 Les effets de l'explosion.**

L'explosion, produit essentiellement des effets de surpression et des effets thermiques aussi que des effets de projections.

- Les effets de surpression engendrés par une explosion due à la production de gaz de combustion sont relativement importants dans les cas de fort confinement et peuvent passer du cas de déflagration à celui de détonation.
- Les effets d'un éclatement d'un réservoir ou d'une conduite sont d'une part des effets de surpression dus à l'expansion brutale des gaz comprimés et les vaporisations instantanées d'une partie de la phase liquide et d'autre part des projections des fragments du réservoir ou de la conduite.

- Les effets thermiques d'une explosion sont dus au rayonnement de la flamme et des gaz chauds de combustion, leur portée et leur gravité sont variables selon l'étendue de la propagation de l'explosion et selon sa vitesse.
- Plus une explosion sera confinée ou en milieu encombré, plus la vitesse de flamme et la suppression seront grandes.
- Par ailleurs, plus les conditions d'explosion du mélange seront réunies sur une étendue vaste plus les cibles distantes seront affectées par les effets cumulatifs du rayonnement

### **I.10.2 Comment prévenir les explosions ou en limiter les effets.**

Il faut veiller à ce que le combustible, le comburant, et la source d'inflammation ne forment jamais les conditions favorables à une explosion, comme par exemple :

- en supprimant le comburant : suppression de l'air par les toits flottants dans les bacs d'hydrocarbures, ou substitution par un ciel de gaz neutre pour les liquides hautement inflammables.
- Maintien du mélange gaz- air en dessous de la limite inférieure d'explosivité (LIE).
- En supprimant la source d'inflammation : éloignement ou suppression de toute source de chaleur, utilisation de matériel électrique isolés (ADF) adaptés aux atmosphères explosifs (ATEX). [14]

### **I.11 L'estimation des conséquences des événements indésirables de l'industrie :**

La réglementation installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumise à autorisation oblige l'industriel à évaluer les conséquences d'événements indésirables pouvant survenir sur son site. La loi Bachelot du 30 juillet 2003 relative au plan de prévention des risques technologiques (PPRT) et les textes réglementaires qui en découlent rendent aujourd'hui critiques les calculs « d'intensité des phénomènes dangereux ».

### **I.12 Les conséquences des événements indésirables :**

Les ICPE soumises à autorisation, et a fortiori les sites SEVESO, doivent effectuer des études de danger au cours desquelles sont évalués les risques liés à l'exploitation industrielle. La loi Bachelot et les circulaires associées changent fondamentalement l'approche de l'estimation de la gravité des conséquences des accidents potentiels.

# Chapitre I : la gestion des risques et la science du danger

---

Dans ces études doivent figurer une estimation du nombre des personnes impactées à l'extérieur du site dans les zones d'effets correspondant aux différents seuils réglementaire (thermique, toxiques, surpressions, projections). L'évaluation des conséquences découle directement de l'évaluation de l'intensité des effets de phénomènes dangereux et de la vulnérabilité des cibles situées dans ces zones d'effets. On conçoit alors aisément que la précision de l'évaluation constitue un enjeu majeur qui peut, dans certains cas, avoir un impact pour la survie d'une activité.

## **I.13 Les différents types d'effets :**

Les types d'effets que l'on rencontre dans l'industrie (excepté l'industrie nucléaire) peuvent être classés en trois catégories :

- Effets thermiques (incendies, BLEVE)
- Effets de pression (explosions)
- Effets toxiques (dispersion atmosphérique)

La finalité de l'estimation de conséquences est de déterminer l'intensité des effets sur l'homme, l'environnement ou les installations des événements indésirables.

### **I.13.1 Les effets thermiques :**

Un incendie dans une installation a bien sur des conséquences locales, mais engendre aussi des effets thermiques sur les cibles vulnérables :

- Brulures sur l'homme
- Dégradation d'installations : destruction de vitres, ruine du béton, perte de tenue mécanique des structures.
- Propagation du feu à d'autres éléments combustible

L'estimation des conséquences nécessite de connaître les caractéristiques de combustion des produits mis en jeu dans l'incendie (chaleur de combustion, débit massique de combustion, rendement chimique). Des modèles de calcul éprouvés sont alors utilisés pour simuler un feu et son comportement. On détermine typiquement la géométrie du feu (hauteur de flamme, du panache), et le flux thermique rayonné reçu par une cible en fonction de la distance et l'impact toxique des fumées.

### **I.13.2 Les effets de surpression :**

L'explosion d'une capacité, suite par exemple à un emballement thermique ou à un BLEVE, est génératrice d'onde de choc extrêmement dévastatrice. L'accident de l'usine AZF de Toulouse en 2001 est là pour nous le rappeler. Des modèles adaptés permettent la détermination des niveaux de pression atteints en fonction de la distance et ainsi estimer les conséquences sur l'homme (niveaux de pressions létaux) et sur les installations (ruine des installations, bris de vitres,...)

### **I.13.3 Les effets toxiques :**

Lors d'émissions accidentelles de produits toxiques liquides ou gazeux, on doit déterminer les distances d'impact sur l'homme, généralement en termes de doses reçues en fonction de la distance à la source d'émission du produit.

## **I.14 Evaluer les conséquences des risques**

L'étude de dangers propose une démarche d'analyse des risques approfondie par la "loi risque" de 2003. La loi du 30 juillet 2003 introduit dans le dispositif législatif une définition explicite de l'étude de dangers et souligne l'importance de l'analyse de risques.

L'article 4 dispose ainsi " l'étude de dangers précise les risques que l'installation peut présenter directement ou indirectement, en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation. En tant que de besoin, cette étude donne lieu à une analyse de risques qui prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie qu'elle explicite "

A travers son étude de dangers, l'exploitant démontre aux autorités préfectorales qu'il est en mesure d'évaluer et de maîtriser les risques. L'autorisation ou l'interdiction d'une installation par le préfet dépend notamment des conclusions de l'examen de cette étude par l'inspection des installations classées.

Afin d'encadrer cette démonstration, le dispositif réglementaire a été considérablement rénové concernant les établissements Seveso. Ainsi les modalités d'évaluation des dangers potentiels présentés par ces installations ont été codifiées.

## Chapitre I : la gestion des risques et la science du danger

---

- des seuils d'intensité des effets des principaux phénomènes accidentels redoutés ont été redéfinis et officialisés par arrêté ministériel concernant les flux thermiques, les effets de surpression et les effets toxiques d'éventuels nuages de gaz
- des niveaux de gravité, résultats du croisement entre intensité des effets et nombre potentiel de personnes exposées, ont été définis sur une échelle à cinq niveaux
- des classes de probabilité fournissant des échelles d'appréciation de la rareté ou de la fréquence des mêmes événements ont aussi été codifiées permettant ainsi de déterminer des niveaux de risques

Enfin une obligation de répertorier et de positionner dans cette grille les accidents possibles de façon exhaustive a été introduite. Cette disposition présente les intérêts suivant par rapport à certaines pratiques ayant eu cours en matière d'études des dangers :

- d'abord, elle ne limite plus l'étude des dangers à l'examen de scénarios de référence comme c'était souvent le cas mais conduit à balayer une palette d'accidents potentiels
- ensuite, la " rareté " éventuellement établie ou supposée de certains phénomènes gravissimes n'est plus une raison suffisante pour en éluder l'étude des conséquences. Tout phénomène physiquement possible se doit d'être évalué en termes de conséquences et positionné dans la grille affecté d'une évaluation de sa fréquence d'occurrence. A l'inverse, la robustesse des mesures de maîtrise des risques est prise en compte dans leur affichage en vue de maîtriser l'urbanisme
- dans le même esprit, la robustesse des barrières de sécurité permettra, plus que par le passé, de mieux hiérarchiser les enjeux et d'appliquer plus efficacement le principe de proportionnalité qui s'impose tant à l'exploitant qu'à l'inspection
- enfin, l'évaluation de la cinétique des mêmes phénomènes, incluant l'évaluation des temps de réponse des barrières supposées entraver le déroulement des séquences accidentelles, est aussi rendue obligatoire

Dans le cadre d'une étude de dangers construite selon ce nouveau référentiel réglementaire, l'accident est ainsi saisi dans sa globalité à la lumière de deux variables : sa probabilité et sa gravité, confrontées en une même grille d'analyse. Ainsi se détermine le niveau de risque technologique, croissant à mesure que la probabilité est forte et la gravité élevée

## I.15 Etude des effets dominos

Interactions entre des installations proches ; action d'un premier phénomène (émission de débris par explosion, par exemple) qui pourrait en déclencher un second (fuite d'un réservoir perforé par un équipement, par exemple) dans une installation voisine

Il s'agit de déterminer si un accident interne à l'unité entraînerait une chaîne d'accident à l'intérieur du complexe et sur les complexes avoisinants.

## I.16 Science du danger :

Nous appelons *Science du Danger* le corps de connaissances qui a pour objet d'appréhender des événements non souhaités.

La réflexion menée pour sa constitution poursuit un triple objectif : culturel, pédagogique et opérationnel.

Le terme "appréhender" recouvre les opérations suivantes :

- Représenter les systèmes d'où sont issus et sur lesquels s'appliquent les Événements Non Souhaités. Ces systèmes sont nommés système source et système cible,
- Mettre en relation les systèmes source et cible afin de modéliser ce que nous nommons le processus de danger,
- Identifier, évaluer, maîtriser, gérer et manager les Événements Non Souhaités dans des systèmes complexes et variés, a priori (prévention) et a posteriori (retour d'expérience). [1], [2], [10], [11]

**I.16.1 Événement Non Souhaité :** on appellera événement non souhaité ENS tout phénomène susceptible de provoquer, directement ou indirectement, un ou des effet juges néfaste *sur un ou des individus, une ou des populations, un ou des écosystèmes, un ou des systèmes matériels ou symboliques*, que l'on peut appeler des « **CIBLES** ». [5]

## I.16.2 Le processus de danger : trois phases pour le processus de danger qui sont :

1. **Première phase** : est une représentation générale des systèmes source et cible.

En fonction de la question posée, les connaissances techniques et/ou scientifiques nous offrent des représentations variées de ces systèmes.

Certaines disciplines proposent des connaissances structurales sur le système, d'autres des représentations de son fonctionnement, d'autres, enfin, proposent des modèles de son évolution interne ou de son comportement en relation avec son environnement.

L'objectif de cette première phase est de récolter des connaissances à propos des systèmes source et cible du danger ainsi que sur leurs environnements actifs ou passifs respectifs.

2. **deuxième phase** : représentation des processus source de danger et des processus susceptibles de subir l'effet du danger.

Dans le système **source**, il faut identifier les processus sources de dangers - couples objets processeurs, objets processés

Dans le système cible, il faut identifier aussi, les processus - couples objets processeurs, objet processés- qui sont susceptibles de subir les effets, les impacts du danger. Ces Événements Non Souhaités sont nommés Effets de danger.

• Ces processus à identifier sont des processus cognitifs, des processus relationnels, des processus technologiques et biologiques.

Ces processus peuvent être considérés comme des processus sources de danger mais aussi comme des cibles qui subissent les effets du danger.

3. **troisième phase** : modéliser le processus de danger. Il s'agit de relier les processus sources de danger aux processus susceptibles d'être affectés au niveau de la cible du danger.

La liaison s'opère en modélisant un flux de danger, liaison orientée source-cible [1], [2], [9].

*Du « processus de danger » à la classification des Techniques du Danger : la notion de "point de vue".*

- 1 - Quatre types de systèmes: tour à tour, source de danger ou cible du danger :

- l'individu (l'opérateur par exemple);

# Chapitre I : la gestion des risques et la science du danger

- la population;
- l'écosystème;
- l'installation.

2 - Le point de vue est défini par le type de système cible que l'on cherche à protéger des effets d'un système source.

Tableau I.1 : le point de vue des techniques du danger.

Système source	Système cible	Points de vues
Installation	Installation	Sûreté de fonctionnement, sécurité des biens, ...
Installation	Opérateur	Ergonomie, sécurité du travail, conditions de travail ...
Opérateur	Installation	Fiabilité humaine, malveillance interne, ...
Installation	Population	Hygiène et santé publiques, hygiène et sécurité de l'environnement, génie sanitaire, ...
Population	Installation	Malveillance externe, ...
Installation	Ecosystème	Hygiène et sécurité de l'environnement, écologie appliquée, génie sanitaire, ...
Ecosystème	Installation	Risques naturels, étude de site, urbanisme, ...

Université Bordeaux I - IUT A MADS

CEA - INSTN

Une même Technique de Danger peut figurer dans les listes de disciplines ayant des points de vue différents. C'est le cas par exemple d'une technique cherchant à protéger deux systèmes cibles à partir de la maîtrise des E.N.S. issus du système source (ex : Hygiène et Sécurité de l'environnement, Génie sanitaire).

## **CHAPITRE II**

# **Description du site et son environnement**

## Chapitre II : Description du site et son environnement

---

### II.1 Présentation de l'entreprise ENIP :

L'entreprise nationale de la pétrochimie (ENIP) de SONATRACH a été créée par décret N° 84257 du 1/09/1984.

L'ENIP, relevant de secteur de l'énergie (groupe hydrocarbure) et dont le siège social se situe à SKIKDA.

Elle est chargée dans le cadre du plan national du développement économique et social, de la gestion, de l'exploitation et du développement des industries pétrochimiques, notamment :

-les matières thermoplastiques et thermodurcissables ainsi que la commercialisation des produits découlant de cette industrie.

L'ENIP dispose en outre, d'un outil de commercialisation de deux complexes pétrochimiques en exploitation.

- Le complexe matière plastique de SKIKDA (CP<sub>1</sub>K) pour la fabrication des produits thermoplastiques.

-Le complexe méthanol et résines synthétique d'ARZEW (CP<sub>1</sub>Z) pour la fabrication du méthanol et produits thermodurcissables.

### II.2 Description du site CP1K:

#### II.2.1 Historique :

Le complexe CP1K a été conçu dans les années 1970.

Le premier contrat pour la réalisation des unités Ethylène, VCM, PVC et Chlore Soude ainsi que les utilités a été signé en Octobre 1971 entre SONATRACH et TOYO Engeneering (TEC) Japon.

Le second contrat portant sur la réalisation de l'unité Polyéthylène a été signé à la même période, soit Octobre 1971, entre SONATRACH et SNAM Progetti (Italie).

Quant à la réalisation de la prise d'eau de mer, le contrat a été signé avec une entreprise espagnole (DRAGADOS) le 1<sup>er</sup> Septembre 1973.

Les travaux de génie civil pour la réalisation du complexe ont débuté le 1<sup>er</sup> Septembre 1973 et le démarrage des unités (mise en production) s'est effectué selon le programme ci-après :

- Septembre 1977 : Utilités
- Février 1978 : Unité éthylène
- Février 1979 : VCM, PVC et chlore soude

Le démarrage de l'unité Polyéthylène a été retardé jusqu'au mois d'Avril 1981.

#### II.2.2 Objectif du complexe CP1/K

Le Complexe CP1/K a pour objectif de produire de l'éthylène, du polyéthylène, du PVC et de la soude caustique.

Tous ces produits sont destinés au marché intérieur à l'exception de l'excédent d'éthylène qui est exporté.

## Chapitre II : Description du site et son environnement

Tableau II.1 : objectifs du complexe

Désignation		Capacité (T/an)	Destination
<b>PRODUITS PLASTIQUES</b>	Ethylene	120000	Matière première dans la fabrication de produits plastiques, pharmaceutiques et chimiques. Exportation, consommation interne.
	Polyéthylène B.D	48000	Unité de transformation articles de voyage, ménage.
	PVC	35000	Unité de transformation (tube, canalisation, bac, réservoir...
<b>PRODUITS CHIMIQUES</b>	Chlore	34000	Traitement des eaux, marché national et exportation.
	Soude	40000	Unité industrielle, nettoyage, détergeant, utilisation domestique.
	Hypochlorite	4100	Sanitaire, traitement des eaux
	Acide chlorhydrique	10000	
	propylène	1200	

### II.2.3 Contexte géologique et géotechnique, hydrogéologie :

Le site a été implanté en bord de mer à cheval sur un ancien cordon dunaire littoral formant le front de mer et sur d'anciennes terrasses d'alluvions anciennes, formées de limon, argiles, sables et cailloux.

Il n'existe pas de surveillance piézométrique du site mais des forages sont parfois réalisés et les cotes de nappes mesurées.

Les forages réalisés lors de la construction montraient une nappe phréatique peu profonde, situé entre 0 et 2 m au dessus du 0 marin.

## Chapitre II : Description du site et son environnement

### II.2.4 Contexte géographique et topographique du Complexe :

Le Complexe CP1/K est situé en bordure de mer à environ 5 km de la ville de Skikda entre les installations de POLYMED et GL1K. Le complexe est installé sur une plateforme remblayée à une altitude à peu près constante de 4,8 m au dessus du 0 marin et sa superficie est de l'ordre de 54 hectares. Cette plateforme a été constituée lors de la construction par remblais et déblais sur une zone dunaire et alluvionnaire.

Le complexe est installé dans une zone sismique. Le site n'est pas situé dans une zone de circulation d'aéronefs.

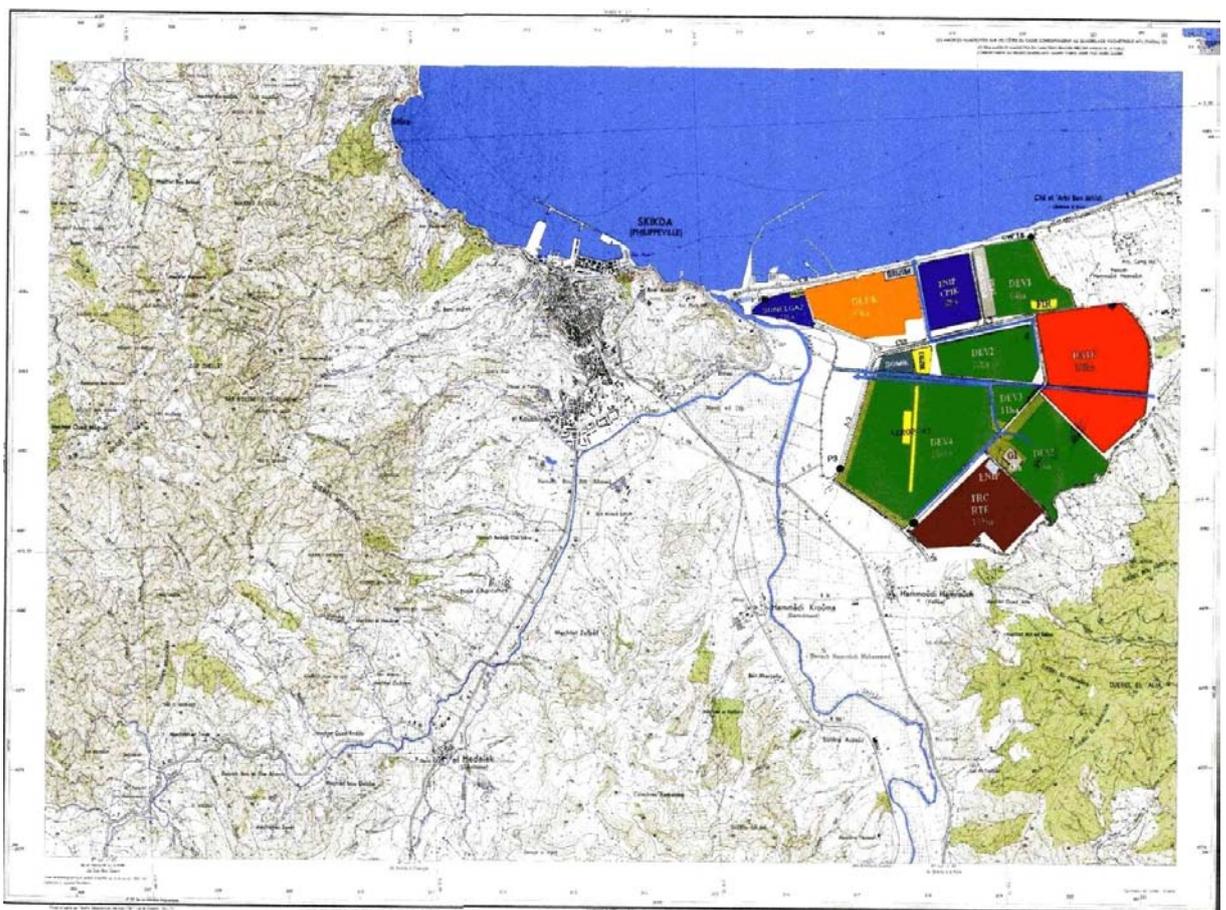


Fig II.1. Plan d'occupation du sol

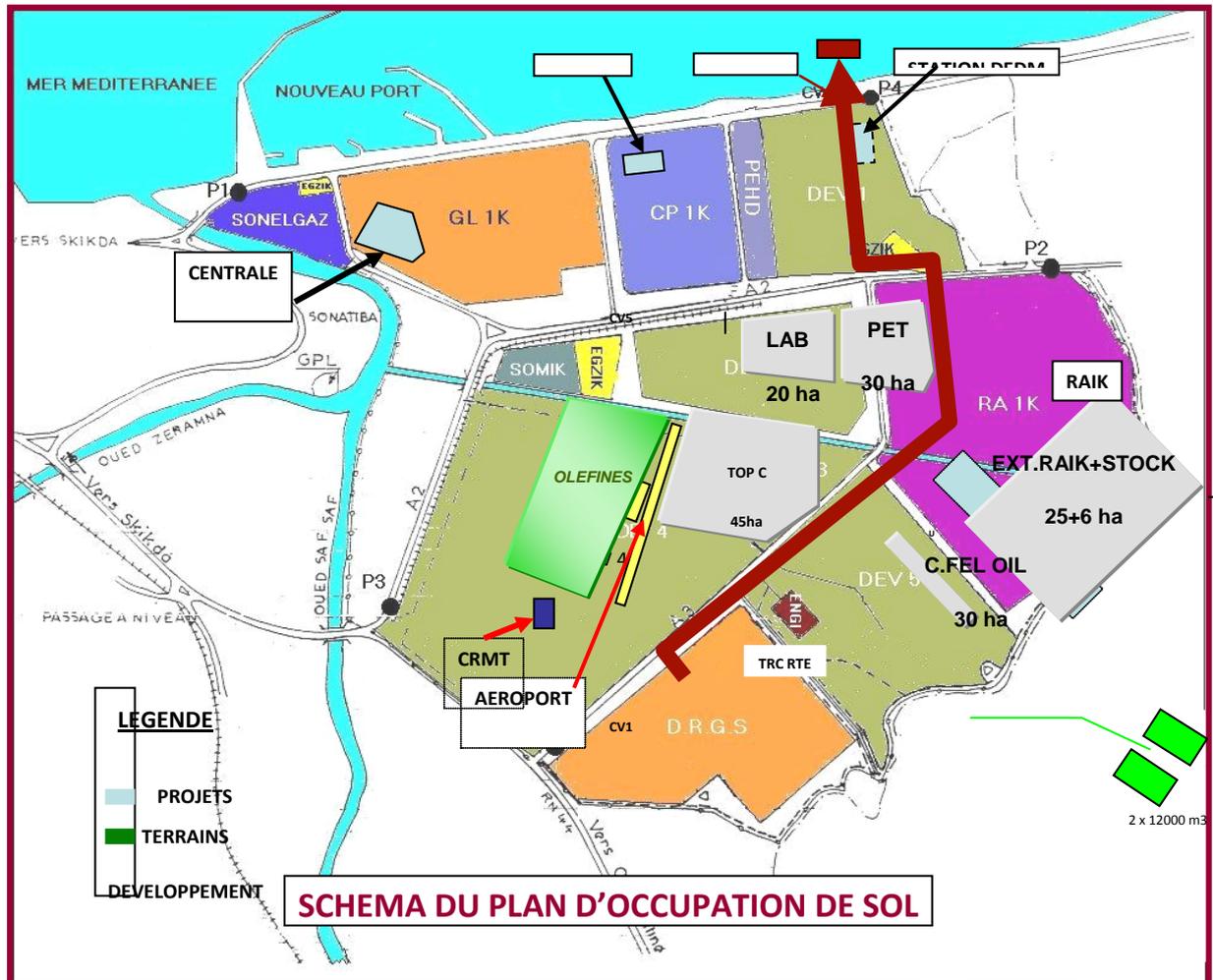
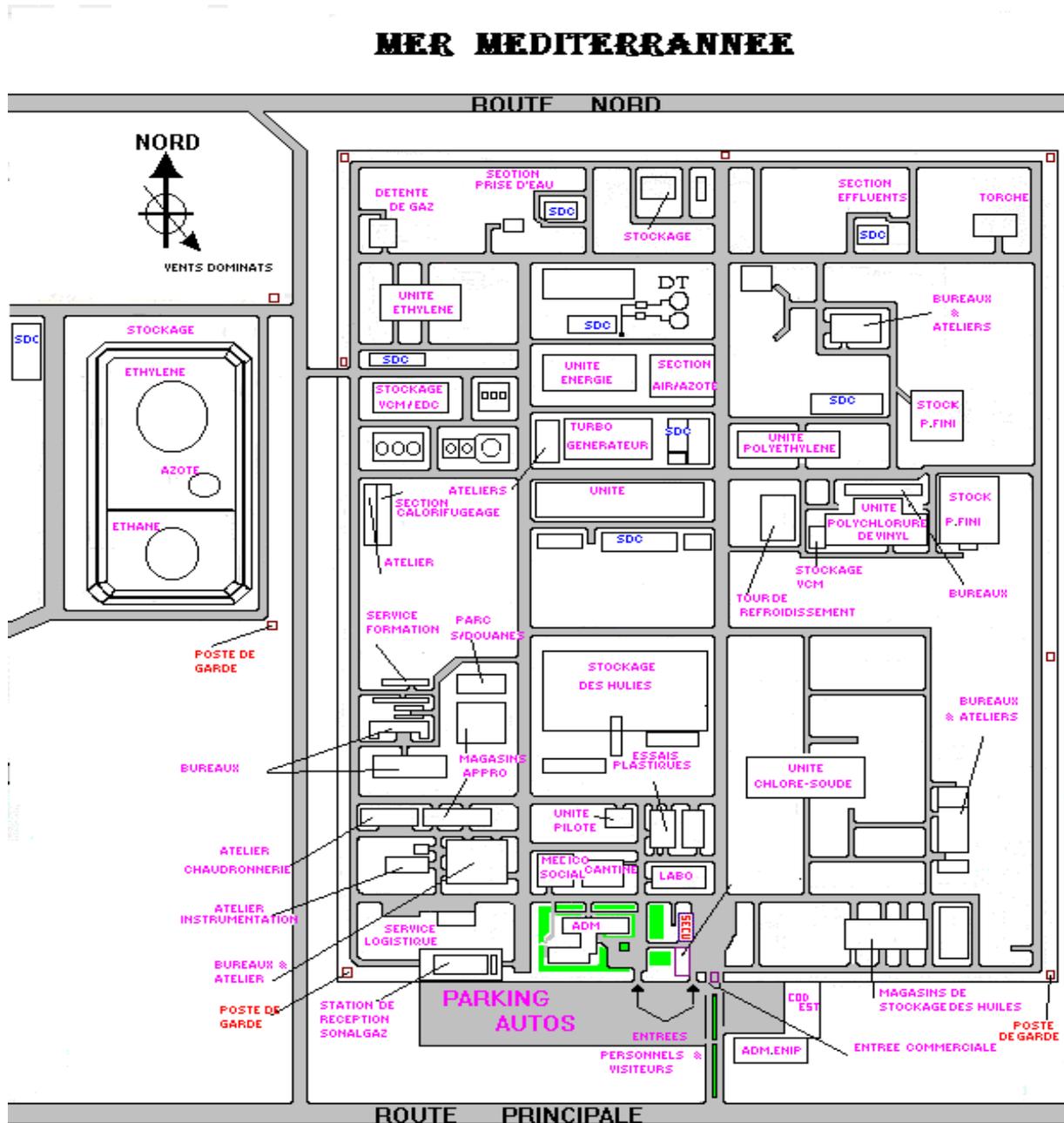


Fig II.2. Plan d'occupation du sol



FigII.3. Zone d'étude



**PLAN DE MASSE**

FigII.4. Plan de masse du complexe

## Chapitre II : Description du site et son environnement

---

### II.2.5 Principales installations du CP1K :

Les principales installations (unités) qui constituent le complexe sont :

#### A/ UNITE ETHYLENE

L'unité éthylène est conçue pour la production de 120000 T/an d'éthylène à partir de 150000 T/an d'éthane provenant de l'usine de liquéfaction « GNL ».

L'unité éthylène a été construite par une firme japonaise TEC selon le procédé « LUMMUS ».

- une partie de l'éthylène produit est employée pour la production du polyéthylène et du VCM « matière première pour l'obtention de PVC ».
- Une autre partie est soit stockée, soit exportée vers l'étranger.

L'unité éthylène se compose de plusieurs sections dont les principales sont :

- Section craquage.
- Section compression.
- Section purification.
- Section stockage.

#### B/ UNITE POLYETHYLENE BASSE DENSITE (PEbd) :

Cette unité a été conçu pour produire 48000 T/an de polyéthylène sur deux lignes identique de 24000 T/an chacune, par utilisation du procédé ABCD ANIC (haute pression, basse densité).

L'unité polyéthylène comprend trois sections principales :

- Section compression.
- Section réaction.
- Extrusion et blending.

#### C/ UNITE VCM (mono chlorure de vinyle) :

Cette unité est conçue pour produire 40000 T/an de VCM par utilisation du procédé MITSUTOATSU (japon).

## Chapitre II : Description du site et son environnement

---

L'unité VCM est composée de plusieurs sections dont les principales sont :

- Chloruration directe.
- Oxychloruration.
- Purification de l'EDC
- Craquage de l'EDC.
- Purification du VCM.
- Section de stockage.

### **D/ UNITE PVC (polychlorure de vinyle)**

L'unité PVC « polychlorure de vinyle » est caractérisée par l'adoption du procédé « MISTSUTOATSU CHEMICAL » du japon. Sa capacité de production annuelle est de 35000 T/an.

- Le VCM est la matière première de l'unité PVC.

L'unité PVC se compose de 4 sections principales :

- Section de polymérisation.
- Section de purification.
- Section de séchage.
- Section des eaux usées.

### **E/ UNITE CHLORE-SOUDE :**

Cette unité est conçue pour produire 36000 T/an de chlore et 40000 T/an de soude caustique à partir de 60000 T/an de sel de carrière « NaCl » en utilisant le procédé MISUTOATSU (japon).

- Le chlore est utilisé comme matière première pour la production de VCM et aussi pour l'exportation.
- La soude caustique « liquide palette fondue » est utilisée pour le nettoyage des équipements, le détartrage, la neutralisation et pour le marché intérieur (Algérien).
- l'unité chlore soude utilise le procédé de la cellule mercure avec anode métallique et cathode mercure.

Elle se compose de plusieurs sections :

## Chapitre II : Description du site et son environnement

---

- Section de chargement et de stockage du sel.
- Section de dissolution et de purification du sel.
- Section d'électrolyse.
- Section de filtration et de concentration de soude.
- Section de séchage et de compression de chlore.
- Section de liquéfaction de chlore.

### F/ LES UTILITES

C'est l'unité qui alimente toutes les autres en leurs besoins en eau distillée, eau déminéralisée, vapeur d'eau, eau de mer pour le refroidissement, air et azote.

Cette unité comprend 07 sections:

- Section de prise d'eau de mer.
- Section de dessalage.
- Section de déminéralisation.
- Section de traitement des eaux usées (constituant l'unité « eau »).
- Section chaudières.
- Section de turbo générateur.
- Section air – azote (constituant l'unité « énergie »).

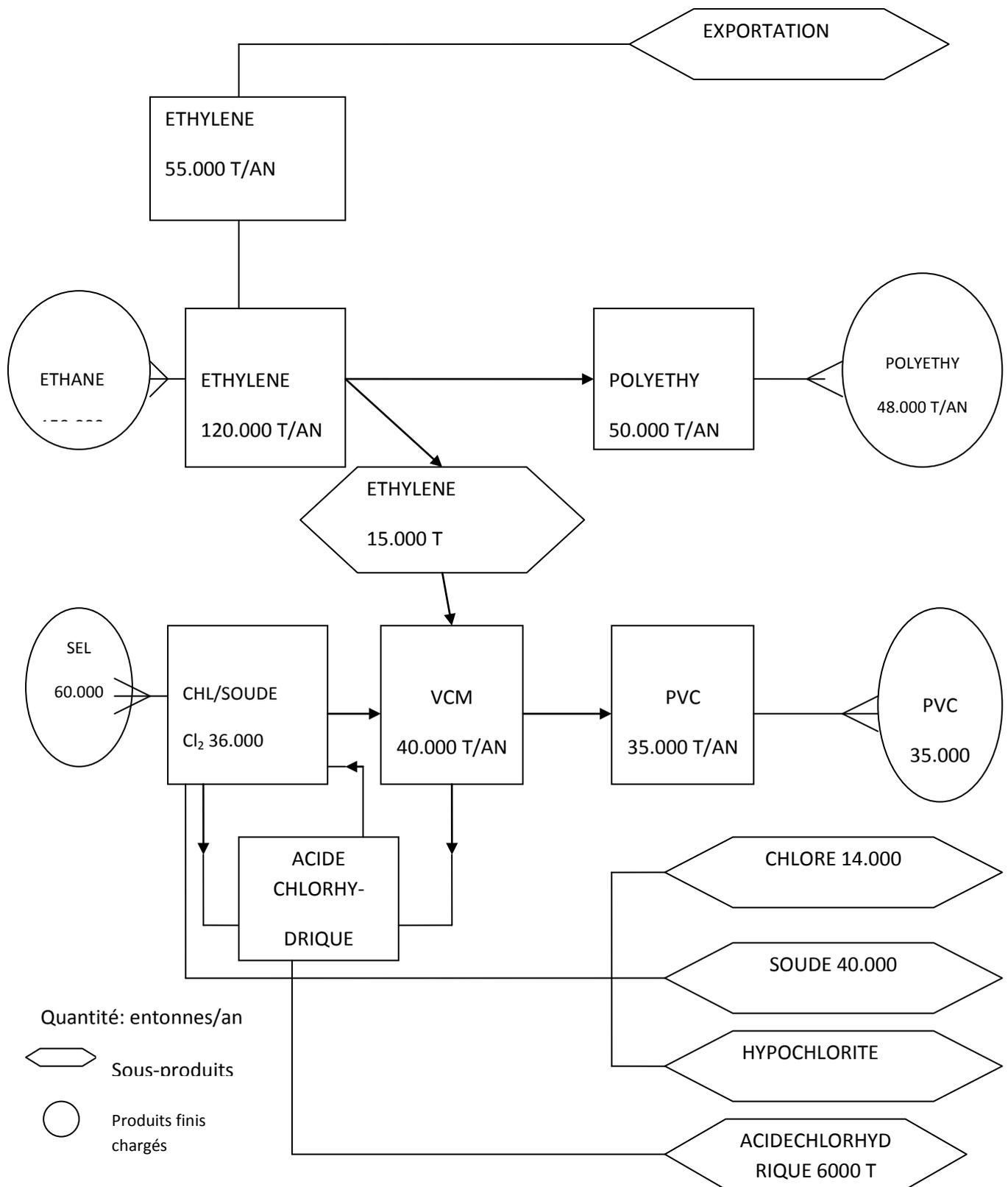
En outre, le complexe comprend aussi un département « maintenance » et un autre « technique » dont le rôle est important. En effet, le Département Maintenance a pour but de maintenir tous les équipements à un haut degré de fiabilité. Alors que le Département Technique a pour tâche le contrôle des produits et des équipements à travers ses différents services (laboratoire, inspection...).

Les différentes unités de procédé sont distantes les unes des autres d'environ 30 à 40 mètres.

Il est à noter l'installation au voisinage directe du complexe, d'un réservoir d'éthane de 5000 m<sup>3</sup> et d'un réservoir d'éthylène de 12000 m<sup>3</sup>, situés à environ 120 m du complexe.

Par ailleurs, il est signalé que le complexe de liquéfaction de gaz GL1K (la zone de stockage de propane et butane) est distant d'environ 220m du complexe pétrochimique. A environ 300m du CP1K se trouve l'unité POLYMED.

## II.3 Transformations quantitatives au niveau du complexe



## Chapitre II : Description du site et son environnement

---

### II.4 Echelles retenues pour le site :

Afin de quantifier et de hiérarchiser les scénarii liés à des événements pouvant se produire sur le site, deux échelles sont élaborées :

La première échelle se rapporte à la fréquence des événements, regroupés selon quatre niveaux dont le détail figure dans le tableau ci-dessous :

Tableau II.2 : échelle de fréquence

Note	Niveau	Définition de la fréquence (probabilité)
4	<b>Fréquent</b>	L'événement se produira certainement une fois dans les 12 prochains mois
3	<b>Probable</b>	L'événement s'est déjà produit. Il peut à nouveau se produire avec une fréquence d'une fois tous les 10 ans
2	<b>Possible</b>	L'événement peut se produire une fois durant une vie professionnelle (une fois tous les 30 ans)
1	<b>Improbable</b>	L'événement est difficilement envisageable. Il n'a jamais été observé dans des entreprises ou installations similaires.

## Chapitre II : Description du site et son environnement

La seconde échelle se rapporte à la gravité, selon quatre niveaux dont le détail est présenté ci-dessous :

Tableau II.3 échelle de gravité

Note	Niveau	Définition de la gravité
4	Catastrophique	La situation entraîne : <ul style="list-style-type: none"><li>➤ 12 mois ou plus d'arrêt total ou quasi-total</li><li>➤ Un dommage aux biens très important</li><li>➤ La perte éventuelle de multiples vies humaines</li><li>➤ Une perte de crédibilité importante du site auprès du siège, des clients, des sous-traitants, du personnel et du public</li></ul>
3	Majeur	La situation entraîne : <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Un arrêt de l'activité interrompant la livraison de produits sur un délai supérieur à la capacité des stocks tampons (réduction de l'activité commerciale)</li><li>➤ La perte ou l'indisponibilité de biens importants</li><li>➤ La perte éventuelle de vies humaines</li><li>➤ Une diminution durable de la qualité du service</li></ul>
2	Modéré	La situation entraîne : <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Un arrêt d'une unité interrompant la livraison des produits sur un délai inférieur à la capacité des stocks tampons (maintien de l'activité commerciale)</li><li>➤ Des frais de remise en état</li><li>➤ Une diminution ponctuelle de la qualité du service</li></ul>
1	Mineur	La situation entraîne une perturbation de la production sans conséquence notable

## Chapitre II : Description du site et son environnement

Sur cette base, une grille de criticité spécifique a été définie. Elle permet d'associer à un couple de fréquence et gravité, un niveau de risque correspondant. Les scénarii de risque peuvent être ainsi hiérarchisés.

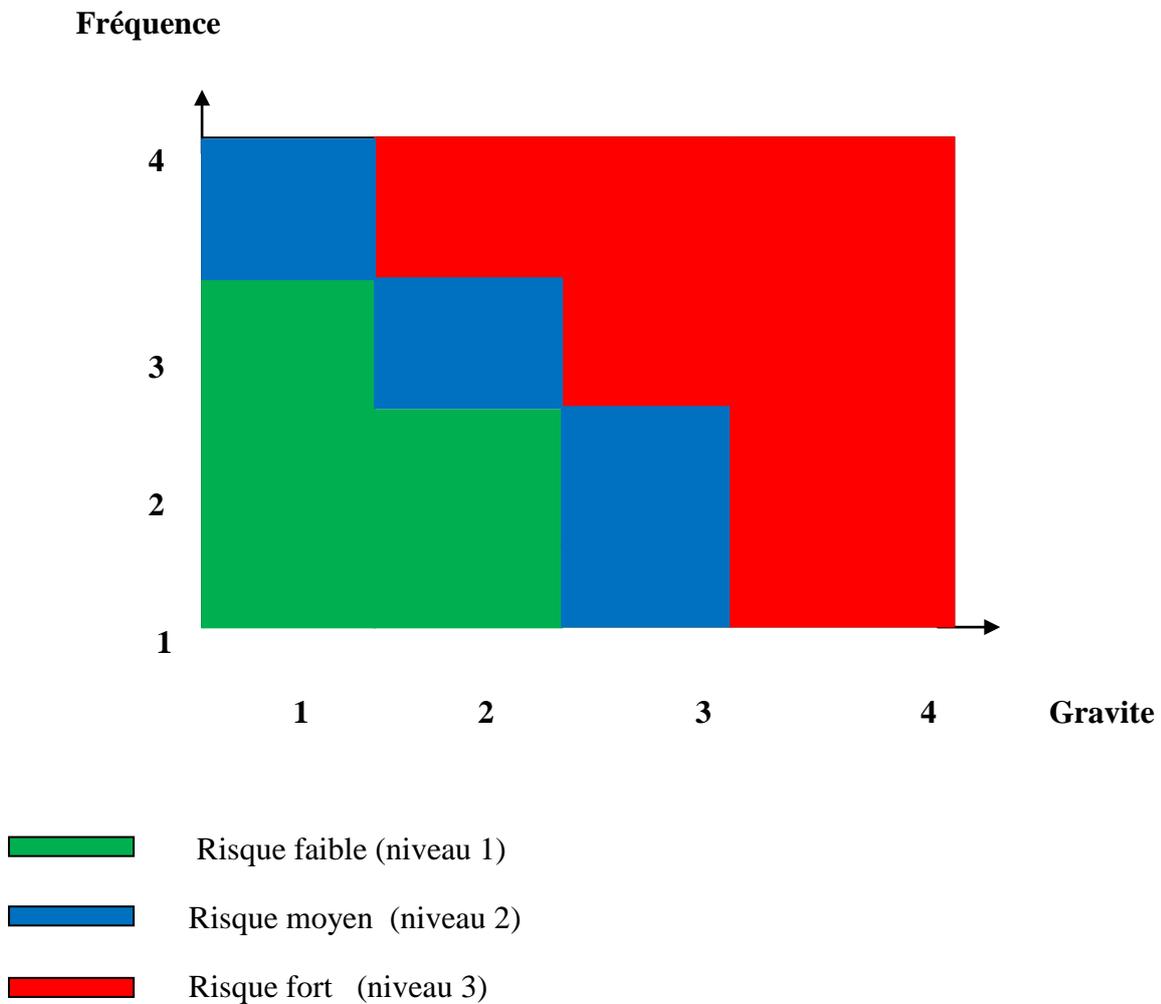


Fig. II. 5. Matrice de risque

## Chapitre II : Description du site et son environnement

### II.5 Cartographie des risques :

Tableau II.4 : cartographie des risques

Evénement/ scenario	F	G	Niveau de risque
Incendie explosion unité ethylene	3	4	3
Incendie explosion unite polyethylene	3	4	3
Accident de voisinage	3	4	3
Tsunami- raz de marée	1	4	3
Incendie explosion unite VCM	3	3	3
Vent/ tempête/ Foudre	3	2	2
Erreur de conception d'ensemble	2	3	2
Pollution accidentelle	2	3	2
Inondation/ Pluie/ Glissement de terrain	3	2	2
Erreur opératoire (origine humaine)	3	2	2
Maladie professionnel- Accident de travail	3	2	2
Défaillance des utilités (électricité, gaz, eau)	2	2	1
Défaillance d'un sous traitant	2	2	1
Difficulté dans la gestion des ressources humaine	3	1	1

Parmi les scenarios, on distingue les scenarios à un niveau de risque fort tel que l'incendie explosion unité éthylène ou un accident de voisinage.

Aussi on distingue les scenarios à un niveau de risque moyenne tel que la pollution accidentelle, événement naturel (inondation, glissement de terrain), vent tempête foudre, et maladies professionnels- accident de travail.

Et enfin les scenarios a un niveau de risque faible tel que Défaillance d'un sous traitant

Parmi les scenarios a risque, on a l'incendie explosion dans une des unités du complexe CP1K, ou l'atteinte de CP1k suite à un sinistre sur des installations voisines du complexe. Ces scenarios nécessitent en commun les *Déficits structurels Cindynogènes* suivants :

### **a. Déficit d'ordre Culturel :**

- ✓ Le complexe CP1K présente des insuffisances en matière de documentation (technique, procédures, manuels d'exploitation).
- ✓ La communication entre le personnel se fait principalement oralement.

### **b. Déficit d'ordre Organisationnel :**

- ✓ L'organisation repose sur un personnel expérimenté en place pour la majorité depuis le début de l'exploitation.
- ✓ Absence de l'archivage

### **c. Déficit d'ordre Managérial :**

- ✓ Le site est âgé d'une trentaine d'année et nécessite des investissements de maintenance.
- ✓ Dans l'incendie explosion, il est à redoute des blessures et/ou des pertes de vies humaines dans le personnel de CP1K.
- ✓ Les plans d'intervention existent et sont déclarés conforme à la réglementation en vigueur. Ils sont minimalistes en ce qu'il ne comporte pas de volet « gestion de crise ».
- ✓ Un point positif est que la catastrophe qui s'est produite sur un site voisin en janvier 2004 a eu pour effet de renforcer la prise de conscience de la direction et du personnel de CP1K sur les dangers existants et la vulnérabilité de leur outil de travail.

## Chapitre II : Description du site et son environnement

### II.6 Présentation de l'unité éthylène (description du procédé)

L'unité éthylène est conçue pour produire 120 000 t/an d'éthylène type grade polymère par vapocraquage de 150 000 t/an d'éthane, provenant de l'usine, GNL (valorisation de l'éthane).

L'unité éthylène est divisée en plusieurs sections principales et secondaires.

#### SECTIONS PRINCIPALES :

Section -100 craquage

Section - 200 compression

Section - 300 purification

#### SECTION SECONDAIRES

Section – 400 section de réfrigération au propane

Section – 500 section de réfrigération à l'éthylène

Section – 600 section de surchauffeur de vapeur

Section – 700 section de traitement des effluents

Section – 800 section de stockage

### II.6.1 Composition d'alimentation des fours :

Tableau II.5 : Composition d'alimentation des fours

constituents	$H_2$	$CO$	$CH_4$	$C_2H_2$	$C_2H_4$	$C_2H_6$	$C_3H_6$	$C_3H_8$	$CO_2$	$H_2S$
Ethane du GNL %mol	--	01.80	01.87	--	--	96.93	--	01.50	--	--
Ethane recyclé %mol	--	--	--	--	01.00	98.50	00.43	00.70	--	--

### II.6.2 Propriété de l'Éthane :

- L'éthane est un hydrocarbure gazeux correspondant à la formule  $C_2H_6$ . Sa température d'ébullition est  $T = -88.6^\circ C$ .
- C'est un combustible  $C_2H_6 + 7/2 O_2 \longrightarrow 3 H_2O + 2 CO_2 + 268.4 \text{ Kcal}$ .
- C'est un hydrocarbure saturé, il donne uniquement des produits de substitution, le chloroéthane, tétrachloréthane, ... hexachloroéthane.
- Il est extrait dans l'industrie du gaz naturel et de cokerie.

### II.6.3 Section craquage

#### a. Alimentation :

Le but de section est d'assurer une alimentation continue et contrôlable d'éthane gazeux aux fours de craquages (l'éthane provient du GNL ou du bac de stockage et une partie du recyclage de la section purification à la température ambiante. l'éthane total est réchauffé par l'eau de trempe dans l'échangeur (E-EA-101) jusqu'à  $60^\circ C$  après injection du Dé méthyle désulfure (DMDS) ; il est mélangé avec de la vapeur de dilution (30% en poids,  $260^\circ C$ ) et envoyé vers les fours.

#### b. Partie fours

Dans cette partie, on pyrolyse l'éthane ( $C_2H_6$ ) frais provenant du GNL dans des fours tubulaires. La pyrolyse (craquage par la chaleur) se fait en présence de la vapeur d'eau (Appelée vapeur de dilution) à une température de  $822^\circ C$  et une pression de  $2 \text{ Kg/cm}^2$ .

Les gaz produits par les fours sont directement envoyés aux échangeurs de ligne de transfert.

#### c. Partie échangeurs de ligne de transfert :

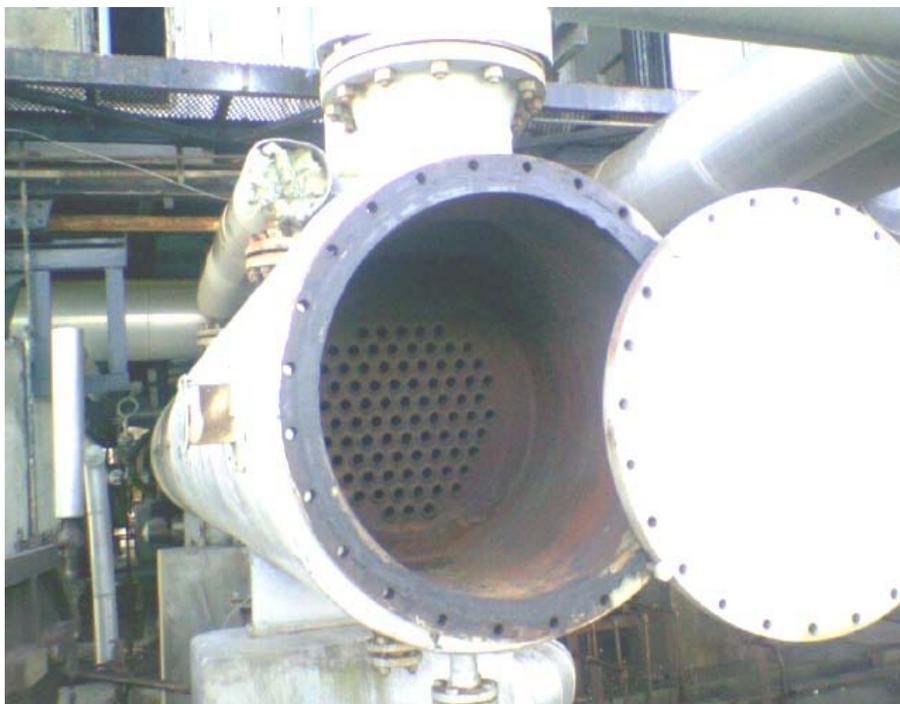
Les gaz produits sortant de la zone de radiation du four à une température de  $822^\circ C$  sont envoyés aux échangeurs de ligne de transfert (TLE) afin de subir un refroidissement brusque et rapide jusqu'à  $315^\circ C$ , cela a pour but d'éviter les réactions de polymérisation, car à une température voisine de  $800^\circ C$  la composition des gaz craqués continue d'évoluer en

## Chapitre II : Description du site et son environnement

---

particulier aux dépens de l'éthylène ainsi que par formation des produits lourds et des essences.

Le TLE est un échangeur, à faisceaux tubulaires, disposé horizontalement juste au dessous et à la sortie du four directement. Le refroidissement des effluents gazeux du four se fait par une eau appelée eau de chaudière, d'où après l'échange, l'eau est transformée en vapeur haute pression et elle est récupérée pour être surchauffée et ajoutée à la vapeur HS provenant des chaudières pour faire marcher les turbocompresseurs



**Fig II.6. TLE OUVERT POUR NETTOYAGE**

### d. Partie trempe :



Fig II.7. E-DA-101

Après être refroidi dans les TLE, le gaz de charge est envoyé directement à la tour de trempe DA-101 où il aura un contact direct avec l'eau de trempe. Ce contact assure un refroidissement jusqu'à  $40^{\circ}\text{C}$  du gaz de charge et la condensation d'une grande partie de la vapeur de dilution et des produits lourds.

Ces derniers sont évacués par le fond de la tour dans un ballon de décantation à une  $T^{\circ}$  de  $80^{\circ}\text{C}$ . La partie claire de l'eau dans le ballon de décantation sera recyclée en passant par une série d'échangeurs, l'autre partie est acheminée à travers un filtre à sable dit « NATCO » avant d'être ajoutée à la partie claire et recyclée sous forme de vapeur de dilution après vaporisation. La partie huile est incinérée.

### II.6.4 Section compression

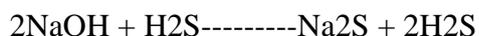
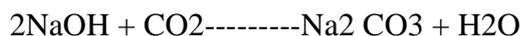


Fig II.8. E-GB-201

Les effluents des fours de pyrolyse, qui même à l'issue de la trempe restent pour une bonne partie sous forme gazeux, ne peuvent être séparés par distillation qu'après leur condensation en une phase liquide et suite à la grande volatilité des gaz constitutifs, ils seront comprimés dans un compresseur centrifuge à 04 étages appelé « compresseur gaz de charge » jusqu'à une pression de  $36,5\text{kg/cm}^2$ . Un refroidissement inter étage est prévu pour maintenir la  $T^\circ$  à  $40^\circ\text{C}$

#### a. lavage à la soude caustique et à l'eau

Les gaz subissent un traitement chimique entre le 3<sup>o</sup> et le 4<sup>o</sup> étage avant d'atteindre la compression finale de  $36,5\text{kg/cm}^2$ . Ainsi au refoulement du 3<sup>o</sup> étage à une pression de  $17\text{kg/cm}^2$  et une  $T^\circ$  de  $118^\circ\text{C}$ . Les gaz reviennent par le refroidissement à  $40^\circ\text{C}$  et sont envoyés vers une colonne de lavage à la soude caustique E-DA201 et à l'eau pour neutraliser les gaz acides tels que :  $\text{CO}_2$  et  $\text{H}_2\text{S}$ , les réactions de neutralisation sont comme suit :



Le  $\text{CO}_2$  doit être éliminé car il se solidifie facilement à basse  $T^\circ$  dans le train froid et risque de boucher les échangeurs travaillant à basse  $T^\circ$ .

## Chapitre II : Description du site et son environnement

L'H<sub>2</sub>S est une impureté pour le produit final (éthylène) et peut empoisonner le catalyseur du convertisseur primaire.

Ce premier traitement des gaz est effectué dans la colonne de lavage DA-201. au fond de cette colonne on recycle la soude usée ayant déjà réagi, au milieu on injecte la soude fraîche à 20% tandis que la partie supérieure travaille à l'eau afin d'éliminer les traces de soude entraînées par le gaz.



Fig II.9. E-DA201

### b. le convertisseur primaire :

Après le lavage dans la DA-201 le gaz de charge est envoyé vers le convertisseur primaire DC-201 pour l'élimination de l'acétylène. La réaction d'hydrogénation de l'acétylène est catalysée par un lit à base de Ni/Cr/Co supporté sur AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

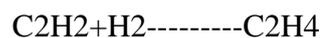




Fig II.10. **CONVERTISSEUR PRIMAIRE DC 201AB**

La température d'entrée du gaz de charge est de  $204\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Cette dernière est suffisante pour obtenir l'élimination de l'acétylène désiré. Avec le temps certains polymères se forment et pour pallier à cet inconvénient la température doit être augmentée intégralement afin de maintenir un degré de conversion élevé. Cependant le catalyseur est régénère lorsque la température d'entrée du convertisseur atteint approximativement  $230\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Le gaz de charge maintenant étant purifié du  $\text{CO}_2$  &  $\text{H}_2\text{S}$  dans la colonne de lavage, de l'acétylène dans le convertisseur primaire.

Il est comprimé dans le dernier étage jusqu'à  $36.5\text{Kg/cm}^2\text{g}$

### II.6.5 Section purification :

#### a. Les sécheurs



Fig II.11. SECHEURS E.FF-201ABC

Au refoulement final du compresseur de gaz de charge, le gaz est de nouveau refroidi à l'eau de mer puis au propane avant d'être de nouveau acheminé vers deux sécheurs disposés en série, tandis que le troisième est en régénération ou en attente.

Les sécheurs sont des tamis moléculaires remplis d'un garnissage de type  $Al_2O_3$ . La teneur en eau sera abaissée jusqu'à un taux de moins 5ppm. Cela a pour but d'éviter la formation des hydrates dans les étapes ultérieures.

#### b. Train froid :

Le gaz de charge est maintenant considéré comme prêt pour sa séparation, son traitement étant effectué.

Le gaz donc séché passe à travers une série d'échangeurs à plaques en aluminium est progressivement refroidi et partiellement condensé. Les condensats sont extraits à  $-34^{\circ}C$   $C_2H_6$  à  $-70^{\circ}C$ ,  $C_2H_4$  à  $-98^{\circ}C$ ,  $CH_4$  à  $-145^{\circ}C$  ( $H_2$ ).

Les 03 premiers condensats sont envoyés au déméthaniser. La vapeur restante est composée de gaz résiduel riche en hydrogène.

## Chapitre II : Description du site et son environnement

---

La réfrigération est effectuée par le propane réfrigérant. L'éthylène réfrigérant et les gaz résiduels détendus par une vanne JOULE THOMSON jusqu'à une pression de  $1.0\text{Kg/cm}^2\text{g}$  et une température de  $-155^\circ\text{C}$ .

Une partie du produit de tête du déméthaniser est envoyé à la 1ere aspiration du compresseur de gaz de charge après avoir servie comme fluide réfrigérant tandis que l'autre sert pour la régénération des convertisseurs et des sécheurs.

### c. Distillation de gaz de charge

#### Déméthaniseur E.DA 301 :

Cette colonne travaille à  $31,3\text{ kg/cm}^2$  et à  $1^\circ\text{C}$  au fond et à  $-70^\circ\text{C}$  au sommet. La colonne est rebouillie au propane réfrigérant.

La séparation des gaz se fait par les gaz riches en méthane comme distillat en haut de la colonne sous forme de condensât tandis que les résidus au fond riches en  $\text{C}_2\text{H}_4$  et  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$  sont envoyés au dééthyléniseur.

#### Dééthyléniseur E.DA 302 :

Cette colonne travaille à  $21,8\text{kg/cm}^2$  à des  $T^\circ$  de fond de  $-1^\circ\text{C}$  et de tête  $-26^\circ\text{C}$ . La colonne est rebouillie au propane réfrigérant. Un système de reflux est conçu pour plus de pureté du produit. Le distillat n'est rien que de l'éthylène qui sera envoyé au convertisseur secondaire afin d'avoir un produit fini ne dépassant pas une teneur maximale de 02 ppm en  $\text{C}_2\text{H}_2$ .

Le convertisseur est garni d'un catalyseur à base de palladium sur un support en alumine ( $\text{Pd/AL}_2\text{O}_3$ ).

Les gaz sortant du convertisseur sont liquéfiés, une partie est envoyée vers les unités PY/VCM, l'autre partie est encore sous refroidie et envoyée vers le bac de stockage FB 801

A une  $T^\circ -104^\circ\text{C}$ .

Les produits de fond de la colonne sont envoyés au dééthaniseur E.DA- 303.



Fig II.12. CONVERTISSEUR SECONDAIRE E-DC301AB

### Dééthaniseur E.DA 303 :

Cette colonne travaille à  $22,1 \text{ kg/cm}^2$  à  $83^\circ\text{C}$  au fond et  $-02^\circ\text{C}$  au sommet. Le rebouillage est effectué à la vapeur basse pression et le reflux est condensé au propane réfrigérant.

Une partie du produit de tête est vaporisée par le gaz de charge dans la boîte froide, où elle serait mélangée avec de l'éthane frais provenant du GNL pour l'alimentation des fours. L'autre partie est envoyée vers le bac de stockage FB 802. L'éthane est stocké à une pression de  $0,4 \text{ kg/cm}^2$  et une  $T^\circ -89^\circ\text{C}$

### II.6.6 Section stockage

#### a. Stockage de l'éthylène liquide :

L'excédent de l'éthylène produit est sous refroidi en dessous de sa  $T^{\circ}$  d'ébullition  $-104^{\circ}\text{C}$  d'où sa liquéfaction puis stocké dans un réservoir hermétique à double paroi d'une capacité de 12 000T FB 801. Ce stockage à pour but d'assurer le fonctionnement continu des unités en aval PY et VCM. Aussi une partie est vendue sur le marché international.

Actuellement on alimente l'unité PEHD.



Fig II.13. E-FB 801

#### b. Stockage de l'éthane liquide :

Une partie de l'éthane non réagi dans le four de craquage 45% est recyclé vers la section pyrolyse, le surplus est sous refroidi en dessous de sa  $T^{\circ}$  d'ébullition  $-89^{\circ}\text{C}$  et stocké à l'état liquide sous pression atmosphérique dans un bac d'une capacité de 5000T FB 802 et servant d'appoint en cas de déficit en  $\text{C}_2\text{H}_6$  du GNL.



Fig II.14. E-FB 802

### **II.6.7 Déchargement et chargement de l'éthylène sur navire :**

La ligne de déchargement et de chargement de l'éthylène liquide sur navire est plutôt longue (1Km) et son refroidissement à la température et pression ambiante jusqu'à (-104°C) prend un temps appréciable et nécessite de l'énergie. Le refroidissement est assuré en continu par la pompe E-GA-802, l'éthylène de refroidissement est recyclé vers le bac de stockage E-FB-801.

Le chargement sur navire est assuré par la pompe E-EA-801 A.B de la section stockage qui aspire l'éthylène du ballon E-FA-805 et le refoule vers le navire, via le bras de chargement E-JF-801 placé sur le quai.

La vapeur produite dans le navire est aspirée par le compresseur E-GB-803 et refoulée soit vers le bac de stockage, soit vers la section de compression de l'éthylène.

Le déchargement de l'éthylène du navire vers le bac de stockage est effectué dans la même ligne de chargement avec quelques variations. [7]

## Chapitre II : Description du site et son environnement

### II.6.8 Produits chimiques dangereux utilisés à l'unité éthylène:

Les produits chimiques dangereux existants dans l'unité éthylène sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau II.6 : Produits chimiques dangereux utilisés à l'unité éthylène

Appellation commerciale courante	Formule chimique	Comportement			utilisation	Quantité stockée	Lieu de stockage	Durée de stockage
		A l'air libre	Au contact de l'eau	Contact de feu				
Hydrogène sulfureux	H <sub>2</sub> S	Evaporation	corrosif	Explosion incendie	Désactive catalyseur	03 bouteille	Bain marie	process
Ammoniac	NH <sub>3</sub>	//	Non	//	Inhibiteur corrosion	02 bouteille	//	//
Méthanol	CH <sub>3</sub> OH	//	//	Incendie	Nettoyage chimique	5 m3	Bac	//
Ethylène	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	//	//	Explosion incendie	Process	12000 t	Bac	//
Ethane	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	//	//	//	Alimentation fours	5000 t	Bac	//
Soude caustique	NaOH	//	//	Non inflammable	Elimination CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S	22 m3	Bac	//
Acide sulfurique	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	//	//	//	Neutralisation NaOH	20 m3	Bac	//
Hydrogène	H <sub>2</sub>	//	//	Explosion incendie	Régénération combustible	Non	process	//
Acétylène	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	//	//	//	-----	-----	//	//
Propane	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	//	//	//	Réfrigérant Co-craquage	Ballon FA-611	//	//
Méthane	CH <sub>4</sub>	//	//	//	Régénération combustible	Non	//	//
Pétrole lampant	-----	Non	//	//	Lavage étages compresseur	Bac	//	//
Déméthyl désulfure	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> S <sub>2</sub>	Evaporation	//	//	Désactive Ni	Bac	//	//

### II.6.9 Risques présentes par l'unité d'éthylène.

Les risques d'accidents potentiels dans une unité de production d'éthylène, sont nombreux et divers, nous pouvons citer les plus importants dans ce contexte :

- rupture de la ligne d'alimentation en éthane.
- Défaillances au niveau des compresseur et notamment le compresseur de charge.
- Rupture au niveau des bacs de stockage d'éthane ou d'éthylène liquides.
- Emballement du réacteur d'acétylène.

L'ensemble de ces risque peuvent génères des cas de catastrophes très graves et peuvent être à l'origine d'un effet domino sur l'ensemble du complexe et les complexes pétrochimique environnant et notamment, les unités de GNL et GPL.

Les cause pouvant engendre ces accident sont multiples a savoir :

- défaillance du matériel (corrosion et érosion des équipements, fragilisation des matériaux).
- Fuite de produits (liquide notamment).
- Agression extérieur, naturelle.
- Erreur de manipulation ou opération.
- Incendie voisin.

Les sources potentielles d'ignition sont :

- Défauts électriques.
- Electricité statique.
- Erreur humaine ou malveillance.

### II.6.10 Incendie Explosion unité éthylène :

#### II.6.10.1 Vraisemblance :

L'unité d'éthylène a été conçue sous licence LUMUS. Cette unité de production présente un danger majeur du fait du craquage à haute température (800°C) de l'éthane avec une conversion de l'acétylène et la purification d'éthylène donne une fraction légère d'hydrogène et de méthane.

## Chapitre II : Description du site et son environnement

### II.6.10.2 Gravite :

Cette unité représente la valeur financière la plus importante du site, soit 30% de la valeur globale du complexe (telle que déclarée à l'assure). Le scénario catastrophique maximum en valeur financière de destruction qui a été retenu est basé sur une rupture de la ligne d'alimentation du dé-méthaniseur situé dans l'unité éthylène créant une explosion sous forme d'un nuage gazeux (UCVE) avec une masse équivalente de TNT de 08 tonnes et provoquant la naissance d'un incendie majeur, l'ensemble contribuant à la destruction totale de l'unité avec des dommages potentiels aux unités avoisinantes.

De plus un arrêt de la production d'éthylène interrompt de fait la production des autres unités qui utilisent l'éthylène comme produit de charge (unité polyéthylène, VCM, POLYMED).

Aussi le BLEVE dans l'un des bacs de stockage de l'éthylène et d'éthane est un scénario catastrophique pour l'unité éthylène, le complexe, ainsi que pour les unités voisines tel que le GL 1 K et le polymed.

### II.6.10.3 BLEVE du E FB 801 :

#### Trace des cercles de criticité:

#### 1- Effets de surpression:

Comme données de départ, les valeurs de seuil suivantes, ont été retenues pour:

- 170 mbar, seuil de létalité
- 50 mbar, seuil des effets significatifs

#### a- *Distance correspondante au seuil de létalité (170 mbar):*

$$d_L = 3.84 M^{0.33} .$$

Avec:  $d_L$  en (m) , M : la masse du liquide en Kg

Données de départ: le bac plein à 100% contient 12000 T d'éthylène

EFB801 à 80% correspond à 9600 T d'éthylène.

Alors; **M = 9600 T = 9600000 K**

On a donc:  $d_L = 3.84 \cdot (9600000)^{0.33} \Rightarrow d_L = 773.54 \text{ m}$

## Chapitre II : Description du site et son environnement

*b- Distance correspondante au seuil des effets significatifs (50 mbar):*

$$d_s = 8.7. M^{0.33} \quad \text{D'après TNO}$$

Avec:  $d_s$  en (m)

$$\text{Donc: } d_s = 8.7. (9600000)^{0.33} \Rightarrow \boxed{d_s = 1752.54 \text{ m}}$$



FigII.15. Effets de surpression du BLEVE

### 2- Effets thermiques:

On a comme données de départ, les valeurs de seuils retenus pour des durées d'incendie inférieur à 60 secondes.

## Chapitre II : Description du site et son environnement

- $5 \text{ kw/m}^2$  ; pour de débit de létalité
- $3 \text{ kw/m}^2$  ; pour des effets significatifs

**a- Distance correspondante au seuil de létalité: ( $5 \text{ kw/m}^2$  = mortalité 1% par brûlure)**

$$d_L(1\%) = d_L = 3.12.M^{0.425} \text{ D'après TNO}$$

Avec  $d_L$  en (m)

$$\text{Donc: } d_L = 3.12 (9600000)^{0.425} \Rightarrow \mathbf{d_L = 2894.81m}$$

**b- Distance correspondante au seuil des effets significatifs ( $3 \text{ kw/m}^2$ )**

$$d_s = 4.71.M^{0.405} \text{ D'après TNO}$$

Avec  $d_s$  en (m)

$$\text{Donc: } d_s = 4.71 (9600000)^{0.405} \Rightarrow \mathbf{d_s = 3168.40m}$$



FigII.15. Effets thermique du BLEVE

## Chapitre II : Description du site et son environnement

---

### Estimation des effets du BLEVE:

Lors de déclenchement d'un BLEVE, on peut avoir une boule de feu (Fire Ball) et ses caractéristiques développées ci-après:

#### 1- Rayon de la boule de feu: *RBF*

$$RBF = 3.24. M^{0.325} \quad \text{Avec: RBF: diamètre de la boule de feu en (m)}$$

**M:** masse de liquide en (kg)

$$\text{Donc: } RBF = 3.24. (9600000)^{0.325} \Rightarrow \boxed{RBF = 602.26m}$$

#### 2- Durée de la boule de feu *TBF*:

$$TBF = 0,852. M^{0.26} \quad \text{Avec: TBF: temps de la boule de feu en (s) et } M \text{ en (kg)}$$

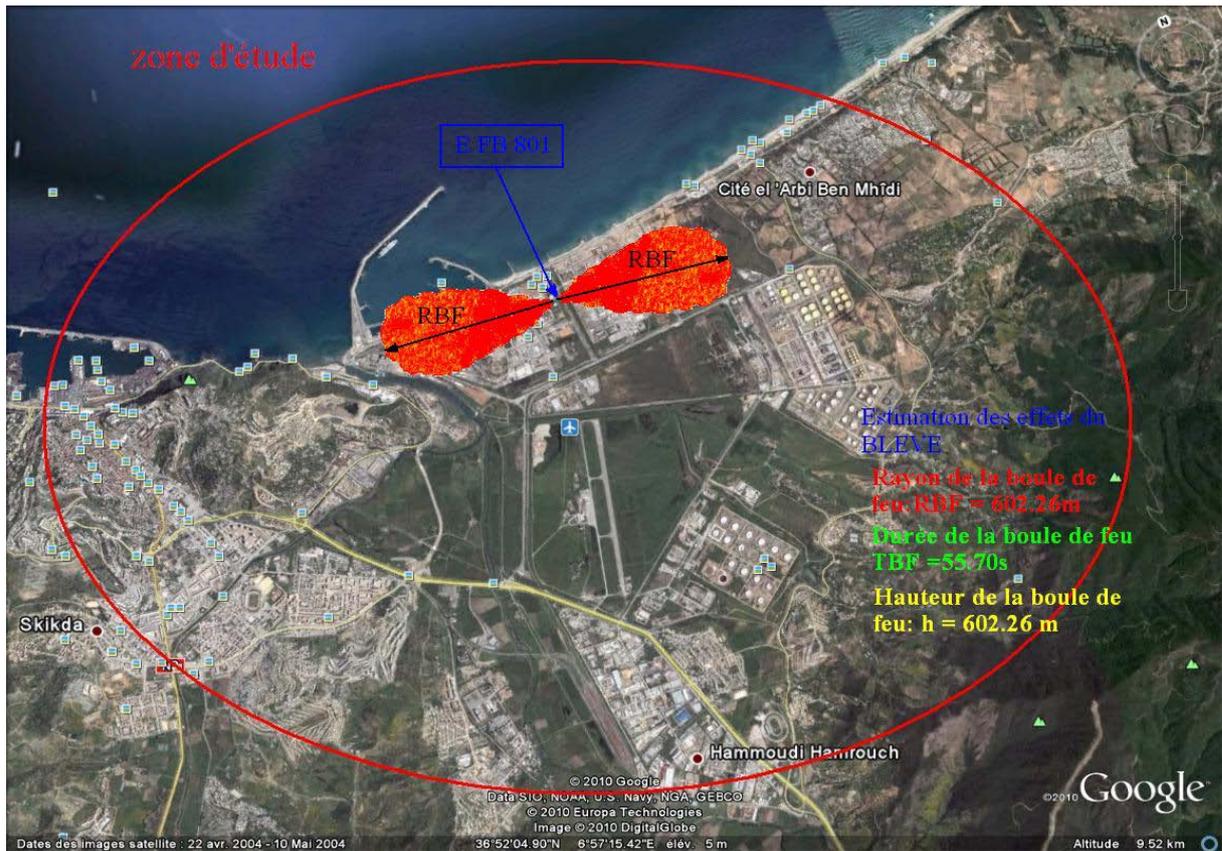
$$\text{Donc: } TBF = 0,852. (9600000)^{0.26} \Rightarrow \boxed{TBF = 55.70s}$$

#### 3- Hauteur de la boule de feu:

$$h = 0,5. D \quad \text{Avec } h: \text{ hauteur max du bas de la boule de feu en (m)}$$

**D:** diamètre de la boule de feu en (m)

$$\text{Donc: } h = 0,5. 1204.52 \Rightarrow \boxed{h = 602.26 m}$$



FigII.16. Estimation des effets du BLEVE

#### 4- *Energie théorique libérée:*

L'énergie théorique libérée est donnée par la formule:

$$Q = M \cdot H_c$$

Où: M: masse de liquide (éthylène)

**H<sub>c</sub>**: chaleur de combustion de l'éthylène est égale à (47 200 kJ/kg)

Alors;  $Q = 9600000 \cdot 47200 \Rightarrow Q = 453120000000 \text{ KJ.}$

## Chapitre II : Description du site et son environnement

### 5- Puissance de la boule de feu:

La puissance de la boule de feu est donnée par la formule.

$$P = Q/TBF$$

Avec: **Q**: énergie théorique libérée

**TBF**: temps de la boule de feu

$$\text{Alors: } p = \frac{45312000000}{55.70} = 92416.377.17 \text{ w} \Rightarrow \boxed{p = 8135008976.67 \text{ w}}$$

➤ **Un tableau récapitulatif des différents résultats:**

Paramètres caractéristiques du BLEVE	valeur
➤ Distance correspondante au seuil de létalité (170 mbar):	<b>773.54 m</b>
➤ Distance correspondante au seuil des effets significatifs (50 mbar):	<b>1752.54 m</b>
➤ Distance correspondante au seuil de létalité: (5kw/m <sup>2</sup> ):	<b>2894.81 m</b>
➤ Distance correspondante au seuil des effets significatifs (3 kw/m <sup>2</sup> ):	<b>3168.40 m</b>
➤ Rayon de la boule de feu ( <b>RBF</b> ):	<b>602.26 m</b>
➤ Durée de la boule de feu ( <b>TBF</b> ):	<b>55.70 s</b>
➤ Hauteur de la boule de feu:	<b>602.26 m</b>
➤ Energie théorique libérée:	<b>45312000000 K.J</b>
➤ Puissance de la boule de feu:	<b>8135008976.67w</b>

### II.7 Accident de voisinage :

## Chapitre II : Description du site et son environnement

---

CP1K est bordé à l'ouest par GL1K et à l'est par POLYMED, deux voisins dont les risques sont majeurs.

### **II.7.1 Vraisemblance :**

Le complexe GL1K fait courir un risque fort au complexe CP1K du fait de la présence à 120m environ d'un bac d'éthylène (12 KT), et d'un bac d'éthane (5KT). Il est à signaler par ailleurs la proximité de sphères de butane et de propane ainsi qu'une unité de production de GPL.

Il est à rappeler que la catastrophe survenue sur le complexe de liquéfaction de gaz GL1K le 20 janvier 2004, a anéanti la quasi totalité du pole 1 et fait 29 morts et 74 blessés.

### **II.7.2 Gravité :**

Dans le cas d'un tel scénario se produisant sur le pole 2, à partir de deux trains de liquéfaction 5 et 6, l'exposition au risque reste majeure pour CP1K.

CP1K serait atteint au niveau de l'unité éthylène, des sphères de stockage de VCM et des bâtiments abritant une centaine de personnes soit 30% de la valeur du complexe et 100% de son chiffre d'affaires.

## **CHAPITRE III**

# **Réglementation et Retour d'expérience**

### III.1 Réglementation

#### III.1.1 Réglementation algérienne :

La réglementation algérienne dans le domaine de l'environnement, des risques, de l'hygiène et de la sécurité au travail est très pourvue, elle se rapproche d'une façon significative de la réglementation internationale, notamment européenne dans ces domaines.

Dans ce qui suit, nous rapportons la réglementation applicable aux installations classées pour l'environnement, dont les unités CP1K font parties.

- *Loi n°88-07 du 26 janvier 1988 relative à l'hygiène, la sécurité et la médecine au travail.*

Cette loi a pour objet les voies et les moyens ayant pour but d'assurer au travailleur les meilleures conditions en matière d'hygiène, de sécurité et de médecine au travail, et de désigner les personnes responsables et organismes employeurs chargés d'exécution des mesures prescrites.

- *Le Décret n°98-339 du 03 Novembre 1998 relatif aux installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) définit la réglementation applicable aux installations classées et fixant leur nomenclature.*

- *La loi N°03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable. La présente loi a pour objet de définir les règles de protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.*

Elle se fonde sur les principes généraux suivants :

- Le principe de préservation de la diversité biologique
- Le principe de non dégradation des ressources naturelles,
- Le principe de substitution,
- Le principe d'intégration
- Le principe d'action préventive et de correction, par priorité à la source, des atteintes à l'environnement

## Chapitre III : réglementation et retour d'expérience

---

- Le principe de précaution
- Le principe du pollueur payeur
- Le principe d'information et de participation

- *La loi N°04-20 du 25 décembre 2004* relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.

- *La circulaire RI du 22 septembre 2003*, qui identifie les installations soumises à déclaration, en conséquence assujettie à l'élaboration d'une étude d'impact avant exploitation et d'une étude de danger et d'impact.

Elle prévoit également, l'obligation par l'exploitant d'établir un plan d'organisation interne POI réalisé sur la base d'une étude de danger, et l'élaboration d'un plan particulier d'intervention PPI, qui se sera fait sur la base du POI par l'autorité territoriale compétente.

### III.1.2 Réglementation internationale

- *La directive n° 89/391/CEE* du conseil des communautés européennes du 12 juin 1989, dite « directive cadre », définit les principes fondamentaux de la protection des travailleurs. Elle a placé l'évaluation des risques professionnels au sommet de la hiérarchie des principes généraux de prévention, lorsque les risques n'ont pas pu être évités à la source.

Depuis 1991 tout chef d'entreprise est tenu de procéder à une évaluation des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs.

Les bases réglementaires sont les lois et décret propres à chaque pays européen.

- *La directive n°96/82/CEE (Directive SEVESO II)* du 9 décembre 1996 concernant la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses.

Cette directive a pour objet la prévention des accidents majeurs impliquant des substances dangereuses et la limitation de leurs conséquences pour l'homme et

l'environnement, afin d'assurer de façon cohérente et efficace des niveaux de protection élevés.

### III.1.3 Normes internationales

Les normes internationales ont évolué dans un autre sens, car elles étaient préoccupées de certification, et ont plutôt progressé pas à pas. Le système ISO 9000 (qui existe depuis 1994) a donc servi de base à un système de gestion de l'environnement (ISO 14001, 1996), maintenant universellement reconnu comme la norme unique de gestion de l'environnement.

ISO 14001 traite des pollutions accidentelles et continues, mais est peu orienté vers la gestion du risque.

La gestion de la santé et de la sécurité n'a été codifiée que plus tard (2000) et a suivi le modèle ISO 14001 pour aboutir à la spécification OHSAS 18001. Les "normes" ISO 14001 et OHSAS 18001 sont construites sur le même plan, ce qui permet de rapprocher facilement les deux systèmes et de vérifier l'absence de zones grises ou d'omissions. Puisque le système de gestion est une méthode d'organisation de la pensée, des actions et des documents, le parallélisme strict des deux systèmes est un élément essentiel qui permet donc de gérer l'ensemble des questions HSE avec seulement ces deux systèmes, l'un plutôt orienté vers les effets accidentels, l'autre vers des effets continus. La santé au travail et l'hygiène industrielle se trouvent donc intégrées de façon logique dans le système de gestion de la sécurité. [8], [12], [13]

## Chapitre III : réglementation et retour d'expérience

Tableau III.1 : La conformité du complexe CP1K aux prescriptions réglementaires :

Réglementation	Désignation	Situation établissement		Commentaires
		Conforme : oui	Non conforme : non	
Réglementation applicable aux installations classées (IC) pour la protection de l'environnement	Décret n°98-339 du 03-11-1998	Oui		Le complexe CP1/K fait partie des installations classées pour la protection de l'environnement conformément à ce décret.
Réglementation relative à l'hygiène, la sécurité et la médecine au travail (Loi n°88-07 du 26-01-1988)	Article 01	Oui		Le complexe CP1Kest conforme à cette loi.
	Article 02	Oui		
	Article 03	Oui		
	Article 04	Oui		
	Article 05	Oui		
	Article 06	Oui		
	Article 07	Oui		
	Article 08	Oui		
	Article 09	Oui		
	Article 10	Oui		
	Article 11	Oui		
	Article 12	Oui		
	Article 13	Oui		
	Article 14	Oui		
	Article 15	Oui		
	Article 16	Oui		

## Chapitre III : réglementation et retour d'expérience

	Article 17	Oui		
	Article 18	Oui		
Réglementation relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable	La loi N°03-10 du 19-07-2003	Oui		la conformité à cette loi du complexe CP1K est relative.
	La circulaire R1 du 22-09-2003	Oui		
Normes	Iso 9000 (qualité)		Non	Le complexe CP1K n'est pas certifié.
	Iso 14001 (environnement)		Non	
	OHSAS 18001 (santé et sécurité)		Non	

### Synthèse :

Au vu de la lecture et analyse de la réglementation algérienne et des normes internationales, il ressort que le complexe CP1K est Conforme au : décret n°98-339 du 03 Novembre 1998 , à la Loi n°88-07 du 26 janvier 1988 , à la loi N°03-10 du 19 juillet 2003 ainsi que la loi N°04-20 du 25 décembre 2004.

L'application de la méthode MADS- MOSAR nous permettra d'identifier les risques, les évaluer et de mettre des barrières en vu de leurs réductions.

Le retour d'expériences constituera pour les besoins de notre analyse une banque de données très importante.

### III.2 Retour d'expérience

#### III.2.1 Au niveau de la zone industrielle de Skikda

- **Forte déflagration au niveau du Complexe GNL/K**
  - Date: 19 janvier 2004
  - Lieu de l'accident: Complexe GNL/K Skikda, Sonatrach
  - Cause de l'accident : fuite de gaz
  - Bilan humain : 27 décès et 74 blessés.
  - Bilan matériel: destruction des unités 40, 30 et 20 ainsi que le bloc administratif du complexe.
  
- **RTE : incendie du Terminal de Skikda, Sonatrach**
  - Date:04.10.2005
  - Lieu de l'accident: Terminal de stockage de Skikda; Sonatrach- Algérie
  - Nature de l'accident: incendie de deux bacs de brut
  - Bilan humain et matériel: 02 morts et 29 employés blessés.
  - Bilan matériel:
    - 02 bac(105 & 106) détruits
    - 07 camions d'intervention embrasés
    - Perte d'une quantité importante de brut.

Coût des dégâts matériels: 36.470.000 dollars.

## Chapitre III : réglementation et retour d'expérience

---

### ➤ *Dans le complexe CPIK :*

#### ✓ *Fuite de chlore :*

Au mois de juillet 1980, une fuite de chlore est apparue sur la ligne de transfert, alimentant la station de chloration distante de 800m de l'unité chlore soude.

Cette fuite ayant, lieu à proximité de l'unité VCM, les détecteurs de cette unité ont été les premiers à fonctionner et de ce fait les équipes de sécurité et de l'unité ont commencé à chercher la fuite au niveau de cette unité.

Ce n'est que quelques instants après qu'un nuage de chlore est apparu sur la pipe rack.

A cet instant, l'unité chlore soude à été alerté pour arrêter le transfert.

Une trentaine de personnes se trouvant dans le sens du vent ont été évacués sur l'hôpital de SKIKDA suite à une inhalation assez conséquente de chlore, et sur les trente personnes, quatre ont été retenus sous surveillance jusqu'au lendemain puis libérés.

Depuis il a été décidé d'éliminer l'utilisation du chlore pour l'eau de mer, et a été remplacé par l'eau de javel, et par ailleurs, le stockage de chlore a été éliminé (tous le chlore produit est transformé immédiatement).

#### ✓ *Décomposition des peroxydes :*

Au mois de juillet 2009, l'arrêt accidentel du système de refroidissement d'un conteneur de peroxydes a eu pour effet, suite à une hausse de température, la décomposition du stock de peroxydes contenu dans le conteneur.

Cette décomposition a été à l'origine d'une odeur inconvenante qui est arrivé jusqu'à la ville de SKIKDA.

#### ✓ **Forte déflagration au niveau de l'unité éthylène**

- Date: 17 Mars 2004
- Lieu de l'accident: unité éthylène, Complexe CP1/K Skikda, Sonatrach
- Cause de l'accident : fuite d'hydrogène sur la ligne 3 P3153 B1Q.
- Bilan humain : 06 blessés.
- Bilan matériel: destruction d'une partie de la section purification,

### III.2.3 Au niveau international

#### ➤ Alpha

- Date: 06 Juillet 1988
- Lieu: plate-forme pétrolière située en mer du nord au large des côtes d'Écosse
- Nature de l'accident: incendie suivi de deux explosions
- Bilan humain: 167 morts
- Bilan matériel: destruction de toute la plate forme pétrolière
- Causes & facteurs aggravants: organisation des opérations de maintenance, consignations et transmission de l'information – organisation des urgences – conception de la plate forme (salle de commande) – risques imposés par les activités environnantes & leur impératif de productivité, etc.

#### ➤ BHOPAL (3 décembre 1984)

- La plus importante catastrophe industrielle à ce jour
- L'explosion d'une usine Union Carbide (Dow Chemical maintenant) de pesticides a dégagé 40 tonnes d' isocyanate de méthyle (produit extrêmement toxique et allergène, aussi toxique que le chlore) dans l'atmosphère de la ville.
- Entre 16 000 et 30 000 personnes tuées, dont 8000 la première nuit.

**Causes & facteurs aggravants:** Défaillance au niveau des ressources maintenance & entretien des installations ainsi que dans la conduite à tenir en cas d'urgence (Plan d'urgence

#### ➤ Erika

- Date:12-12-99
- Lieu de l'accident: Golfe de Gascogne au large de Penmarc'h
- Quantité déversée:20 000t (fuel lourd cancérigène)
- Responsables: l'Affréteur (Total), l'armateur et l'équipage
- Désastre écologique & économique (4000 animaux tués ou mazoutés, 150 h de parc à huitre touchés, 400 Km de côtes polluées, etc.)
- Préjudice écologique 400 M€, Total a dépensé 200 M€(nettoyage et pompage de la cargaison).

## Chapitre III : réglementation et retour d'expérience

---

- **Usine AZF Toulouse le 21 septembre 2001** : Explosion d'un hangar de stockage de nitrate ammonium

### Sur le site AZF :

- 21 victimes - décès
- plusieurs blessés graves
- Une grande partie du site détruit

### Et aussi ... à l'extérieur du site

- 9 victimes - décès
- 29 blessés graves
- 300 blessés hospitalisés plus de 6 jours
- 2500 personnes hospitalisées
- 8000 personnes en consultation d'un médecin
- 25 000 logements endommagés dont 11000 gravement et 1200 complètement détruits
- 1000 bâtiments industriels ou de commerces endommagés dont 200 gravement

120 établissements scolaires et universitaires endommagés (36 000 élèves)

- **SEVESO le 10 juillet 1976** : (Banlieue de Milan) Explosion d'un réacteur dans une usine chimique avec rejet accidentel de dioxine (2,5 kg soit 500 000 doses mortelles)
- 5 communes contaminées (1800 ha)
- 600 personnes évacuées
- 2000 personnes affectées
- tout le cheptel de la zone abattu
- plusieurs bâtiments rasés
- zones à plus forte contamination interdite pendant plusieurs années



Fig III.1. Lieu de l'explosion « SEVESO »

- **Flixborough (1er juin 1974)** : Explosion d'un nuage de gaz (260 km au Nord de Londres) 28 morts, 89 blessés, et 2450 maisons touchées
  
- **Tchernobyl (26 avril 1986)** : Fusion du cœur,  
31 décès immédiats, 200 personnes gravement irradiées, 135000 personnes évacuées, 2 millions de terres agricoles contaminées, 1 million de personnes mises sous contrôle médical, 5 400 000 personnes protégées contre l'iode.
  
- **Challenger (28 janvier 1986)**  
Explosion après une fuite du gaz à travers un joint 7 morts.

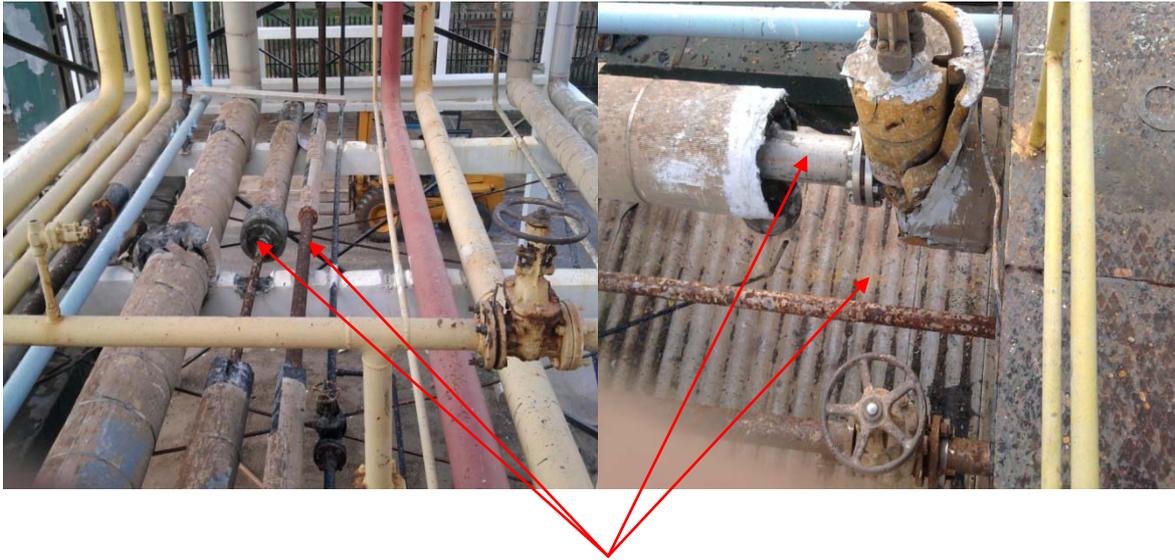
### III.2.4 le quotidien de l'entreprise :



Fig III.2. L'utilisation du Clark comme moyen de transport.



Fig III.3. L'utilisation d'un collier pour l'élimination d'une fuite dans une ligne de gaz (éthane). « Un provisoire qui dure »



**Fig III.4. Absence de calorifuge dans des lignes de fluide chaud et froid, ce qui a causé la corrosion des lignes.**



**Fig. III. 5. Fuite de vapeur importante pouvant corroder des équipements avoisinants et être à l'origine d'un incident voire accident.**



Fig III.6. Corrosion avancé sur les supports de ligne de gaz.



Fig. III .7 . Absence d'utilisation des moyens de protection individuelle (EPI : lunettes, masques à poussière, soulier et ceinture de sécurité).

## **CHAPITRE IV**

# **Application de MADS MOSAR à l'unité éthylène**

## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

---

### IV.1 Introduction à la méthode MOSAR « Méthode Organisée et Systémique d'Analyse de Risque »

La méthode MOSAR est un parvenir à une analyse des risques d'un système. Le but de la méthode consiste à :

- ✓ Identifier et évaluer les risques du système considéré
- ✓ Négocier les objectifs et l'acceptabilité des risques par les acteurs concernés
- ✓ Intégrer les réglementations spécifiques ensemble ordonné de manière logique, de principes, de règles, d'étapes, permettant de
- ✓ Intégrer l'approche déterministe et probabiliste
- ✓ Mise en œuvre de concepts logiques
- ✓ Mise en œuvre de concepts systématiques : découpages recouvrant l'éventail des possibilités de risque
- ✓ Mise en œuvre de concepts systémiques : mise en relation des différents points de vues des cibles et modélisation des acteurs du système
- ✓ Faire un travail de groupe
- ✓ Mise en œuvre d'outils (AMDEC, HAZOP, arbres de défaillances...)
- ✓ Avoir une vision macroscopique (risque de proximité) puis microscopique (risque interne) de l'installation

Cette méthode se décompose en deux grands modules (A et B), le premier étant une analyse macroscopique du système, le second étant une analyse microscopique.

### IV.2 Méthodologie MADS :« Méthodologie d'Analyses des Dysfonctionnements des Systèmes »

MADS permet d'analyser les risques inhérents à une activité technologique et de les maîtriser.

Elle est fondée sur la science du danger, «corps de connaissances transversales qui a pour objet d'appréhender des Evénements Non Souhaités (exprimé sous l'acronyme ENS) ».

Les événements non souhaités sont les phénomènes susceptibles de provoquer des effets non voulus sur l'individu, la population, les installations et/ou l'écosystème. Ils sont issus et s'appliquent à la structure, l'activité, et l'évolution des systèmes.

## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

La science du danger articule plusieurs strates de connaissances autour de cette même problématique : disciplines fondamentales, disciplines appliquées, et les techniques du danger.

Le terme «appréhender », objectif d'une analyse de risques recouvre les opérations suivantes :

- représenter / modéliser
- identifier - évaluer – maîtriser – gérer/manager

et cela, a priori ou a posteriori de l'apparition de l'ENS.

MADS utilise une approche systémique de la complexité des systèmes et donne des outils pour mener cette approche plus ou moins globale, basée sur la modélisation.

Modéliser consiste à représenter les systèmes d'où sont issus et sur lesquels s'appliquent les ENS. Ces systèmes sont les systèmes source et cible, dont la mise en relation se fait par le flux de danger ; le tout dans un environnement actif, le champ de danger. On parle de modélisation du processus de danger, ou «modèle de référence ».

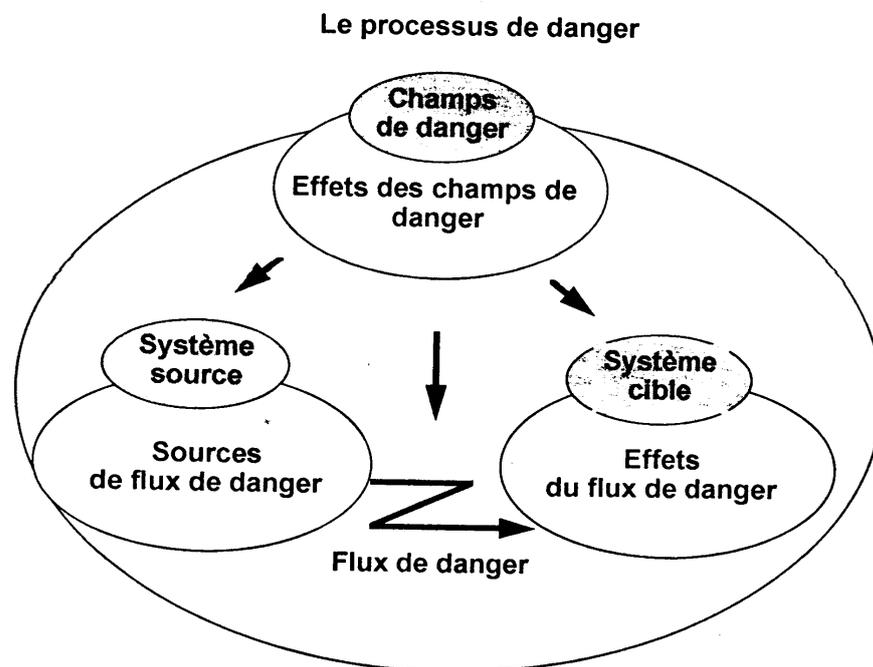


Fig IV.1 .le processus de danger

## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

La représentation générale d'un système peut se faire à partir des critères suivant (le paradigme systémique) :

- structure (éléments + liens)
- finalité
- évolution
- environnement

Un système peut alors se décomposer en sous-systèmes ; chacun se caractérisera par un ensemble de sources de danger.

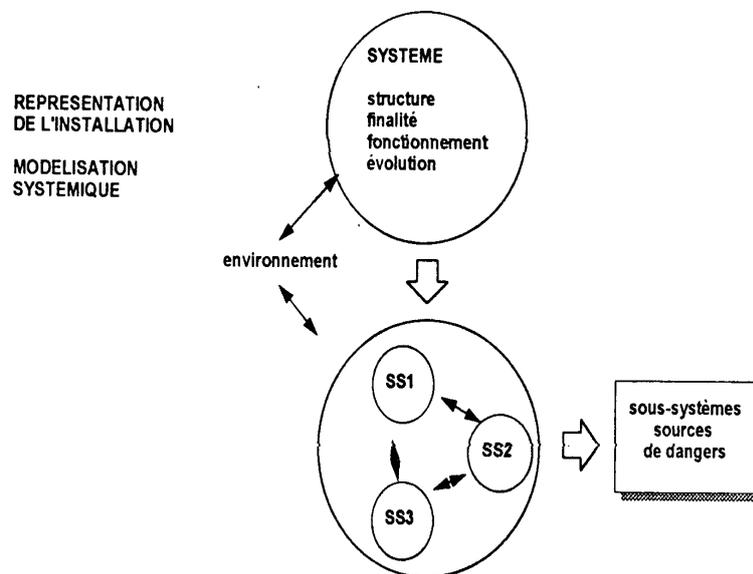


Fig. IV. 2. Modélisation systémique d'une installation

MADS propose une méthodologie dont MOSAR est une application concernant l'analyse des risques d'une installation. Cette méthode fait appel à divers outils permettant de mener une analyse plus ou moins exhaustive. A travers MOSAR, on a le choix entre divers outils (à considérer selon le contexte et l'objectif), et la capacité à coordonner les résultats.

La finalité de la méthode MOSAR est de mettre en évidence les scénarios d'ENS possibles et de définir les barrières de prévention et de protection en place et manquantes.

## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

---

Tant pour l'analyse de risques résiduels, que pour une première analyse de risques, la méthode MOSAR propose une approche globale intéressante.

Cette approche globale est le fondement du module A de la méthode MOSAR. Ce module, à partir d'une vision macroscopique du système, permet l'évaluation et la mise en place d'actions de maîtrise des principaux risques.

La phase de modélisation et de représentation du système permet de mener à bien les décompositions logiques et rationnelles en sous systèmes, nécessaires pour le déroulement du module A. [1], [2], [9]

### **APPREHENDER LES ENS PRINCIPAUX**

#### **1A Représenter l'installation – Modélisation systémique**

#### ***IDENTIFICATION***

#### **2A Identification des sous systèmes sources de danger et des sources de**

#### **Flux de danger**

#### **3A Identification des ENS et des flux de danger (processus de danger)**

#### ***EVALUATION***

#### **4A Evaluation des risques**

#### **5A Hiérarchisation des risques et objectifs sécurité**

#### ***MAITRISE***

#### **6A Analyse de l'adéquation des moyens de prévention et de protection existants**

On peut représenter la démarche générale d'analyse du module A selon un graphe simple

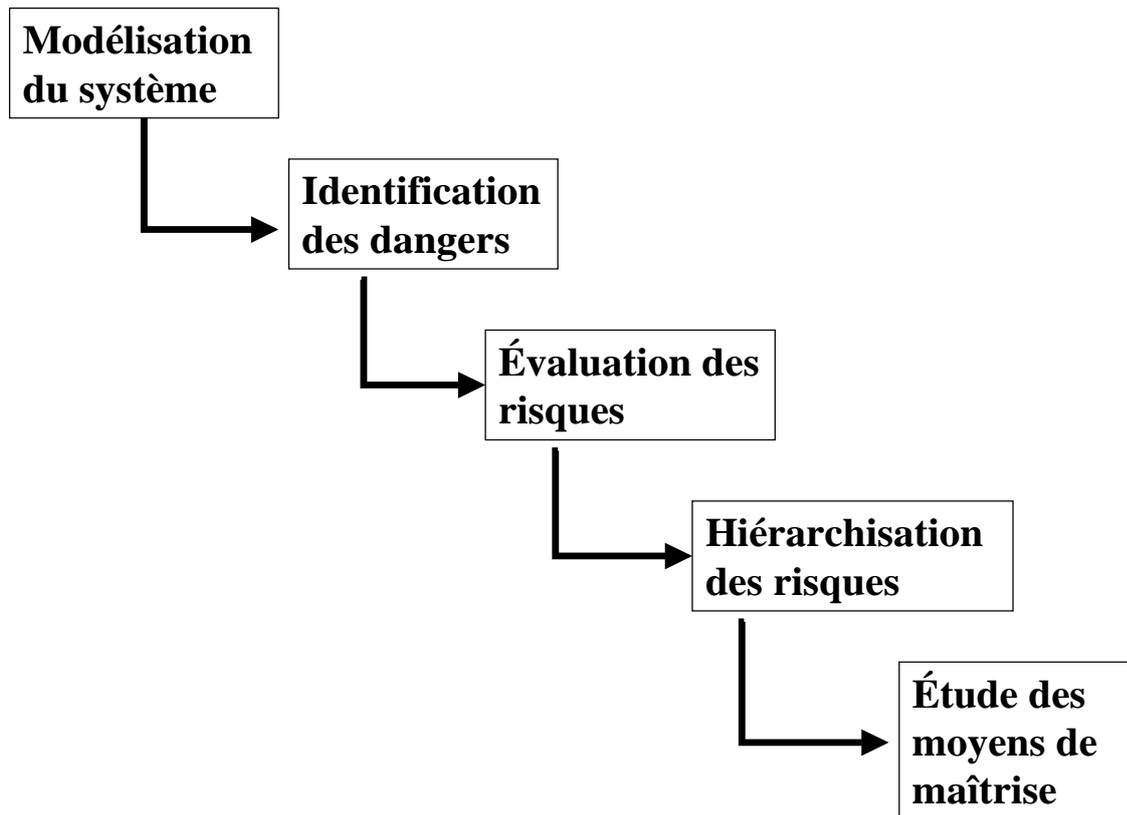


Fig. IV. 3. Module A de MOSAR

### IV.3 Méthode MADS-MOSAR appliquée à l'unité éthylène. [1], [2], [5]

#### Etape préliminaire : modélisation du système et décomposition en sous-systèmes

Découpage en sous systèmes :

**SS1** : section craquage

**SS2** : section compression

**SS3** : section purification

**SS4** : section stockage

**SS5** : operateurs

**SS6** : environnement

*Sous-système principal* : SS1 : section craquage ; SS2 : section compression ; SS3 : section purification ; SS4 : section stockage.

*Sous-système humain* : SS5 : operateurs et personnel du complexe

*Sous système environnement* : SS6: environnement.

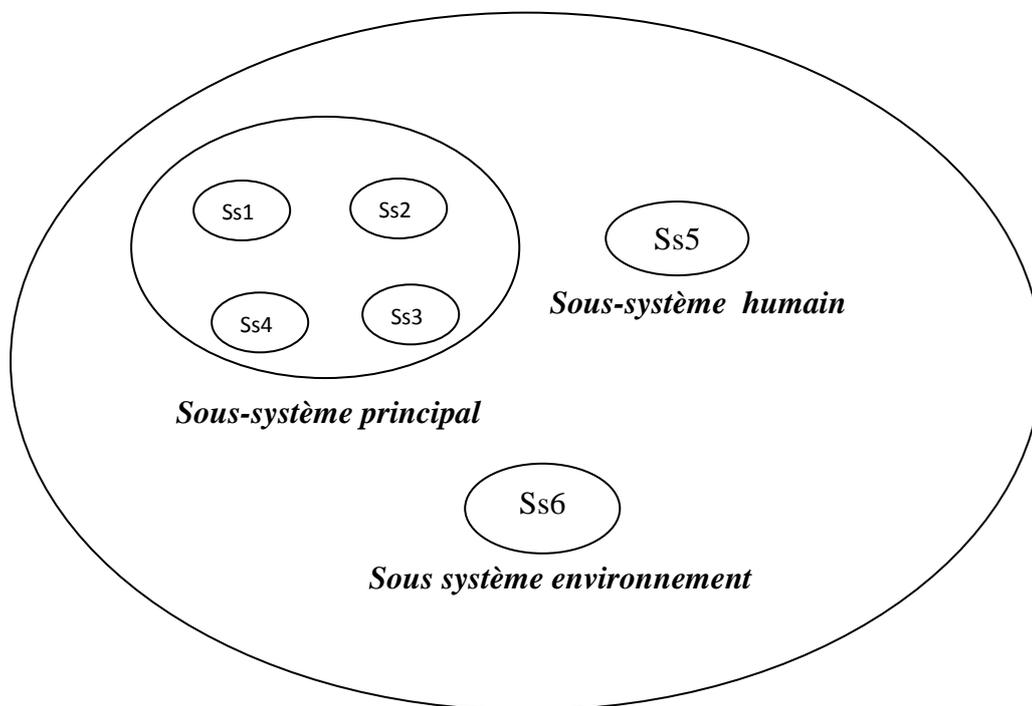


Fig. IV. 4. Décomposition en sous système de l'unité éthylène

## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

### Décomposition du système en sous-système

#### 1<sup>ère</sup> étape du module A : identification des sources de danger

##### SS1 : section craquage

##### Scenario d'accident 1

<b>SOURCES DE DANGER</b>	<b>EVENEMENT ACCIDENTEL</b>	<b>CAUSES POSSIBLES</b>	<b>AGGRAVATIONS POSSIBLES</b>
Réchauffeur d'éthane EEA 101	Rupture plein diamètre de la ligne 14'' en aval EA 101	Corrosion interne et externe de la ligne, il ya rupture de la ligne et formation d'un nuage de gaz.	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Le jet d'éthane enflammé pourra atteindre le réservoir de propane (FA 611) qui est a environ 8m, donc la radiation thermique élevée de la combustion causera le BLEVE du FA 611.</li><li>2) Le nuage d'éthane gazeux sous l'effet du vent Nord-Sud atteindra la sous station électrique, les dégâts seront très important dans le bâtiment salle de contrôle.</li></ol>

##### Scenario d'accident 2

<b>SOURCES DE DANGER</b>	<b>EVENEMENT ACCIDENTEL</b>	<b>CAUSES POSSIBLES</b>	<b>AGGRAVATIONS POSSIBLES</b>
Four de pyrolyse EBA 103	Rupture d'un tube de pyrolyse 4''	<ul style="list-style-type: none"><li>- Fléchissement et frottement de deux tubes</li><li>- Bouchon de coke à l'intérieur d'un tube de pyrolyse.</li><li>- Débit de gaz de charge insuffisant d'où surchauffe des parois du tube et perte des qualités mécaniques du tube conduisant a l'éclatement.</li><li>- Les inspections visuelles ne sont pas suivies.</li></ul>	S'il ya une petite fuite sous l'action de l'effet chalumeau, l'éthane enflamme peut percer un ou plusieurs tubes.

## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

### SS2 : section compression

#### Scenario d'accident 1

SOURCES DE DANGER	EVENEMENT ACCIDENTEL	CAUSES POSSIBLES	AGGRAVATIONS POSSIBLES
Convertisseur primaire d'acétylène EDC201	Explosion du convertisseur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emballement de la réaction.</li> <li>- Température élevée et instrumentation défailante</li> <li>- Pas de H2S (bouchage de l'injection, ou rupture de stock)</li> </ul>	1) L'explosion peut créer des surpressions et endommager l'unité 2) Blessure

#### Scenario d'accident 2

SOURCES DE DANGER	EVENEMENT ACCIDENTEL	CAUSES POSSIBLES	AGGRAVATIONS POSSIBLES
Ballon d'aspiration EFA 404	Rupture de la ligne 10'' sortie propane liquide du ballon du compresseur réfrigérant EGB 401	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vieillesse</li> <li>- Corrosion, Erosion</li> <li>- Surpression interne due au mal fonctionnement de l'instrumentation et du non fonctionnement de la soupape de sécurité ESV 404</li> <li>- Impact de projectile d'une explosion</li> </ul>	En cas de rupture de la ligne, le nuage mettrait en péril toutes les installations du CP1K y compris les zones de stockage de l'éthylène, l'éthane et le stockage GNL du complexe voisin.

#### Scenario d'accident 3

SOURCES DE DANGER	EVENEMENT ACCIDENTEL	CAUSES POSSIBLES	AGGRAVATIONS POSSIBLES
Bouteille H <sub>2</sub> S sous pression	Rupture d'une bouteille avec vidange instantanée	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corrosion</li> <li>- Impact de projectile</li> <li>- Surpression interne par surchauffe de la bouteille</li> <li>- Détendeur cassé</li> </ul>	1) Succession d'explosion d'autres bouteilles 2) Fuite H <sub>2</sub> S 3) Intoxication des opérateurs en salle de contrôle en perdant la maîtrise de l'unité.

## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

### SS3 : section purification

#### Scenario d'accident 1

SOURCES DE DANGER	EVENEMENT ACCIDENTEL	CAUSES POSSIBLES	AGGRAVATIONS POSSIBLES
Déméthaniseur EDA 301	Rupture du fond de la DA 301	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impact de fragments lourds provenant d'une explosion précédente.</li> <li>- Soudure et aciers fragilisés par la corrosion interne ou externe.</li> <li>- Corrosion des piquages.</li> </ul>	Formation d'un nuage de gaz inflammable. L'explosion aurait pour effet la déstabilisation de la colonne et la création d'autres fuites sur les équipements environnant.
EDA 301	Rupture de la ligne 10'' entre la colonne et le rebouilleur.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corrosion interne et externe.</li> <li>- Vibration dues au process</li> <li>- Aciers fragilisés par la très basse température du produit.</li> </ul>	Formation d'un nuage de gaz inflammable. L'explosion aurait pour effet la déstabilisation de la colonne et la création d'autres fuites sur les équipements environnant

#### Scenario d'accident 2

SOURCES DE DANGER	EVENEMENT ACCIDENTEL	CAUSES POSSIBLES	AGGRAVATIONS POSSIBLES
Condenseur EEA 305	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rupture de la calandre de l'échangeur</li> <li>- Fissure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aciers et soudure fragilisés par l'abaissement de température trop brusque.</li> <li>- Fuites aux brides dues aux vibrations de température et aux dilatations différentielles.</li> </ul>	Rupture total de la calandre.

## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

### Scenario d'accident 3

SOURCES DE DANGER	EVENEMENT ACCIDENTEL	CAUSES POSSIBLES	AGGRAVATIONS POSSIBLES
Dééthyléniseur EDA 302	Rupture de la ligne 14'' sortie de la DA 302	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corrosion interne ou externe</li> <li>- Fragilisation de l'acier par basse température.</li> </ul>	Mise à l'air libre de la ligne 14'' : décompression de la colonne, des condenseurs EA 307 A/B, du ballon de reflux EFA 305 qui vont continuer à alimenter le nuage.
EDA 302	Rupture de la partie inférieure de la DA 302, avec vidange de la colonne et de son rebouilleur.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corrosion interne ou externe.</li> <li>- Vibration dues au process</li> <li>- L'acier est fragilisé par la baisse brutale de température (default de fonctionnement de l'instrumentation).</li> </ul>	Si le vent vient du sud, le nuage se formera dans l'unité et l'explosion du nuage d'éthane endommagera les équipements à proximité immédiate comme de reflux FA 305, et le ballon d'éthylène FA 312.

### Scenario d'accident 4

SOURCES DE DANGER	EVENEMENT ACCIDENTEL	CAUSES POSSIBLES	AGGRAVATIONS POSSIBLES
Condenseur de la EDA 302 EEA 307	Rupture de la calandre du condenseur.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vieillessement.</li> <li>- Corrosion interne ou externe sous le calorifuge.</li> <li>- Rupture de l'acier due à l'abaissement de température du propane de réfrigération.</li> <li>- Bouchage par formation de glace qui fait craquer l'échangeur dans son expansion.</li> </ul>	Formation d'un nuage de propane dont l'allumage provoquera une explosion qui endommagera gravement les équipements aux alentours.

## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

### Scenario d'accident 5

SOURCES DE DANGER	EVENEMENT ACCIDENTEL	CAUSES POSSIBLES	AGGRAVATIONS POSSIBLES
Ballon d'éthylène liquide EFA 312	Rupture de la ligne du fond 3''	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corrosion sur la ligne ou érosion</li> <li>- Heurt par un engin de manutention.</li> <li>- Impact de fragments projetés par une explosion passée.</li> </ul>	Fuite d'éthylène dont l'explosion créerait une onde de surpression pouvant endommager les équipements voisins.

### Scenario d'accident 6

SOURCES DE DANGER	EVENEMENT ACCIDENTEL	CAUSES POSSIBLES	AGGRAVATIONS POSSIBLES
Dééthaniseur EDA 303	Rupture du fond de la DA 303	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Admission trop brutale des produits dans la colonne, d'où baisse de température.</li> <li>- Corrosion externe ou interne.</li> </ul>	Explosion d'un nuage de C3 et plus dont la surpression peut déstabiliser le ballon de reflux FA306.

### Scenario d'accident 7

SOURCES DE DANGER	EVENEMENT ACCIDENTEL	CAUSES POSSIBLES	AGGRAVATIONS POSSIBLES
Ballon de reflux EFA 306	Rupture de la ligne 6'' sortie ballon de reflux du dééthaniseur.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perte de résistance par la corrosion interne ou externe.</li> <li>- Explosion préalable dont la surpression cause la rupture de la ligne 6''.</li> <li>- Inflammation d'une petite fuite détériorant les caractéristiques mécaniques de la tuyauterie.</li> <li>- L'acier devient cassant par baisse de température du produit suite à une défaillance de l'instrumentation.</li> </ul>	<p>1) ATEX</p> <p>2) L'explosion d'un nuage de gaz dans la partie confinée de l'unité créera des dommages irréparables aux équipements voisins comme la DA 302, DA 303, et les changeurs,...etc.</p>

## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

### SS4 : section stockage

#### Scenario d'accident 1

SOURCES DE DANGER	EVENEMENT ACCIDENTEL	CAUSES POSSIBLES	AGGRAVATIONS POSSIBLES
Réservoir de stockage d'éthylène EFB 801	Rupture du réservoir d'éthylène	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vieillissement des équipements auxiliaire</li> <li>- Surpression</li> <li>- La variation de la température et de pression du produit dans le réservoir entraine la rupture du réservoir interne. Le produit à <math>-104^{\circ}\text{C}</math> fragilise le réservoir externe qui se fracture.</li> <li>- Débordement au remplissage.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Fuite de <math>\text{C}_2\text{H}_4</math></li> <li>2) Incendie.</li> <li>3) Propagation du sinistre s'il ya feu au réservoir d'éthane et aux réservoirs du GNL</li> <li>4) BLEVE du réservoir.</li> </ol>

#### Scenario d'accident 2

SOURCES DE DANGER	EVENEMENT ACCIDENTEL	CAUSES POSSIBLES	AGGRAVATIONS POSSIBLES
Réservoir de stockage d'éthane EFB 802	Rupture du réservoir d'éthane	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vieillissement des équipements auxiliaire</li> <li>- Surpression</li> <li>- La variation de la température et de pression du produit dans le réservoir entraine la rupture du réservoir interne. Le produit à <math>-89^{\circ}\text{C}</math> fragilise le réservoir externe qui se fracture.</li> <li>- Débordement au remplissage</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Fuite <math>\text{C}_2\text{H}_6</math></li> <li>2) Incendie</li> <li>3) Propagation du sinistre s'il ya feu au réservoir d'éthylène et aux réservoirs du GNL</li> <li>4) BLEVE du réservoir.</li> </ol>

## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

### SS5 : operateurs et personnel du complexe

<b>SOURCES DE DANGER</b>	<b>EVENEMENT ACCIDENTEL</b>	<b>CAUSES POSSIBLES</b>	<b>AGGRAVATIONS POSSIBLES</b>
Operateurs	Erreur d'exploitation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faiblesse de la documentation qui demande d'être complétée et mise à jour.</li> <li>- Manque de motivation du personnel opérant dans les lieux les plus vétustes.</li> <li>- Manque de formation et information.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Une fausse manipulation entraînant un bris de machine et/ou Arrêt de production.</li> <li>2) Négligence dans le travail</li> </ol>
Managers	personnel âgé	Retard dans l'application du plan de relève	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Manque d'opérateurs</li> <li>2) Arrêt fréquent de la production</li> </ol>

### SS6: environnement.

<b>SOURCES DE DANGER</b>	<b>EVENEMENT ACCIDENTEL</b>	<b>CAUSES POSSIBLES</b>	<b>AGGRAVATIONS POSSIBLES</b>
Unités ou Complexes voisins	Propagation d'un Incendie/ explosion par effet domino	Incendie explosion au niveau des unités/ complexe voisins	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Arrêt de la production</li> <li>2) Dégâts considérables</li> <li>3) Pertes humaines</li> </ol>
Unités ou Complexes voisins	Pollution accidentelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formation d'un nuage de chlore</li> <li>- Déversement de produit toxique liquide</li> <li>- Décomposition d'un catalyseur.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Une forte exposition des personnels sur site.</li> <li>2) Pollution</li> <li>3) Des coûts de dépollution</li> </ol>
Risque médical	Maladies	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intoxication d'origine industrielle</li> <li>- Intoxication d'origine bactérienne ou virale</li> <li>- Intoxication d'origine alimentaire.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Contamination</li> <li>2) Epidémie et intoxication de masse</li> <li>3) Arrêt de travail.</li> </ol>

## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

### 2<sup>ème</sup> étape du module A : identification des scénarios de danger

La première partie de ce travail consiste à isoler chaque sous-système et on les représente sous formes de boîtes noires dont les entrées sont les évènements initiateurs et les sorties sont les évènements principaux.



On obtient les différentes boîtes noires suivantes :

Corrosion

Fléchissement

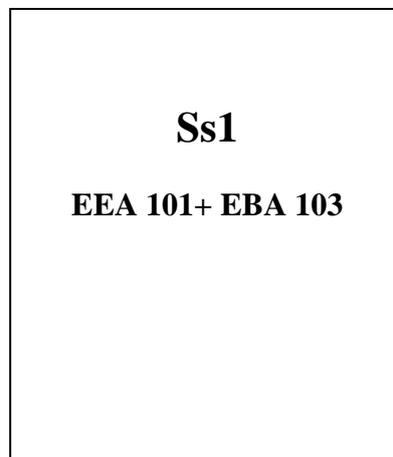
Frottement

Bouchon de coke

Débit de gaz insuffisant

Surchauffe des parois

Éclatement.



Un jet d'éthane enflammé

Radiation thermique élevée

BLEVE de FA 611

Dégâts importants

Fuite

L'effet chalumeau

Tubes percés

Emballement

Défaillance

Bouchage

Rupture de stock

Vieillessement

Corrosion, Erosion

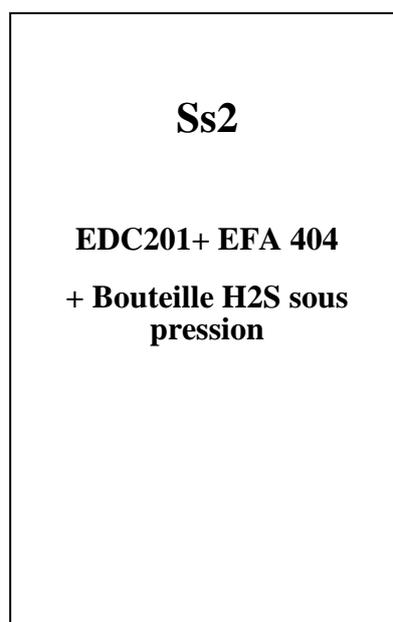
Surpression interne

Disfonctionnement

Explosion précédente

Surchauffe

Détendeur cassé



Explosion

Dommages

Blessure

Intoxication

Perte de maîtrise

Rupture

Fuite H<sub>2</sub>S

## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

---

Explosion

Soudure et aciers fragilisés

Corrosion

Corrosion des piquages

Vibration

Basse température

Dilatations

Fuites

**Ss3**

**EDA 301+EEA 305+**

**EEA 307+EFA 312+**

**EDA 303+EFA 306**

ATEX

Explosion

Déstabilisation

Fuites

Rupture

Décompression

Domage

Onde de surpression

Vieillissement

Surpression

Variation de température

Variation de pression

Rupture

Fragilisation

Fracture

Débordement

**Ss4**

**EFB 801+EFB 802**

Fuite de produit

Incendie

Propagation du sinistre

BLEVE

Faiblesse de la documentation

Manque de formation

Manque d'information

Retard dans le plan de relève

Manque de motivation.

**Ss5**

**Operateurs + Manageurs**

Fausse manipulation

Bris de machine

Arrêt de production

Négligence

Manque d'opérateurs

## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

---

Incendie explosion

Formation d'un nuage de chlore

Déversement de produit toxique

Décomposition d'un catalyseur

Intoxication d'origine  
alimentaire

Intoxication d'origine  
bactérienne ou virale

**Ss6**

**Unités ou Complexes  
Voisins +Risque médical**

Dégâts

Pertes humaines

Arrêt de la production

Pollution

Des coûts de dépollution

Une forte exposition

Intoxication de masse

Contamination

Epidémie

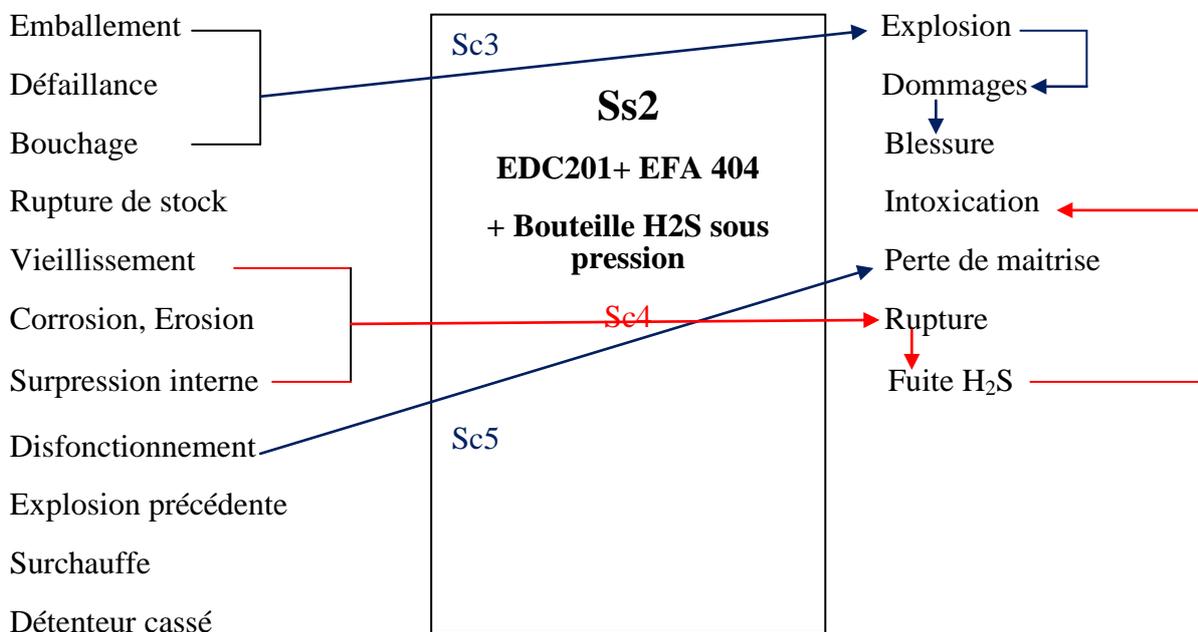
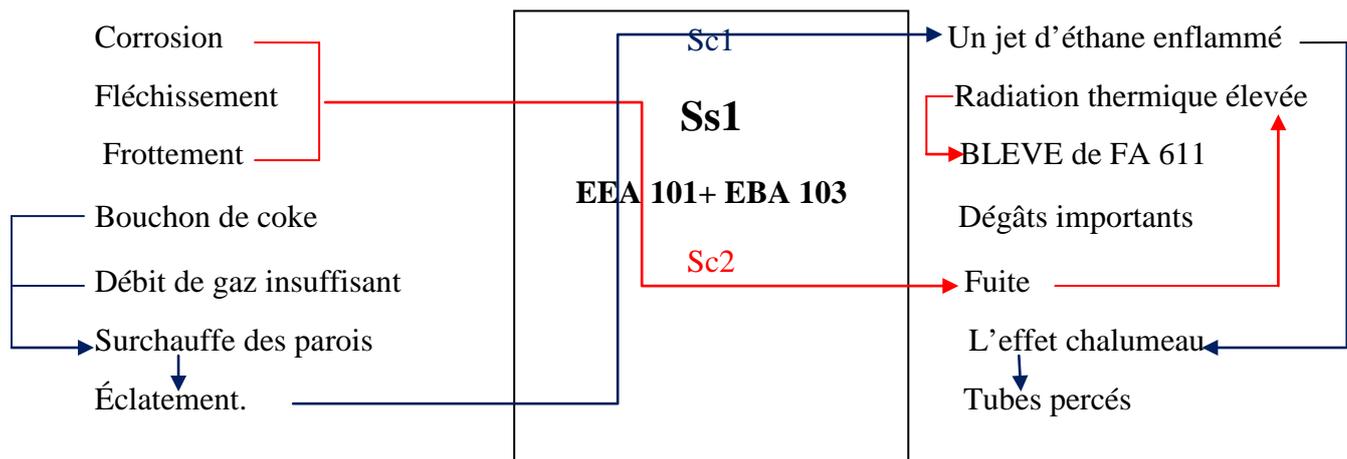
Arrêt de travail

## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

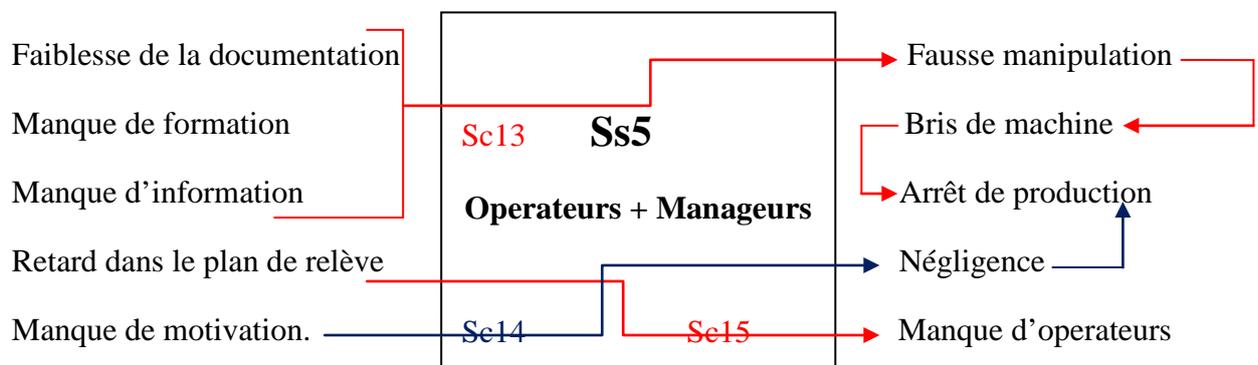
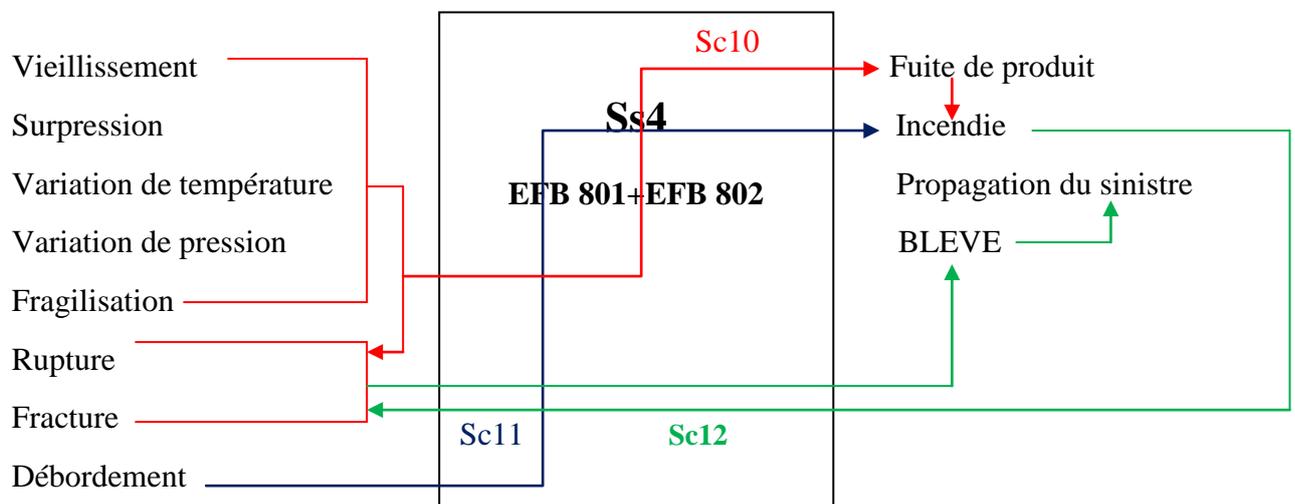
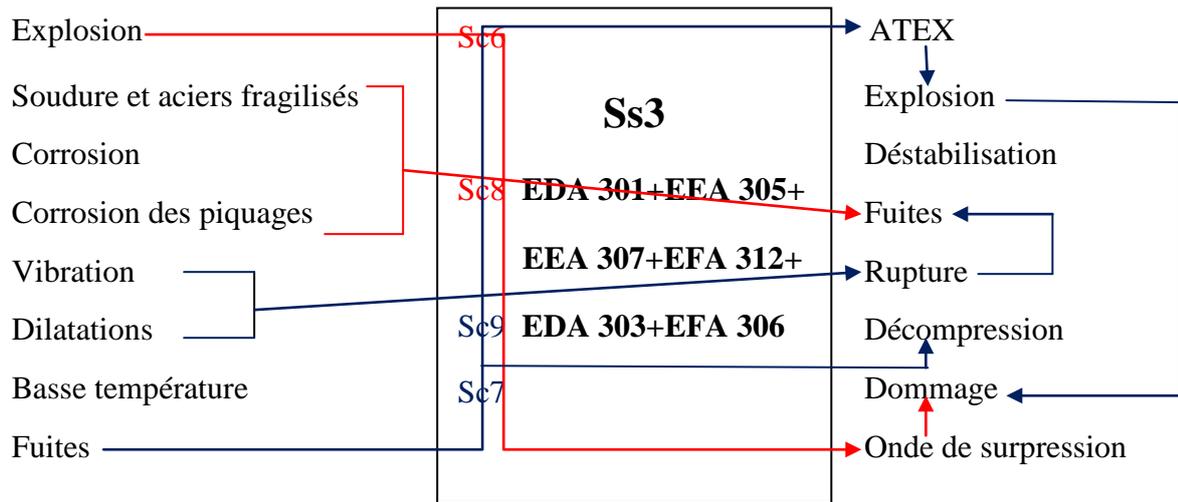
Il s'agit maintenant de s'occuper de la génération de scénarios courts et de scénarios d'autodestruction.

En effet, pour l'instant nous n'avons, dans la génération du processus, fait apparaître que les liaisons directes entre les évènements d'entrée et de sortie des boîtes noires.

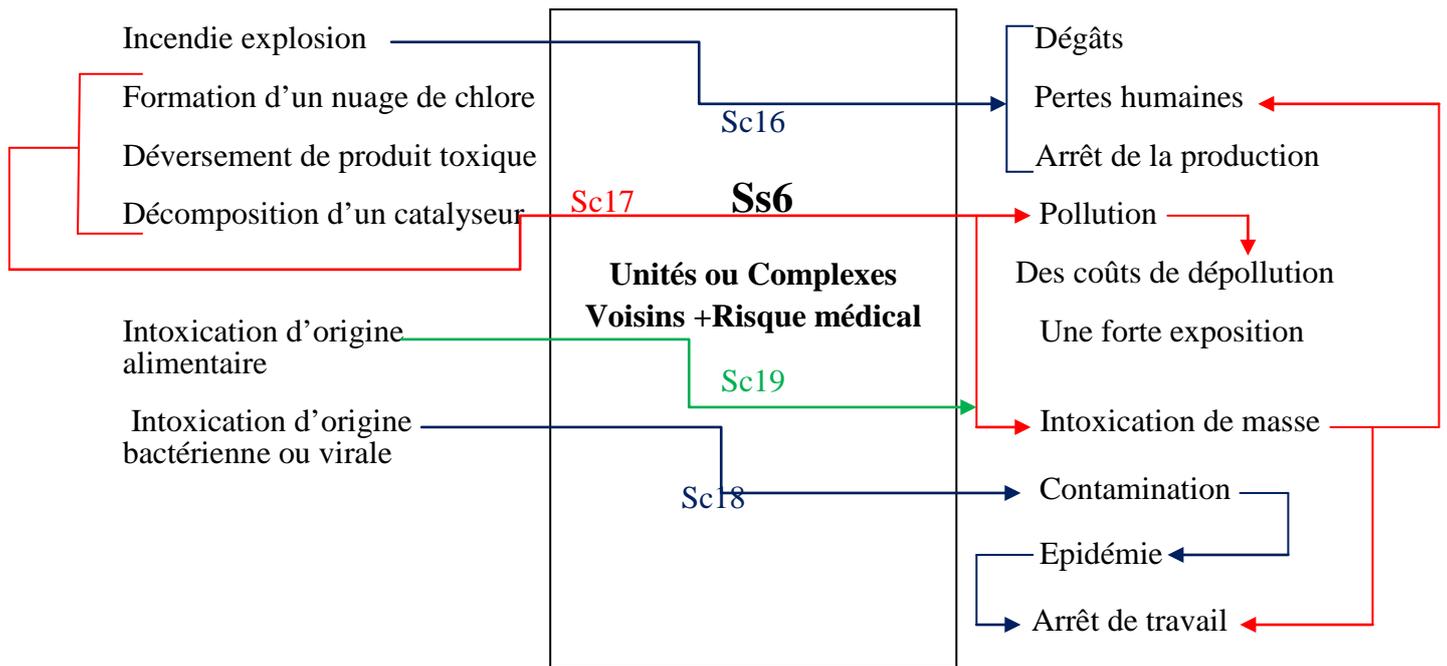
Il faut maintenant combiner les évènements d'entrée entre eux, les évènements de sortie entre eux et identifier les retours en bouclage des évènements de sortie et des évènements d'entrée.



## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

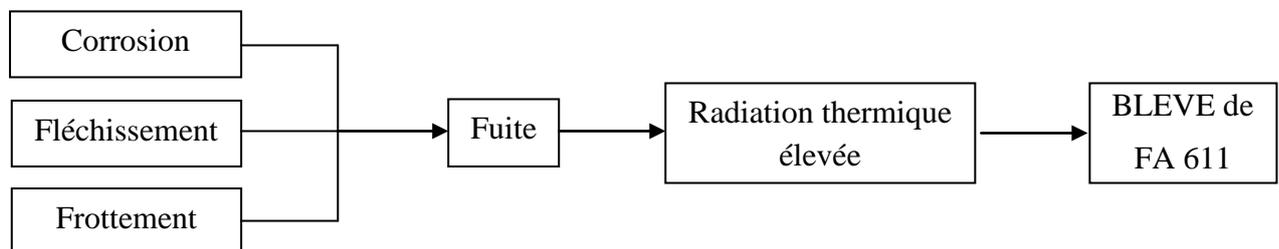


## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

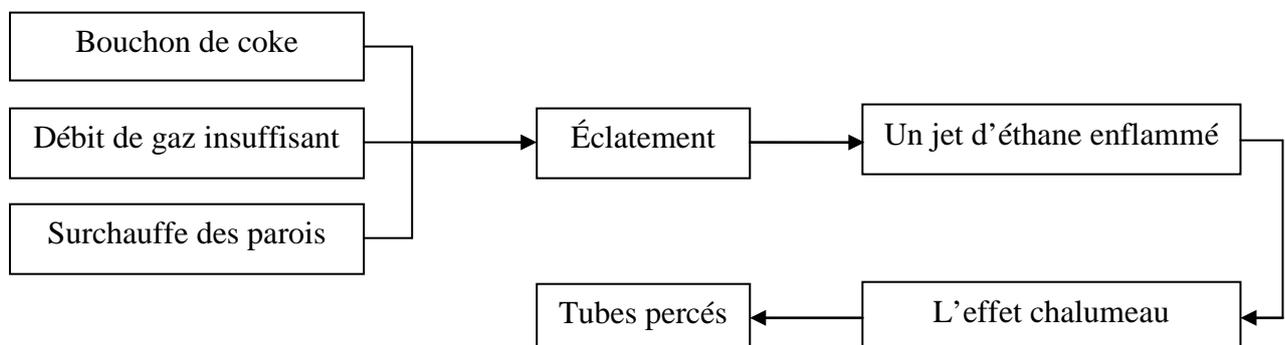


On peut réécrire ces scénarios de manière plus lisible

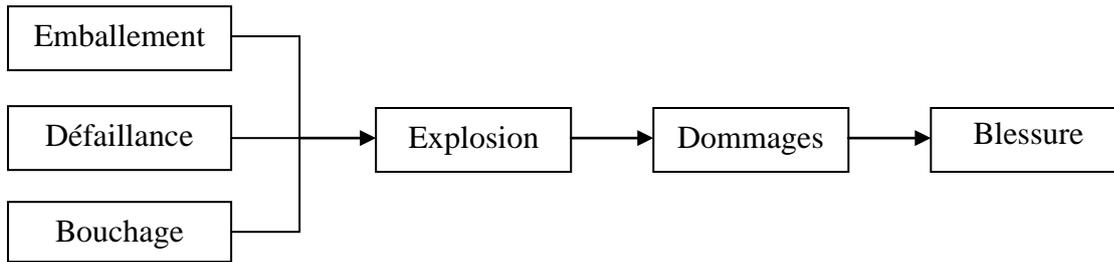
### Sc1



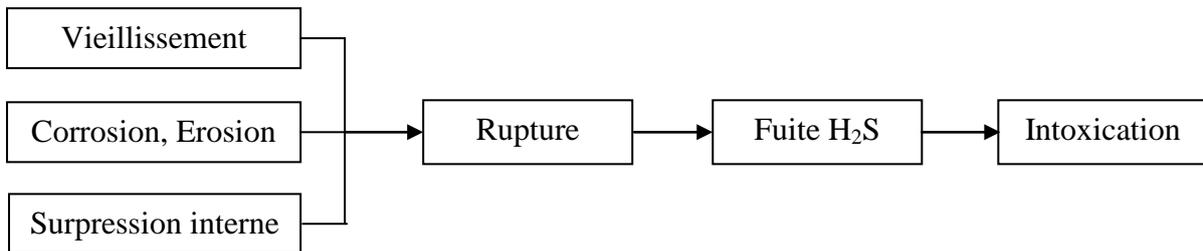
### Sc2



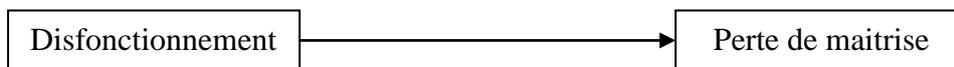
### Sc3



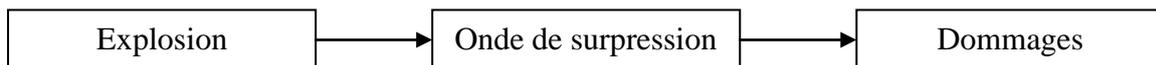
### Sc4



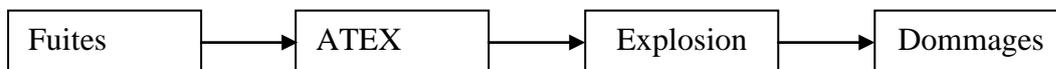
### Sc5



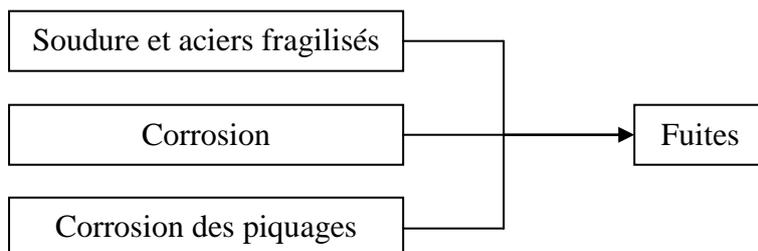
### Sc6



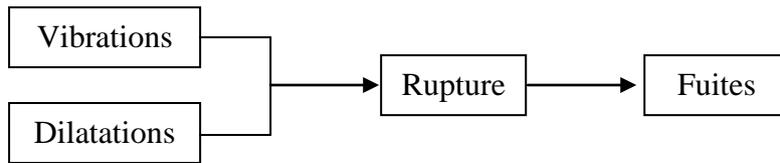
### Sc7



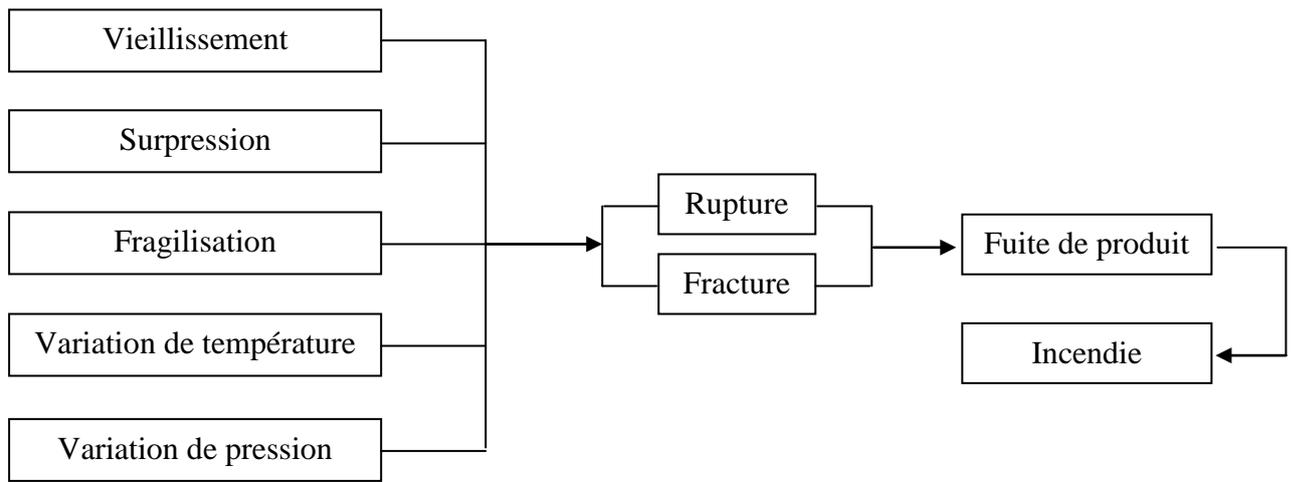
### Sc8



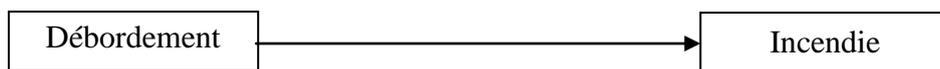
## Sc9



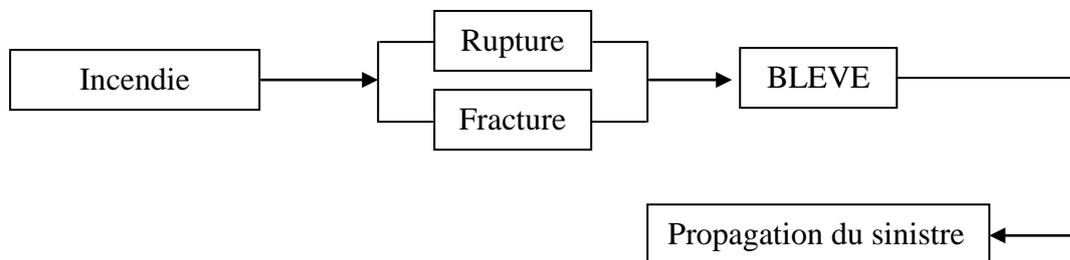
## Sc10



## Sc11

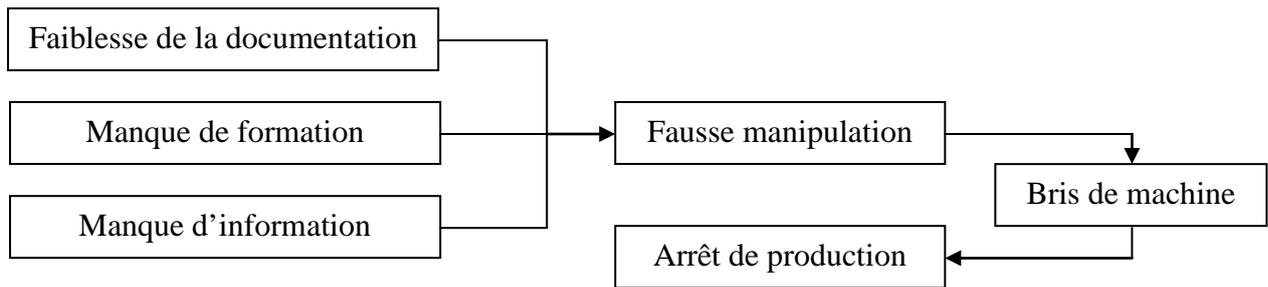


## Sc12

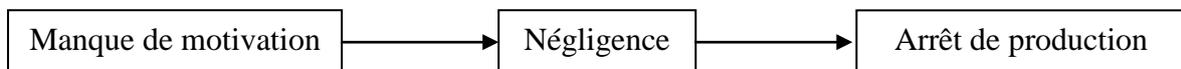


## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

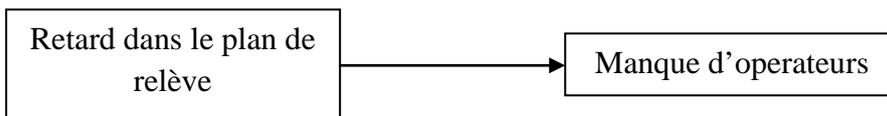
### Sc13



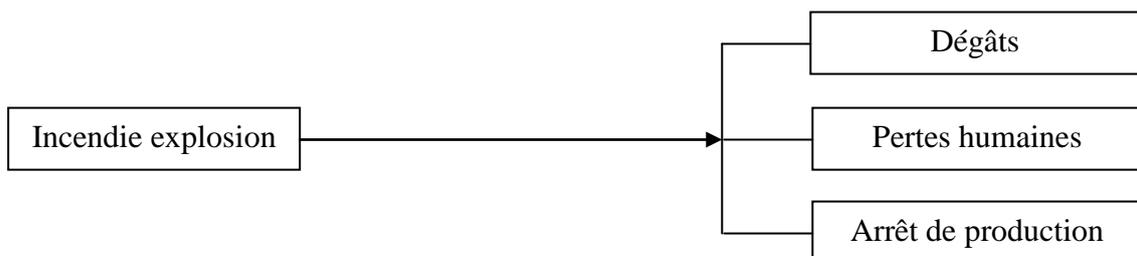
### Sc14



### Sc15

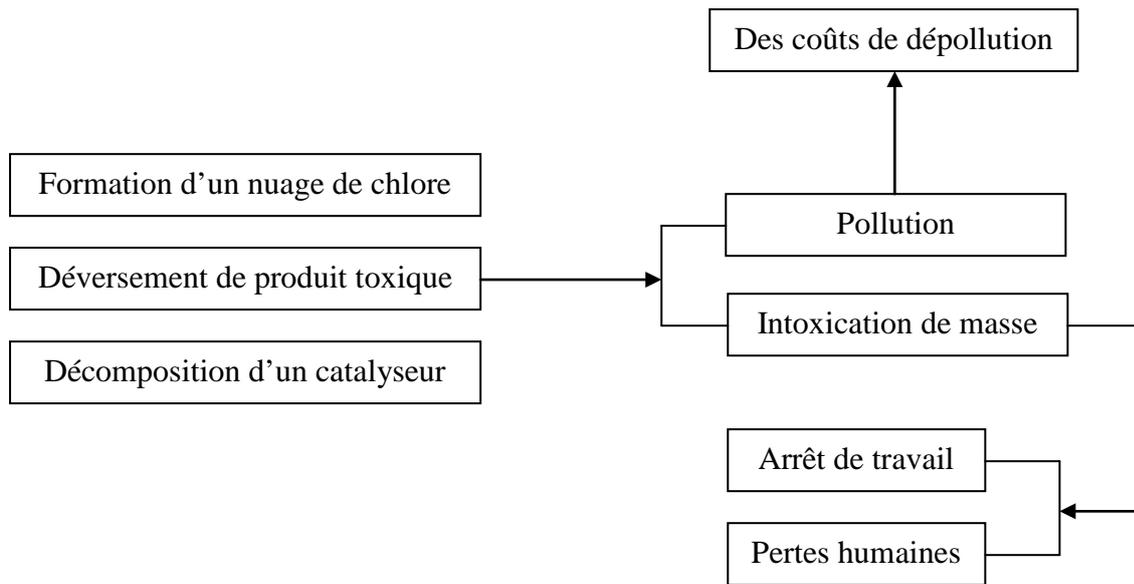


### Sc16

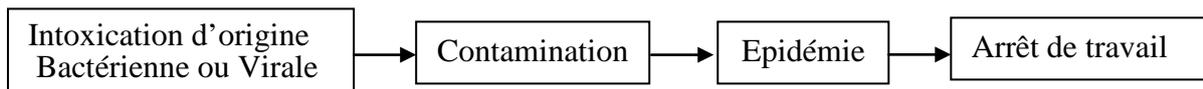


## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

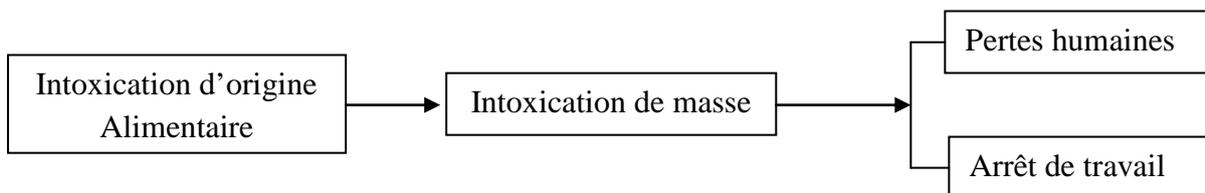
### Sc17



### Sc18



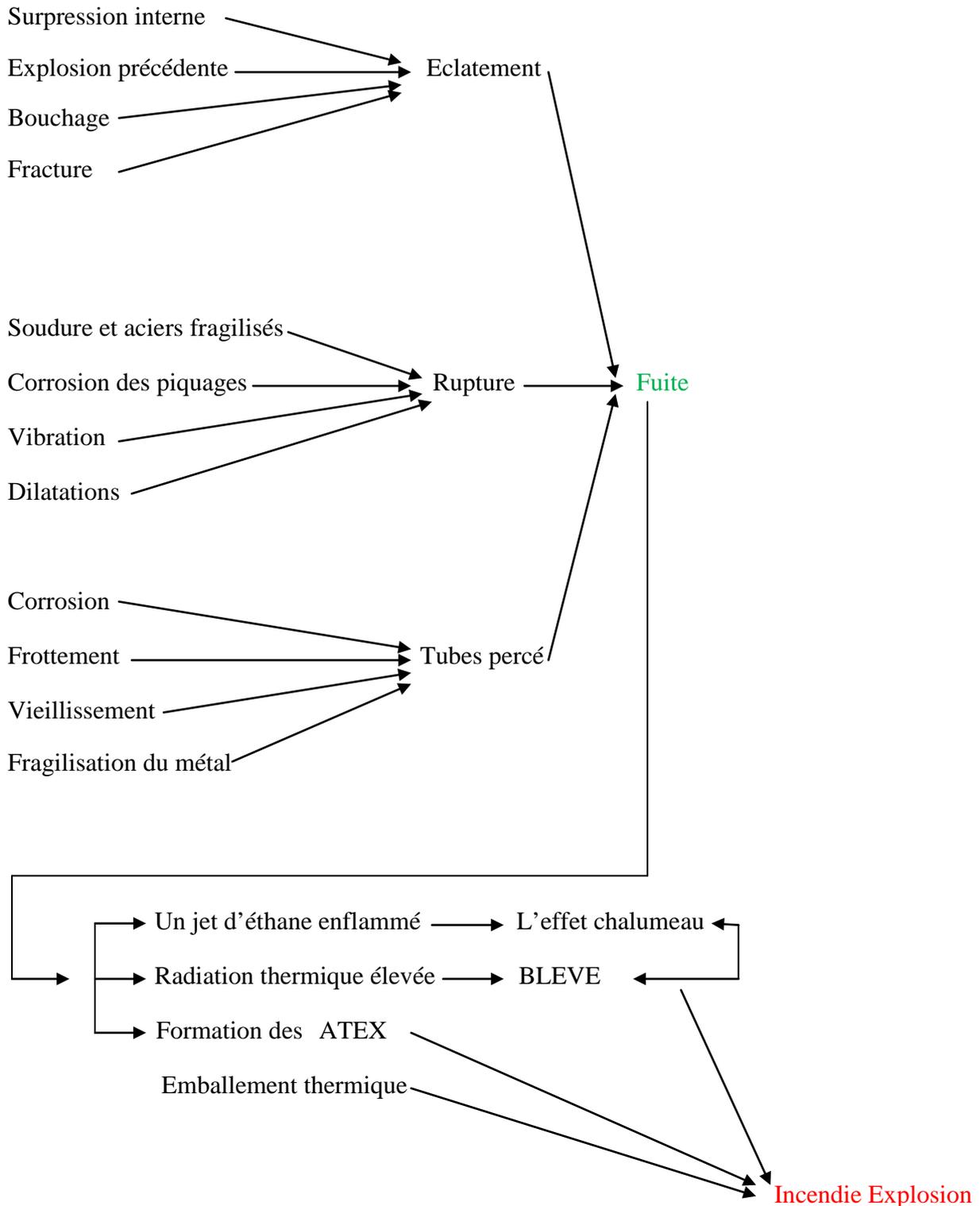
### Sc19



## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

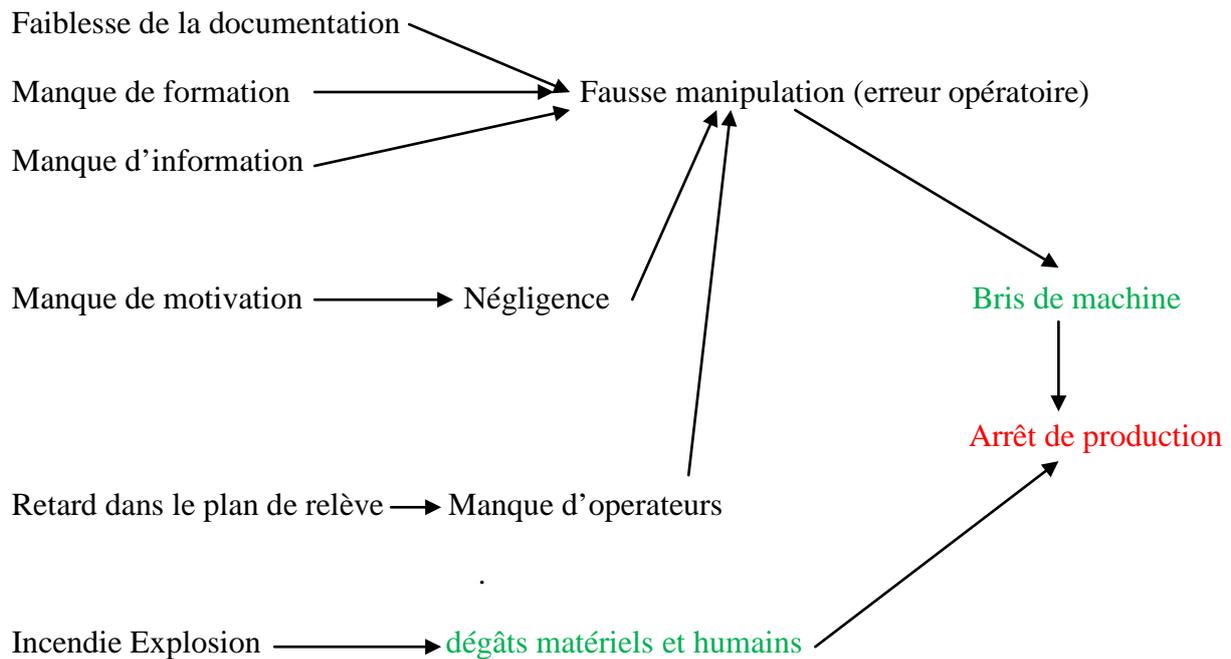
Maintenant que nous avons déterminé quelques scénarios courts et d'autodestruction, nous allons envisager des scénarios dits longs. Si l'on met toutes les boîtes noires sur une même page, il est possible de relier les sorties de certaines de ces boîtes qui sont de même nature que les entrées d'autres boîtes. On obtient ainsi des scénarios longs d'enchaînements d'évènements ou scénarios de proximité ou aussi scénarios principaux d'ENS.

### Sc 20

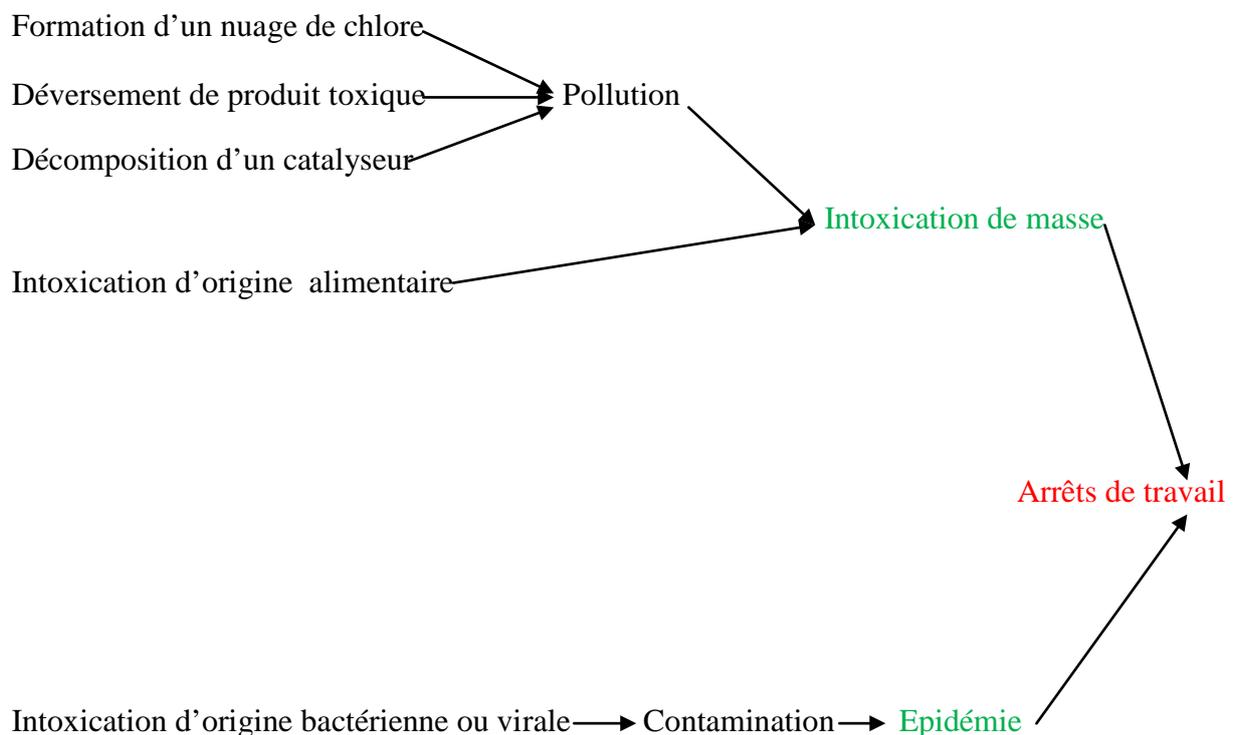


## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

### Sc 21



### Sc 22



### **3<sup>ème</sup> étape du module A : évaluation des scénarios de risques :**

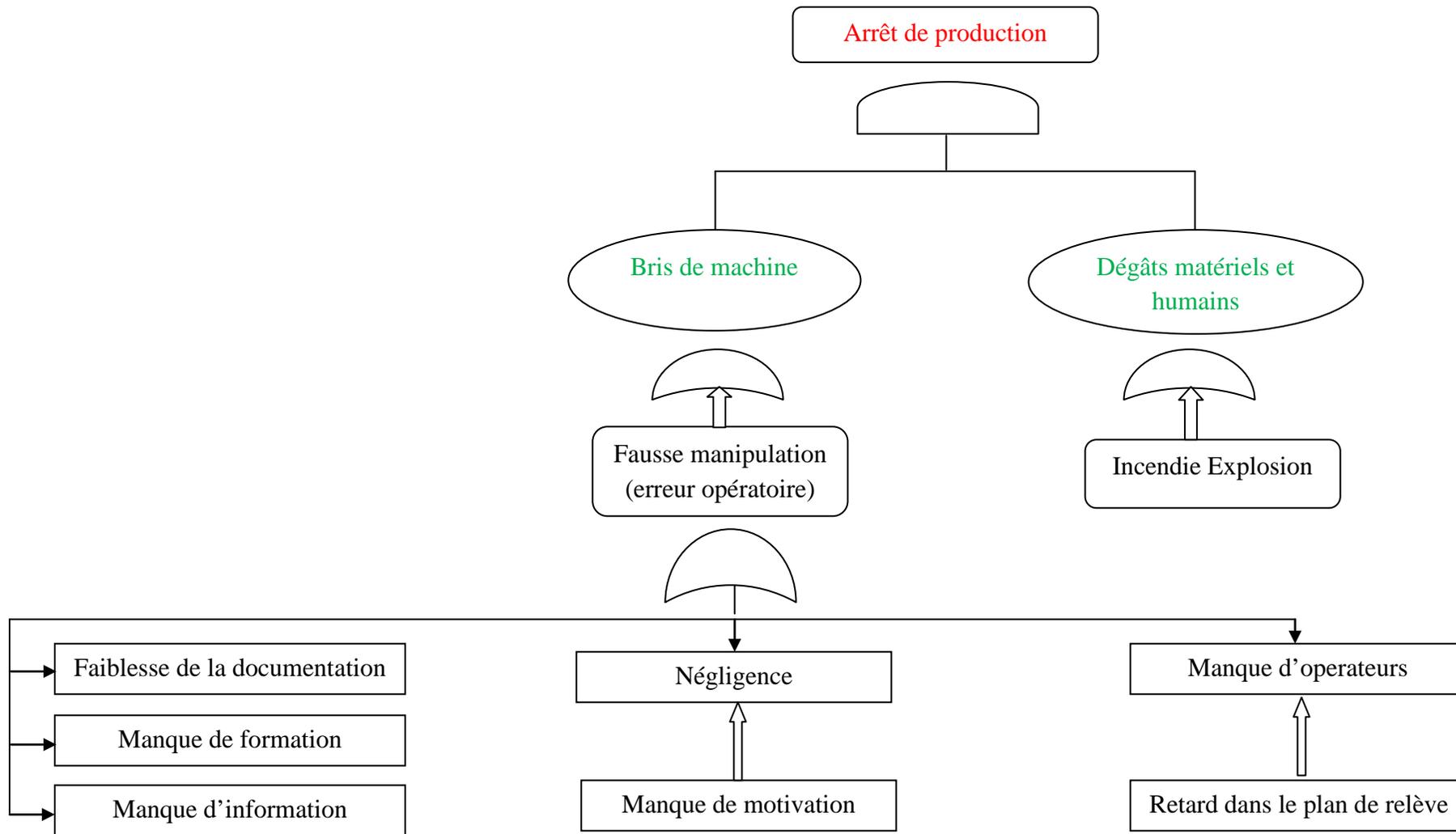
Comme nous l'avons vu plus haut, cette étape permet d'évaluer les risques quantitativement par l'utilisation de logiciels notamment ou qualitativement par travail de groupe si le calcul n'est pas réalisable. Pour cela, nous avons fait un travail de groupe Pour construire un arbre des causes. Pour la construction de cet arbre des causes, nous n'avons considéré que les scénarios conduisant à un incendie explosion, à un arrêt de production ou à un arrêt de travail.

Chaque événement élémentaire a été affecté d'une probabilité d'occurrence qui nous paraissait correspondre le mieux à la réalité.



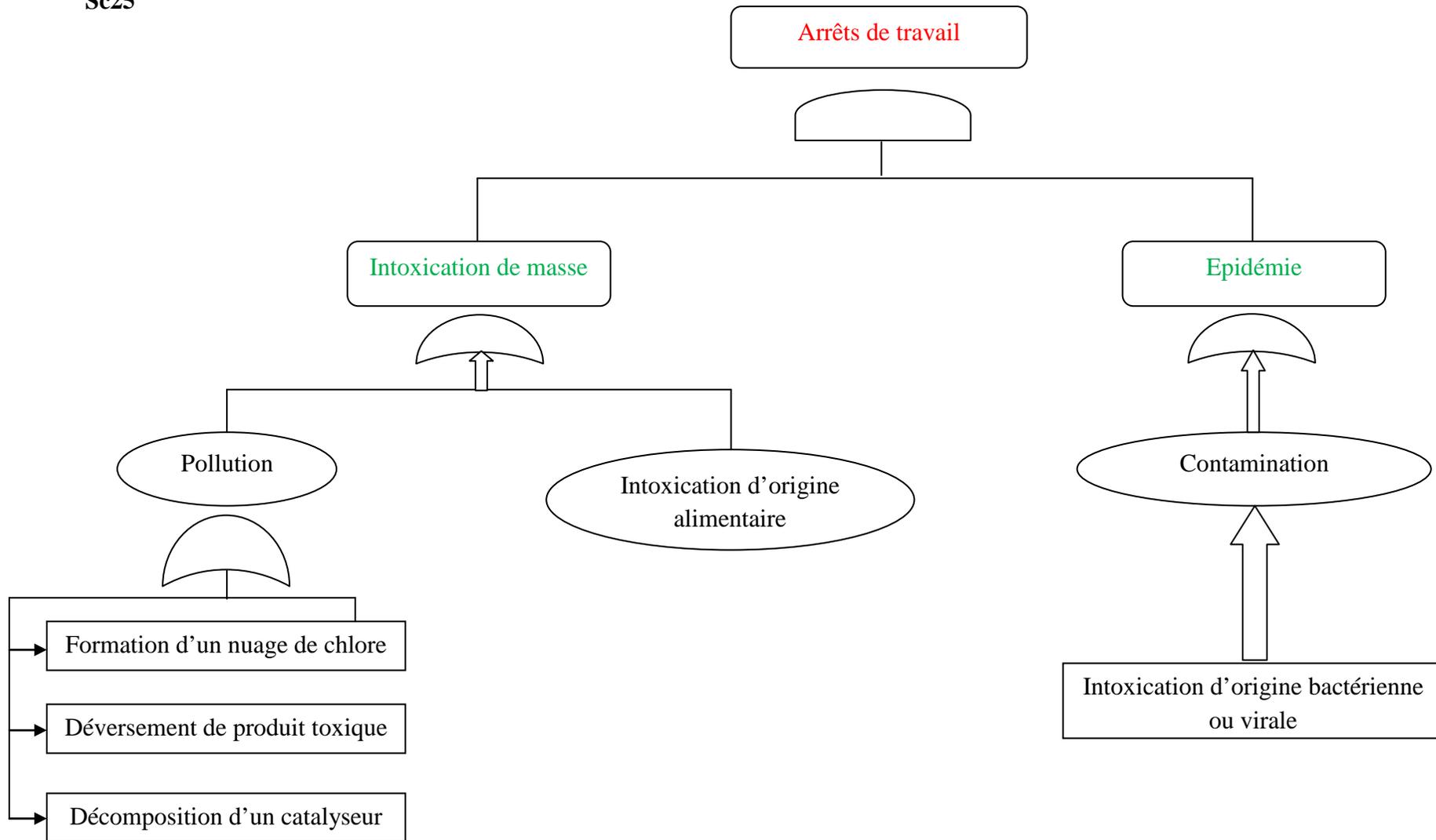
# Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

Sc24



# Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

Sc25



## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

### 4<sup>ème</sup> étape du module A : Négociation d'objectifs et hiérarchisation des scénarios

Jusqu'ici nous n'avons pas situé le travail d'analyse par rapport à des objectifs. Dans un premier temps, il est nécessaire de construire un outil qui permettra de concrétiser ces objectifs. Celui choisi est la grille gravité x probabilités. Nous allons négocier les niveaux des deux axes de la grille. Nous allons construire des axes à quatre niveaux (nombre pair afin de ne pas se situer à un niveau médian). Dans un deuxième temps, il est nécessaire de faire passer la frontière entre ce qui acceptable et ce qui ne l'est pas. Ceci constitue le deuxième niveau de négociation

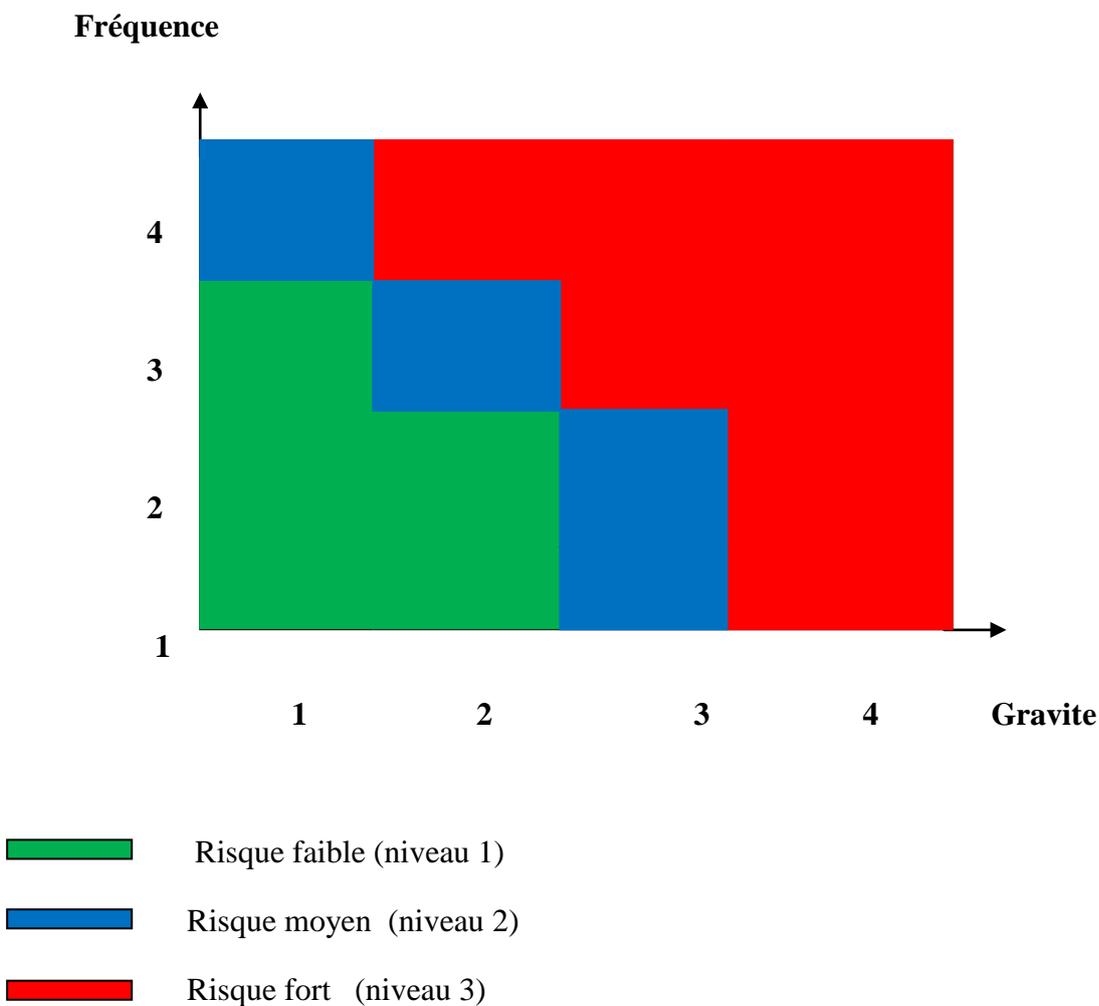


Fig. IV. 5. Matrice de risque

## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

### *Premier niveau de négociation : Négociation des échelles*

Note	Niveau	Définition de la gravité
<b>G4</b>	<b>Catastrophique</b>	La situation entraîne : <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 12 mois ou plus d'arrêt total ou quasi- total</li> <li>➤ Un dommage aux biens très important</li> <li>➤ La perte éventuelle de multiples vies humaines</li> <li>➤ Une perte de crédibilité importante du site auprès du siège, des clients, des sous traitants, du personnel et du public</li> </ul>
<b>G3</b>	<b>Majeur</b>	La situation entraîne : <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Un arrêt de l'activité interrompant la livraison de produits sur un délai supérieur à la capacité des stocks tampons (réduction de l'activité commerciale)</li> <li>➤ La perte ou l'indisponibilité de biens importants</li> <li>➤ La perte éventuelle de vies humaines</li> <li>➤ Une diminution durable de la qualité du service</li> </ul>
<b>G2</b>	<b>Modéré</b>	La situation entraîne : <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Un arrêt d'une unité interrompant la livraison des produits sur un délai inférieur à la capacité des stocks tampons (maintien de l'activité commerciale)</li> <li>➤ Des frais de remise en état</li> <li>➤ Une diminution ponctuelle de la qualité du service</li> </ul>
<b>G1</b>	<b>Mineur</b>	La situation entraîne une perturbation de la production sans conséquence notable
Note	Niveau	Définition de la fréquence (probabilité)
<b>P4</b>	<b>Fréquent</b>	L'événement se produira certainement une fois dans les 12 prochains mois
<b>P3</b>	<b>Probable</b>	L'événement s'est déjà produit. Il peut à nouveau se produire avec une fréquence d'une fois tous les 10 ans
<b>P2</b>	<b>Possible</b>	L'événement peut se produire une fois durant une vie professionnelle (une fois tous les 30 ans)
<b>P1</b>	<b>Improbable</b>	L'événement est difficilement envisageable. Il n'a jamais été observé dans des entreprises ou installations similaires.

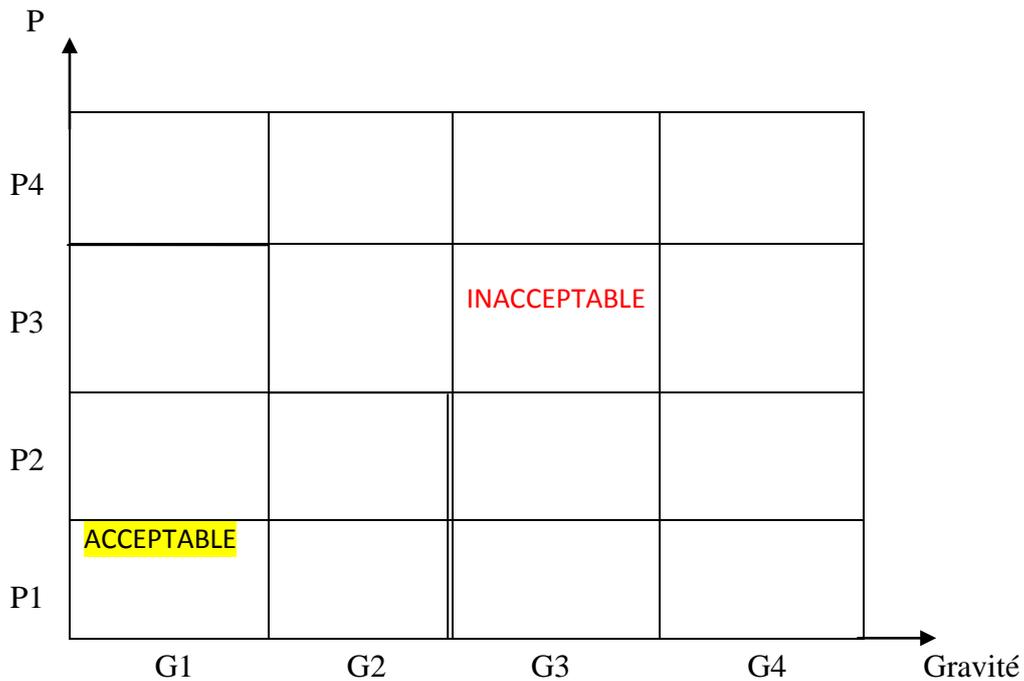


Fig. IV. 6. Grille de criticité

### *Deuxième niveau de négociation : Passage de la frontière*

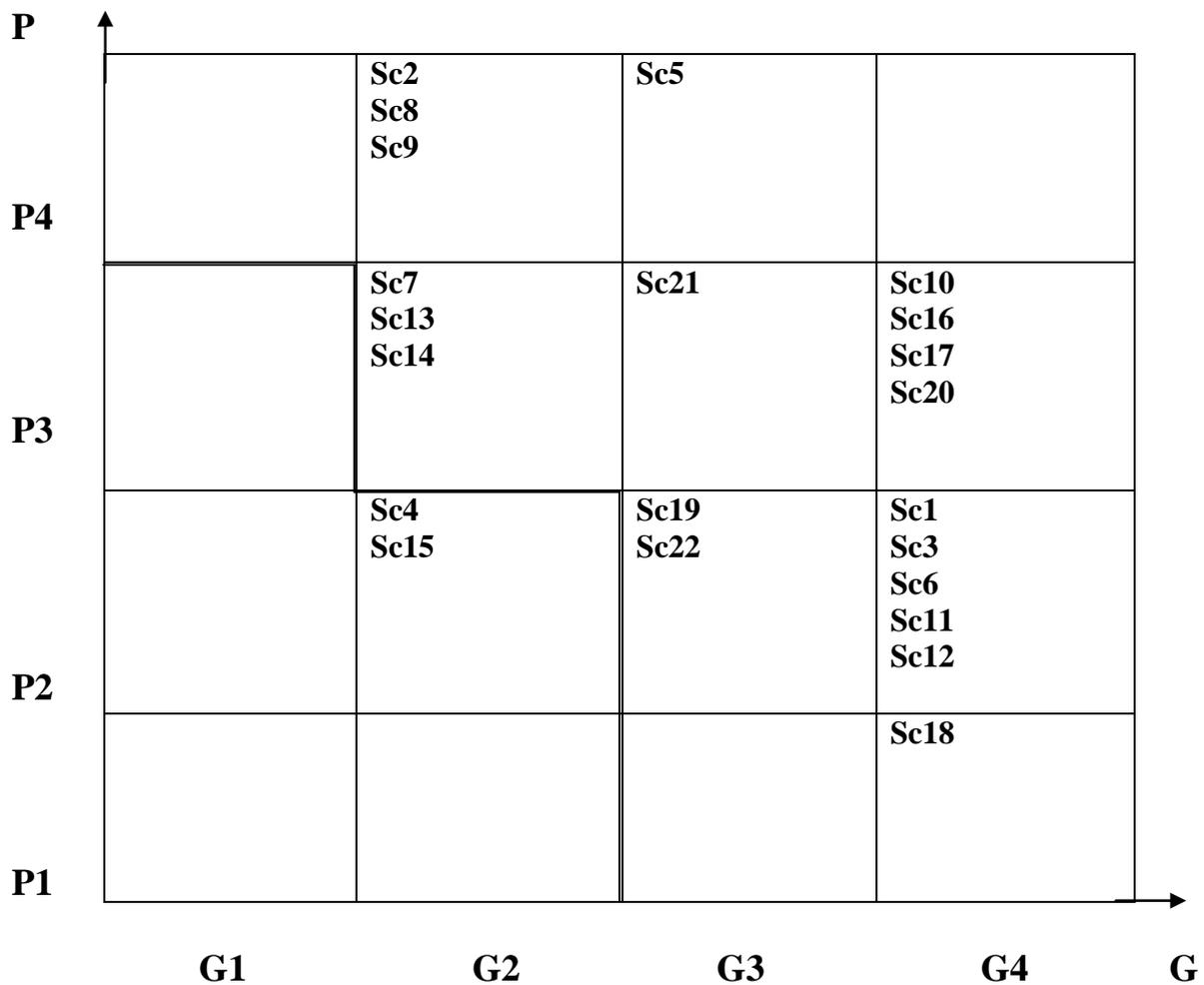
Nous allons maintenant faire une Situation des scénarios dans les grilles GxP et une hiérarchisation de ces derniers. Au vu des définitions de gravité et de probabilité, on classe les différents scénarios de la manière suivante :

Scenarios	Probabilité	Gravité
Sc1	P2	G4
Sc2	P4	G2
Sc3	P2	G4
Sc4	P2	G2
Sc5	P4	G3
Sc6	P2	G4
Sc7	P3	G2
Sc8	P4	G2
Sc9	P4	G2
Sc10	P3	G4
Sc11	P2	G4
Sc12	P2	G4

## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

<b>Sc13</b>	<b>P3</b>	<b>G2</b>
<b>Sc14</b>	<b>P3</b>	<b>G2</b>
<b>Sc15</b>	<b>P2</b>	<b>G2</b>
<b>Sc16</b>	<b>P3</b>	<b>G4</b>
<b>Sc17</b>	<b>P3</b>	<b>G4</b>
<b>Sc18</b>	<b>P1</b>	<b>G4</b>
<b>Sc19</b>	<b>P2</b>	<b>G3</b>
<b>Sc20</b>	<b>P3</b>	<b>G4</b>
<b>Sc21</b>	<b>P3</b>	<b>G3</b>
<b>Sc22</b>	<b>P2</b>	<b>G3</b>

On peut ainsi les situer dans la grille G\*P afin de voir s'ils sont dans le domaine de l'acceptabilité ou de l'inacceptabilité



## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

---

### 5<sup>ème</sup> étape du module A : Définition des moyens de prévention et de protection et qualification de ces moyens :

Nous allons maintenant essayer d'identifier des barrières de prévention et de protection.

Ces barrières vont permettre de neutraliser les scénarios de risque, de les réduire en terme de gravité ou de fréquence ou des deux. Ainsi, ils passeront peut être du côté acceptable de la frontière.

Elles sont de deux ordres :

#### ➤ *Barrières technologiques (BT)*

Ce sont des éléments ou ensemble technologique faisant partie de l'installation empêchant l'apparition d'événement gênant et indépendant de l'activité humaine.

#### ➤ *Barrières opératoires ou d'utilisation (BU)*

Ce sont des actions nécessitant une intervention humaine, reposant sur une consigne précise, activée ou non par un ensemble technologique.

### *Barrières de sécurité*

- Inspection régulière des lignes
- Prise d'épaisseur et changement des tronçons corrodés ou ceux dont l'épaisseur a diminué de 20% de son épaisseur nominale.
- Inspection visuelle fréquente à chaque prise de quart
- Mesures pyrométriques des tubes selon les procédures
- Deckocage régulier des fours
- Détection du coke dans les tubes
- Ressuage en vue de détecter les fuites (rayons x) en cas de doute
- Inspection externe des parois (décalorifugeage) de tuyauterie
- Contrôle de fonctionnement de l'instrumentation
- Inspection régulière des colonnes (à l'intérieur)
- Inspection des lignes après décalorifugeage (brides, soudures et cordes surtout)
- Test des détecteurs de gaz (vérification de fonctionnalité)
- Test des rideaux d'eau et rideaux de vapeur.
- Inspection fréquente de la calandre après décalorifugeage pour vérifier les points de corrosion

## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

---

- Entretien et test fréquents des instruments
- Suivi et contrôle des paramètres des procédés
- Maintien de l'instrumentation en bon état de fonctionnement et test inter - look de vérification
- Respect des procédures de démarrage
- Vérification et entretien de l'instrumentation, doit être fiable
- Balayage à l'azote pour le séchage
- Inspection interne et externe lors des arrêts périodiques
- Contrôle de la fiabilité des instruments
- Surveillance continue des paramètres process
- Formation continue de personnels d'opérations sur les risques encourus et le processus à suivre en cas d'incident
- Protection et entretien du poste de détente H<sub>2</sub>S
- Suivi, entretien des détendeurs et remplacement en cas de nécessité
- Vérification des connexions sur les bouteilles quotidiennement à l'aide d'un détecteur portatif
- Contrôle fréquent du bon fonctionnement des EMV 201-202 et HC201
- Respect impératif de la procédure de fonctionnement
- Surveillance de l'injection d'H<sub>2</sub>S
- Instrumentation doit être en parfait état, et ce constamment
- Contrôle de la fiabilité de fonctionnement des SV
- Inspection notamment sur les points de piquage et des rideaux à glace
- Vérification de la constance de la pression d'azote dans les bacs
- Vérification de la fiabilité des PSV et EMV des bacs
- Inspection de l'état des bacs
- Inspection fréquente des différents raccordements et connexions des réservoirs
- Vérification des systèmes de refroidissement à l'eau
- Mise en place d'un système de détection de fuite
- Refroidir le réservoir de propane durant les périodes chaudes

## Chapitre IV : application de MADS MOSAR à l'unité éthylène

La dernière chose à faire maintenant est de déterminer si les scénarios considérés présentent un risque acceptable ou non lorsque l'on tient compte des barrières mises en place.

Pour cela, nous allons examiner la nouvelle situation des scénarios dans les grilles GxP :

<b>Scenarios</b>	<b>Probabilité</b>	<b>Gravité</b>
<b>Sc1</b>	<b>P2</b>	<b>G2</b>
<b>Sc2</b>	<b>P2</b>	<b>G2</b>
<b>Sc3</b>	<b>P2</b>	<b>G3</b>
<b>Sc4</b>	<b>P2</b>	<b>G2</b>
<b>Sc5</b>	<b>P2</b>	<b>G2</b>
<b>Sc6</b>	<b>P1</b>	<b>G3</b>
<b>Sc7</b>	<b>P2</b>	<b>G2</b>
<b>Sc8</b>	<b>P2</b>	<b>G2</b>
<b>Sc9</b>	<b>P2</b>	<b>G2</b>
<b>Sc10</b>	<b>P3</b>	<b>G2</b>
<b>Sc11</b>	<b>P1</b>	<b>G2</b>
<b>Sc12</b>	<b>P2</b>	<b>G3</b>
<b>Sc13</b>	<b>P1</b>	<b>G1</b>
<b>Sc14</b>	<b>P2</b>	<b>G1</b>
<b>Sc15</b>	<b>P1</b>	<b>G1</b>
<b>Sc16</b>	<b>P2</b>	<b>G4</b>
<b>Sc17</b>	<b>P2</b>	<b>G2</b>
<b>Sc18</b>	<b>P1</b>	<b>G2</b>
<b>Sc19</b>	<b>P1</b>	<b>G1</b>
<b>Sc20</b>	<b>P2</b>	<b>G4</b>
<b>Sc21</b>	<b>P2</b>	<b>G2</b>
<b>Sc22</b>	<b>P1</b>	<b>G2</b>

<b>P</b>				
<b>P4</b>				
<b>P3</b>		<b>Sc10</b>		
<b>P2</b>		<b>Sc1</b> <b>Sc8</b> <b>Sc2</b> <b>Sc9</b> <b>Sc4</b> <b>Sc17</b> <b>Sc5</b> <b>Sc21</b> <b>Sc7</b>	<b>Sc3</b> <b>Sc12</b>	<b>Sc16</b> <b>Sc20</b>
<b>P1</b>	<b>Sc13</b> <b>Sc15</b> <b>Sc19</b>	<b>Sc11</b> <b>Sc14</b> <b>Sc18</b> <b>Sc22</b>	<b>Sc6</b>	
	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>	<b>G4</b>
				<b>G</b>

On constate qu'un certain nombre de scénarios restent du côté des risques jugés inacceptables. C'est ce que l'on appelle des risques résiduels. Ces risques restent encore trop importants car il devient très difficile de construire une barrière efficace.

### **Conclusion générale**

L'étude des risques générés par l'explosion des produits pétroliers et gaziers, montrent, la problématique qui peut engendrer une explosion dans une unité pétrochimiques autant sur les installations, les personnes et l'environnement.

L'application de la méthode MADS MOSAR l'unité éthylène de Skikda, nous a permis de recenser les types d'accidents possibles, leur extension et leurs conséquences. Elles impliquent la mise en place dans l'établissement du type Skikda de nouveaux dispositifs de prévention des accidents et des mesures de lutte contre ceux-ci.

Nous pensons également que dans le futur, il faudra compléter cette étude en recherchant de nouveaux scénarios de risque, de nouvelles sources de danger et de nouvelles barrières. On pourra bien entendu réaliser le module B de la méthode, c'est à dire l'approche microscopique.

Aussi, il serait utile de mettre l'accent sur la prévention et notamment au niveau de la fiabilité des équipements et installations par des contrôles technique tout en augmentant les barrières contre tout type de risques.

Il s'agit donc bien pour nous, d'anticiper une réflexion et de proposer à notre entreprise les moyens d'engager progressivement une dynamique environnementale et managériale des risques destinée à faire évoluer les mentalités et à créer de nouveaux comportements, et une nouvelle culture d'entreprise.

# Bibliographie

[1] : A.Belkhatir : Danger et Risque : Concepts et Construits, Fascicule de cours-PPT Magister, univ d'Oran, Laboratoire RITE, Univ. Oran 2005-2010

[2] : A.Belkhatir : Démarches et Méthodes en sciences des dangers, Fascicule de cours-PPT Magister, univ d'Oran, Laboratoire RITE, Univ. Oran 2005-2010

[13] : INPED, Institut National de productivité et du développement Industriel, Brochure « Risques Industriels 2<sup>ème</sup> partie », avril 2002.

[4] : Nichan Margossian : Risques et Accidents Industriels Majeurs « Caractéristiques- Réglementation- Prévention », Dunod, Paris, 2006.

[5] : Pierre Périlhon : La Gestion des risques, Editions Demos

[6] : Y.G.KERVERN : Historique des cindyniques : séminaire international, Ingénierie du risque, SKIKDA 17/01/2006.

[7] : CP1K SKIKDA : Manuel opératoire « unité éthylène »

[8] : JORA/ Journal Officiel de la République Algérienne

[9] : [.ecosociosystemes.fr/mads.html](http://ecosociosystemes.fr/mads.html).

[10] : [.ineris.fr](http://ineris.fr)

[11]: [.inrs.fr](http://inrs.fr)

[12] : [://www.joradp.dz/HFR/Index.htm](http://www.joradp.dz/HFR/Index.htm)

[13] : [://www.mem-algeria.org/fr/index.htm](http://www.mem-algeria.org/fr/index.htm)

[14] : [://installationsclassees.ecologie.gouv.fr/Risque-explosion.htm](http://installationsclassees.ecologie.gouv.fr/Risque-explosion.htm)

### ***Loi n°88-07 du 26 Janvier 1988***

**Article 1** : La présente loi a pour objet les voies et les moyens ayant pour but d'assurer au travailleur les meilleures conditions en matière d'hygiène, de sécurité et de médecine au travail, et de désigner les personnes responsables et organismes employeurs chargés d'exécution des mesures prescrites.

**Article 2** : Les dispositions de cette présente loi sont applicables à tout organisme employeur quelle que soit l'activité auquel il appartient.

**Article 3** : L'organisme employeur est tenu d'assurer l'hygiène et la sécurité au travailleur.

**Article 4** : Les locaux affectés au travail, les emplacements de travail et leurs environnements, leurs dépendances et leurs annexes, y compris les installations de toutes natures mises à la disposition des travailleurs, doivent être tenues dans un état constant de propreté et présenter les conditions d'hygiène et de salubrité nécessaires à la santé des travailleurs.

L'ambiance de travail devra répondre aux conditions de confort et d'hygiène, notamment de cubage, d'aération, de ventilation, d'éclairage, d'ensoleillement, chauffage, de protection contre les poussières et autres nuisances et d'évacuation des eaux usées et de déchets.

Les travailleurs doivent pouvoir pratiquer la gymnastique de pause et bénéficier des moyens d'assurer leur hygiène individuelle, notamment, par la mise à leur disposition, vestiaires, lavabos, douches, toilettes, eau potable et par l'hygiène dans les cantines

**Article 5** : Les établissements, les locaux affectés au travail, leurs dépendances et leurs annexes visés en annexe citée ci-dessus, doivent être conçus, aménagés et entretenus de telle sorte à garantir l'hygiène et la sécurité au travailleur.

Ils doivent, notamment, répondre aux nécessités suivantes :

- Garantir la protection contre les fumées, vapeurs dangereuses, gaz toxiques et bruit, et toutes autres nuisances ;
- Éviter les encombrements et surcharge
- Garantir la sécurité des travailleurs lors de leur circulation pendant la mise en marche des engins et moyens de manutention et de transport, et pendant la manipulation des matières, matériaux, produits, marchandises

et autres objets ;

- Assurer les conditions afin de prévenir toute cause d'incendie ou d'explosion, ainsi que pour combattre l'incendie d'une façon rapide et efficace ;
- Placer les travailleurs à l'abri des dangers et hors zones dangereuses par éloignement ou séparation par l'interposition d'une efficacité reconnue ;
- Assurer l'évacuation rapide des travailleurs en cas de danger imminent ou sinistre.

**Article 6** : En fonction de la nature de l'activité et des risques, le travailleur doit bénéficier de vêtements spéciaux, équipements et dispositifs individuels de protection d'une efficacité reconnue.

**Article 7** : L'organisme employeur est tenu d'intégrer la sécurité des travailleurs dans le choix des techniques et technologie de travail dans l'organisation du travail.

Les installations, les machines, mécanismes, appareils, outils et engins, matériels et tous moyens de travail doivent être appropriés aux travaux à effectuer et à la prévention des risques auxquelles les travailleurs peuvent exposer.

Ils doivent faire l'objet de vérification périodique et de mesures d'entretien de nature à les maintenir en bon état de fonctionnement, en vue de garantir la sécurité au travail.

**Article 8** : Est interdite la fabrication, l'exposition, la mise en vente, la vente, l'importation, la location ou la cession à quelque titre que ce soit en vue de leurs utilisations :

- Des appareils, machines ou éléments de machines qui, du fait de leurs défauts de conception, de construction ou suite à une détérioration, ne répondant pas aux normes nationales et internationales en vigueur, en matière d'hygiène et de sécurité.
- Des dispositifs, équipements ou produits de protection qui ne sont pas de nature à garantir contre les dangers auxquelles les travailleurs peuvent être exposés, du fait de l'utilisation de matériels, de substances ou préparations nécessitant l'emploi de tels moyens.

**Article 9** : Les normes d'efficacité des produits, dispositifs ou appareils de protection seront fixées conformément à la législation en vigueur, après avis

d'une commission nationale d'homologation.

**Article 10** : Pour répondre aux exigences d'hygiène et de sécurité en milieu de travail, la fabrication, l'importation, la cession et l'utilisation de substances, produits, ou préparation dangereuse sont soumises à la réglementation en vigueur. Les organismes employeurs, en particuliers les fabricants et importateurs sont tenus, avant toute introduction sur le marché des substances ou préparation présentant des dangers pour la santé des travailleurs, de fournir aux institutions et organismes national en matière d'hygiène et de sécurité, les informations nécessaires à l'appréciation des risques par les dites substances ou préparations.

**Article 11** : Outre les dispositions législatives en vigueur, l'organisme employeur doit que les travaux confiés aux femmes, aux travailleurs mineurs, aux travailleurs handicapés n'exigent pas un effort excédant leurs forces.

**Article 12** : La protection de la santé du travailleur par la médecine du travail est partie intégrante de la politique nationale de santé.

Dans le cadre des missions, telle que définies par la législation en vigueur, la médecine du travail dont la double mission est préventive essentiellement et curative accessoirement, a pour but :

- De promouvoir et maintenir le plus haut degré de bien être physique et mental des travailleurs dans toutes les professions et en vue d'élever le niveau des capacités de travail et de création ;
- De prévenir et protéger les travailleurs des risques pouvant engendrer des accidents ou des maladies professionnelles et de tout dommage causé à leur santé ;
- D'identifier et de surveiller en vue de réduire ou d'éliminer tout les facteurs qui, sur les lieux de travail, peuvent affecter la santé des travailleurs ;
- De placer et maintenir les travailleurs dans un emploi convenant à leurs aptitudes physiologiques et psychologiques, et en règle générale, adapter le travail à l'homme et chaque homme à sa tâche ;
- De réduire les cas d'invalidité et assurer la prolongation de la vie active des travailleurs ;
- D'évaluer le niveau de santé des travailleurs en milieu de travail ;
- D'organiser les soins d'urgence aux travailleurs, la prise en charge des

## Annexes

---

traitements ambulatoires et le traitement des maladies professionnelles ou à caractère professionnel ;

- De contribuer à la sauvegarde de l'environnement par rapport à l'homme et à la nature.

**Article 13** : La médecine de travail constitue une obligation de l'organisme employeur elle est à la charge de celui-ci.

**Article 14** : La médecine du travail s'exerce sur les lieux même du travail.

En application des dispositions de l'article 13 ci-dessus l'organisme employeur est tenu de mettre en place un service de médecine de travail conformément à des normes fixées par la réglementation.

Dans le cas où les normes visées à l'alinéa ci-dessus n'obligent l'organisme employeur à créer à service de médecine de travail, il est tenu :

- Soit de créer ou de participer à la création, sur une base territoriale, d'un service inter organisme de médecine de travail ;
- Soit d'établir, selon une convention type, une convention avec le secteur sanitaire ;

Au cas où le secteur sanitaire ne peut répondre à la demande de l'organisme employeur

ou s'il ne s'acquitte pas de ses obligations, l'organisme employeur est tenu d'établir une convention, selon une convention type, avec toute structure compétente en médecine de travail ou tout médecin habilité.

Les représentants des travailleurs sont obligatoirement associés à toute décision de la mise en place de l'activité de médecine de travail au sein de l'organisme employeur.

Les conditions d'organisation et de fonctionnement des services de médecine de travail ainsi que la convention type sont fixées par voie réglementaire.

**Article 15** : Dans le cadre des missions qui leurs sont dévolues en matière de protection et de promotion de la santé, les services de santé sont chargés :

- D'organiser, de coordonner, d'évaluer et de contrôler régulièrement des activités de la médecine au travail ;
- De mettre en place des services de références, de normalisation et de recherche ;

## Annexes

---

- D'assurer le recyclage des médecins et techniciens sanitaires.

**Article 16** : L'exercice de la médecine de travail est soumis aux dispositions législatives en vigueur et notamment la loi n°85-05 du 16 janvier 1985 relative à la protection et à la promotion de la santé.

Toute fois, entant que besoins et à titre transitoire, le ministère de la santé pourra habiliter les médecins généralistes à exercé la médecine du travail

Les obligations à la charge de médecin du travail, dans le cadre de ses activités, sont fixées par voie réglementaire.

**Article 17** : Tout travailleur ou apprenti est obligatoirement soumis aux examens d'embauchage ainsi qu'aux examens périodiques, spéciaux et de reprise.

Par ailleurs les apprentis feront l'objet d'une surveillance médicale particulière.

Tout travailleur peut en outre à sa demande, bénéficier de visite spontanée.

L'organisme employeur est tenu de prendre en considération l'avis du médecin du travail.

**Article 18** : Le médecin du travail peut effectuer ou faire effectuer des prélèvements ou fin d'analyses ou tout examen à toutes fins utiles.

Au vu des résultats d'analyses ou examens, il recommande toute mesure jugée nécessaire à la préservation de la santé des travailleurs.

### **Chapitre I :**

Fig. I. 1. **Politique de prévention des risques**

### **Chapitre II**

Fig II.1. **Plan d'occupation du sol**

Fig II.2. **Plan d'occupation du sol**

Fig II.3. **Zone d'étude**

FigII.4 : **plan de masse du complexe**

Fig. II. 5. **Matrice de risque**

Fig II.6. **TLE OUVERT POUR NETTOYAGE**

Fig II.7. **E-DA-101**

Fig II.8. **E-GB-201**

Fig II.9. **E-DA201**

Fig II.10. **CONVERTISSEUR PRIMAIRE DC 201AB**

Fig II.11. **SECHEURS E.FF-201ABC**

Fig II.12. **CONVERTISSEUR SECONDAIRE E-DC301AB**

Fig II.13. **E-FB 801**

Fig II.14. **E-FB 802**

Fig II.15. **Effets de surpression du BLEVE**

Fig II.15. **Effets thermique du BLEVE**

Fig II.16. **Estimation des effets du BLEVE**

### Chapitre III

Fig III.1. **Lieu de l'explosion « SEVESO »**

Fig III.2. **L'utilisation du Clark comme moyen de transport.**

Fig III.3. **L'utilisation d'un collier pour l'élimination d'une fuite dans une ligne de gaz (éthane). « Un provisoire qui dure »**

Fig III.4. **Absence de calorifuge dans des lignes de fluide chaud et froid, ce qui a causé la corrosion des lignes.**

Fig. III. 5. **Fuite de vapeur importante pouvant corroder des équipements avoisinants et être à l'origine d'un incident voire accident.**

Fig III.6. **Corrosion avancé sur les supports de ligne de gaz.**

Fig. III .7 . **Absence d'utilisation des moyens de protection individuelle (EPI : lunettes, masques à poussière, soulier et ceinture de sécurité).**

### Chapitre IV :

Fig IV.1 **.Le processus de danger**

Fig. IV. 2. **Modélisation systémique d'une installation**

Fig. IV. 3. **Module A de MOSAR**

Fig. IV. 4. **Décomposition en sous système de l'unité éthylène**

Fig. IV. 5. **Matrice de risque**

Fig. IV. 6. **Grille de criticité**

## **Chapitre I**

Tableau I.1 : **le point de vue des techniques du danger.**

## **Chapitre II**

Tableau II.1 : **objectifs du complexe**

Tableau II.2 : **échelle de fréquence**

Tableau II.3 **échelle de gravité**

Tableau II.4 : **cartographie des risques**

Tableau II.5 : **Composition d'alimentation des fours**

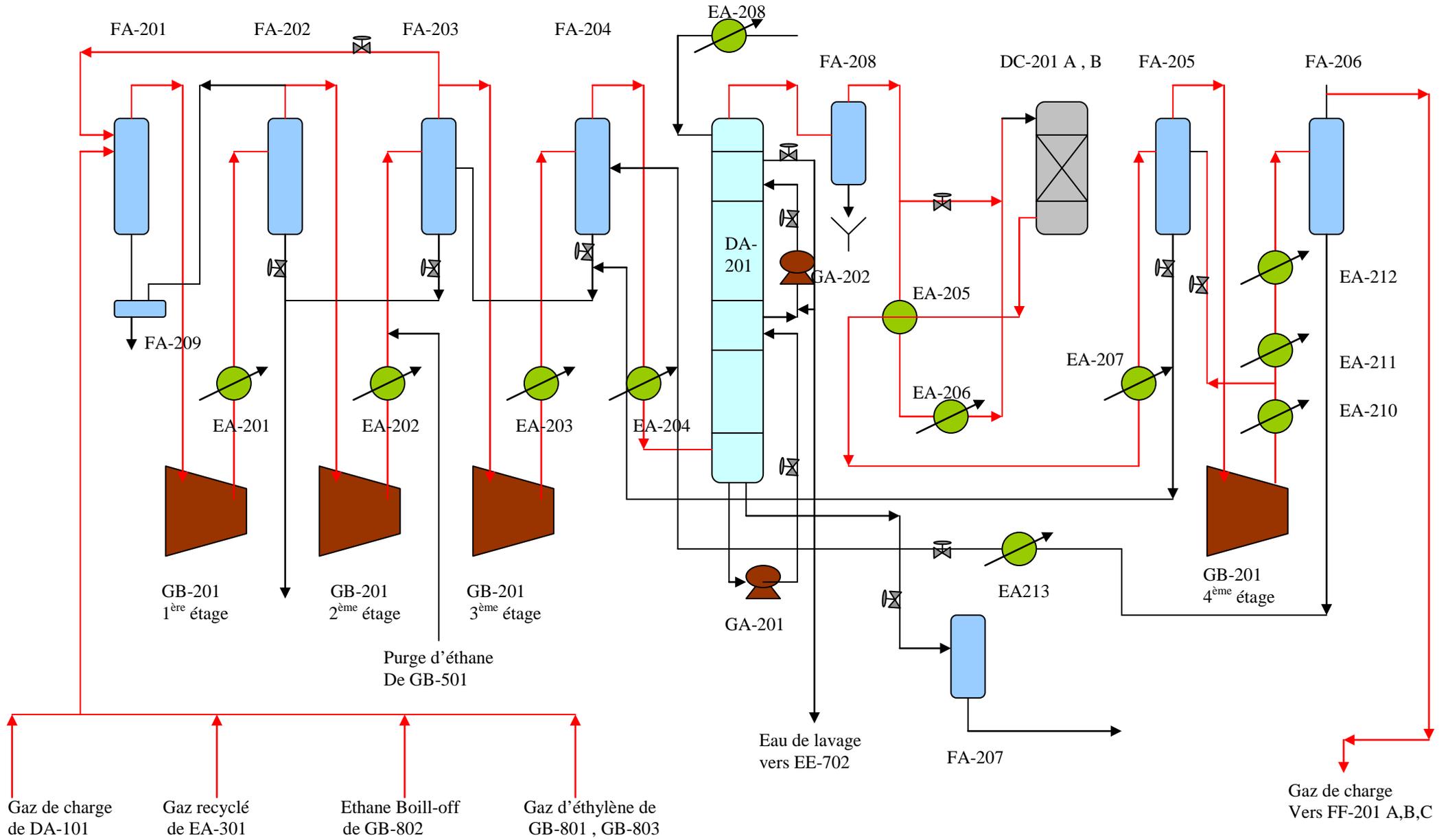
Tableau II.6 : **Produits chimiques dangereux utilisés à l'unité éthylène**

## **Chapitre III**

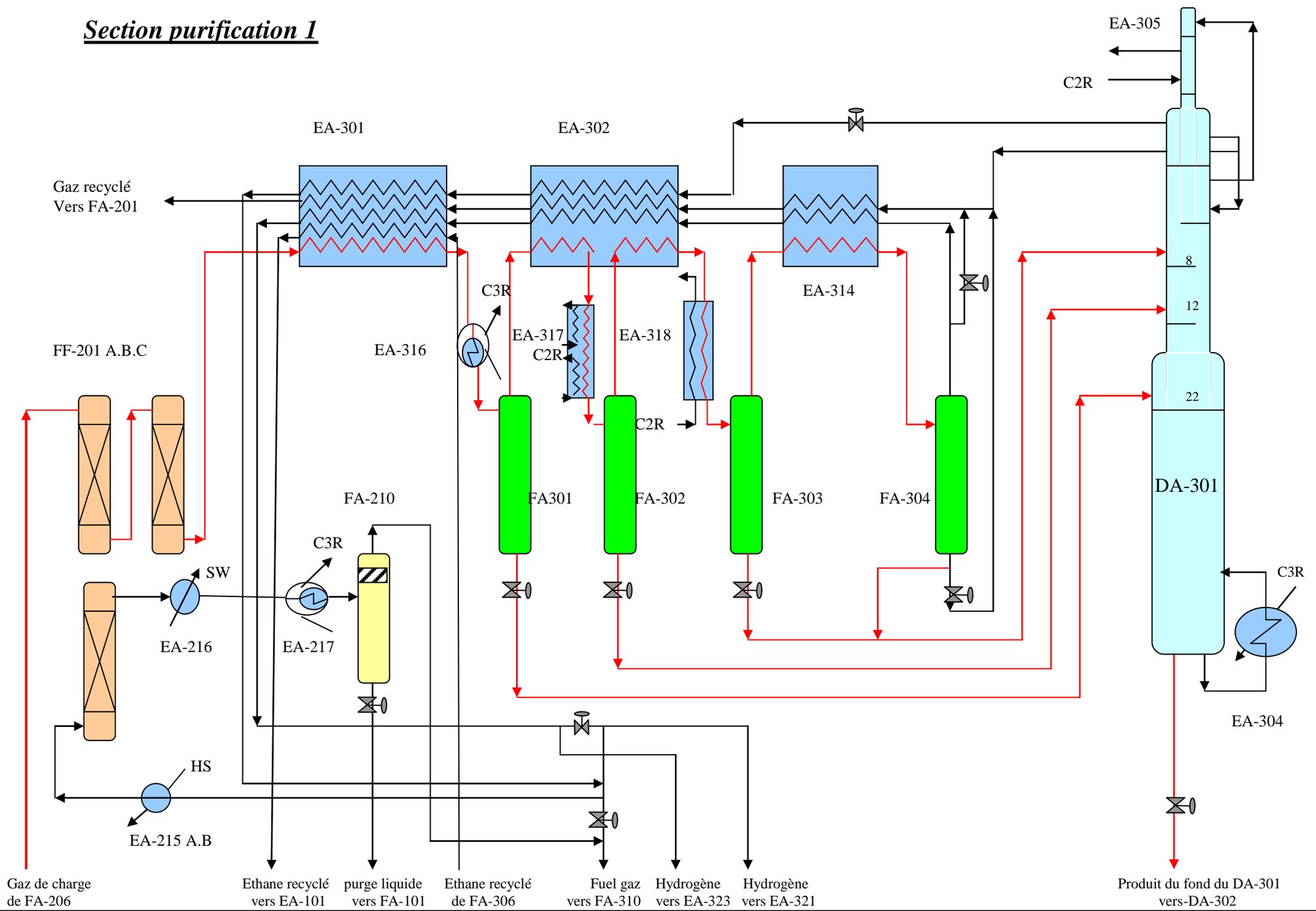
Tableau III.1 : **La conformité du complexe CP1K aux prescriptions réglementaires**



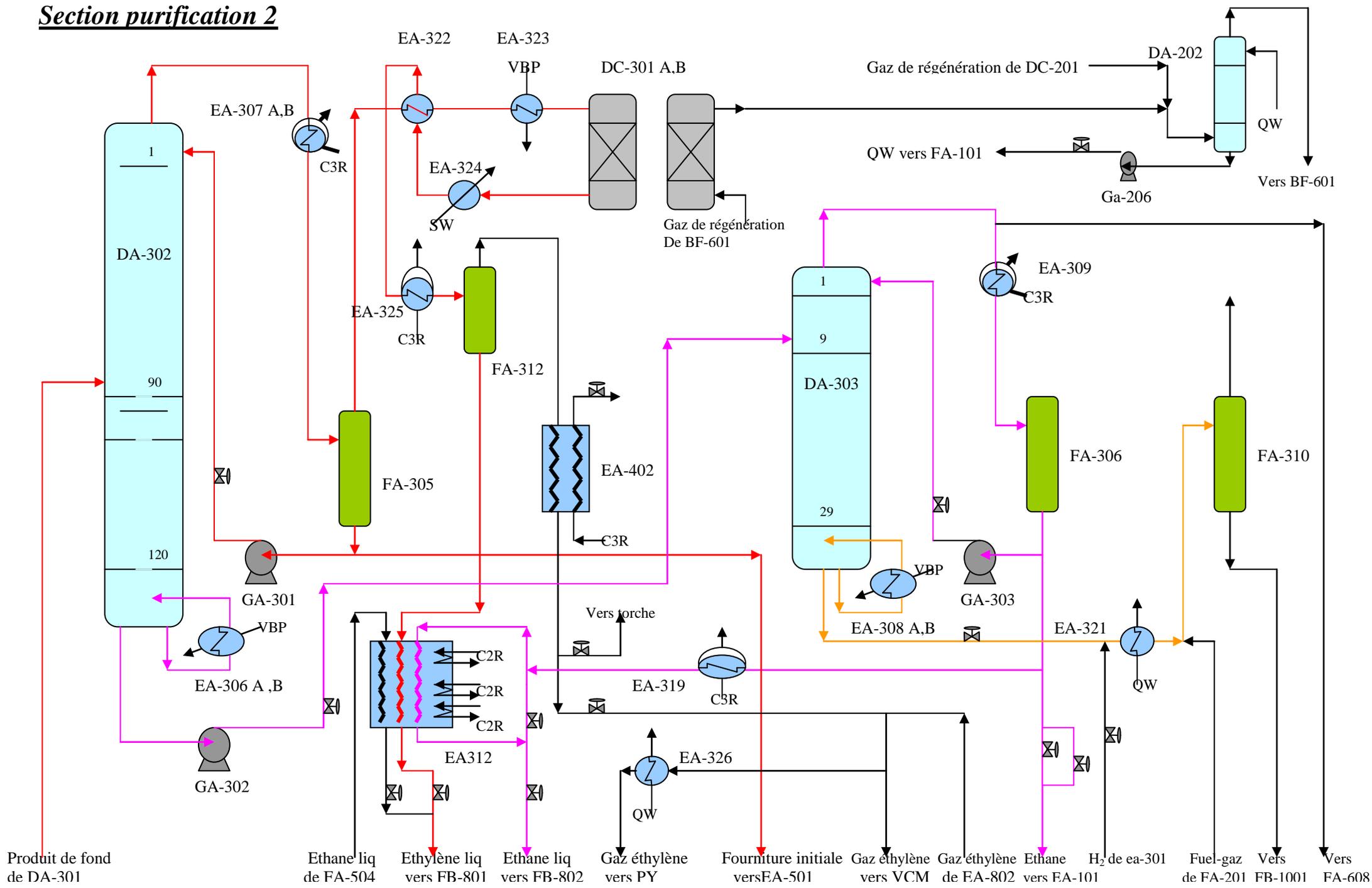
# Section de compression



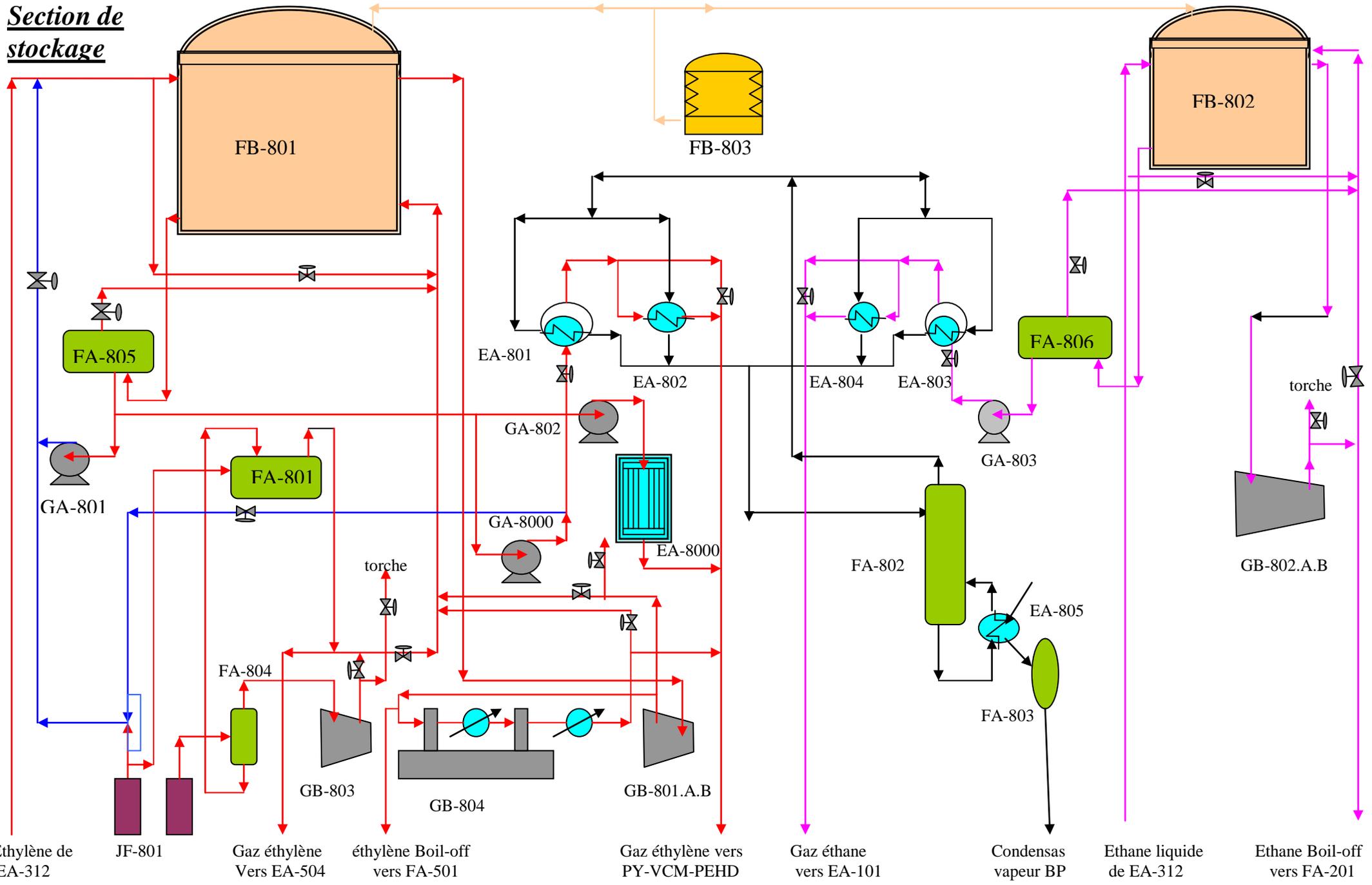
# Section purification 1



# Section purification 2



**Section de stockage**



Ethylène de EA-312      JF-801      Gaz éthylène Vers EA-504      éthylène Boil-off vers FA-501      Gaz éthylène vers PY-VCM-PEHD      Gaz éthane vers EA-101      Condensas vapeur BP      Ethane liquide de EA-312      Ethane Boil-off vers FA-201

**SCHEMA SIMPLIFIE PROCEDURE UNITE ETHYLENE**

