REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Hygiène et sécurité industrielle

Spécialité : Hygiène et sécurité industrielle

Gestion des risques industriels à base de la méthode MOSAR dans les installations gazières : application sur une installation de compression de gaz

Présenté par :

ABDELHADJ Benyoucef

MERABET Nedjme eddine

Proposé et Dirigé par :

Pr. HAFAIFA Ahmed

Promotion Juin 2019

Remerciement

*Avant tout, nous remercient **ALLAH** pour tout le courage et la force et la patience qu'il nous a donné pour finir ce travail*

Nos remerciements vont à notre promoteur Mr.HFAIFA Ahmed pour avoir eu la patience de répondre à nos questions.

Notre respect aux membres de jury qui ont bien voulu accepter de juger ce modeste travail, d'adopter leurs réflexions et leurs critiques scientifiques.

A la fin, nous aimerions exprimer notre gratitude à tous les enseignants et les employeurs de notre université YAHIA FARES.

En fin, nous remercient nos familles et nos amis pour nous ont encouragé.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien

et leurs prières tout au long de mes études,

Les mots sont faibles pour exprimer la force de mes sentiments et la reconnaissance que je vous porte,

A mes chers frères et sœurs pour leur appui et leur encouragement,

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire

A monsieur ZAMI Messaoud pour tout ce qu'il m'a apporté lors de l'élaboration de mon travail

A mon binôme Nedjem eddine et sa famille,

Ben Youcef...

Dédicace

Avant toute chose je remercie ALLAH Tout Puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour accomplir cet humble travail

Je dédie ce travail avec l'expression de ma reconnaissance à Mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un Magnifique modèle de labeur et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce Travail toute ma reconnaissance et tout mon amour

A ma femme, mes frères et ma sœur et ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail.

A tous mes amies qui m'ont toujours encouragé, et a qui souhaite plus De succès

A mon cher binôme Ben Youcef, pour me soutenir et encourager durant ce travail .

Nedjm eddine ...

ملخص:

جميع المنشات الصناعية و خاصة منها الغازية تقبل مخاطر و حوادث خطيرة خاصة من جهة التخزين نذكر منها : الحرائق, الإنفجارات و كذلك ما يسمى بالإفراط في الغليان التي تحدث للخزانات و هذه الأخيرة لها أثار كبيرة على الأهداف مثل الإنسان و البيئة و حتى على اقتصاد البلاد. ولهذا من الضروري النظر في السياسات الأمنية لهذه المنشات للحد من هذه الآثار من خلال تطبيق منهجية فعالة, في هذا العمل المتواضع ارتأينا في بادئ الأمر أن نعطي تعريف أولي لمصطلح المخاطر و تحليل المخاطر و قد قدمننا بعض الطرق المستعملة في تحليل هذه المخاطر و في نهاية الأمر اخترنا طريقة (طريقة مرتبة و نظامية لتحليل المخاطر) لتطبيقها على الخزانات. بعد ذلك قدمنا منشأة التطبيق وهي محطة ضغط الغاز الطبيعي PHASE A SONATRACH من اجل معرفة و دراسة المخاطر المحتملة, و في هذا السياق و بهدف التحقق من تطبيقنا , ارتأينا إلى تطبيق هذه الطريقة على صهاريج التخزين لتقديم حلول متمثلة في حواجز الحماية و الوقاية للحد من آثار هذه المخاطر على الأهداف.

الكلمات المفتاحية:

المنشآت الصناعية، الأخطار، المحيط، سياسة الأمن، تحليل الأخطار، طريقة MOSAR ، حوض التخزين.

Résumé

Tout les installations industriels de type gazière possèdes des risques dangereuses surtout à la phase de stockage en situer par exemple des accidents comme l'incendie, l'explosion, boil-over…etc., ces dernières à des impactes considérables sur les cibles l'homme, l'environnement, et sur l'économie de pays. Pour cela, il est indispensable de mettre en considération des politiques de sécurité pour réduire ces impactes par l'application d'une méthodologie efficace. Dans ce travail du projet de fine d'étude Master, nous avons donné, dans un premier temps, les définitions sur les risques et l'analyse des risques, nous avons présenté quelques méthodologies utilisées pour l'analyse, cela à aboutir de choisie la méthode MOSAR pour notre application. Par la suite, nous avons présenté notre terrain d'instigation, un station de compression de gaz de LA PHASE A SONATRACH, pour connaître quelles sont les cibles qui peuvent être une source de danger. Dans ce contexte et dans le but de valider notre méthode d'application, on a essais d'appliquer cette dernière sur les bacs de stockage afin de donner des solutions représentées par des barrières de protection et de prévention pour réduire les impactes de risques sur les cibles.

Mots clés:

Installations industrielles, risques, environnement, politiques de sécurité, analyse des risques, méthode MOSAR, Bac de Stockage.

Abstract

All industrial installations like gas with a potentially dangerous especially in the storage phase in place such as accidents such as fire, explosion, boil-over etc ...., The latter has significant impacts on the targets the rights, the environment, and economy of countries. For this, it is essential to consider security policies to reduce these impacts by applying an effective methodology. In this final project review, we are given a first-time definitions of risk and risk analysis, we have presented several methods used to analyze This led to the method chosen as our method MOSAR application.

Subsequently, we presented our ground instigation, a compression gas installation PHASE A SONATRACH to know what the targets that can be a source of danger. In this context and in order to validate our application, we apply that test the storage tanks to provide solutions represented by barriers of protection and prevention to reduce the impacts of risks on the targets.

Key words:

industrial installation, risk, environment, sécurity politics, risk analysis, method MOSAR, storage tray.

SOMMAIRE

Chapitre I : Analyse des risques industriels....4
I.1. Introduction....4
I.2. Les mécanismes du risque....4
I.3. Analyse des risques....5
I.4. Méthodes d'analyse des risques....5
I.4.1. Méthodes du type "Audit"....5
I.4.2. Méthodes du type « ergonomie »....6
I.4.3. Méthodes du type "sûreté de fonctionnement"....7
I.4.4. Etapes d'analyse des risques [5]....7
I.5. Conclusion....9

Chapitre II :....11
II.1. INTRODUCTION:....11
II.2. Modèle d'Analyse des Dysfonctionnements des Systèmes MADS....11
II.3. Démarche de référence de la méthode MOSAR....13
II.3.1. Modèle MADS....14
II.3.2. Schéma général de MOSAR : modules A et B....15
II.3.3. Description des étapes du module A....17
II.3.4. Représenter l'installation....17
II.3.5. Evaluer les risques principaux....21
II.3.6. Négocier des objectifs globaux....21
II.3.7. Définir les moyens de prévention des risques principaux et les qualifier....23
II.3.8. Résultats escomptés par le module A....24
II.4. Description des étapes du module B....25
II.4.1. Identifier de manière détaillée les risques principalement liés au fonctionnement....25
II.4.2. Evaluer les risques en construisant les arbres logiques du type arbres de défaillance....25
II.4.3. Négocier les objectifs détaillés de prévention....25
II.4.4. Définir les moyens de prévention complémentaires et détaillés....25
II.4.5. Gérer les risques....25
II.4.6. Conclusion....26

Chapitre III : Installation de compression de gaz....28
III.1. Introduction :....28
III.2. Gaz naturel :....28
III.3. L'objectif de la chaîne de traitement du gaz:....28
III.4. Technique du traitement du gaz naturel :....29
III.5. Equipements critiques (phase A):....30
III.5.1. Les zones :....30
III.6. Système de surveillance (usine phase A):....32
III.6.1. Sous système de surveillance(contrôleur FGS 01)....33
III.6.2. Sous système de surveillance (contrôleur FGS 02) :....35
III.6.3. Sous système de surveillance (contrôleur FGS 03)....37
III.6.4. Sous système de surveillance(contrôleur FGS 04)....39
III.7. Conclusion....44

Chapitre IV : Resultats d'applications et interpretations……..46
IV.1 Introduction……46
IV.2 Presentation de la direction régionale Rhourd-nouss……46
IV.2.1. situation géografique……46
IV.2.2. historique……...47
IV.2.3.les differents complexes de la région……48
IV.2.4.activités……..48
IV.3.La Phase A ……..……50
IV.3.1.descreption générale de l'usine de traitement Phase A…….…….50
IV.3.2.Les unites de l'usine Phase A ……...51
IV.4.Présentation de systéme étudié……52
IV.4.1.Aspectes de technologie communs aux différents types de bacs……...52
IV.4.1.1.principaux éléments constitutifs……52
IV.4.1.2.Fond de bac……52
IV.4.1.3.Rob de bac…….…52
IV.4.1.4.Ceinture…….…53
IV.4.1.5.Toit……53
IV.5.Caractéristiques des produits stockés……...54
IV.6.Stockage ……...54
IV.6.1.Le bac à toit flottant est doté de……56
IV.6.2.Bac à toit fixe……60
IV.6.3.Les potentiels de danger lies au stockage des hydrocarbures……62
IV.7.Application de la méthode MOSAR……62
IV. 7.1 :Identification des source de danger……..63
IV. 7.2 : 1er étape :identification des processus de danger..……..63
IV. 7.3 : 2eme étape : Identifier les scénarios d'accident …….....71
IV. 7.3.1 Génération et validation de scénarios longs... ... ...*75*
IV. 7.4 : 3eme étape :évaluation des scenarios d'accident……..82
IV. 7.5 : 4eme étape :négociation d'objectifs et hiérarchisation des scénarios……...85
IV. 7.5.1 :Caractérisation de la probabilité d'occurrence des scénarios…..…….85
IV. 7.5.2 :Positionnement des scénarios majeurs dans la grille……85
IV. 7.6 :5eme étape :Définition et application des moyens de prévention et de protection……...86
IV. 7.7 :interprétation des résultats…….……..91
IV. 8.Conclusion……..92

LISTE DES FIGURES

Figure II.1 : Modèle d'accident MADS [11] 11
Figure II.2: Modèle MADS 15
Figure II.3: Structure simplifiée de MOSAR module A 16
Figure II.4 : Structure simplifiée de MOSAR module B 17
Figure II.5 : Génération de scénarios courts par le schéma des boîtes noires 20
Figure II.6 : Génération de scénarios longs par le schéma des boîtes noires 20
Figure II.7: Principes de la grille gravité / probabilité et de la grille d'acceptabilité (G/P/A) 22
Figure II.8 : Schéma de la détermination de l'acceptabilité d'un scénario 22
Figure II.9: Schéma de principe pour la mise en place des barrières 23
Figure III.1 : Phase A par satellite 30
Figure IV.1 : Situation géographique de Rhourde Nouss 47
Figure IV.2 : Schéma simplifié de la phase « A » et « B » 49
Figure IV.3 : Vue satellite de l'usine phase A 50
Figure IV.4 : Vue de bac à toit flottant 54
Figure IV.5 : Example de bac à toit flottant 55
Figure IV.6 : Schéma de bac à toit flottant 56
Figure IV.7 : Schéma de fonctionnement de toit flottant 57
Figure IV.8 : Bac à toit fixe 60
Figure IV.9 : Schéma de bac à toit fix 61
Figure IV.10 : Respiration du réservoir 61
Figure IV.11 : La décomposition du contexte en cinq sous-systèmes 63
Figure IV.12 : Scénarios courts du bac à toit flottant et de ses équipements 72
Figure IV.13 : Scénarios courts du bac à toit fixe et de ses équipements 73
Figure IV.14 : Scénarios courts de l'opérateur humain 74
Figure IV.15 : Scénarios courts de l'environnement 75
Figure IV.16 : Boites noires de l'installation de stockage et l'enchaînement des scénarios longs 78
Figure IV.17 : Concaténation des scénarios 79
Figure IV.18 : Arbre logique phénomène de pressurisation 82
Figure IV.19 : Arbre des causes 84
Figure IV.20 : Grille Gravité x Probabilité 86

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.1 : Croisement du tableau A reprenant le processus de danger MADS 19
Tableau III.1 : Liste exhaustives des E/S reliées sur ce sous système pour la surveillance des trains. 34
Tableau III.2 : Liste exhaustives des E/S reliées sur ce sous système pour la surveillance des unités 50 et 83 36
Tableau III.3 : Liste exhaustive des E/S reliées sur ce sous système pour la surveillance de l'unité 60 38
Tableau III.4 : Liste exhaustives des E/S reliées sur ce sous système pour la surveillance dela centrale électrique 40
Tableau III.5 : Liste exhaustives des E/S reliées sur ce sous système pour la surveillance des Sous Station Electriques 42
Tableau IV.1 : sous-système bac à toit flottant 64
Tableau IV.2 : sous-système bac à toit fixe……...…….67
Tableau IV.3 : sous-système operateur humain……...…….....70
Tableau IV.4 : positionnement des scénarios majeurs dans la grille……..…...85
Tableau IV.5 : Tableau des barriére des securité.....87
Tableau IV.6 : Tableau de qualification des barriéres…….……...…….90

INTRODUCTION GENERALE :

Depuis des temps ancien des grand accident industrielle on marqué leur dégâts , dans ce contexte la communauté industrielle a clairement montré son ultime besoin de géré et de maitrisé ces défaillance et ca grâce a l'analyse des risque d'installation industrielle qui de leur part se présente sous forme d'une structure complexe constituer de machine ,de stockage , en interaction entre eux avec operateur et son environnement , face a ces enjeux on propose dans ce travail de projet de fin d'étude Master , d'examiner et d'illustrer l'aptitude de l'application des méthodes de l'analyse des risque on appliquons la méthode de MADS-MOSAR.

En tous premier ordre en entame la méthode de MOSAR, on peut dire que c'est une analyse des risques procédé qui a pour objet d'obtenir une évaluation précise, méthodique et aussi exhaustive que possible des risques que représente une installation ou un équipement industriel pour la sécurité des personnes, la protection de l'environnement, l'intégrité de l'outil industriel, cette évaluation se présente sous des démarches:

- Identification et caractérisation des dangers,
- Evaluation préliminaire des risques, qui permet de sélectionner les scénarios qui seront étudiés en détail,
- Analyse détaillée et quantifiée des risques les plus importants sélectionnés à l'étape précédente.

En ce qui concerne la méthode de MADS-MOSAR on peut dire que c'est une analyse qui présente des avantages et des inconvénients ; cependant le passé ne penche pas en la faveur de MADS-MOSAR. Très nombreuses ont été les personnes formées à cette méthode, très peu sont les personnes à l'appliquer (O.Grandamas 2012). Cela dit, La colonne vertébrale de MADS-MOSAR est capitalisable :
Sous-systèmes ⇔ Sources ⇔ Événements ⇔ Barrières ⇔ Barrières de pérennité.

En ayant recours à une telle banque de données déduite de la colonne vertébrale de MADS-MOSAR, les très gros avantages de MADS-MOSAR peuvent alors être exploités : systématisme – exhaustivité et donc l'analyse réalisée devient alors logique et cohérente.

Elle devient facilement compréhensible et exploitable par tous et le formalisme de MADS-MOSAR devient désormais un avantage.

Ce mémoire de fin d'étude est organisé en quatre chapitres suivis par une conclusion générale :

Dans le premier chapitre, nous présentons les différents concepts de risque, l'analyse des risques, les victimes envisagées, les critères d'analyse, et les approches communs. En suite, nous donnerons quelques méthodologies d'analyse des risques pour les systèmes industriels comme APR (analyse préliminaire des risques)…etc.

Le deuxième chapitre est Il s'agit d'une méthode d'analyse des risques reposant sur un modèle d'accident proche de celui de Domaine et formalisant un grand nombre des étapes de l'analyse des risques. C'est une méthode nécessitant la réflexion d'un groupe de travail concerné par le système étudié. Ce travail de groupe est aussi souvent implicitement préconisé dans la plupart des méthodes précitées.

Le modèle d'accident nommé MADS (Modèle d'Analyse des Dysfonctionnements des Systèmes) définit l'accident comme un événement non souhaité résultat de l'atteinte d'une ou plusieurs cibles du danger par un flux de danger lui-même issu d'une source de danger

Le troisième chapitre est consacré à la présentation et la description de notre méthode d'étude, pour cela, nous avons choisi un système de dépôt de stockage de phase A SONATRACH, pour connaître quelles sont les cibles qui peuvent être une source de danger, on appliquant la méthode de MOSAR dans le troisième chapitre.

Le quatrième chapitre est consacré à la validation de l'application de la méthode MOSAR sur un dépôt de stockage de phase A SONATRACH, par la définition de l'enchaînement des scénarios d'accidents avec ces probabilités d'occurrences comme nous paraissait par les retours d'expériences et au mieux à la réalité afin de définir des solutions qui se présente par des barrières technologiques et opérationnels pour la protection et la prévention.

Enfin, ce travail s'achèvera par une conclusion générale avec des perspectives pour continuer sur le même objectif.

CHAPITRE I

ANALYSE DES RISQUES INDUSTRIELS

I.1. Introduction

Des événements et des phénomènes non souhaités apparaissant lors de la mise en œuvre des analyses de risques dans les installations industrielles, dans notre projet de fine d'étude nous examinons les systèmes de type pétroliers (installation de compression de gaz), la première étape consiste à mettre en place les définitions et concepts reliés à l'analyse des risques tels qu'ils sont vus et reconnus par les institutions de prévention. Dans ce chapitre, nous nous exposons les définitions du risque et de l'analyse des risques et ses composantes fondamentales, nous nous précisons les domaines d'action, les contraintes prises en compte et les critères de choix d'une méthode d'analyse plutôt qu'une autre. Ces critères seront sélectionnés pour définir et choisir la méthode devant s'avérer le meilleur outil de détection des évènements non souhaités dans une installation pétroliers de type (installation de compression de gaz) face à l'analyse des risques.

I.2. Les mécanismes du risque

I.2.1.1. Définition et mécanismes du risque

Avant d'entamé l'analyse des risques, il est requis de définir le terme 'Risque' risque et tous ce qui est inclus dans notre étude afin d'obtenir une investigation limité et cohérente des risque qu'on vas prendre en compte [1]. Parmi les définitions du risque qui est donnée par Alain Villemeur dans [2], cette définition donne certain consensus dans le domaine de la sécurité

Le risque : c'est la mesure d'un danger associant une mesure de l'occurrence d'un événement indésirable et une mesure de ses effets ou conséquences [2].

D'une autre part des définitions plus complexes que celle d'Alain Villemeur [2] existe, dans lesquelles apparaît une troisième dimension : l'acceptabilité du risque, seuil en dessous duquel on accepte l'existence du danger bien que sa gravité et sa probabilité d'occurrence ne soient pas nulles. Par exemple la définition de P. Périlhon dans [3]: "le risque est la mesure du niveau de danger : le risque est une grandeur à trois dimensions au minimum associée à une phase précise du système et caractérisant un événement non souhaité par sa probabilité d'occurrence, sa gravité et son acceptabilité.

I.2.1.2. Mécanismes simplifiés du risque

Sans se perdre dans le formalisme du risque proposé par chaque méthode explicitée ci-après, nous allons définir brièvement ce qui amène à envisager l'existence d'un risque et la

potentialité d'accident dans certaines conditions, dans notre cas dans une installation pétrolière.

Le risque est un accident potentiel qui pourra se transformer en accident réel dans certaines conditions. Ce dernier aura plusieurs causse de différentes nature (matériel défectueux, erreur humaine, réglementation non respectée,…) et pourra d'une autre façon causé des dommages à une "victime" qui elle aussi pouvant être de nature variée (homme, environnement, machines,…)[4]. Cette représentation intuitive nous permet alors d'étudier les différentes victimes (et leurs natures) et les différentes causes (et leurs natures) que l'on peut rencontrer[4].

I.3. Analyse des risques

L'analyse des risques c'est l'étude qui serreà discerner les différentes parties d'un tout, de déterminer ou d'expliquer les rapports qu'elles entretiennent les unes avec les autres [5].

Nous prendrons, dans notre cas, la définition donnée par Pierre Périlhon dans [5]. Cependant il en existe d'autres (au bureau Véritas, dans la norme X 60 510, à l'INRS) qui sont surtout basées sur l'énumération des étapes de l'analyse. En ce qui suit nous proposons de décrire dans un premier temps les trois courants méthodologiques d'analyse des risques existants, pour reprendre ensuite le plus intéressant et plus particulièrement les institutions de prévention.

I.4. Méthodes d'analyse des risques

I.4.1. Méthodes du type "Audit"

Les méthodes "d'audit" constituent les pratiques les plus anciennes de diagnostic a priori des risques **[6]**. Leurs objectifs est de repérer, dans une situation de travail existante, des manques, des anomalies ou des insuffisances concernant en particulier les dispositifs techniques des installations ou des modes opératoires par rapport aux dispositions réglementaires ou aux règles de l'art. Elles consistent donc à observer un écart par rapport à un référentiel préalablement défini.

Pour certaines installations, le risque est équivalent à un défaut d'application de la réglementation qui provoque directement, un accident. Dans ce cas, la notion du risque est celle du "danger" sont les deux faces de la même pièce, le danger étant ce qui s'avère (dans ce cas) par nature incompatible avec une présence humaine.

Ces méthodes se matérialisent par une check-list ou un questionnaire. Le référentiel qui lui est adjoint est quant à lui issu de pré analyses dans lesquelles on a identifié des conjonctions

particulières entre un homme et un objet (machines, moyens techniques) provoquant dans un grand nombre de cas des blessures. Ce référentiel peut être la réglementation, mais certains cabinets d'audit développent leur propre référentiel enrichissant la réglementation. Selon cette logique, le souci d'améliorer la prévention conduit à renouveler et à développer les aspects réglementés dans l'usine.

Ces méthodes ont confirmé leur efficacité par la rareté observée des accidents uniquement matériels (lorsque la réglementation est respectée) **[7]**. Mais elles montrent, selon les experts, une efficacité maximale dans deux cas extrêmes où il faut :

- Baisser rapidement un niveau de risque trop élevé dans des situations de travail très précaires (le secteur du bâtiment appartient souvent à cette catégorie),

- Maintenir un niveau de risque faible en évitant les dérives dans l'application des procédures et l'utilisation du matériel par exemple. On peut alors à partir de ces constats mieux cibler les programmes de formations dites d'entretien ou "piqûres de rappel".

Par conséquent, on peut dire que les méthodes d'audit sont destinées aux entreprises à hauts risques ou fortement automatisées.

Dans les autres entreprises l'utilisation en tant qu'indicateurs de suivi reste possible, mais pour ces dernières, les accidents sont principalement dus à des conditions épisodiques où l'observation de la réglementation se révèle insuffisante. La complexité d'une installation est aussi l'un des paramètres influençant négativement les résultats, la prise en compte des risques non listés étant impossible **[8]**.

I.4.2. Méthodes du type « ergonomie »

Cette approche s'intéresser à l'analyse des conditions de travail. Elle consiste à considérer l'homme comme élément fondamental. Le risque devient le symptôme de dysfonctionnements dans l'installation (conditions de travail, absence de marge de manœuvre, systèmes de contraintes organisationnelles,…). Nous optons pour décrire deux méthodes ,la première proche des méthodes d'audit mais pour laquelle les éléments et écarts à détecter sont à composantes principalement humaines et applicables dans le champ du poste de travail, la deuxième quant à elle est plus large, sans référentiel et basée sur l'inadéquation du couple homme-machine.

I.4.3. Méthodes du type "sûreté de fonctionnement"

Les méthodes du type "sûreté de fonctionnement", regroupées également sous la dénomination "sécurité des systèmes" **[8]**. Ces méthodes sont utilisées en principe pour la définition du risque, les notions de gravité et de probabilité d'apparition d'un événement indésirable.

Les institutions chargées de la prévention des risques se posent la question de l'adaptabilité de ce type d'approche au contexte des installations industrielles. Les méthodes pourraient-elle être appliquées dans ce contexte ? Pour répondre à cette question, il nous est apparu nécessaire de mettre en œuvre l'une des méthodes issues de ce courant (méthode MOSAR) et d'analyser les évènements apparaissant à cette application.

Dans les chapitres qui suit Nous allons tout d'abord fixés des critères pour pouvoir caractériser les méthodes principales de ce courant d'analyse, puis nous définirons parmi les critères retenus ceux qui semblent indispensables pour notre travail. Ensuite, par les interrogations des institutions concernent également une méthode particulière de ce courant, la méthode MOSAR qui a conduit à de bons résultats dans le contexte de "grands groupes" (comme, SONATRACH).

I.4.4. Etapes d'analyse des risques

Avant de commencer, rappelez-vous que chaque étape demande une réflexion et ne doit pas être prise à la légère. Bien exécuté, ce processus permet, à terme, de réduire les accidents sur votre lieu de travail et d'offrir un environnement sain et sécuritaire pour tous les employés.

La méthodologie proposée par les experts de SIM se divise en cinq grandes étapes. Rassurez-vous, il n'y a rien de sorcier. En fait, nous l'exécutons déjà dans notre vie personnelle : le trottoir est glissant, nous marchons plus lentement puisque le risque de tomber et de se faire mal est réel [5].

Voici les cinq étapes que nous devons suivre pour effectuer une analyse de risques à notre usine:

Étape 1 : Identifier les dangers

En fonction des différents lieux de travail, quels sont les dangers apparents et ceux camouflés?

L'identification des dangers provient d'une analyse de l'environnement de travail, de l'étude du comportement de l'employé face à la tâche, etc. Il est ensuite possible de définir les phénomènes, les situations et les événements dangereux.

Les dangers peuvent être de nature biologiques, chimiques, ergonomiques, physiques, psychoso-ciaux et liés à la sécurité.

Étape 2 : Évaluer les risques

Suite à l'identification des dangers, il faut lister les risques associés. Les responsables désignés dans votre entreprise étudieront les conséquences de chaque danger pour déterminer quels types d'accidents peuvent en résulter.

Pour ce faire, l'utilisation d'une grille d'analyse est fortement recommandée, car celle-ci permet d'obtenir une vue d'ensemble des préjudices.

Étape 3 : Hiérarchiser les risques

Bien qu'une situation risquée demeure sérieuse, certains risques pèsent plus que d'autres. Par exemple, se frapper le doigt avec un marteau vs faire une chute de 4 mètres de haut. N'oubliez pas aussi l'effet long terme des conséquences d'un risque. Par exemple, le bruit et l'air ambiant peuvent sembler anodins, mais causent des dommages permanents.

L'évaluation des risques est primordiale pour établir l'ordre de priorité de la mise en place des mesures de prévention.

Étape 4 : Déterminer les moyens de prévention

Les moyens de prévention sont illimités. Dépendamment de la situation et des conséquences du risque, une ou plusieurs mesures de protection peuvent être mises en place. Par exemple : installer un garde-corps ou un cadenas, porter des lunettes de sécurité, établir des zones de circulation précises, etc.

Une solution parfois oubliée est la formation. N'hésitez pas à parcourir les plans de formation offerts, que ce soit pour les principes de base en secourisme ou en santé et sécurité (chute, échafaudage, travail à chaud, etc.), pour l'utilisation d'équipements mobiles ou électriques, etc. Des employés formés sont des employés plus conscients des risques et des bonnes pratiques, donc plus prudents.

Notez qu'il est important de créer un plan d'action et de fixer une date butoir pour s'assurer que les mesures de prévention seront apportées à l'environnement de travail.

L'erreur la plus fréquente chez les entrepreneurs est la mise en place de moyens de prévention sans faire d'analyse de risques, Cette erreur peut mener à des coûts exorbitants. En effet, suite à l'analyse, l'avenue empruntée pourrait être différente et probablement moins coûteuse.

Étape 5 : Vérifier les résultats

On connait tous le dicton « difficile d'améliorer ce que l'on ne mesure pas ». Le même principe s'applique à une analyse de risques. Est-ce que les recommandations ont porté fruits? Est-ce que les employés appliquent les nouvelles mesures mises en place?

Un contrôle rigoureux des procédures doit être effectué à chaque fois que les matériaux et les procédés changent pour s'assurer que le tout demeure sécuritaire.

L'implication des employés est cruciale pour assurer le succès d'une bonne analyse de risques. Ceux-ci peuvent cibler les niveaux d'écarts et proposer des pistes d'amélioration pour les nouvelles procédures en place.

I.5. Conclusion

La méthode MOSAR offre l'avantage d'avoir une formalisation des étapes de hiérarchisation et d'évaluation pour lesquelles l'APR ne propose pas d'outils.

Donc cette méthode est la plus proche de nos attentes, c'est notre justification pour l'utilisation de cette approche dans notre travail de fine d'étude.

CHAPITRE II

MÉTHODE ORGANISÉE ET SYSTÉMIQUE D'ANALYSE DES RISQUES - MOSAR

II.1. Introduction:

L'objectif de ce chapitre est de présenter les notions principales de théorie d'analyse des risques. Nous présenterons dans ce chapitre, quelques concepts de base du modèle d'accident nommé MADS et leur méthode d'analyse MOSAR. Il s'agit d'une méthode d'analyse des risques reposant sur un modèle d'accident proche de celui de la réalité et formalisant un grand nombre des étapes de l'analyse des risques. C'est une méthode nécessitant la réflexion d'un groupe de travail concerné par le système étudié. L'application de cette méthode sera détaille dans le chapitre suivant.

II.2. Modèle d'Analyse des Dysfonctionnements des Systèmes MADS

MADS (Modèle d'Analyse des Dysfonctionnements des Systèmes), c'est le modèle qui nous définit l'accident comme un événement non souhaité ,résultat de l'atteinte d'une ou plusieurs cibles du danger par un flux de danger lui-même issu d'une source de danger, des événements internes ou non au système étudié peuvent aggraver la situation. Ce modèle est montré sur la figure suivante II.1.

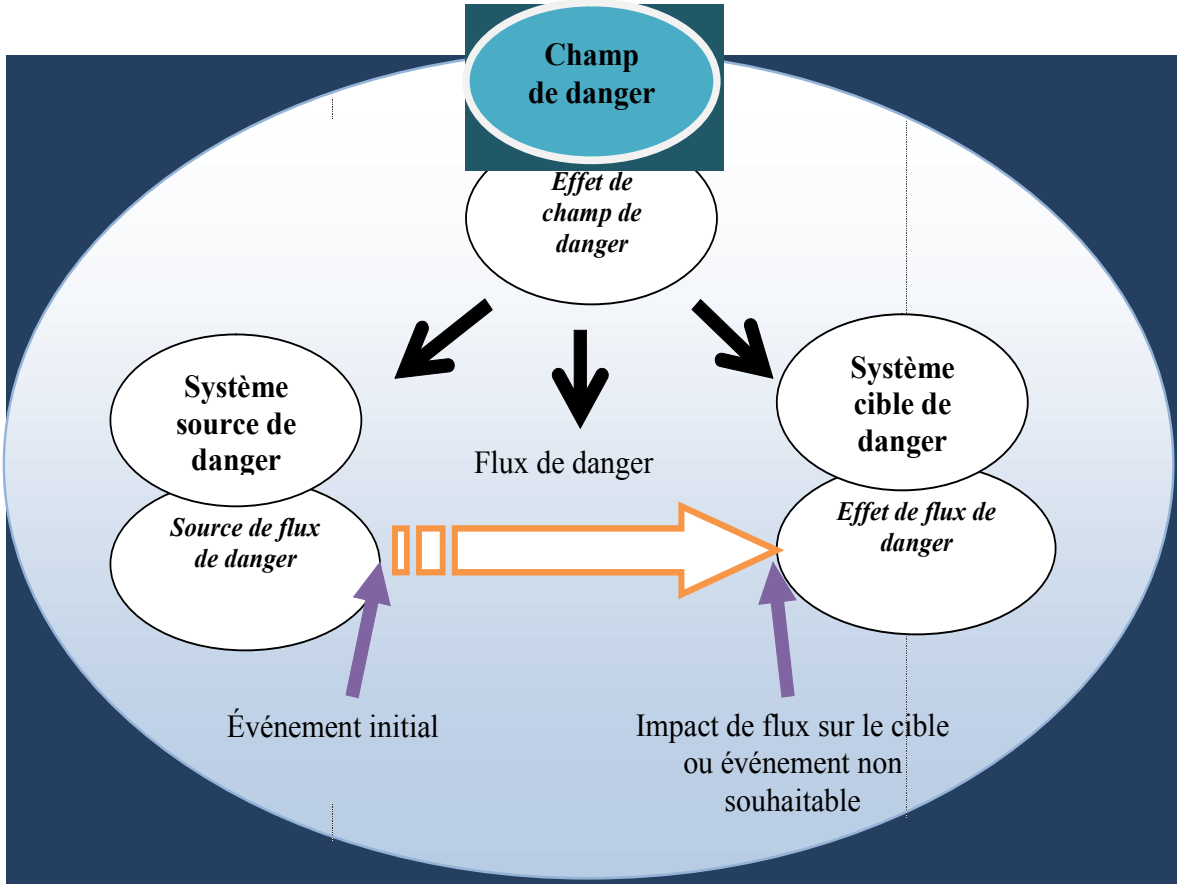


Figure II.1 : Modèle d'accident MADS [11]

Ce modèle repose sur les notions :

- de système(s) source : système(s) à l'origine des flux de danger donc des événements non souhaités.
- de système(s) cible : système(s) sensible(s) aux flux de danger et subissant des dommages.

Il existe cinq types de cibles déjà citées.

1. d'événement initial : événement qui caractérise le changement d'un système qui passe d'un état ou d'une situation normale à un état ou une situation défaillante.
2. d'événement non souhaité : ensemble de dysfonctionnements susceptibles de provoquer des effets non souhaités sur des systèmes cibles.
3. de flux de danger : vecteur du danger déclenché par l'événement initiateur.
4. d'événement initiateur qui va déclencher l'événement initial.
5. d'événement renforçateur qui accroît la vulnérabilité de la cible ou augmente les effets.

Les étapes principales de la méthode sont caractérisées par:

- un module de définition du système s'appuyant sur les principes de la systémique **[12]**.
- On considère alors le système à étudier, son environnement extérieur et ses interactions avec les autres systèmes. Si le système est trop important, on le décompose alors rigoureusement en sous-systèmes ayant les mêmes propriétés.
- un module d'identification des risques qui passe par l'identification des sources et des cibles du danger. On peut utiliser les arbres logiques pour représenter les processus d'accident (cf. l'AMDE).
- un module d'évaluation des risques qui utilise la même grille gravité / probabilité que l'AMDEC à laquelle on associe la limite d'acceptabilité de Farmer permettant de distinguer les risques acceptables des risques inacceptables. Les risques inacceptables feront alors l'objet d'actions prioritaires de prévention.
- un module de proposition de solutions pour rendre les risques inacceptables acceptables.
- On sort alors du domaine de l'audit. On définit (et caractérise) ensuite les solutions choisies (quoi, par qui, comment, fréquence des vérifications,…).
- un module de vérification de l'efficacité et donc de validation des solutions choisies.

Si ces solutions ne sont pas satisfaisantes, on relance alors la méthode encor une fois. Cette méthode contient une deuxième partie, la partie B, qui utilise les outils de la sûreté de fonctionnement tels que l'arbre des causes afin de rentrer dans le détail des scénarios inacceptables établis précédemment. Cela est indispensable lorsque le degré de décomposition de l'accident n'a pas été suffisant pour définir la ou les mesures de prévention à mettre en place qui répondent aux exigences que l'on s'est fixées (niveau de sécurité, coût). Les méthodes de sécurité des systèmes remplissant le mieux ces contraintes sont l'APR, l'AMDEC et MOSAR.

Les méthodes MOSAR et AMDEC offrent l'avantage d'avoir une formalisation des étapes de hiérarchisation et d'évaluation pour lesquelles l'APR ne propose pas d'outils. L'AMDEC quant à elle, regroupe un grand nombre des critères que l'on s'était fixés mais, même si a priori cette méthode est capable d'intégrer les facteurs humains et organisationnels de risques, elle ne définit pas les outils qui permettront cette intégration. Cela constitue une difficulté de mise en œuvre supplémentaire pour l'analyse des risques. Il semble donc que la méthode MOSAR soit la méthode la plus proche de nos attentes, c'est donc celle que nous emploierons au cours de cette étude.

MOSAR est une démarche qui met en œuvre les outils que l'on retrouve en grande partie dans l'approche systémique associée à l'APR ainsi que dans les méthodes AMDEC ou analyses par arbres logiques. En envisageant et en validant la mise en place de barrières dès lors que les risques ont été hiérarchisés et qu'un niveau d'acceptabilité a été fixé, la méthodologie MOSAR se présente bien comme une méthode apparemment complète et générale et son application des installations pétrolières mérite d'être testée.

II.3. Démarche de référence de la méthode MOSAR

La méthode MOSAR se compose de deux modules A et B complémentaires. Le premier a pour mission d'identifier les dysfonctionnements de nature technique ou opératoire et leurs interactions, Ce module A va permettre de générer les scénarios d'accidents pouvant mettre en jeu des dysfonctionnements de natures différentes, en ayant une vision macroscopique ne rentrant pas dans le détail du fonctionnement de l'installation.

Le deuxième niveau, le module B, va analyser, à partir des résultats du module A, l'origine des événements, qui apparaissant comme primaires dans les arbres logiques fournis par le module A. Ce module fait entrer dans le fonctionnement de l'installation. Les événements considérés sont de nature technique principalement. Pour chacun des deux modules, MOSAR

se compose de cinq étapes successives pour chaque module décomposables en sous étapes et basées avant tout sur le modèle d'accident MADS.

II.3.1. Modèle MADS

MADS et MOSAR ont été conçus dans l'esprit de la prévention des risques majeurs à la suite des catastrophes industrielles marquantes (Bhopal, Tchernobyl,…).

Ces accidents mettent en jeu des installations et des processus complexes difficilement appréhendables par les méthodes classiques d'analyse des risques. Le modèle MADS a pour but d'expliciter la démarche commune des outils de l'analyse classique des dysfonctionnements (AMDEC, et arbres logiques par exemple).

Le modèle MADS apparaît donc comme une approche intuitive du risque associant les visions systémiques et analytiques de la sûreté de fonctionnement. Il représente le danger et donc le risque (mesure du danger) comme un ensemble de processus au sens systémique du terme.

Le danger est vu comme l'ensemble des processus conduisant à un processus principal nommé flux de danger pouvant être généré par un système source de danger. Ce flux est constitué d'énergie, de matière et d'information. Si ce dernier peut atteindre un système cible et avoir des effets sur ce dernier, on parle alors de risque. Les effets observés sur le système cible, lorsque le risque se réalise, constituent ce que l'on appelle l'événement non souhaité. Le processus principal est situé dans un environnement spécifique (partie de l'environnement qui le concerne) générateur de champs de danger processant des effets sur ce processus. Le flux de danger est généré par un processus initiateur d'origine interne ou externe. En parallèle, il peut y avoir un processus renforçateur du flux sur la cible, d'origine interne ou externe, ce modèle est montré sur la figure II.2.

Ce modèle de processus de danger et de risque est un modèle général qui permet :

- d'organiser la connaissance,
- d'élaborer une méthode générale d'analyse des risques.

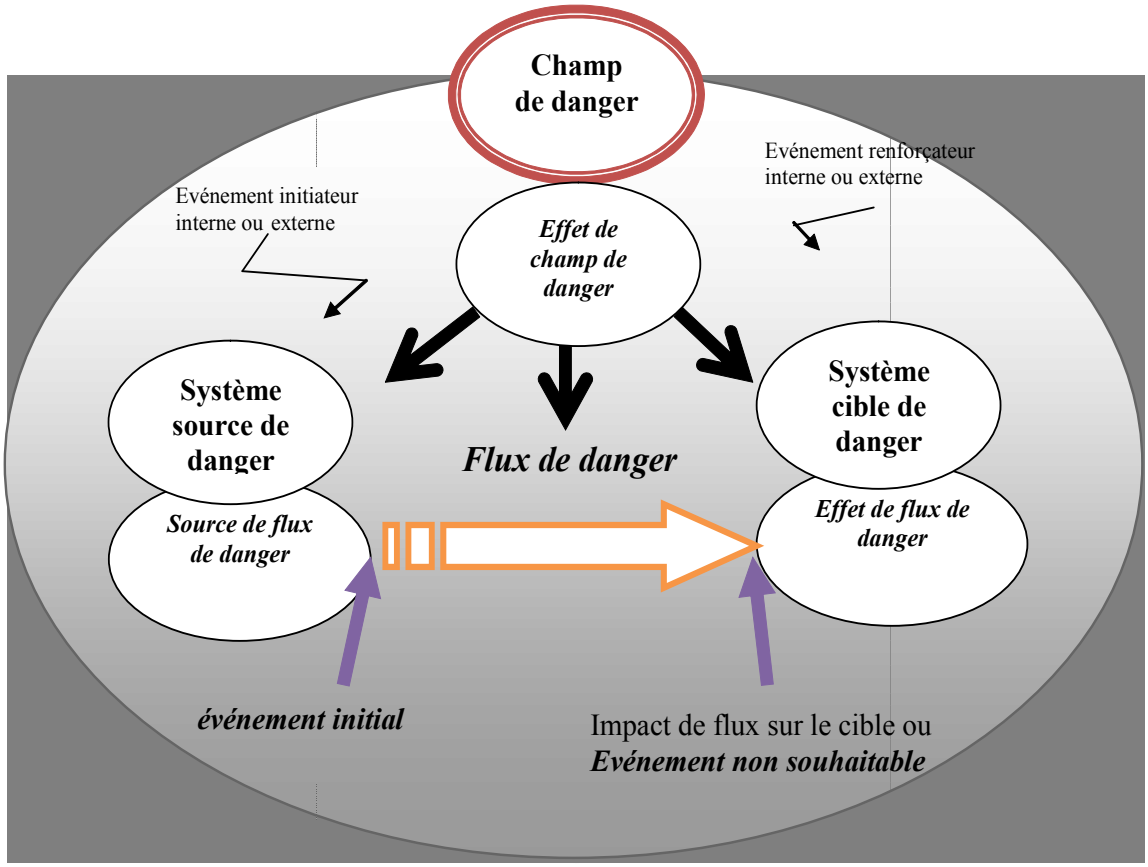


Figure II.2: Modèle MADS

Le modèle montre l'enchaînement des événements qui, à partir de l'événement initiateur, conduit à un changement d'état de la cible. L'analyse des risques consiste donc à :

- identifier les flux de danger potentiels. On identifie pour cela l'ensemble des sources de danger présentes au sein du système analysé.
- identifier les processus de danger c'est à dire l'enchaînement des événements issus de systèmes sources de danger et pouvant conduire à des événements non souhaités (ENS) ou accidents potentiels
- construire et représenter l'enchaînement des événements conduisant à l'ENS. Ceci nécessite l'élaboration de scénarios.

L'analyse complète, non seulement permet de construire les enchaînements menant aux accidents potentiels mais ajoute à l'utilisation du modèle MADS, un module probabiliste d'évaluation et de hiérarchisation des risques.

II.3.2. Schéma général de MOSAR : modules A et B

Rappelons que le module A consisté à faire une analyse macroscopique des risques d'une installation. Le module B rentre dans le fonctionnement dit "microscopique" de celle-ci pour

rechercher l'origine des risques principaux et fonctionnels mis en évidence par le premier module.

Module A :

La méthode reprend le modèle MADS et l'utilise pour identifier les sources de danger, les flux, les cibles, et les événements qui sont à l'origine des flux. Le but est alors de savoir, si le flux atteint la cible, quelle est la probabilité de cette atteinte, la probabilité de l'événement initial, de l'événement initiateur,…etc. Une fois la probabilité de l'impact déterminée, il est important de connaître la gravité des accidents potentiels envisagés. Selon la limite d'acceptabilité que l'entrepreneur se fixe, le risque ou danger maintenant défini par sa probabilité et sa gravité est acceptable ou non. S'il ne l'est pas, MOSAR fournit (grâce à MADS) un outil pour définir des barrières de protection ou de prévention afin d'enrayer les processus de danger inacceptables. Ce module se décompose en cinq étapes présentées sur la figure II.3.

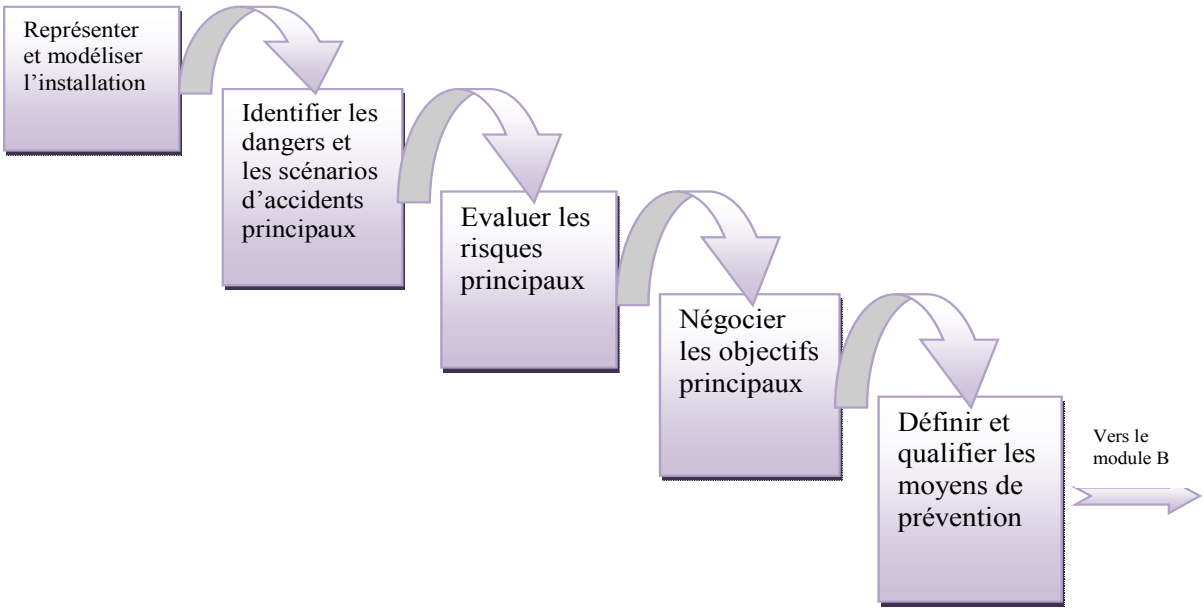


Figure II.3: Structure simplifiée de MOSAR module A

Module B :

Pour les accidents potentiellement inacceptables, MOSAR prévoit, si ces risques sont principalement technologiques, le module B est très proche de la sûreté de fonctionnement et des méthodes du type AMDEC permettant de définir précisément l'origine des événements initiateurs et de mettre des barrières alors plus efficaces et souvent moins coûteuses.

Dans ce module, on reprend les événements primaires des arbres logiques élaborés dans le module A pour lesquels on construit des arbres de défaillance afin de déterminer leurs causes possibles. Il est alors envisageable de calculer la probabilité des ENS finaux si on connaît celle des événements primaires. Ce module vient à la suite du précédent et se compose également de cinq étapes, comme il est montré sur la figure II.4.

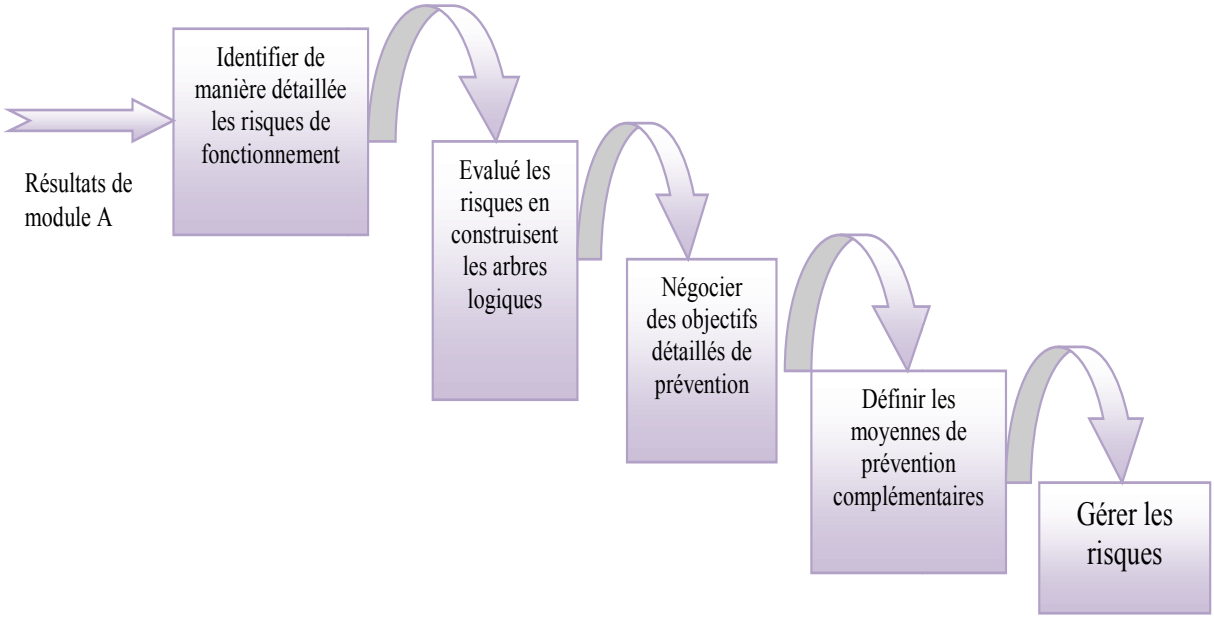


Figure II.4 : Structure simplifiée de MOSAR module B

II.3.3. Description des étapes du module A

MOSAR est une méthode structurée, quantitative, progressive et participative. Elle préconise la constitution d'un groupe de travail qui idéalement associe exploitants et intervenants de l'installation pour mener l'ensemble de l'analyse des risques. Elle fait appel à l'imagination et à l'expérience de tous les participants.

II.3.4. Représenter l'installation

MOSAR voit l'installation à étudier comme un système complexe richement organisé, générateur d'inconnu car capable d'innover pour s'adapter à ses propres évolutions et à celles de son environnement. Cette complexité permet au système de s'adapter au désordre et de créer de l'ordre à partir de celui-là. Il est capable d'autonomie et construit en permanence. Les êtres humains font partie des systèmes dits complexes. Les systèmes industriels sont donc des interférences relationnelles entre des systèmes techniques compliqués (simplifiables, découpables) et des systèmes humains complexes. L'interface hommes - systèmes techniques

accroît le niveau de complexité. De ce fait une installation industrielle est un système complexe que l'on ne peut pas simplifier **[7]**.

On ne l'abordera donc pas en se demandant de quoi ce système est fait mais ce qu'il fait, où, pourquoi, pour devenir quoi. Cette vision nous conduit à envisager l'installation dans toute sa complexité tout en étant conscient qu'il est obligatoire de la découper puisque nous ne savons pas l'analyser autrement et en remettant ensuite en relation ce que nous avons découpé précédemment.

L'étape 1 :

Demande de découper le système "installation" en sous-systèmes, de déterminer quel est son environnement. La condition à respecter la plus importante est de retrouver dans la somme des sous-systèmes l'intégralité de l'installation étudiée.

Si le système est d'une envergure restreinte ou d'une complexité faible, le découpage en sous-systèmes n'est pas obligatoire. Lorsque cette décomposition s'avère utile, il existe toutefois plusieurs manières de découper une installation en sous-systèmes. On peut effectuer :

- une décomposition hiérarchique,
- une décomposition topologique,
- une décomposition fonctionnelle.

Les sous-systèmes ainsi déterminés doivent répondre aux critères de la systémique : avoir un but, une structure, une évolution, une activité, un environnement afin de garder une homogénéité dans la nature des sous-systèmes. On part des documents existants et de l'observation directe de l'installation. Si cette dernière est décomposable en sous-systèmes, on la découpe en sous-systèmes.

II.3.4.1. Identifier les dangers et les scénarios d'accidents principaux

Le but de cette étape est d'identifier les risques et leur mécanisme d'apparition, dans chacun des sous-systèmes définis antérieurement. MOSAR est basé sur le processus de danger MADS (voir Figure 08), le flux de danger causant l'événement non souhaité est généré par une source de flux de danger à partir du système source de danger. Il est donc nécessaire d'identifier la source de danger qui, une fois "excitée" par un processus initiateur d'origine interne ou externe provenant de l'environnement spécifique crée ce flux principal de danger.

Pour effectuer ce travail, on analyse chaque sous-système à travers la grille de typologie des systèmes sources de dangers visible en Annexe 1. Si les sources de danger du sous-système qui nous concernent sont répertoriées dans la grille 1, cela nous permet d'inventorier systématiquement les entités qui pourront devenir sources de flux de danger. Pour chaque sous-système on obtiendra une liste possible de systèmes source de danger de type mécanique, chimique, biologique, humaine,…. qui guide la recherche des flux de danger.

Ensuite, la recherche des processus de danger consiste à déterminer l'enchaînement d'événements issus de systèmes source de danger et pouvant conduire à des événements non souhaités. Ce sont les scénarios d'accidents. Pour cela, on utilise alors un outil nommé tableau A reprenant les principaux éléments du modèle MADS (voir Tableau 9) et permettant de composer les scénarios courts d'accidents soit en anticipant les événements initiateurs, renforçateurs,…, soit en les extrayant du retour d'expérience collecté dans l'installation.

- **Evénement initial** : événement qui caractérise le changement d'un système qui passe d'un état ou situation normale vers un état ou situation défaillante.

- **Evénement initiateur :** événement perturbateur qui est à l'origine du changement d'état ou de situation d'un système.

- **Evénement principal :** événement qui manifeste le flux de matière, d'énergie et d'information émis par un système en état ou en situation défaillante

Tableau II.1 : Croisement du tableau A reprenant le processus de danger MADS

Sous-système n°…					
Type de système source de Danger (grille1)	Phase de vie	Evénement initial	Evénement initiateur	Flux de danger principal	Evénement principal (non souhaité) (ENS)

Ce travail se fait ligne par ligne en commençant par la recherche des événements initiaux, on recherche ensuite les événements initiateurs qui peuvent engendrer les événements initiaux. Ces événements peuvent être d'origine interne ou externe à la source de danger, dans ce dernier cas, ils sont générés par les champs. La chaîne événements initiateurs, événements initiaux implique les événements principaux que l'on note dans la dernière colonne du tableau A. Ce travail amène à la génération de scénarios courts mais qui peuvent parfois être mis bout

à bout, quand un événement initial ou final est l'événement initiateur ou initial d'un autre scénario consigné sur une autre ligne.

On doit dans ce tableau ne pas noter les interférences avec les autres sous-systèmes pour éviter la construction confuse de scénarios. Il est à noter également que, dans ce tableau, on ne tient pas compte des barrières de prévention et de protection notamment pour une installation en fonctionnement. Cela permettra ensuite de juger de la pertinence des barrières déjà en place ou en projet. C'est une sorte de "point zéro" sans barrières. Dans beaucoup de cas, on admet que les scénarios d'accident sont connus notamment grâce au retour d'expérience. Il est cependant intéressant voir indispensable d'en créer d'autres possibles. On peut alors représenter chaque sous-système sous forme de boîte noire dont les entrées sont les événements initiateurs et les sorties les événements principaux (ou ENS) générés par le sous-système, comme il est montré sur la figure II.5.

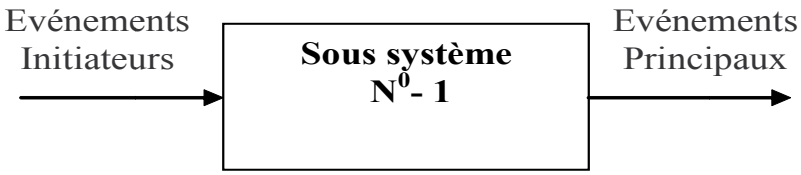


Figure II.5 : Génération de scénarios courts par le schéma des boîtes noires

A ce stade, on ne voit que les scénarios courts se situant dans un seul sous-système. Le travail consiste maintenant à combiner les événements d'entrée et de sortie entre eux, à identifier les bouclages entre sorties et entrées de même nature d'une même boîte (autodestruction) ou de boîtes différentes (scénarios longs), comme il est montré sur la figure II.6.

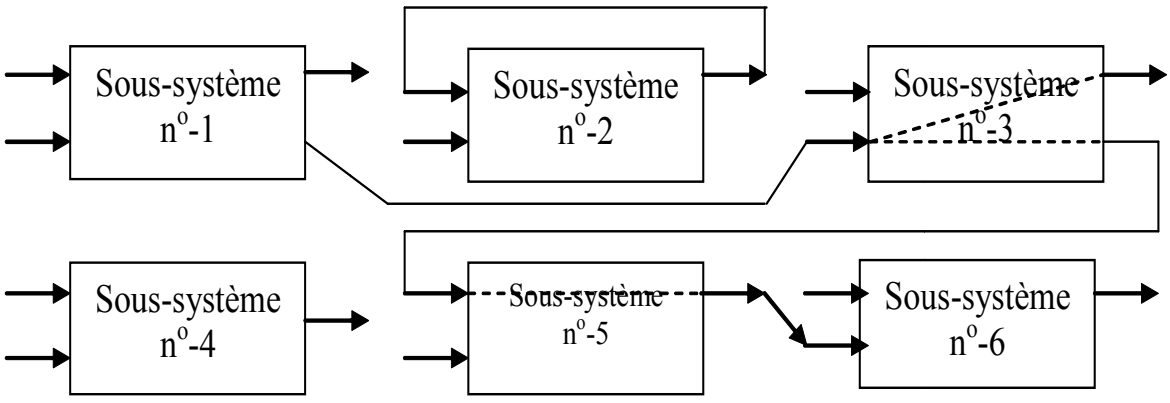


Figure II.6 : Génération de scénarios longs par le schéma des boîtes noires

Après cette construction, on a ensuite la possibilité de rassembler, de concaténer sur un même accident redouté tous les enchaînements y aboutissant. Le nombre de scénarios construits de cette façon est vite important, on peut donc choisir, pour éviter cette explosion combinatoire, de ne garder que les événements majeurs qui apparaissent en sortie de boîtes noires. A ce

niveau de l'analyse, on peut rassembler les scénarios aboutissant aux mêmes événements finaux pour construire des arbres logiques qui seront l'ossature de futurs arbres de défaillances.

II.3.5. Evaluer les risques principaux

Le dessein de cette étape d'évaluation est de voir, pour les scénarios générés dans l'étape précédente, quelle est la probabilité de l'accident redouté et l'impact qu'il peut avoir. On voit alors se dessiner une hiérarchisation des scénarios et on commence à distinguer les scénarios plausibles et ceux possibles (plus grande probabilité). Quand c'est possible on utilise les techniques de calcul en combinant les caractéristiques des différents événements mis en jeu pour arriver à l'événement non souhaité. Il est aussi prescrit d'évaluer quelles cibles les événements principaux vont pouvoir atteindre et quel sera leur impact sur ces cibles.

II.3.6. Négocier des objectifs globaux

Le but est ici à la fois de hiérarchiser les scénarios et de déterminer leur acceptabilité pour se fixer des objectifs jusqu'alors non abordés par MOSAR. On va donc définir l'acceptabilité des scénarios par une concertation et une négociation entre tous les acteurs. Dans certains cas, cette acceptabilité peut être imposée par une réglementation ou une règle spécifique. Les outils mis en œuvre pour la négociation sont des grilles gravité / probabilité / acceptabilité. On peut en construire une par cible. La première chose est de fixer les niveaux sur les deux axes (gravité et probabilité) de la grille (voir Figure 13 : premier niveau).

En principe, on construit des axes à quatre, six, huit niveaux, toujours en nombre pair pour éviter la tendance à se situer dans un niveau médian. Ces échelles de gravité et de probabilité doivent permettre de pouvoir placer l'ensemble des scénarios évalués dans l'étape précédente.

La deuxième chose à faire est de situer dans la grille la frontière entre ce qui est considéré comme acceptable et ce qui est considéré comme inacceptable. Cela constitue une deuxième sous-étape : la phase de négociation entre les acteurs concernés. On obtient la grille Gravité / Probabilité / Acceptabilité (voir Figure II.7: deuxième niveau).

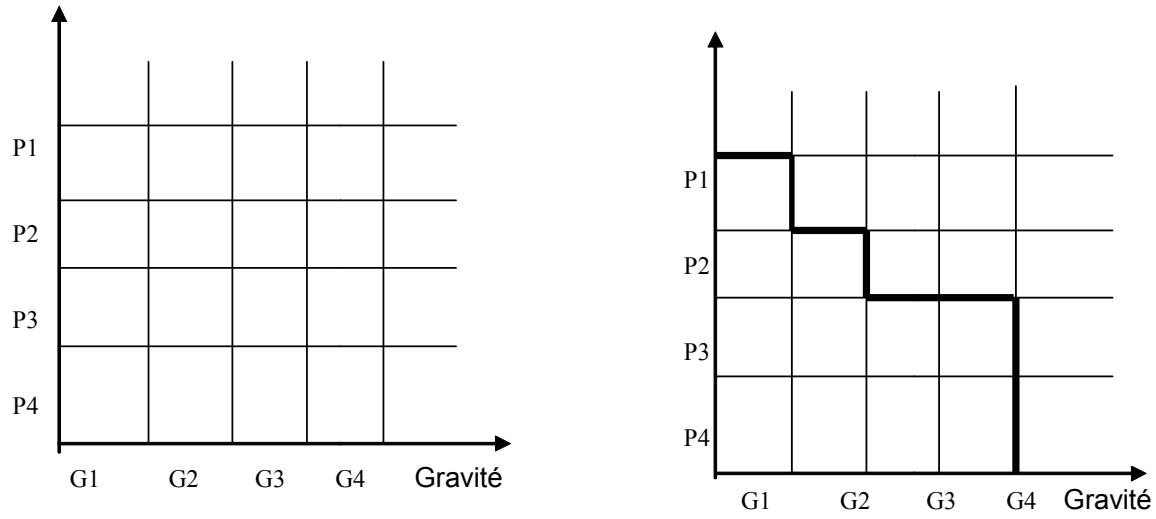


Figure II.7: Principes de la grille gravité / probabilité et de la grille d'acceptabilité (G/P/A)

Premier niveau : grille G /P : Etablissement des échelles de gravité et probabilité dédiées à chaque cible si on construit une grille par cible.

Deuxième niveau (négociation) : grille G/P/A : Détermination de la frontière entre l'acceptable et l'inacceptable : limité à partir de laquelle le groupe '' juge'' le risque comme trop important pour le toléré (trop de conséquences possibles pour les cibles)

Il ne reste plus après qu'à placer les scénarios dans ces grilles G/P/A. Suivant leur situation par rapport à la limite, ces scénarios sont alors considérés comme acceptables ou non (voir Figure II.8)

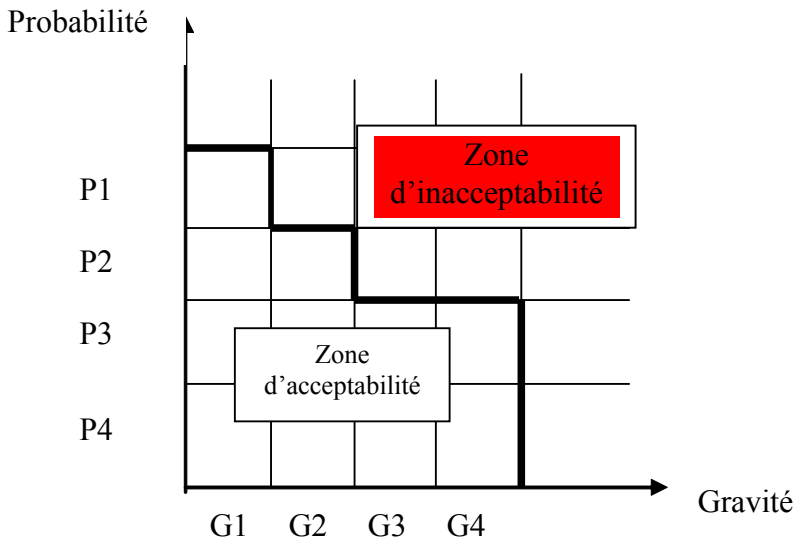


Figure II.8 : Schéma de la détermination de l'acceptabilité d'un scénario

Des objectifs sont alors définis : les risques inacceptables doivent devenir acceptables grâce à la mise en place de barrières de prévention ou de protection faisant baisser leur gravité ou leur probabilité pour les ramener à l'intérieur de la zone d'acceptabilité.

II.3.7. Définir les moyens de prévention des risques principaux et les qualifier

La prévention consiste à identifier les barrières à placer au niveau du système source, de l'événement principal et des effets induits. La protection consiste elle à envisager les barrières au niveau du système cible (visualisation des barrières sur le modèle MADS sur la Figure II.9).

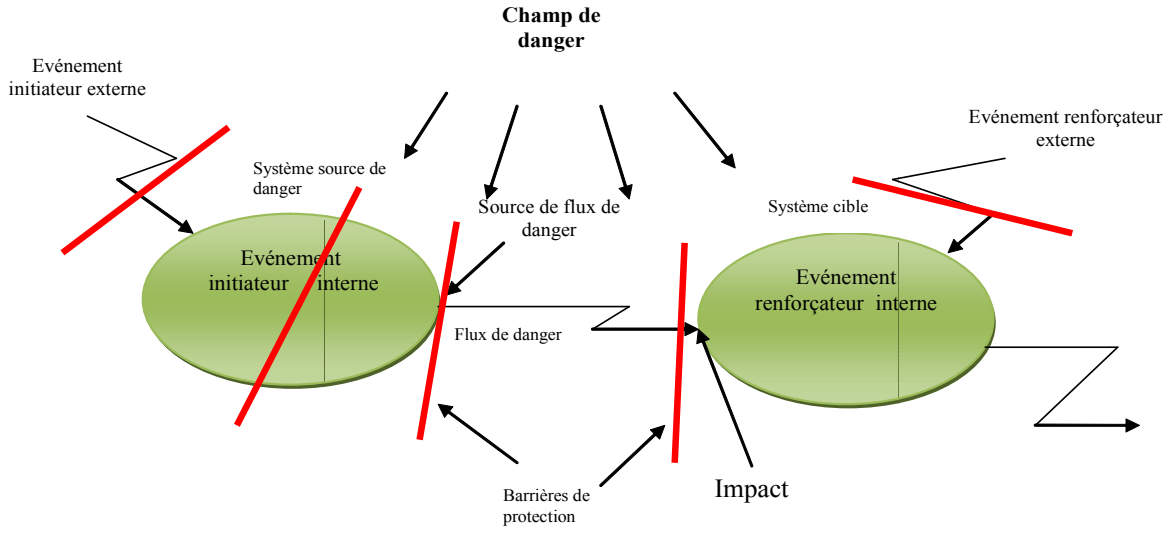


Figure II.9: Schéma de principe pour la mise en place des barrières

La Figure II.9 montre bien où il faut chercher à placer des barrières, l'arbre logique quant à lui montre qu'en principe, il suffit de neutraliser les événements primaires pour que le scénario correspondant n'ait pas lieu. Pour renforcer la prévention, on recherche aussi les barrières possibles à placer tout au long du scénario. On distingue deux types de barrières:

- Les barrières technologiques (BT): Elément ou ensemble technologique faisant partie intégrante de l'installation qui s'oppose automatiquement à l'apparition d'un événement préjudiciable à la sécurité et qui ne nécessite pas d'intervention humain.

- Les barrières d'utilisation (BU): Elément nécessitant une action humaine reposant sur une consigne précise, activée ou non par un élément ou un ensemble technologique (exemples: procédure, mode opératoire, application de règles, vanne à ouverture manuelle,

protection individuelle). Les BU sont souvent considérées comme étant moins fiables que les BT. Elles sont en fait très sensibles à la formation des intervenants.

L'identification et la qualification des barrières sont facilitées par l'utilisation des tableaux B et C. Le tableau B peut être modifié en fonction du contexte. Dans la méthode MOSAR de référence, ce tableau propose des pistes de barrières comme l'amélioration : de la conception, de la ventilation, de la protection individuelle, de la surveillance médicale, de la formation du personnel, de l'habilitation du personnel, de l'identification des facteurs d'ambiance, de l'étude des comportements humains, des consignes, des consignations, des procédures, de l'application de la réglementation, des contrôles et vérifications, de la télésurveillance, de la maintenance, de l'implantation, du balisage et des influences sur l'environnement.

Le tableau C, quant à lui, une fois les barrières définies, permet de les qualifier c'est-à-dire d'aider à la fois à s'assurer que celles-ci ne créent pas de nouveaux risques mais aussi à aider à leur pérennisation dans le temps (contrôle et vérifications à infliger aux barrières, maintenance, conception,…). Il est possible de vérifier comment les barrières font évoluer les scénarios dans leur position dans les grilles G/P/A.

On peut admettre, compte tenu des barrières envisagées, que gravités et probabilités sont diminuées si l'événement non souhaité est moins probables ou a des conséquences minorées. Cette étape clôt le module A de la méthode MOSAR.

II.3.8. Résultats escomptés par le module A

En résumé, l'application du module A de MOSAR permet d'obtenir:

- les principaux éléments qui peuvent engendrer un accident.
- les enchaînements d'événements aboutissant aux accidents potentiels en tenant compte à la fois des facteurs technologiques et opératoires.
- les causes principales des événements non souhaités les accidents principaux qui sont à redouter dans l'installation.
- le recueil et l'utilisation des connaissances présentes dans l'installation par l'intermédiaire du groupe de travail.
- le classement des risques et une base pour l'entreprise afin de fixer ses objectifs de prévention un ensemble de barrières de prévention et de protection qualifiées.

L'application du module A permet non seulement d'identifier les risques mais aussi de mettre à jour les informations techniques et organisationnelles relatives à l'installation, notamment à travers le fonctionnement en groupe de travail.

II.4. Description des étapes du module B

Ce module est nécessaire pour l'approfondissement de l'analyse. Il est plus spécialement dédié à la recherche de l'origine des événements de nature technique [19]. Cependant, dans le cas où on pourrait effectuer une analyse d'activité de l'opérateur (dans le secteur du nucléaire par exemple), on peut aussi l'appliquer à des dysfonctionnements ayant des causes opératoires. Comme le module A, le module B est constitué de cinq étapes (voir Figure 17).

II.4.1. Identifier de manière détaillée les risques principalement liés au fonctionnement

En reprenant les événements primaires des arbres logiques du module A, on va préciser les dysfonctionnements opératoires par l'analyse de l'activité de l'opérateur et pour les événements de nature technique, on va rechercher leurs causes en réalisant des AMDEC.

II.4.2. Evaluer les risques en construisant les arbres logiques du type arbres de défaillance

En reprenant là aussi les arbres logiques produits par le module A, et les informations acquises dans les analyses d'activités et les AMDEC, on construit des arbres généraux de défaillances sur les risques principaux. Il est alors possible de calculer la probabilité des ENS finaux.

II.4.3. Négocier les objectifs détaillés de prévention

Il est maintenant possible d'utiliser les propriétés des arbres de défaillances pour répartir des barrières de prévention. Il sera alors nécessaire de pratiquer une deuxième négociation entre les acteurs concernés pour fixer le nombre de barrières en fonction de la gravité des impacts.

II.4.4. Définir les moyens de prévention complémentaires et détaillés

Il y a plusieurs critères possibles de choix et de répartition des barrières sur les événements primaires. Le critère principal demeure le rapport coût / efficacité.

II.4.5. Gérer les risques

Avec les scénarios d'accidents retenus et en identifiant les moyens d'intervention disponibles et l'organisation de leur mise en œuvre, on peut construire les plans d'intervention en cas d'accident (POI ou Plan d'Opérations Interne en milieu industriel ; PUI ou Plan d'Urgence

Interne en milieu nucléaire). Ces plans sont destinés à montrer qu'il est possible de faire face aux ENS, s'ils surviennent, et qu'il est possible d'en limiter les effets.

II.4.6. Conclusion

Grâce à la méthode MOSAR, l'ensemble des étapes nécessaires à une analyse des risques finalisé et conduit à l'évaluation et à la hiérarchisation des risques. La méthode associe en plus au module d'analyse proprement dit, un module de recherche de solutions pour le traitement des risques qui sont apparus comme inacceptables. Dans ce contexte, on a choisir cette méthode pour l'analyse des risques face aux installations bacs de stockage et on trouve l'application de cette étape dans le 4ème chapitre.

CHAPITRE III

INSTALLATION DE COMPRESSION DE GAZ

III.1. Introduction :

Le gaz naturel est une énergie d'utilisation souple, offrant des réserves abondantes et émettant moins de CO_2 que le pétrole pour une même quantité d'énergie dégagée. À ce titre, il joue un rôle important dans la transition énergétique en attendant le déploiement de nouvelles énergies à contenu moindre en carbone. Le gaz naturel permet d'aider à répondre à l'accroissement de la demande énergétique mondiale, tout en répondant aux besoins de respect de l'environnement.

III.2. Gaz naturel :

Le gaz naturel est une énergie primaire non renouvelable bien répartie dans le monde propre et de plus en plus utilisé. Dispose de nombreuses qualités : abondance relative, souplesse d'utilisation, qualités écologiques, prix compétitifs. La mise en œuvre de cette énergie repose sur la maitrise technique de l'ensemble de la chaine gazière, qui va de production, de traitement et de transport. Le gaz naturel, matière première de plus en plus recherchée tant pour des raisons d'environnement que d'efficacité, est désormais considéré comme une énergie de premier choix pour les 21^{éme} siècle, en raison de sa disponibilité et de sa qualité d'énergie propre qui joue un rôle de plus en plus grand dans la génération électrique.

Le gaz naturel est une énergie fossile comme l'huile ou le charbon présent naturellement dans des roches poreuses sous forme gazeuse. C'est un mélange dont le constituant principal, de 70 % à 95% est de méthane (CH4). Il est donc composé majoritairement d'hydrogène et de carbone, d'où son nom d'hydrocarbure.

III.3. L'objectif de la chaîne de traitement du gaz:

- désacidifier le gaz brut (élimination du CO_2et de l'H_2S) afin de répondre aux spécifications requises pour une utilisation, mais aussi afin de pouvoir transporter le gaz ou le liquéfier.

- éliminer les composés soufrés tels que les mercaptans, le sulfure de carbonyle (COS) ou le disulfure de carbone (CS_2) qui sont présents en faibles teneurs mais contribuent à la teneur en soufre total dans le gaz .

- déshydrater le gaz .

- dégasoliner le gaz traité afin de récupérer les hydrocarbures liquides valorisables .

- traiter le gaz acide issu de l'étape de désacidification par une chaîne de production du soufre permettant de minimiser les rejets de gaz soufrés à l'atmosphère (H_2S, SO_2).

III.4. Technique du traitement du gaz naturel :

Le traitement du gaz naturel consiste à séparer au moins partiellement certains des constituants présents à la sortie du puits, tel que l'eau, les gaz acides, et les hydrocarbures lourds, pour amener le gaz à des spécifications de transport ou à des spécifications commerciales.

Les procédés de traitement du gaz sont multiples de par le monde, et le choix de l'une d'elles se base sur les critères suivants :

- qualité de l'effluent brut.
- taux de récupération des hydrocarbures liquides visés.
- spécification des produits finis.
- coût global des investissements.

Certains composants du gaz naturel doivent être extraits soit pour des raisons imposées par les étapes ultérieures de traitement ou de transport, soit pour se conformer à des spécifications commerciales ou réglementaires. Il peut être ainsi nécessaire d'éliminer au moins partiellement:

- L'hydrogène sulfuré H2S toxique et corrosif.
- Le dioxyde de carbone CO2 corrosif.
- Le mercure corrode les équipements fabriqués en aluminium.
- L'eau conduisant à la formation des hydrates.
- Les hydrocarbures lourds condensant dans les réseaux de transport.

Les spécifications à respecter pour le gaz traité sont liées soit aux conditions de transport, soit aux conditions d'utilisation (gaz commercial).

Dans le cas de transport par gazoduc, les spécifications de transport visent à éviter la formation d'une phase liquide, le bouchage de conduite par des hydrates et une corrosion trop importante. On impose dans ce cas une valeur maximale au point de rosée des hydrocarbures qui dépend des conditions de transport et peut être par exemple fixée à 0°C, pour éviter tout risque de formation de la phase liquide par condensation en ligne.

III.5. Equipements critiques (phase A):

III.5.1. Les zones :

Zone 1 : comprend les entrées/sorties du bâtiment de contrôle.

Zone 2 : comprend les entrées/sorties de la sous station 03 et les trains 10,20 et70

Zone 3 : comprend les entrées/sorties de la sous station 02 et les trains 30,40 et l'unité 83

Zone 4 : comprend les entrées/sorties de la centrale électrique et les sous stations 00, 01,04 et le slug catcher

Conformément à l'image satellite, on distingue les zones suivantes :



Figure III.1 : Phase A par satellite

➢ **Usine phase A :**

- **Les trains 10, 20, 30, 40:**
  - Colonne
  - Turbo expendeur
  - Ballons V01, V02 ,V03, V07, V08 ,V12.
  - Four
  - Sécheur A01 A/B/C

- Sécheur A010
- Tour aéro (×3)
- Entre V01 & E01 HP
- Entre V05 & V04 HP
- Zone ballons (passerelle)
- Pompe rie condensats

- **Train 70 :**
  - Four régénération f 01
  - Soufflante (×2)
  - Tour aéro
  - Zone ballons
  - Turbo extendeur
  - Vanne déluge
- **L'unité 50 :**
  - 3 turbines
  - 3 turbogénérateurs
  - 3 tours aéroréfrigérantes
- **L'unité 83**
  - constituée des 3 bacs de stockage de condensats (A/B/C)
  - Des pompes d'expédition
- **L'unité 60 :**
  - 4 Turbines
  - 5 tours aéroréfrigérantes
- **La centrale électrique :**
  - la sous station électrique 0 (SSE0)
  - les 3 turbines GE
  - le slug catcher
- **Les 4 Sous Station Electriques**
  - (SSE1, SSE2, SSE3 et SSE4)

III.6. Système de surveillance (usine phase A):

Les détecteurs dans les zones usine phase A sont :

- En zones ATEX :
  - Des détecteurs ponctuels infrarouges CH_4, modèle ATEX GD10P SIMTRONICS
  - Des barrières de détection infrarouge, modèle ATEX QUASAR902 SPECTREX
  - Des détecteurs de flamme triple IR, modèle ATEX DF-TV7-XTA0 SIMTRONICS
  - Des détecteurs ponctuels de chaleur, modèle ATEX TMP2 OGGIONI
  - Des câbles de détection de chaleur (LHD), modèle PSHC-EPC THERMOSTIK avec boites de jonction ATEX
  - Des déclencheurs manuels, modèle ATEX CP135 EX-TECH
  - Des boutons poussoirs d'extinction, modèle ATEX PB135 EX-TECH
- En zone non ATEX :
  - Des détecteurs multicritères fumée + température conventionnel référence N03282
  - Des commandes manuelles d'extinction conventionnelle référence A03112

Les signalisations sonores et lumineuses proposées dans les zones usine phase A sont :

- En zones ATEX :
  - Des Sirènes électroniques, modèle ATEXSD150 EX TECH
  - Des feux flashs, modèle ATEX BC150 EX TECH
  - Des dispositifs de signalisation visuelle lumineuse avec pictogramme «Entrée interdite », modèle ATEX AL2.
- En zone non ATEX :
  - Des sirènes conventionnelles référenceA03294
  - Des dispositifs de signalisation visuelle lumineuse avec pictogramme « Evacuation immédiate » Référence PL-EI

Des dispositifs de signalisation visuelle lumineuse avec pictogramme « Entrée interdite » référence PL-EVI

Les trains 10, 20, 30, 40 et 70

III.6.1. Sous système de surveillance (contrôleur FGS 01)

Le sous-système de surveillance et de contrôle/commande de cette zone est constitué :

- D'un contrôleur
- De modules d'E/S
- De modules d'alimentation
- De deux modules de communication Ethernet TCP/IP avec l'existant DCS FOXBORO
- De deux modules de communication série MODBUS avec le système existant ESD TRICONEX
- De deux modules de communication série MODBUS (redondant) avec le système FAP01
- De deux modules de communication série MODBUS (redondant) avec le système FAP02
- Deux nouvelles armoires système cum MARSHALLING sont installées. Ces armoires intègrent les modules ci-dessus et accueillent en même temps les borniers de raccordement de toutes les entrées sorties relatives aux trains 10, 20, 30, 40 et 70
- Ces armoires sont des standards RITTAL (ou équivalent) dimensions : 800W*800D*2100H avec double accès et porte unique.
- Ce sous système est installé dans la salle de contrôle principale des trains. Cette zone est supposée non dangereuse / sécurisée.

Tableau III.1 : Liste exhaustives des E/S reliées sur ce sous système pour la surveillance des trains.

Zone / Matériel		ATEX			ATEX				ATEX			
		détecteur ponctuel IR GD10P	détecteur de flamme triple IR DF-TV7-XTA0	Barrière IR QUASAR902	Détecteur de chaleur ponctuel TMP2	Détection linéaire de chaleur PSHC-EPC	Déclencheur manuel CP135	BP extinction PB135	Sirène électronique SD150	Feu Flash BC150	Panneau lumineux	Système d'extinction
Unité	**Positionnement**	**AI**			**DI**				**DO**			
TRAIN 10	Colonne	1		1								
	Turbo Expendeur	2	2					1				
	Ballons V01, V02, V03, V07, V08, V12	6										
	Four	2	2									
	Sécheur A01 A / B / C	2										
	Sécheur A010	2										
	Tour aéro (x3)			3								
	Entre V01 & E01 HP	1					2					
	Entre V05 & V04 HP	1					3					
	Zone ballons (passerelle)	2										
	Pomperie condensats	3	2			1		1		2		
TRAIN 20	Colonne	1		1								
	Turbo Expendeur	2	2			1		1				
	Ballons V01, V02, V03, V07, V08, V12	6										
	Four	2	2									
	Sécheur A01 A / B / C	2										
	Sécheur A010	2										
	Tour aéro (x3)			3								
	Entre V01 & E01 HP	1					2					
	Entre V05 & V04 HP	1					3					
	Zone ballons (passerelle)	2										
	Pomperie condensats	3	2			1		1		2		
TRAIN 30	Colonne	1		1								
	Turbo Expendeur	2	2			1		1				
	Ballons V01, V02, V03, V07, V08, V12	6										
	Four	2	2									
	Sécheur A01 A / B / C	2										
	Sécheur A010	2										
	Tour aéro (x3)			3								
	Entre V01 & E01 HP	1					2					
	Entre V05 & V04 HP	1					3					
	Zone ballons (passerelle)	2										
	Pomperie condensats	3	2			1		1		2		
TRAIN 40	Colonne	1		1		1						
	Turbo Expendeur	2	2			1		1				
	Ballons V01, V02, V03, V07, V08, V12	6										
	Four	2	2									
	Sécheur A01 A / B / C	2										
	Sécheur A010	2										
	Tour aéro (x3)			3								
	Entre V01 & E01 HP	1					2					
	Entre V05 & V04 HP	1					3					
	Zone ballons (passerelle)	2										
	Pomperie condensats	3	2			1		1		2		
TRAIN 70	Four regeneration F01	2	1	1					1	1		
	Souflantes (x2)	2	2						1	1		
	Tour aéro			1								
	Zone ballons	7					5					
	Turbo Extendeur	2	2						1			
	Vanne déluge											2
-	Boutons d'alarme site (à répartir)						10					
TOTAL PRODUITS		101	29	18	0	8	25	8	3	10	0	2
TOTAL E/S		148			41				15			

Bâtiments unité 50 et unité 83 :

L'unité 50 est constituée principalement des 3 turbines « boosting », des 3 turbogénérateurs et des 3 tours aéroréfrigérantes.

L'unité 83 est constituée des 3 bacs de stockage des condensats et des 3 pompes d'expéditions des condensats.

Un seul sous-système, installé dans la salle de contrôle principale des turbines, surveille et contrôle les 2 unités (50 et 83). La salle de contrôle principale des turbines est supposée non dangereuse/sécurisé.

III.6.2. Sous système de surveillance (contrôleur FGS 02) :

Le sous-système de surveillance et contrôle/ commande Prosafe-RS de Yokogawa au niveau de cette zone est constitué :

- D'un contrôleur
- De modules d'E/S
- De modules d'alimentation
- De deux modules de communication série MODBUS avec le système FAP03
- Deux nouvelles armoires système cum MARSHALLING sont installées. Ces armoires intègrent les modules ci-dessus et accueillent en même temps les borniers de raccordement de toutes les entrées sorties relatives aux unités 50 et 83.
- Ces armoires sont des standards RITTAL (ou équivalent) dimensions : 800W*800D*2100H avec double accès et porte unique.

Tableau III.2 : Liste exhaustives des E/S reliées sur ce sous système pour la surveillance des unités 50 et 83

Zone / Matériel		ATEX			ATEX				non ATEX				ATEX			non ATEX			
		détecteur ponctuel IR GD10P	détecteur de flamme triple IR DF-TV7-XTA0	Barrière IR QUASAR90.2	Détecteur de chaleur ponctuel TMP2	Détection linéaire de chaleur PSHC-EPC	Déclencheur manuel CP135	BP extinction PB135	Détecteur thermovélocimétrique	Déclencheur manuel	BP extinction	Système d'extinction	Sirène électronique SD150	Feu Flash BC150	Panneau lumineux AIS1	Sirène électronique	Feux flash	Panneau lumineux	Commande extinction
Unité	**Désignation**	AI			DI								DO						
50	Compresseur	6	6		3								6	18					
	Echappement				3														
	Compartiment turbine	6			3														
	Auxiliaire	6	6		3														
	Filtration admission	6																	
	Ambiance	8		1											3				
	Ballons 51 V01	1																	
	Ballon 52 V01	1																	
	Ballons 53 / V01	1																	
	Unité 56 NVX 303	1																	
	Unité 57 NVX 303	1																	
	Unité 58 NVX 303	1																	
	Unité 59 NVX 303	1																	
	3 x turbogénérateurs	6	6		3								3	3					
	3 x tours aéroréfrigérantes	9					3							3					
83	3 x Pompes d'expédition des condensats	3	2			3	1						1	1					
	Détection pied de bac	3																	
	Détection rétention		3				1						1	1					
	Détection flooting roof					3													
	Vanne déluge																		1
Systèmes d'extinction CO_2 turbines unité 50	Passage gaz (principal)											3							
	Passage gaz (Réserve)											3							
	Perte de poids CO_2 (principal)											3							
	Perte de poids CO_2 (réserve)											3							
	Communtateur principal / réserve											3							
	Electrovanne (principale)																		3
	Electrovanne (réserve)																		3
-	Boutons d'alarme site (à répartir)						10												
TOTAL PRODUITS		60	23	1	15	6	15	0	0	0	0	15	11	26	3	0	0	0	7
TOTAL E/S		84			51								47						

Bâtiments unité 60 :

III.6.3. Sous système de surveillance (contrôleur FGS 03)

Le sous-système de surveillance et contrôle/ commande Prosafe-RS de Yokogawa au niveau de cette zone est constitué :

- D'un contrôleur
- De modules d'E/S
- De modules d'alimentation

Deux nouvelles armoires système cum MARSHALLING sont installées. Ces armoires intègrent les modules ci-dessus et accueillent en même temps les borniers de raccordement de toutes les entrées sorties relatives à l'unité 60.

Ces armoires sont des standards RITTAL (ou équivalent) dimensions : 800W*800D*2100H avec double accès et porte unique.

Ce sous système est installé dans la salle de contrôle principale des turbines (avec le sous système de l'unité 50). Cette zone est supposée non dangereuse / sécurisée.

Tableau III.3 : Liste exhaustive des E/S reliées sur ce sous système pour la surveillance de l'unité 60

Zone / Matériel		ATEX			ATEX				non ATEX				ATEX			non ATEX			
		détecteur ponctuel IR GD10P	détecteur de flamme tri-le IR DF-TV7-XTAO	Barrière IR OLASARO2	Détecteur de chaleur ponctuel TMD2	Détection linéaire de chaleur PSHC-EPC	Déclencheur manuel CP135	BP extinction PR135	Détecteur thermovélocimétrique	Déclencheur manuel	BP extinction	Système d'extinction	Sirène électronique SD150	Feu Flash RC150	Panneau lumineux ALS1	Sirène électronique	Feux flash	Panneau lumineux	Commande extinction
Unité	Désignation	AI			DI								DO						
60	Auxiliaire	8	8		4								4	4					
	Combustion				4									8					
	Compresseur	8	8		4									8					
	Compartiment turbine				4														
	Filtration admission	8																	
	Echappement				4														
	Ambiance	8		1									8	16					
	Unité 62 ASP 2 étage	1																	
	5 tours aéroréfrigérantes	15					5							5					
Systèmes d'extinction CO_2 turbines unité 60	Passage gaz (principal)											4							
	Passage gaz (Réserve)											4							
	Perte de poids CO_2 (principal)											4							
	Perte de poids CO_2 (réserve)											4							
	Communtateur principal / réserve											4							
	Electrovanne (principale)																		4
	Electrovanne (réserve)																		4
-	Boutons d'alarme site (à répartir)						15												
TOTAL PRODUITS		48	16	1	20	0	20	0	0	0	0	20	12	41	0	0	0	0	8
TOTAL E/S		65			60								61						

La centrale électrique

Cette zone comprend:

- La sous station électrique 0 (SSE0)
- Les 3 turbines GE
- Le slug Catcher

III.6.4. Sous système de surveillance (contrôleur FGS 04)

Le sous-système de surveillance et contrôle/ commande Prosafe-RS de Yokogawa au niveau de cette zone est constitué :

- D'un contrôleur
- De modules d'E/S
- De modules d'alimentation
- D'un module de communication série MODBUS avec le système GE
- De deux modules de communication série MODBUS (redondance) avec le système FAP04

Une nouvelle armoire système cum MARSHALLING est installée. Cette armoire intégrales modules ci-dessus et accueille en même temps les borniers de raccordement de toutes les entrées sorties relatives à la zone.

Ces armoires sont des standards RITTAL (ou équivalent) dimensions : 800W*800D*2100H avec double accès et porte unique.

Ce sous système est installé dans la salle de contrôle électrique, en sous station électrique 0 (SSE0). Cette zone est supposée non dangereuse / sécurisée.

Tableau III.4 : Liste exhaustives des E/S reliées sur ce sous système pour la surveillance dela centrale électrique

Zone / Matériel		ATEX			ATEX				non ATEX						ATEX			non ATEX			
		détecteur ponctuel IR GD10P	détecteur de flamme triple IR DF-TV7-XTA0	Barrière IR OLASAR902	Détecteur de chaleur ponctuel TMP2	Détection linéaire de chaleur DSHC-EPC	Déclencheur manuel CP135	BP extinction PR135	Détecteur thermovélocimétrique	Détecteur de fumées	Combiné fumée/therm o	Déclencheur manuel	BP extinction	Système d'extinction	Sirène électronique SD150	Feu Flash RC150	Panneau lumineux ALS1	Sirène électronique	Feux flash	Panneau lumineux	Commande extinction
Unité	Désignation	AI			DI										DO						
SSE0	Salle principale							2		3	3	2					2	1		4	
	Salle des batteries								1	1	1		1							2	
	Local HVAC	1							1	1	1		1							2	
	Sous-Sol							2	3	3	3	2					2			4	
	4 x Transformateurs							4	8				4		4	4					
Turbines GE	Compartiment auxiliaire	6	6		3										3						
	Compartiment turbine				3																
	Réducteur				3										3	12					
	Filtration admission	6																			
02	Slug catcher	6	2				1									1					
Systéme d'extinction CO_2 salles SSE0	Passage gaz (principal)													4							
	Passage gaz (Réserve)													4							
	Perte de poids CO2 (principal)													4							
	Perte de poids CO2 (réserve)													4							
	Commutateur princ./ réserve													1							
	Electrovanne (principale)																				8
	Electrovanne (réserve)																				8
Système d'extinction brouillard d'eau transfo. SSE0	Passage gaz													4							
	Pression basse azote													4							
	Electrovanne																				4
-	Boutons d'alarme site (à répartir)						10														
TOTAL PRODUITS		19	8	0	9	0	11	8	13	8	8	4	6	25	10	17	4	1	0	12	20
TOTAL E/S		27			92										64						

Les 4 Sous Station Electriques (SSE1, SSE2, SSE3 et SSE4) :

- **Sous système de surveillance**

Un sous-système de surveillance et de contrôle/commande Prosafe-Rs de Yokogawa est installé dans chaque Sous Station Electrique (SSE 01/02/03/04).

Chaque sous système de surveillance est relié par fibre optique au contrôleur FGS 01 de la zone trains.

Chaque sous-système de surveillance est constitué :

- De modules d'E/S
- De modules d'alimentation
- D'un module de communication Vnet/IP avec le contrôleur FGS01 via fibre optique

Une armoire SYSTÈME/ cum MARSHALLING permet d'intégrer ces éléments mais aussi les borniers de raccordement de toutes les entrées sorties définies dans les listes ci-dessous pour chaque Sous Station Electrique (sous système FGS01-1, FGS01-2, FGS01-3 et FGS01-4 respectivement pour les SSE 01, 02, 03 et 04)

Cette armoire est un standard RITTAL (ou équivalent) dimensions : 800W*800D*2100H avec double accès et porte unique. On suppose qu'elle est installé en zone non dangereuse / sécurisée.

Tableau III.5 : Liste exhaustives des E/S reliées sur ce sous système pour la surveillance des Sous Station Electriques

- **SSE 1 :**

Zone / Matériel		ATEX			ATEX				non ATEX					ATEX			non ATEX			
		détecteur ponctuel IR GD10P	détecteur de flamme triple IR DF-TV7-XTA0	Barrière IR QUASAR902	Détecteur de chaleur ponctuel TMP2	Détection linéaire de chaleur PSHC-EPC	Déclencheur manuel CP135	BP extinction PB135	Détecteur thermovélocimétrique	Détecteur de fumées	Combiné fumée/thermo.	Déclencheur manuel	BP extinction	Système d'extinction	Sirène électronique SD150	Feu Flash BC150	Panneau lumineux ALS1	Sirène électronique	Feux flash	Panneau lumineux	Commande extinction
Unité	**Désignation**	AI			DI										DO						
SSE1	Salle principale							2		3	3	2					2	1		4	
	Salle des batteries								1	1	1		1							2	
	Local HVAC	1							1	1	1		1							2	
	Sous-Sol							2	3	3	3	2					2			4	
	6 x Transformateurs			1				6	12				6		6	6					
Systéme d'extinction CO_2 salles SSE1	Passage gaz (principal)													4							
	Passage gaz (Réserve)													4							
	Perte de poids CO2 (principal)													4							
	Perte de poids CO2 (réserve)													4							
	Commutateur princ./ réserve													1							
	Electrovanne (principale)																				8
	Electrovanne (réserve)																				8
Système d'extinction brouillard d'eau transfo. SSE1	Passage gaz													6							
	Pression basse azote													6							
	Electrovanne																				6
TOTAL PRODUITS		1	0	1	0	0	0	10	17	8	8	4	8	29	6	6	4	1	0	12	22
TOTAL E/S		2			84										51						

- **SSE 2 :**

Zone / Matériel		ATEX			ATEX				non ATEX					ATEX			non ATEX			
		détecteur ponctuel IR GD10P	détecteur de flamme triple IR DF-TV7-XTA0	Barrière IR QUASAR902	Détecteur de chaleur ponctuel TMP2	Détection linéaire de chaleur PSHC-EPC	Déclencheur manuel CP135	BP extinction PB135	Détecteur thermovélocimétrique	Détecteur de fumées	Combiné fumée/thermo.	Déclencheur manuel	BP extinction	Système d'extinction	Sirène électronique SD150	Feu Flash BC150	Panneau lumineux ALS1	Sirène électronique	Feux flash	Panneau lumineux	Commande extinction
Unité	**Désignation**	AI			DI										DO						
SSE2	Salle principale							2	3	3	3	2					2	1		4	
	Salle des batteries								1	1	1		1							2	
	Local HVAC	1							1	1	1		1							2	
	Sous-Sol							2	3	3	3	2					2			4	
	4 x Transformateurs			1				4	8				4		4	4					
Systéme d'extinction CO_2 salles SSE2	Passage gaz (principal)													4							
	Passage gaz (Réserve)													4							
	Perte de poids CO2 (principal)													4							
	Perte de poids CO2 (réserve)													4							
	Commutateur princ./ réserve													1							
	Electrovanne (principale)																				8
	Electrovanne (réserve)																				8
Système d'extinction brouillard d'eau transfo. SSE2	Passage gaz													4							
	Pression basse azote													4							
	Electrovanne																				4
TOTAL PRODUITS		1	0	1	0	0	0	8	16	8	8	4	6	25	4	4	4	1	0	12	20
TOTAL E/S		2			75										45						

- **SSE 3**

Zone / Matériel		ATEX			ATEX				non ATEX						ATEX			non ATEX			
		détecteur ponctuel IR GD10P	détecteur de flamme triple IR DF-TV7-XTA0	Barrière IR QUASAR902	Détecteur de chaleur ponctuel TMP2	Détection linéaire de chaleur PSHC-EPC	Déclencheur manuel CP135	BP extinction PB135	Détecteur thermovélocimétrique	Détecteur de fumées	Combiné fumée/thermo.	Déclencheur manuel	BP extinction	Système d'extinction	Sirène électronique SD150	Feu Flash BC150	Panneau lumineux ALS1	Sirène électronique	Feux flash	Panneau lumineux	Commande extinction
Unité	**Désignation**	**AI**			**DI**										**DO**						
SSE3	Salle principale							2	5	5	5	2					2	1		4	
	Salle des batteries								1	1	1		1							2	
	Local HVAC	1							1	1	1		1							2	
	Sous-Sol							2	5	5	5	2					2			4	
	6 x Transformateurs			1				6	12				6		6	6					
Systéme d'extinction CO_2 salles SSE3	Passage gaz (principal)													4							
	Passage gaz (Réserve)													4							
	Perte de poids CO2 (principal)													4							
	Perte de poids CO2 (réserve)													4							
	Commutateur princ./ réserve													1							
	Electrovanne (principale)																				8
	Electrovanne (réserve)																				8
Système d'extinction brouillard d'eau transfo. SSE3	Passage gaz													6							
	Pression basse azote													6							
	Electrovanne																				6
TOTAL PRODUITS		1	0	1	0	0	0	10	24	12	12	4	8	29	6	6	4	1	0	12	22
TOTAL E/S		2			99										51						

- **SSE 4 :**

Zone / Matériel		ATEX			ATEX				non ATEX						ATEX			non ATEX			
		détecteur ponctuel IR GD10P	détecteur de flamme triple IR DF-TV7-XTA0	Barrière IR QUASAR902	Détecteur de chaleur ponctuel TMP2	Détection linéaire de chaleur PSHC-EPC	Déclencheur manuel CP135	BP extinction PB135	Détecteur thermovélocimétrique	Détecteur de fumées	Combiné fumée/thermo.	Déclencheur manuel	BP extinction	Système d'extinction	Sirène électronique SD150	Feu Flash BC150	Panneau lumineux ALS1	Sirène électronique	Feux flash	Panneau lumineux	Commande extinction
Unité	**Désignation**	**AI**			**DI**										**DO**						
SSE4	Salle principale							2	4	4	4	4					2	1		4	
	Sous-Sol								2	2	2										
	3 x Transformateurs							2	12			3			3	3					
Systéme d'extinction CO_2 salles SSE4	Passage gaz (principal)													1							
	Passage gaz (Réserve)													1							
	Perte de poids CO2 (principal)													1							
	Perte de poids CO2 (réserve)													1							
	Commutateur princ./ réserve													1							
	Electrovanne (principale)																				2
	Electrovanne (réserve)																				2
Système d'extinction déluge d'eau transfo. SSE4	Passage gaz													3							
	Electrovanne																				3
TOTAL PRODUITS		0	0	0	0	0	0	4	18	6	6	7	0	8	3	3	2	1	0	4	7
TOTAL E/S		0			49										20						

III.7. Conclusion

On a évoqué dans ce chapitre une présentation abrégée sur l'installation de compression de gaz ainsi que d'autre activités annexe principale à cette dernière.

En second point on a abordé une description sur l'objectif de la chaine de traitement de gaz naturel et les différents systèmes de surveillance au niveau de ladite installation ainsi que leurs équipements critique, On a évoqué dans ce chapitre une présentation abrégée sur l'installation de compression de gaz ainsi que d'autre activités annexe principale à cette dernière.

CHAPITRE IV

RÉSULTATS D'APPLICATION ET INTERPRÉTATION

IV.1 introduction

Dans ce chapitre, nous allons d'abord tenter, dans un premier temps, de donner une présentation de l'entreprise SONATRACH, qui ne peut naturellement être que très générale. Dans un second temps, nous avons essayés de décrire les bacs de stockages des hydrocarbures qui sont utilisés par cette entreprise nationale. Notre objectif dans ce chapitre est de définir quels sont les déroulements d'enchaînement des évènements non souhaités comme les incendie bacs par l'application des méthodes d'analyse des risques comme par exemple l'arbre des causes, afin d'appliquer la méthode MOSAR. Donc pour cela, nous essaierons d'appliquer le module A (aspect macroscopique) de la méthode MOSAR sur ce dernier et définir les risques qui apparaissent pendant cette application afin de donner des solutions qui ces représente des barrières de prévention et protection. Avant d'appliquer cette dernière, il est indispensable de connaître quelques résultats d'analyses statistiques sur les accidents qui apparaissent aux dépôts de stockage par les retours d'expériences faits par des commissions de statistiques comme VICTOR. L'objectif de cette partie est de dégager une typologie des accidents caractéristiques des réservoirs de stockage d'hydrocarbures liquides et donner une idée sur les accidents majeurs apparus dans une installation de stockage.

IV.2 Présentation de la direction régionale Rhourde- Nouss:

IV.2.1. Situation géographique:

La région de Rhourde-Nouss fait partie de la Willaya d'ILLIZI.

Elle est située à 350 Km au Sud/Sud-est de OUARGLA, à 1200 Km au Sud/Sud-est d'ALGER et à 270 Km au Sud/Sud-est de HASSI MESSAOUD.

Elle est reliée à la route nationale N3 (OUARGLA-ILLIZI) par une bretelle de 30km goudronnée.

La Direction Régionale de RHOURDE NOUSS se trouve à la lisière de l'ERG Oriental avec une alternance de HAMADA (ou GASSI) et d'ERG (ou SIOUF) de direction généralement Nord/Sud, elle est caractérisée par:

- L'altitude moyenne est de 275 m par rapport au niveau de la mer.
- Son climat est désertique (Sec avec un très faible taux d'humidité).
- Écart important de température entre l'hiver et l'été (-5°C à 55°C).
- Elle enregistre une pluviométrie très faible (2 à 4 mm/an).
- Terrain accidenté vu la position de la région (Limite de l'erg oriental).
- Fréquence importante des vents de sable.

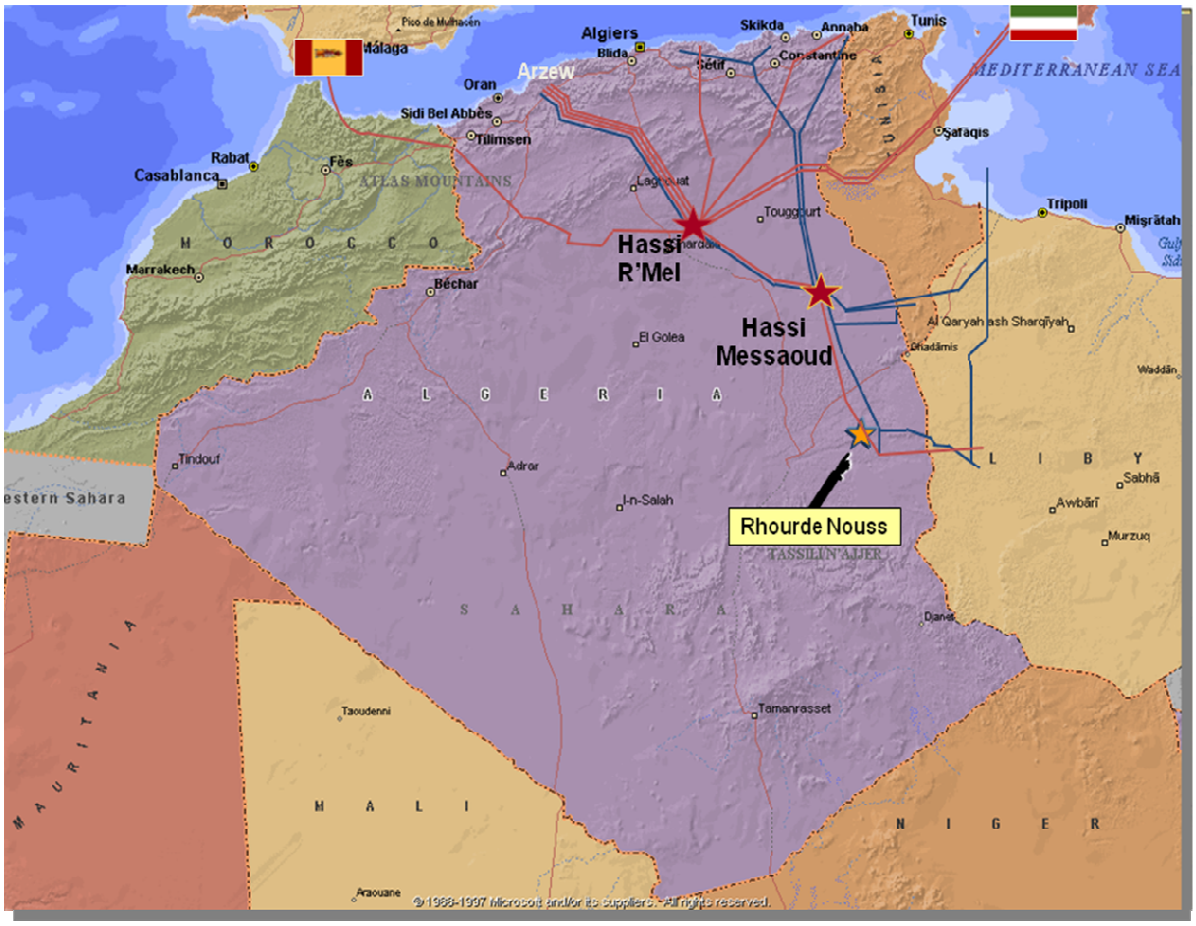


Figure IV -1 : Situation géographique de Rhourde Nouss.

IV.2.2 Historique

La premier découverte de gaz à RHOURDE NOUSS a eu lieu en 1956.Le premier puit RN1, a été foré en 1962, les études engagées dans cette région ont mis en évidence la présence de gaz riche en condensât au niveau de plusieurs réservoirs. Suite à la découverte de l'huile dans le puits RN4 un centre de traitement d'huile a été réalisé et mis en exploitation en 1966.

Dix grandes étapes ont ponctué le développement de la région de RHOURDE NOUSS:

- 10-Mai-1966: Mise en service du Centre de traitement d'huile.
- 28-Jan-1988: Démarrage de l'usine phase « A ».
- 14-Juin-1989: Mise en service de Rhourde Adra.
- 24-Avril-1992:Mise en service de Rhourde Hamra.
- 29-Mai-1992: Mise en service de Rhourde Chouff.
- 16-Juin-1995: Démarrage de l'usine de Hamra.
- 23-Mai-1996: Première expédition de GPL (Hamra).

- 13-Août-1999: Extension de la phase « A » par un cinquième train d'une capacité de 10.250 millions Sm^3/j de gaz.
- Fin Février 2000 : Démarrage de l'Usine GPL (Phase « B ») d'une capacité de traitement de 48 millions de Sm^3/j pour la production de 3800 t/j du GPL.
- 06-Mars-2000 : Première expédition de GPL (Rhourde Nouss).
- 2005 : Mise en service de l'unité de récupération des gaz torchés (SRGT).
- 2005-2010 : Préparation du plan de développement (CTH) et (QHA).
- 2007 : Exploitation du puits RN3..
- 11-09-2011 : Démarrage de l'usine CSC.

IV.2.3.Les différents complexes de la région:

La région de Rhourde Nouss est à vocation principalement gazière. Elle est dotée de:

- Deux usines de traitement du gaz humide :
  - La phase A : Traitement de 51 million sm3/j pour récupérer le condensât.
  - La phase B : Traitement de 48.3 million sm3/j pour récupérer le GPL, et les traces du condensât.
- Un centre de compression et de séparation pour la production d'huile CSC.
- Une centrale électrique produit 21 MW de l'énergie propre pour la région.

IV.2.4.Activités

La région de Rhourde Nouss est dotée d'un centre de traitement d'huile avec une capacité de traitement de 2000 m^3/j de brut, constitué de deux usines de traitement:

- Usine phase A (démarrage 1987): dispose de quatre trains de traitement de gaz et récupération de condensât, et d'une unité de compression pour le recyclage du gaz.
- 5ème train(démarrage 1999) similaire aux 4 autres trains de la phase A, sauf que le condensât récupéré n'est pas stabilisé dans ce train mais envoyé vers les unités de stabilisation des condensats des 4 premiers trains.
- Usine phase B (démarrage 1999): se compose trois trains qui consistent à récupérer le GPL et les traces de condensât.

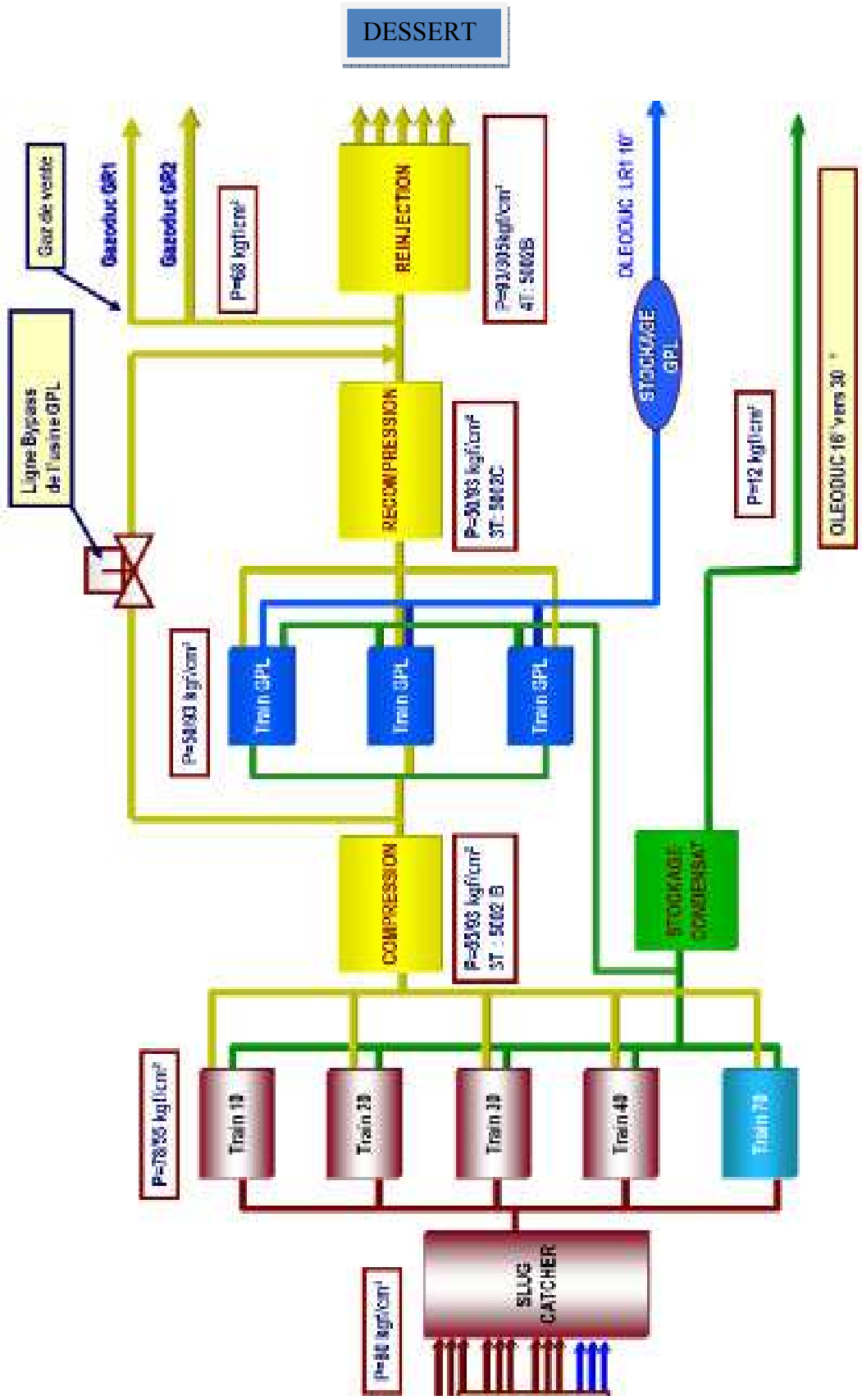


Figure IV-2: Schéma simplifié de la phase « A » et « B »

IV.3 La Phase A:

Cette usine traite le gaz brut au niveau du 4 train identique chacun comporté un ensemble des équipements pour but de : réaliser une bonne séparation afin de récupérer le maximum du condensât (c5+), assurer la compression du gaz (partie HP) vers la phase B et le recyclage du gaz sec traité (c1 et c2) vers la réinjection et l'expédition. Le cinquième train (U-70) fait seulement le traitement de la partie haut pression «HP» du gaz brut. L'usine existante traité actuellement une charge de 51 million sm3/j de gaz brut avec une production de 2000 T/j du condensât.



Figure IV-3 Vue satellite de l'usine phase A

IV.3.1.Description générale de l'usine de traitement phase A

Cette usine a pour but de traiter le gaz naturel afin de récupérer le maximum de condensât, et assurer la compression de gaz dirigé vers l'usine GPL et le recyclage de gaz de réinjection et d'expédition.

IV.3.2.LES UNITES DE L'USINE PHASE A

L'usine est constituée principalement des unités suivantes

- Unité 01 : Réseau de collecte.
- Unité 02 : Manifold entrée usine (Slugcatcher).
- Unité 04 : Réseau de desserte.
- Unité 05 : Canalisation d'évacuation du gaz commercial.
- Unité 06 : Canalisation d'évacuation du condensât.
- Unité 10 à 40 : Unités de traitement du gaz et du condensât (les trains).
- Unité 50 : Station de Boosting.
- Unité 60 : Station de réinjection.
- Unité 70 : Nouvelle unité de traitement du gaz.
- Unité 80 : Unité de production d'air.
- Unité 82 : Unité du gaz combustible (Fuel gaz).
- Unité 83 : Système de stockage du condensât.

  Le condensat stabilisé provenant des unités de traitement de gaz 10, 20, 30, 40 s'écoule vers l'un des réservoirs de stockage 83-T-01 A/B/C (à toit flottant), ayant chacun une capacité de 12500m3.

  Il est en outre possible d'envoyer au stockage du condensat hors spécification provenant des unités précédentes (durant le démarrage des unités).

  La station de pompage 83-P-01 A/B/C (deux pompes en service ; une de réserve) peuvent aspirer de chaque réservoir et alimenter l'oléoduc à débit constant.
- Unité 84 : Unité de traitement d'eau filtrée et potable.
- Unité 85 : Système de traitement des eaux huileuses.
- Unité 86 : Système du gaz inerte (Azote).
- Unité 87 : Système de production et de distribution d'énergie électrique (La centrale électrique).
- Unité 88 : Réseau torches.
- Unité 89 : Système anti-incendie.
- Unité 90 : Système de traitement des eaux sanitaires.
- Unité 91 : Station de service.
- Unité 93 : Système de gasoil pour la centrale électrique.

IV.4.Présentation de système étudié :

IV.4.1. Aspectes de technologie communs aux différents types de bacs

IV.4.1.1. principaux éléments constitutifs

Il s'agit de réservoir cylindrique constitué :

- d'un fond généralement bombé
- d'une robe ou virole
- d'un toit fixe ou flottant ;
- des différents accessoires: échelle d'accès, soupapes de sûreté, protection contre l'incendie, réchauffeurs.

IV.4.1.2. Fond de bac

Le fond de bac est construit en plaques de tôle se recouvrant aux extrémités où elles sont soudées entre elles. Certain fonds de bacs sont protèges par une ceinture bitumineuse interne.

Le fond de bac doit être conçu pour permettre une vidange aussi complète que possible, ainsi que les purges d'eau et dépôts. Pour cela on lui donne une pente d'environ 1 à 2 % qui est dirigée soit vers le centre (fond concave) soit vers le périphérique (fond convexe).

Bacs des petits diamètres = fond concave.

Bacs des grands diamètres = fond convexe (afin de faciliter les opérations de nettoyage, extraction des dépôts au voisinage des trous d'homme).

Le fond repose sur une galette de gravier ou de sable revêtu de bitume.

IV.4.1.3. Robe de bac

La robe de bac est constituée par un empilage verticale des bandes de tôle soudées bout à bout, de largeur 1,5 à 2,5 m et de longueur pouvant atteindre 10 m.

La robe est calculée pour résister à la pression latérale qui s'exerce sur elle quand le bac est rempli d'eau (épreuve) ou du produit, si ce dernier est plus lourd que l'eau.

L'épaisseur minimum de la robe doit assurer en plus la résistance au vent latéral et aux tremblements de terre.

Un réservoir de stockage est relativement vulnérable et peu s'affaisser en cas de grand vent, s'il n'est pas conçu pour y résister. Le schéma ci-dessous montre que l'épaisseur de la robe varie de la base au sommet.

Sauf cas particuliers, les réservoirs ne sont pas calculés pour résister à une dépression supérieure à quelque millibar.

IV.4.1.4.ceinture

Les ceintures de renforcement sont nécessaires sur tous les réservoirs pour qu'ils conservent leur forme cylindrique : lorsqu'ils sont exposes aux vents les plus violents.

Pour les bacs à toit fixe, les plaques de toit sont fixées sur la ceinture de renforcement.

Pour les bacs à toit flottant, la ceinture de renforcement est destinée à empêcher la déformation des parois.

IV.4.1.5.Toit

Le sommet des réservoirs est recouvert d'un toit qui peut être soit fixe, soit flottant. Quand le bac est destiné à stocker de l'eau, le toit est très souvent supprimé.

A. Bacs à toit fixe

Le réservoir équipé d'un toit fixe du type conique, en ombrelle, ou en parasol, est le plus économique à installer. Le toit fixe est d'une construction simple et selon la taille du réservoir, il peut être du type autoportant ou non.

Le toit autoportant conique à peu près la forme d'un cône droit très plat et n'est supporté qu'à sa périphérie. Il n'est utilisé que pour des réservoirs des petits diamètres. (Même remarque pour toits autoportants, en dôme, ombrelle ou parasol).

Le toit conique supporté a approximativement la forme d'un cône. Les tôles du toit sont supportées par des profiles disposes en parapluie, supportés eux-mêmes par des profilés concentrique reposant sur des rangées des poteaux intérieurs .plus le réservoir est grand, plus il faut de rangées des poteaux pour supporter le toit fixe.

B. Bacs à toit flottant*:*

Les réservoirs ou bacs utilisés pour le stockage du pétrole brut et du condensât sont des réservoirs cylindriques verticaux aériens en acier.

Comprennent une structure flottante directement posée sur le liquide. Ces réservoirs, en raison de leur remarquable capacité à réduire les pertes par évaporation sont réservés aux produits volatils.

IV.5. Caractéristiques des produits stockés

Les hydrocarbures stockés sont des liquides inflammables à température et pression ambiante, qui émettent des vapeurs inflammable dans certaines conditions de température, de pression et de concentration .la densité de ses vapeurs les plus fortes que celle de l'air :aussi tendent elles à s'accumuler dans les parties basses .

Les produits stockés :

- **Condensât :** produit liquéfiés par condensation à partir de sa vapeur. le condensât est avant tout du gaz naturel sous forme liquide obtenu à -160°C. Sa masse volumique est alors réduite de 600 fois .cette transformation permet donc de transporter et/ou de stocker des quantités très importantes de gaz dont des volumes réduits.

De manière globale les bacs du parc de stockage Nord sont dédiés au stockage de pétrole brut et les bacs du parc de stockage sont dédies au stockage de condensât.

IV.6.Stockage



Figure IV-4 : vue du bac à toit flottant

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

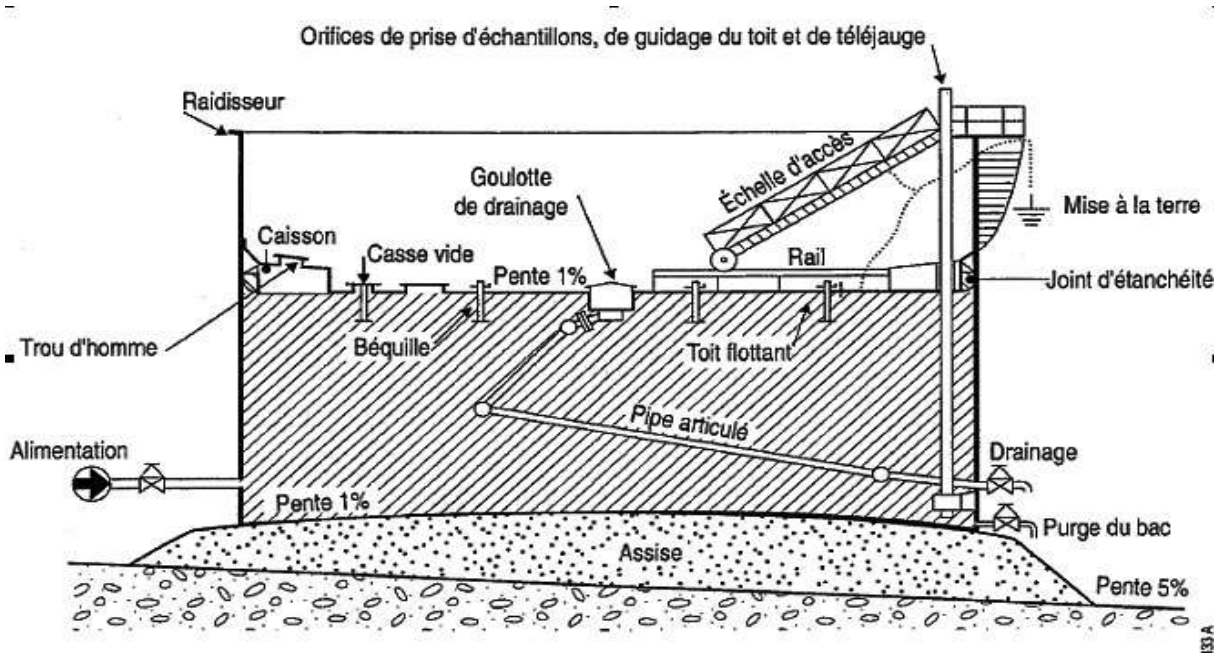


Figure IV-5 : schéma de bac à toit flottant

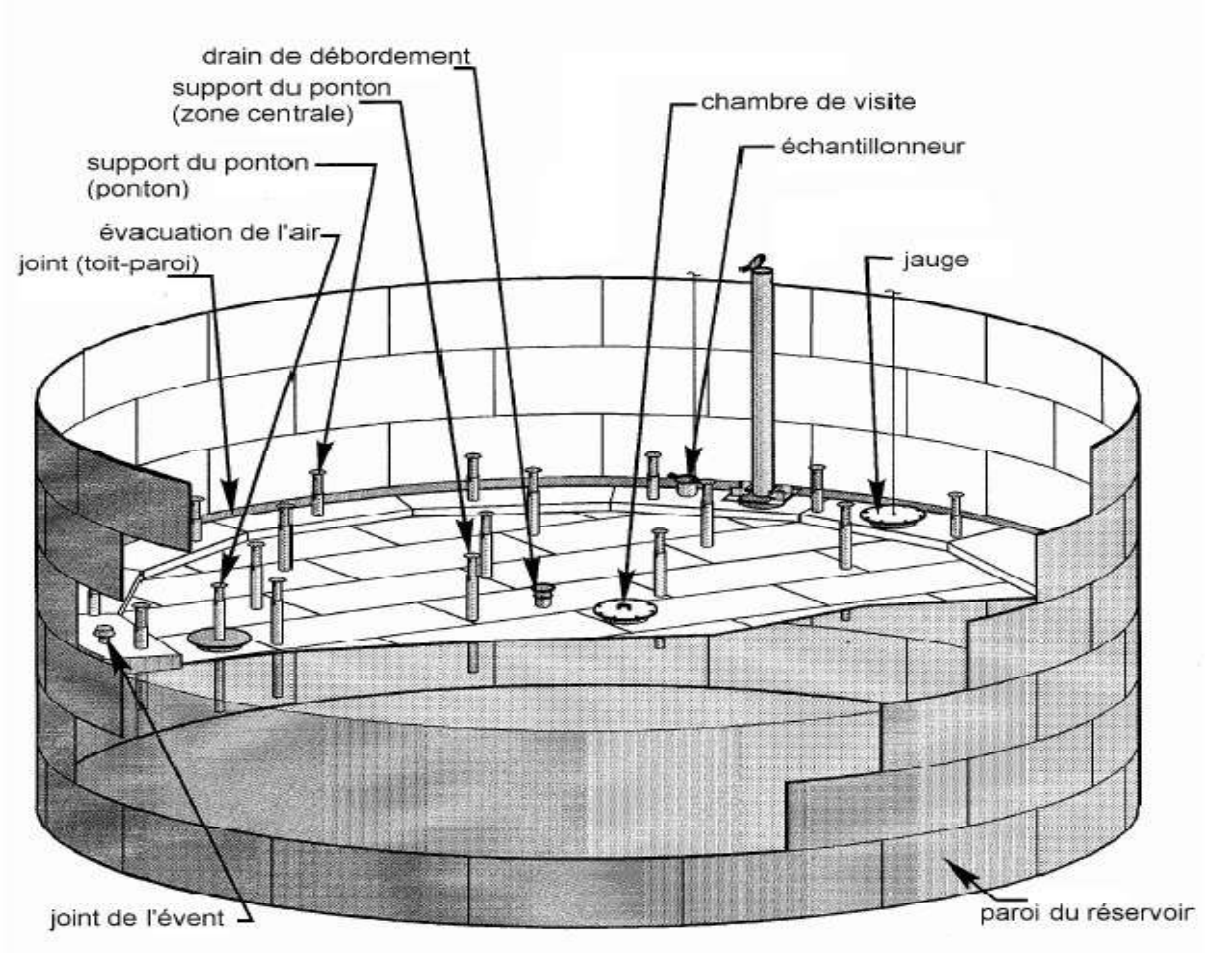


Figure IV-6 : schéma de bac à toit flottant

IV.6.1.le bac a toit flottant est doté de:

Accessoires d'accès au réservoir à toit flottant :

Les accessoires d'accès au réservoir comprennent : Escalier, garde de corps, passerelle et échelle mobile.

- ✓ **Escalier :** Un escalier d'accès à main courant avec marche orientales.
- ✓ **Une échelle :** Une échelle mobile pour les bacs à toit flottant, cette échelle est munie d'une crinoline, sa de préférence, lorsque la hauteur dépasse 10m, un escalier d'accès avec main courante.
- ✓ **Des passerelles :** Des passerelles ou plat forme fixe, munies de garde de corps sont disposée de façon à permettre l'accès sans risque aux orifices de jaugeage et de respiration à moins que le toit soit borde par un garde corps dans la partie intéressé. Lorsqu'une passerelle dessert plusieurs réservoirs chacune de ces extrémités doit être relies à un escalier ou à une échelle pour faciliter l'évacuation.

Accessoires de contrôle et d'entretien :

- ✓ **Trous d'homme :** Les trous d'homme pour l'inspection des réservoirs et le nettoyage.
- ✓ **Les caissons :** Les caissons des toits flottants sont munis d'orifices permettent le contrôle de leur atmosphère.
- ✓ **La vanne de commande :** L'écoulement des liquides de purge des réservoirs doit pouvoir être contrôlé à vue depuis la vanne de commande.
- ✓ **Les vannes de vidange ou de remplissage :** Les vannes de vidange ou de remplissage, autres que celles de pieds de bac doivent être montées à l'extérieure des cuvettes de rétention et demeurer accessible.
- ✓ **Système de jaugeage :** Cinq puisards pour le jaugeage, servent au prélèvement des échantillons. L'entrée des hydrocarbures dans les réservoirs doit se faire par le bas.
- ✓ **Ligne de purge :** La ligne de purge équipée de deux vannes, une serve à la purge de l'eau après la décantation et l'autre de sécurité.
- ✓ **Puisards :** Le puisard sert à l'échantillonnage, dans lequel il y'a un flotteur de l'indicateur de niveau du réservoir.
- ✓ **Un indicateur de niveau :** Il sert à indiquer le niveau de pétrole au niveau du bac, il est relie à la salle de contrôle par transmetteur.
- ✓ **Les béquilles :** Lorsque la hauteur du liquide ne permet plus de maintenir le toit en flottaison, son supportage est assuré par des béquilles casse vide.

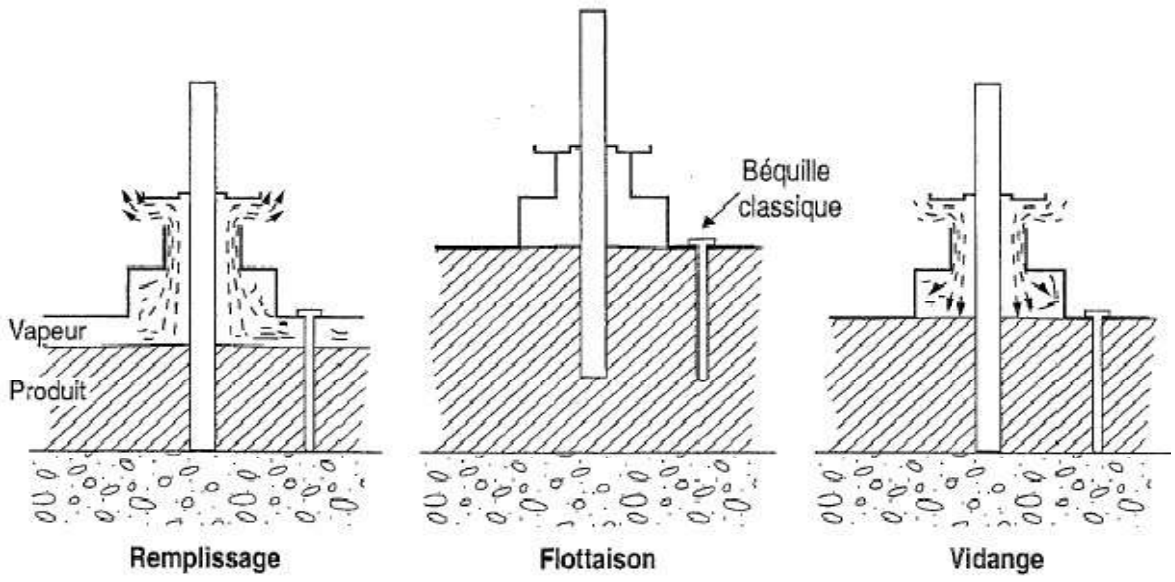


***Figure* IV- 7 schéma de fonctionnement de toit flottant**

Accessoires de sécurité:

Les accessoires de sécurité sont indispensables à l'exploitation du bac en toute sécurité. Ces accessoires sont :

✓ **La mise à la terre :** Les réservoirs doivent être mis à la terre, de cette façon ils forment des cages faraday dont l'intérieur est préservé de toute influence électrique et l'écoulement des charges atmosphériques se fait dans de bonne condition. Chaque réservoir doit posséder une prise de terre, lorsque les réservoirs sont de grand diamètre, la mise à la terre se fait par point symétrique de leur robe.

Tous les accessoires métalliques sont relies avec la robe du réservoir. Ils doivent être en cuivre, leur résistance doit être faible.

Les réservoirs du PHASE A SONATRACH sont mis à la terre (03 mis à la terre chacun) étant donnée qu'ils sont de grand diamètre, leurs mises à la terre se fait en plusieurs points symétriques de leur robe (une prise tous les 20m).

Les mises à la terre ont plusieurs buts :

- Ecoulement au sol des charges électrostatiques produites par l'écoulement du produit dans les parois du réservoir.
- Ecoulement au sol des courants de foudre (charges électriques résultant de la foudre) pour éviter tout amorçage d'arc et les destructions matériels qui pourraient en résulter.
- Ecoulement au sol des courants forts dus au défaut d'isolement du réseau électrique.

✓ **Déversoir :** Les déversoirs sont constitués par : Tubes déflecteurs : qui ont pour but de ramener le jet de mousse contre la paroi du réservoir, la mousse s'écoule le long de cette dernière jusqu'à la surface des hydrocarbures sur laquelle elle s'étale.

Tubes à fenêtre : qui sont verticale fixés aux parois de réservoir percés d'un certain nombre de fenêtre, la mousse tombe dans le tube, rot dans la fenêtre situé immédiatement au dessus de la surface de liquide.

✓ **Système fixe de refroidissement par eau :** Pour les réservoirs de stockage de brut et de condensât, une canalisation circulaire, sur cette canalisation, les têtes d'arrosages (Ø=6") sont installées en gardant un certain intervalle. Les tuyaux d'alimentation en eau vers chaque réservoir sont raccordés avec la canalisation principale à incendie et l'eau est alimentée à travers le clapet d'arrêt et la crépine.

✓ **Circuit mousse :** Des diffuseurs montés sur le haut de la robe étalent sur la surface du liquide un tapis de mousse capable d'étouffer les flammes en cas d'incendie.

Pour assurer une couverture rapide et uniforme, plusieurs diffuseurs sont judicieusement repartis sur le tour du réservoir.

✓ **Système de détection et extinction automatique au halon 1211 :** Ce système est utilisé sur les bacs de stockage à toit flottant.

Le halon 1211 est un gaz qui a la composition suivante (CF2, Cl, Br). Le F ; Cl et Br remplacent totalement les atomes d'hydrogène.

Composantes du système :

- Bouteilles de Halon
- Bouteille d'Azote
- Des fusibles, contres poids
- La couronne et les buses de diffuseur

Fonctionnement du système : Lorsque la température atteint 92°C les fusibles fonctionnent, provoquent la chute du contre poids sur le toit, qui percute la bouteille d'Azote, la libération de ce dernier à 125bar percute à son tour la bouteille de Halon, le transport de Halon au tour du toit se fait par la couronne vers les injecteurs.

✓ **Instrumentation :** Des indicateurs de niveau, de pression et température sont agences au niveau de chaque bac, permettant ainsi de suivre en continue de mouvement dont les bacs par l'intermédiaire d'enregistre et d'alarme sonore et lumineuse.

✓ **Un joint d'étanchéité** entre le toit et les parois du réservoir a pour rôle d'empêcher toute perte de vapeurs.

✓ **Des pattes de support** pour empêcher que le toit ne heurte des accessoires quand le niveau descend près du fond.

✓ **Des évents de purge automatique** s'ouvrent une fois que le toit est au repos sur les pattes, pour éviter de créer un vide.

Les réservoirs de stockage à toit flottant éliminent la perte de produit pendant le remplissage et réduisent les pertes par "respiration ".

IV.6.2. bac à toit fixe

C'est un bac doté d'un toit lui permettant une meilleure conservation des produits volatils, dangereux ou polluants.

✓ **Les évents :** Ils équipent les bacs de stockage pour les produits peu volatils et non toxiques. Ils sont installés sur le toit et permettent l'ouverture vers l'atmosphère. Ils sont très important lors de remplissage et de la vidange du bac ou lors des variations de volume de produit stocké, effet du au changement de température, car ils permettent à l'air de rentrer et au gaz de s'échapper évitant ainsi les surpressions et les dépressions à l'intérieur du bac de stockage.

✓ **Arrêtes-flammes :** Ces appareils sont destinés à empêcher la pénétration d'une flamme dans le réservoir. Ils sont constitués, par des grilles ou des empilages de tôles endurcis d'aluminium, ils agissent par disparition de la chaleur et sont construit de la manière à ne crée que très peu de perte de charge. On place des arrêtes-flammes sur des évents ou à la sortie de soupapes de sécurité.

✓ **Soupape :** Si la nature du brut l'exige, les orifices de respiration des réservoirs, sont équipés d'une soupape avec arrêtes flammes.

Le bac à toit fixe est utilisé comme bac tampon en cas, par exemple de surpression au niveau de la ligne d'arrivée des hydrocarbures.



Figure* IV-8 *: bac à toit fixe

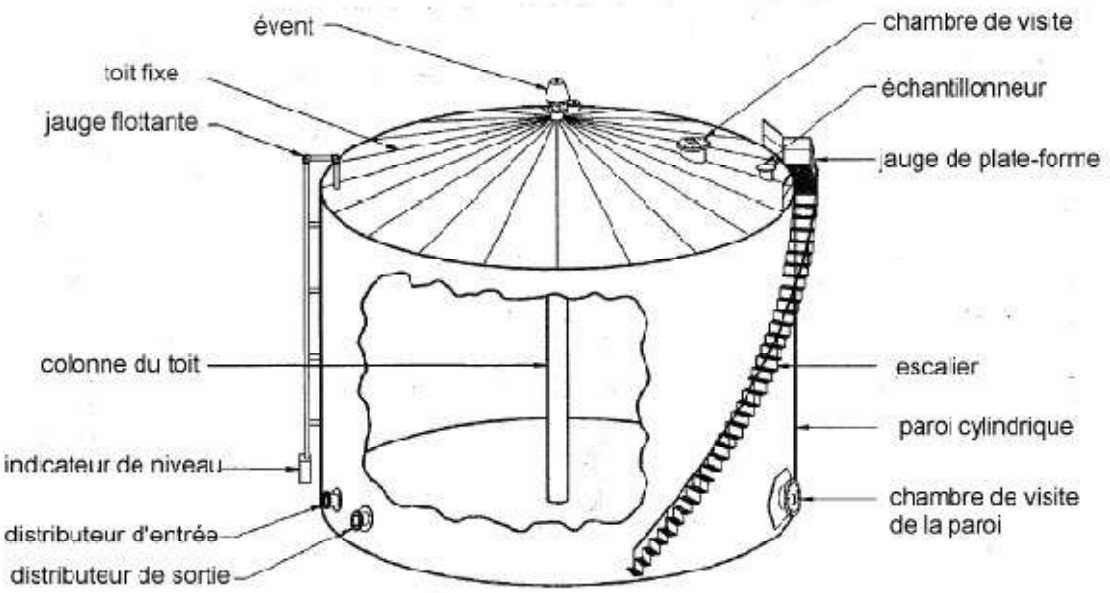


Figure IV-9 *:* schéma de bac à toit fix

Le réservoir à toit fixe doit éventer les vapeurs à l'atmosphère au fur et à mesure que le liquide monte ou que l'atmosphère se réchauffe, ce qui provoque une expansion du liquide.

Ce réservoir aspire également de l'air au fur et à mesure que le liquide est pompé pour en sortir ou que l'environnement se refroidit, causant une contraction des vapeurs dans le réservoir. C'est ce que l'on appelle la respiration.

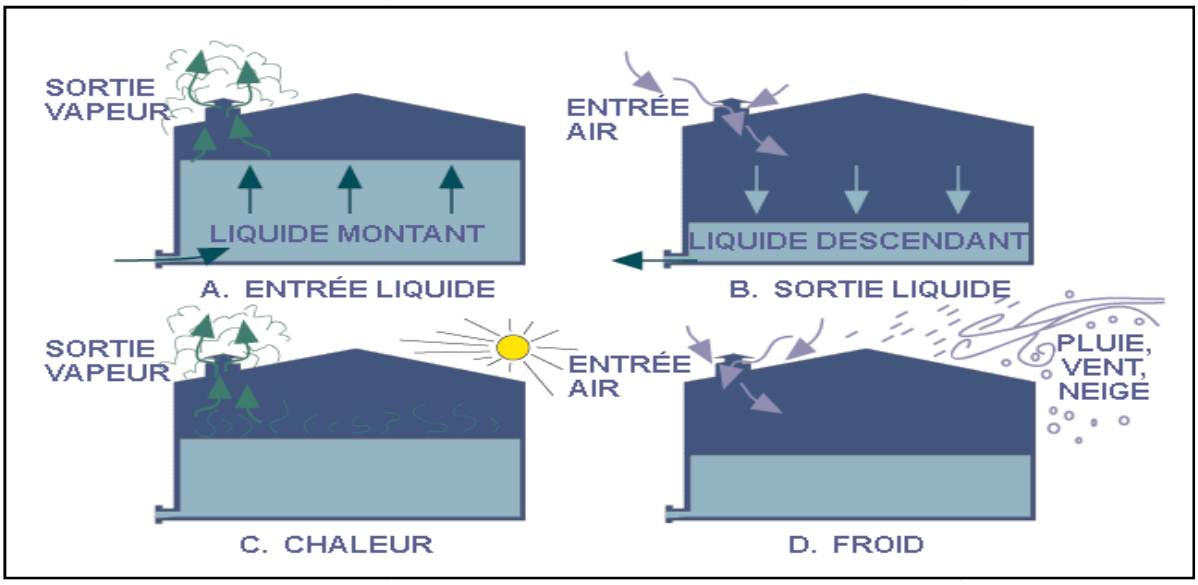


Figure* IV-10 *: Respiration du réservoir

Des évents sont prévus pour permettre cette action. Sans ces évents, le toit pourrait exploser ou s'effondrer**.**

IV.6.3 Les potentiels de danger lies au stockage des hydrocarbures :

Au regard des caractéristiques physico- chimique de produit utilise sur le site des incompatibilités, des conditions d'exploitation particulière, les potentiels de danger retenus pour le site du terminal marin sont les suivant :

- **Stockage à toit flottant:**

Incendie de bac : le brut et le condensât sont des produits liquides inflammable.

Incendie de cuvette de rétention : en cas de fuite de bac ou de canalisation contenue dans la cuvette, la nappe de produit générée dans la cuvette peut s'enflammer.

Boil-over classique : le brut est un produit suffisamment visqueux pour pouvoir en cas d'incendie de bac prolonge générer un Boil-over classique.

- **Stockage à toit fixe**

Incendie de cuvette de rétention : en cas de fuite de bac, la nappe de produit générée dans la cuvette peut s'enflammer.

Explosion ciel gazeux : l'atmosphère régnant au -dessus de la phase liquide se charge naturellement en vapeur inflammable formant un équilibre thermodynamique fonction des caractéristiques du produit et de la température de stockage .ce phénomène observe en exploitation normal constitue un potentiel de danger.

Phénomène de pressurisation du contenue d'un bac à toit fixe prix dans un incendie dans le cas d'un feu d cuvette chauffant un hydrocarbure au delà de la température basse de distillation en cas de ruine de l'enveloppe une boule de feu peut être générée.

IV .7 Application de la méthode MOSAR :

Avant de débuter notre étude proprement dite, un découpage fonctionnel de système étudie est nécessaire.

Le découpage fonctionnel utilisé est le suivant :

- Stockage des hydrocarbures (bac à toit flottant)
- Bac à toit fixe

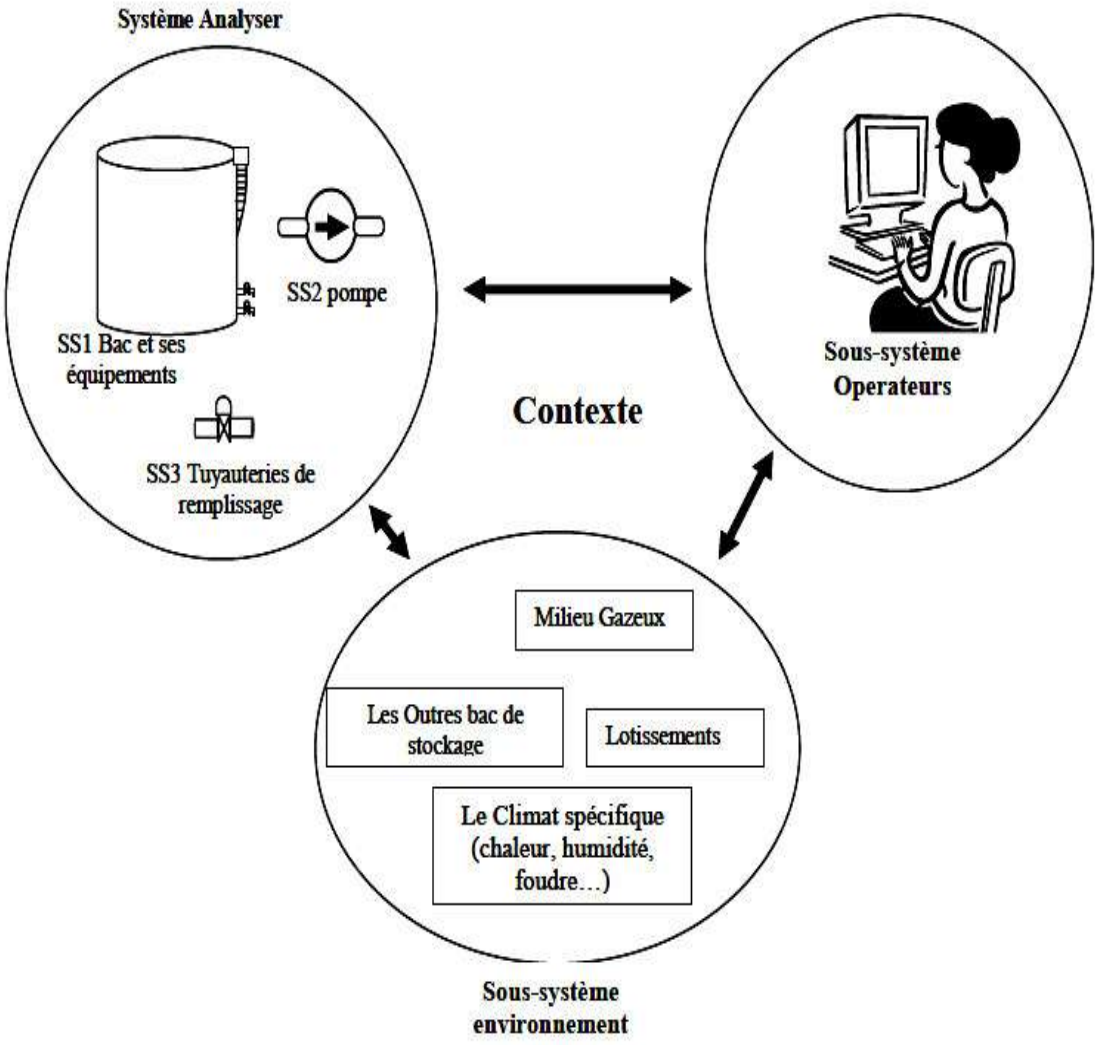


Figure IV.11 : La décomposition du contexte en cinq sous-systèmes

IV. 7.1 Identification des sources de danger :

Il se fait par l'élaboration des modèles MADS pour chacun des sous-systèmes

IV. 7.2 1ere étape de module A : Identification des processus de danger :

Pour cette étape, on lit chaque sous-système à travers la grille. On obtient donc une liste exhaustive des sources de danger pour chaque sous-système

Tableau IV.1 : sous-système bac à toit flottant.

Bac à toit flottant	Phase de vie	Evénements initiateurs		Evénements initiaux		Evénements principaux
		Externes	Internes	Liés au contenant	Liés au contenu	
A_3 : vanne motorisée.	Ex Ex	-Choc d'un engin. -Défaillance de l'alimentation électrique. -Erreur humaine (ouverture d''ne mauvaise vanne d'alimentation du bac sur le manifold).	-Déformation de la vanne. -Blocage de la vanne pied de bac en position ouverte. -Corrosion interne.	-Vanne pied de bac fuyarde.	-Suremplissage du bac.	-Débordement.
A_3 : vanne de purge	Ex	-Erreur humaine (oublie de la vanne de purge ouverte) Source d'ignition	-Corrosion -usure	-Saturation séparateur API	-Fuite de produit dans la ligne de purge	-Incendie de séparateur
A_3 : Toit.	Ex Ex	-Flux thermique externe (effet domino, incendie à proximité). -Conditions climatiques. -Source d'ignition (travaux à chaud, foudre, fumeur)	-TVR supérieure à 738g/m^2. -Détérioration et perte d'équilibre des béquilles - Dégradation et déformation du joint. -Corrosion interne (phase gazeuse plus corrosive). -Blocage du toit en phase de remplissage.	-Endommagement et ruine du toit. -Perte d'étanchéité du toit.	-Epandage du produit inflammable sur le toit.	-Incendie de bac.
A_3 : Agitateur.		-Erreur humaine (mal remonté lors des travaux de maintenance). -Source d'ignition. -Conditions climatiques.	-Détérioration du joint bride. -Corrosion. -Usure.	-Agitateur non étanche.	-Fuite de produit inflammable.	-Pollution de la cuvette. -Feu de cuvette.
A_3 : Passerelle du toit.			-Corrosion. -Roues encrassées.	-Sortie des roues des rails de la passerelle du toit.		-Etincelles par frottement.

A_3 : système de drainage.		-Erreur humaine (oublie de matériel dans l'évent).	-fatigue et usure de système de drainage.	-perforation du système de drainage	-introduction de pétrole dans le système	-fuite de produit dans la cuvette.
A_3 : Pétrole.		-Source d'ignition. -Flux thermique externe (effet domino, incendie à proximité).	-TVR supérieure à 738g/m^2. -Déformation de l'évent. -Dégagement important de gaz inflammable autour du joint		-Inflammation de la vapeur autour du joint.	-Feu de joint.
		-Erreur humaine (mauvaise purge, non respect de la périodicité de purge). -Erreur humaine (mauvaise purge, non respect de la périodicité de purge). -Source d'ignition	-Suremplissage du bac -Monté en température du réservoir. -présence d'eau en fond de bac. -Corrosion interne du fond de bac (présence de l'eau).	-Fissuration du fond de bac.	-Epandage du produit inflammable sur le toit. -Fuite de produit.	-Incendie de bac. ⇒ boilover. -Incendie de cuvette.
A_6 : Escalier et passerelle du toit.	Ex	-Pluie. -Maladresse.	-Escalier encrassé	-Structure glissante. -Accès hauteur.		-Accès en hauteur dangereux.
A_7 : cuvette de rétention.	Ex	-Fatigue. -Maladresse.		-Dénivellement.		-Risque de chut plein pied.
A_8 : équipements.	Ex	-Maladresse.		-Aspérité.		-Possibilité de blessure
B_2 : pétrole brut	Ex	-Erreur humaine (mauvaise purge, non respect de la périodicité de purge). -Incendie de bac non maîtrisé.	-Introduction des eaux d'extinction (lors de l'intervention).		-Descente de l'onde de chaleur vers le fond du bac ⇒ Ebullition de l'eau.	-boilover.

B_4 : pétrole brut.	Ex	-Erreur humaine (mauvais serrage du trou d'homme).	-Non étanchéité de la cuvette	- Ouverture brutale du trou d'homme.	-Déversement du pétrole dans la cuvette.	-Pollution de la cuvette de rétention.
		-Agression mécanique (perte de contrôle d'un véhicule).	-Endommagement de la canalisation du pied de bac. -Non étanchéité de la cuvette	-Rupture de la canalisation.	-Fuite importante du produit.	-Pollution du sol.
		- L'opérateur oublie de fermer la vanne de purge.	-Non étanchéité de la cuvette -Saturation du séparateur API.	-. .	-Déversement du produit.	-Pollution des nappes phréatiques.
		-Défaillance de l'alimentation électrique.	-Non étanchéité de la cuvette -Suremplissage du réservoir.		-Débordement du bac.	-Emission d'odeurs
		-Effet domino (incendie à proximité).	-Non étanchéité de la cuvette -Perte d'intégrité physique du bac.		-Déversement du produit.	
C_1 : Vanne motorisée de pied de bac.	Ex	-Mauvaise isolation des circuits électrique alimentant la vanne pied de bac.	-Détérioration des circuits électriques. -Mise à la terre défaillante.	-Bac et ses équipements sous tension.		-Possibilité d'électrocution.
C_2 : Ecoulement du produit.	Ex		-Défaillance de la mise à la terre.	.	-Mouvement du produit.	-Electricité statique.

Tableau IV.2 : sous-système bac à toit fixe

Bac à toit fixe	Phase de vie	Evénements initiateurs		Evénements initiaux		Evénements
		externes	Internes	Liés au contenant	Liés au contenu	
A3: vanne motorisée de pied de bac	Ex	-Choc d'un engin. -Corrosion externe.	-Déformation -Corrosion interne.	-Vanne pied de bac fuyarde.	-Introduction d'une quantité de pétrole supérieure au volume du bac.	-Suremplissage.
		-Conditions climatiques (T°) -Source d'ignition (foudre, travaux à chaud, fumeur…).	-Défaillance du joint bride.	-Perte d'étanchéité du joint bride de la vanne pied de bac. -Perte d'étanchéité de la vanne de purge.	-Fuite du produit sur joint.	
		-Défaillance de l'alimentation électrique. -Source d'ignition.	-Blocage de la vanne de pied de bac en position ouverte.			-Incendie de cuvette de rétention.
A_3 : Vanne de purge.		-Erreur humaine (oublie de la fermeture de la vanne de purge). -Source d'ignition.	-La vanne de purge restée ouverte.		-Fuite de produit inflammable.	
A3: pétrole brut.		-Flux thermique intense (incendie de cuvette).	-TVR supérieure à 738g/m^2. -Echauffement du pétrole supérieur au point d'éclaire.	-Fragilisation de la structure de bac	-Echauffement de pétrole supérieur à la température de distillation	-Phénomène de pressurisation (génération de vapeur avec pressurisation excessive et rupture de bac). ⇒ Boule de feu.
		-Erreur humaine (mauvaise purge, non respect de la périodicité de purge).	-Corrosion interne (phase gazeuse plus corrosive).	-Perte d'étanchéité du toit ⇒ Introduction des eaux de pluie.	-Le pétrole à une certaine teneur en eau.	-Présence d'eau au fond du bac.
		-Corrosion externe (corrosion saline). -Source d'ignition. -Effet domino (incendie à	-Corrosion interne (présence d'eau au fond du bac). -TVR élevée (supérieure à	-Usure du fond de bac. -Perte d'étanchéité de l'enveloppe du bac.	-Fuite importante de produit inflammable. -Génération d'une	-Incendie de cuvette ⇒ Phénomène de pressurisation (boule de feu).

		proximité). -Source d'ignition.	738g/m^2).		atmosphère explosive.	-Explosion ciel gazeux ⇒ incendie de bac.
		-Incendie de bac non maîtrisé dans les délais (24H environ).	-Le pétrole à une certaine teneure en eau.		-Descente de l'onde de chaleur vers le fond du bac ⇒ Ebullition de l'eau.	-Boilover.
		-Foudre.	-Bac plein. -TVR élevée (supérieure à 738g/m^2).	-Evacuation des gaz par l'évent.	-Inflammation de vapeur au niveau de l'évent.	-Feu d'évent.
		-Erreur humaine (refroidissement de bac).	-Feu d'évent.	-Introduction de l'air par l'évent.	-Retour de flamme.	-Incendie de bac.
A3: Agitateur		-Erreur humaine (agitateur mal remonté lors des travaux de maintenance).	-Corrosion interne. -Détérioration du joint bride.		-Fuite de produit inflammable.	-Pollution.
A6: Escalier de bac.	Ex	-Maladresse. -Pluie.	-escalier encrassée	-Structure glissante. -Accès hauteur.		-Accès en hauteur dangereux.
A7: cuvette de rétention.	Ex	-Maladresse. -Fatigue.		-Dénivellement.		-Circulation à pied dangereuse.
A8: Equipements	Ex	-Maladresse.		-Aspérités.		-Possibilité de blessure
B4: Pétrole.	Ex	-erreur humaine (mauvaise purge, non respect de la périodicité de purge)	-Corrosion interne (présence d'eau au fond du bac).	-Usure du fond de bac.		-Pollution de la cuvette de rétention.
		-Conditions climatiques extrêmes.	-Défaillance du joint bride.	-Perte d'étanchéité du joint bride de la vanne pied de bac. Perte d'étanchéité de la vanne de purge.	-Fuite de produit.	-Pollution du sol.
		-Choc d'un engin. -Corrosion externe (corrosion saline) -Erreur humaine	-Déformation du conduit pied de bac.	-Perte d'étanchéité de l'enveloppe du bac. -La vanne de purge	-Déversement	

		(oublie de la vanne de purge ouverte).		restée ouverte.	continu de produit.	
		-Erreur humaine (agitateur mal remonté lors des travaux de maintenance).			-Fuite de produit.	-Pollution des nappes phréatiques.
		-Erreur humaine (mauvais serrage du trou d'homme lors des travaux de maintenance).		-Ouverture brutale du trou d'homme		
		-Mauvais serrage du trou d'homme. -Séisme. -Accident majeur NAFTAL (5 sphères de Butane S1 1100m^3, S2 1400m^3, S3/S4 2000m^3, S5 3000m^3; 12 cigares de Propane: 9 de 100m^3 chacun; 3 de 150m^3).		-Ouverture brutale du trou d'homme. -Déformation du réservoir.	-Déversement du produit.	-Emission d'odeurs.
C1: Vanne motorisée de pied de bac	Ex	-Mise à la terre défaillante. -Mauvaise isolation des circuits électrique alimentant la vanne pied de bac.	-Détérioration des circuits électriques.	-Bac et ses équipements sous tension.		-Possibilité d'électrocution.
C2: Ecoulement du produit.	Ex		- Défaillance de la mise à la terre.		-Mouvement du produit.	-Electricité statique.

Tableau IV.3 : sous-système operateur humain :

Composant	Evénements initiateurs		Evénements initiaux		Evénements principaux
	Externes	**Internes**	**Lie au contenant**	**Lie au continue**	
humain Opérateur	-Absence de consignes	-mauvaise formation			-Action non conforme
	-Cadence de travail	-Fatigue -Stress	-Inattention		-Geste maladroit
	-Contexte dangereux	-Fatigue -Stress	-Inattention		-Blessures -Chute
		-Méconnaissance des risques -non respect des consignes			-Non respect de la périodicité de purge
		-Fatigue -Inattention -Stress -Mauvaise estimation de volume libre de bac. -Omission	-Ouverture d'une mauvaise vanne d'alimentation des bacs sur le manifold		-Erreur humaine (admission de volume d'HC supérieur à la capacité de bac)
		-Manque d'expérience. -Fatigue -Manque de qualification -Omission	-Ouverture d'une mauvaise vanne d'alimentation des bacs sur le manifold (mélange de produit brut /condensât /condensât brut)		-Produit non conforme
	-Manque de surveillance lors des travaux de maintenance -Manque de motivation	-Fatigue -Incompétence -Manque de qualification			-Commise des erreurs lors des travaux de maintenance
	-Mauvaise organisation de travail	-Fatigue -Inattention -maladie			-Perte de contrôle d'un engin
	Manque de moyens de détection d'intervention	Manque d'entraînement et des exercices de simulation	Blessure -Manque de qualification		Non maîtrise de l'incendie dans des délais suffisants
		Méconnaissance des risques	Situation dangereuse		Mort

IV. 7.3 : 2eme étape : Identifier les scénarios d'accident :

En reprenant chaque sous-système dans les tableaux A, on les représente sous forme de boîtes noires dont les entrées sont les événements initiateurs d'origine interne ou externe et les sorties sont les événements principaux.

Ce travail est une simple compilation des tableaux A (colonne 3 et dernière colonne à droite), pour chaque sous-système, on obtient la boîte noire des figures.

Les scénarios cours d'accident construit pour chaque système et sous-système dans les boites noires suivantes, permettent en effet :

— De démontrer leur genèse.

— D'identifier leurs multiples variantes.

— D'identifier des scénarios insoupçonnés.

— D'en faire par la suite l'ossature des arbres logiques montrant l'enchaînement de tous les événements conduisant à un ENS.

Boite noir bac à toit fixe et de ses équipements:

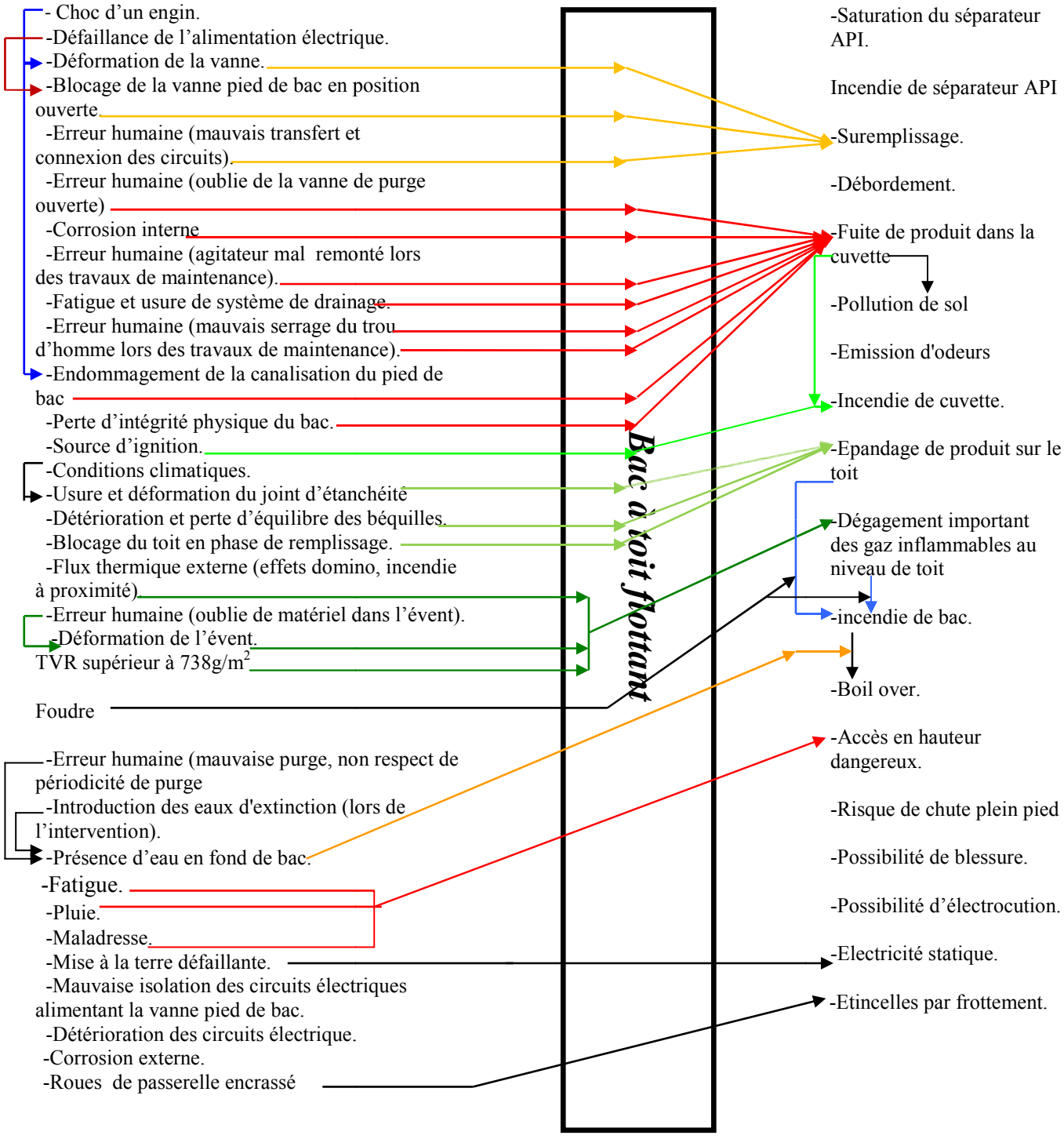


Figure* IV- 12 : *Scénarios courts du bac à toit flottant et de ses équipements

Boite noir bac à toit fixe et de ses équipements:

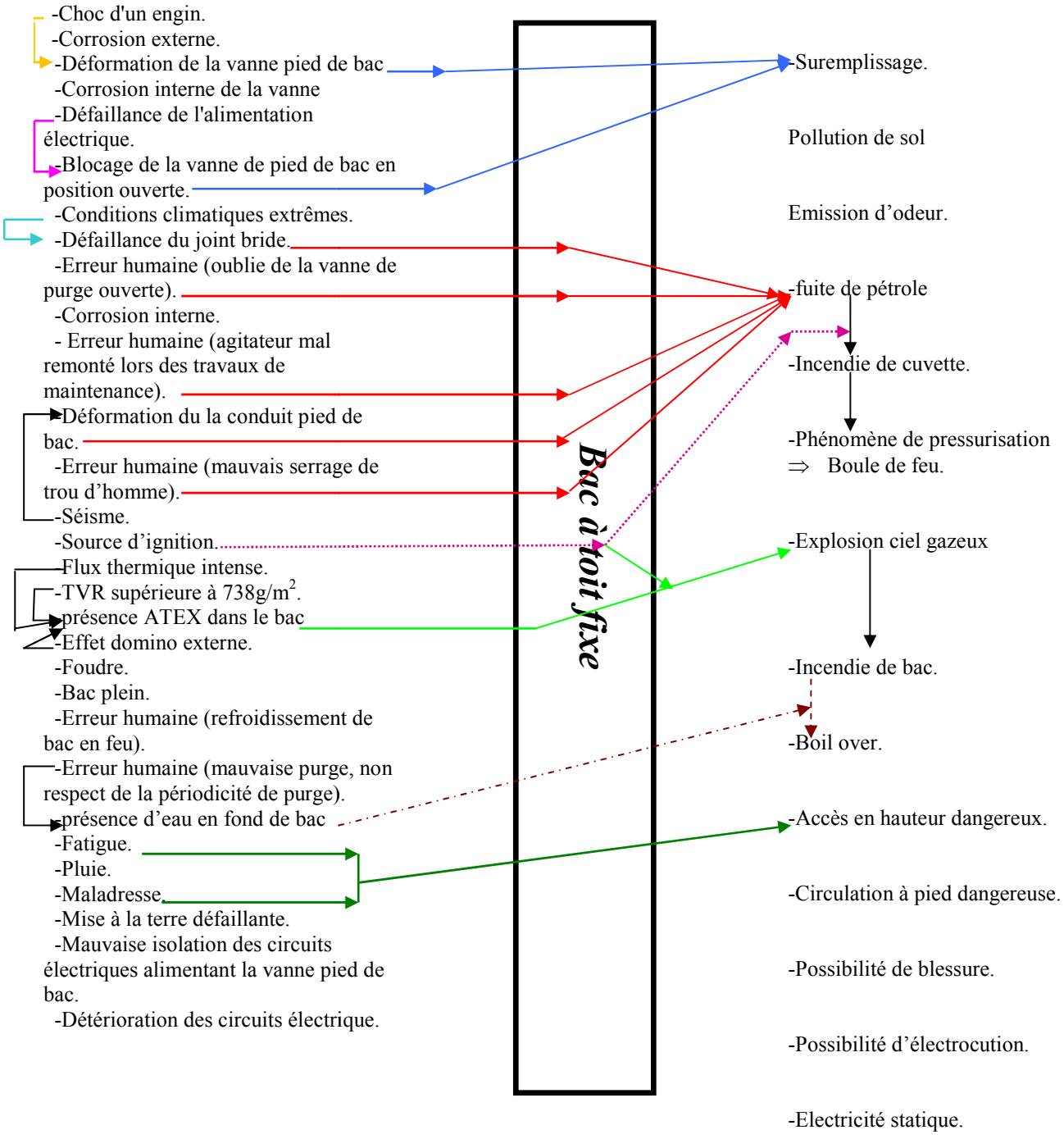


Figure* IV- 13 *: Scénarios courts du bac à toit fixe et de ses équipements

Boite noir opérateur humain :

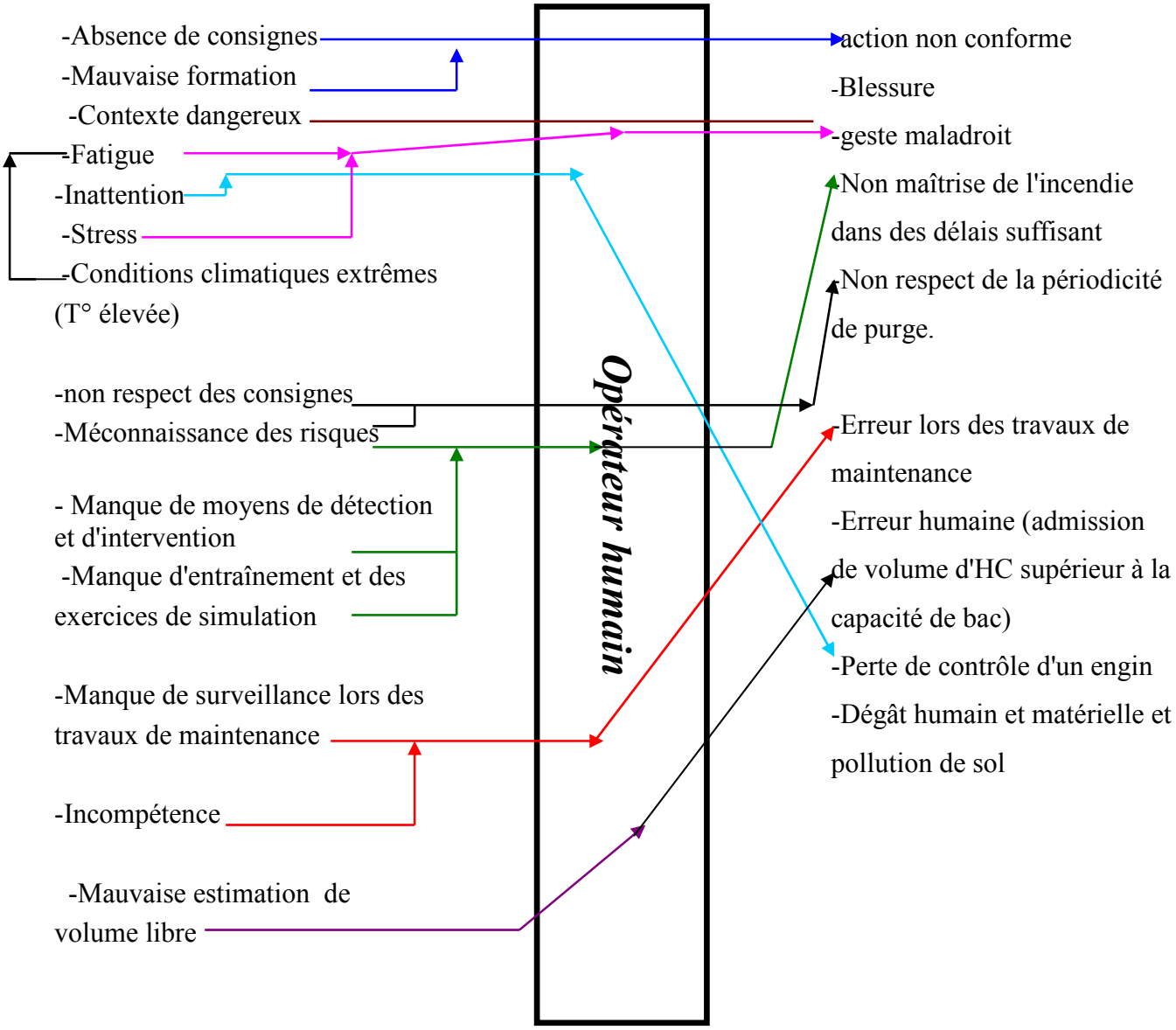


Figure* IV-14 *: Scénarios courts de l'opérateur humain

Boite noir environnement actif (artificielle et naturelle) *:*

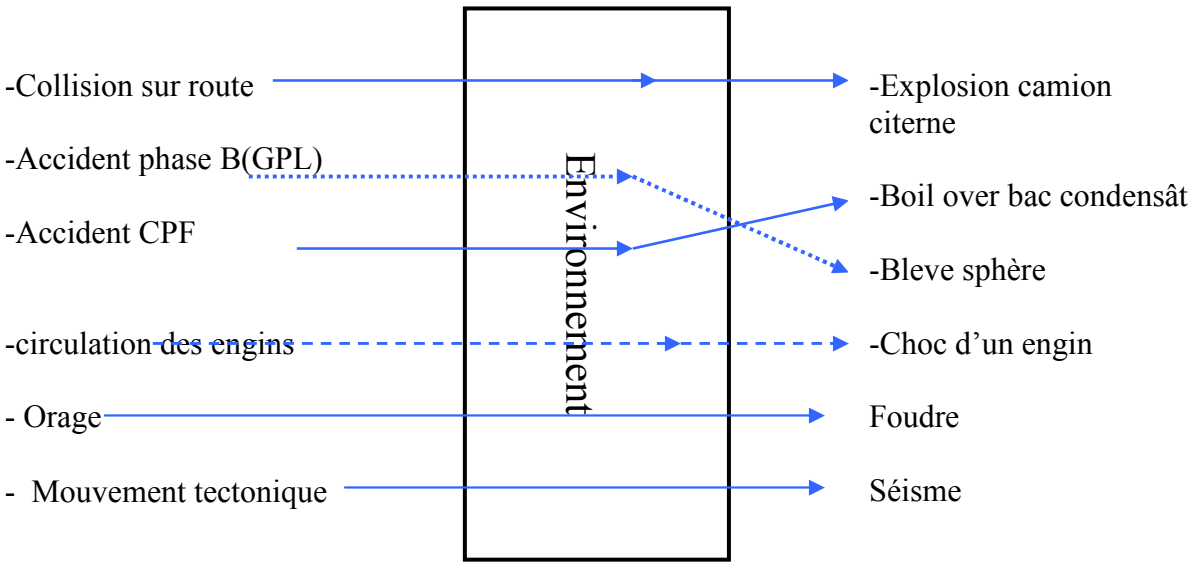


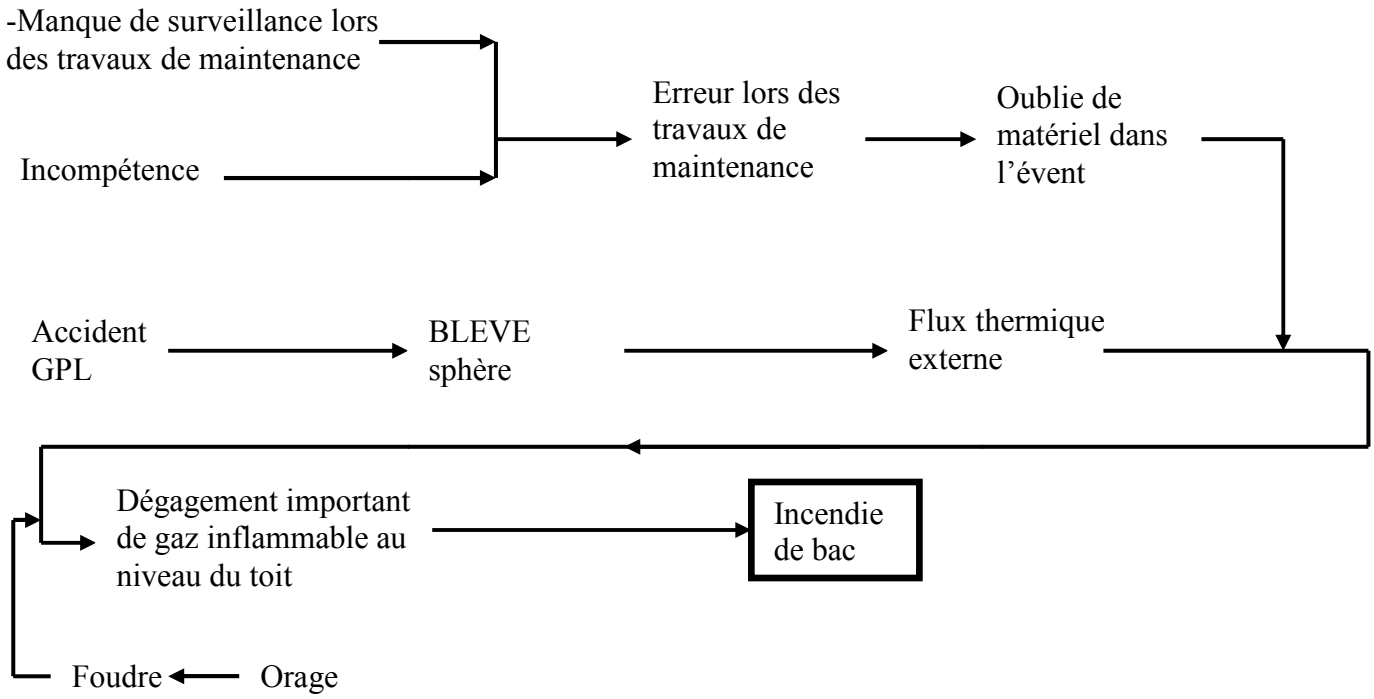
Figure* IV- 15 : *Scénarios courts de l'environnement

IV. 7.3.1 Génération et validation de scénarios longs *:*

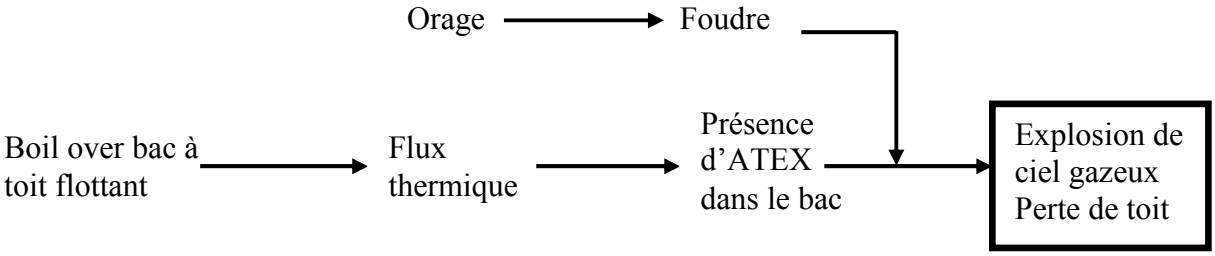
On mettant toutes les boites sur une page, on pourra relier les sorties de certaines boîtes qui sont a des entrées d'autres boîtes.

On obtient ainsi des scénarios longs d'enchaînements d'événements, pour notre étude on va construire seulement six scénarios longs qu'on peut considérer comme étant les scénarios les plus critiques dans notre système.

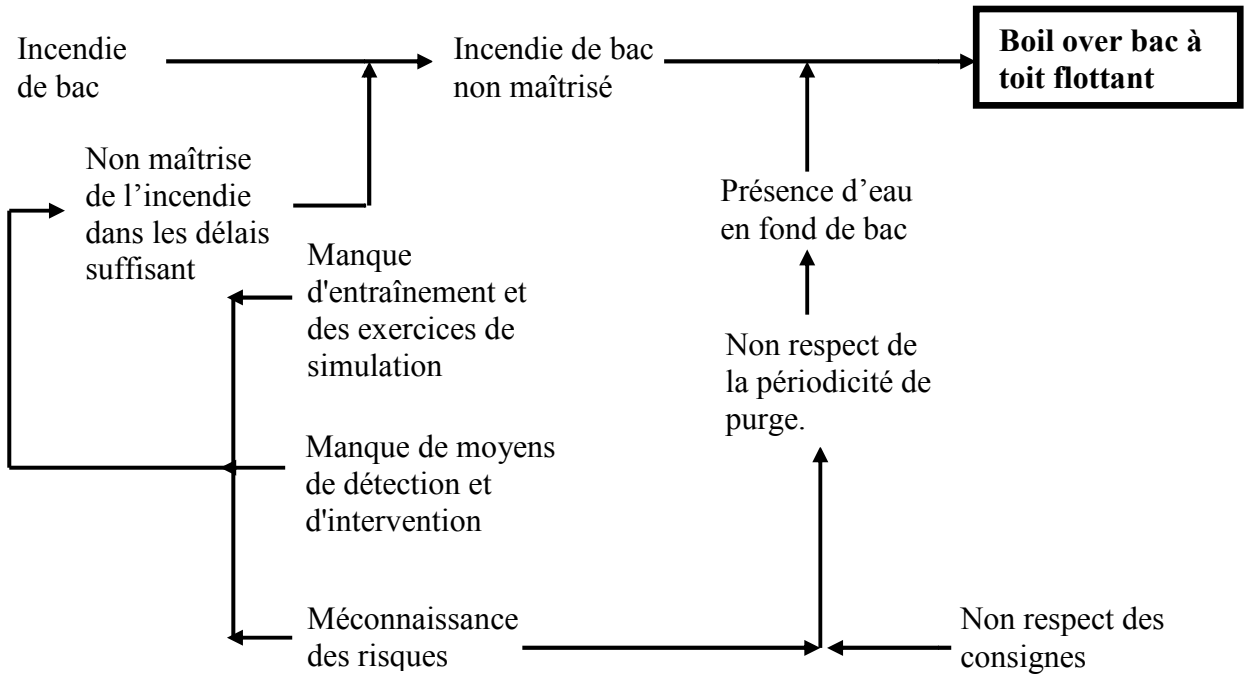
Scenario S_1:



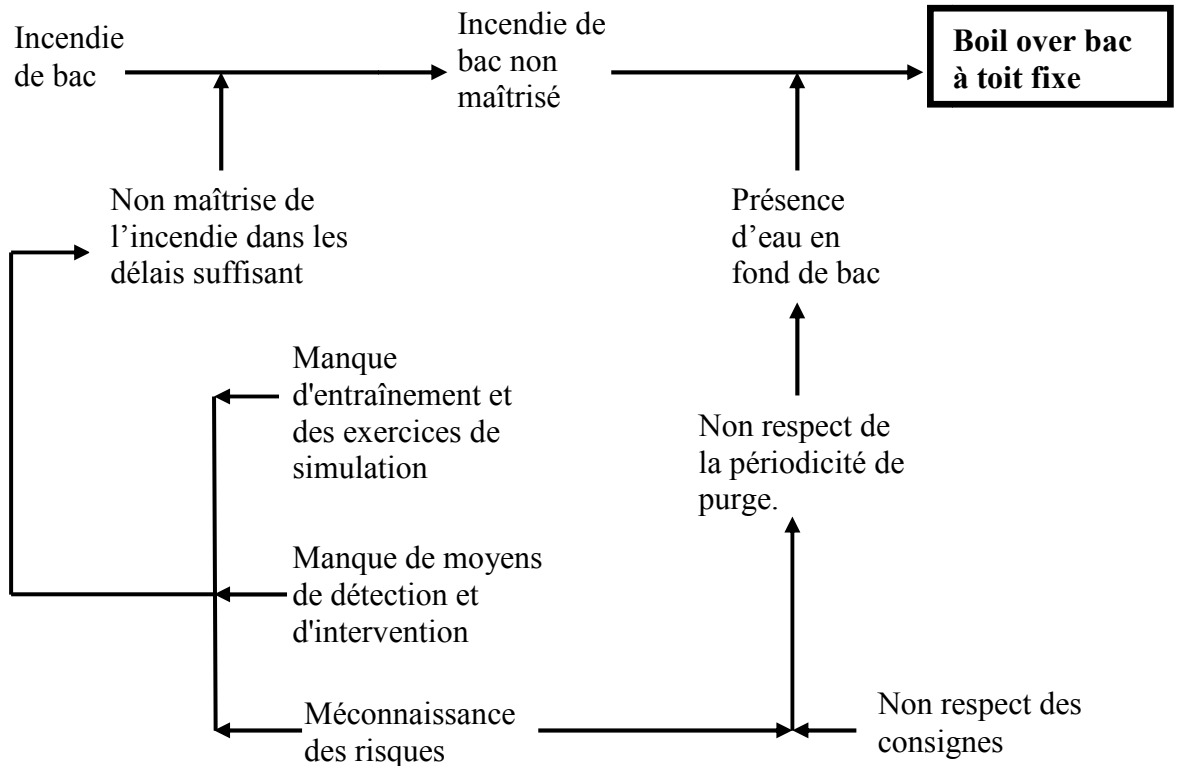
Scenario S_2:



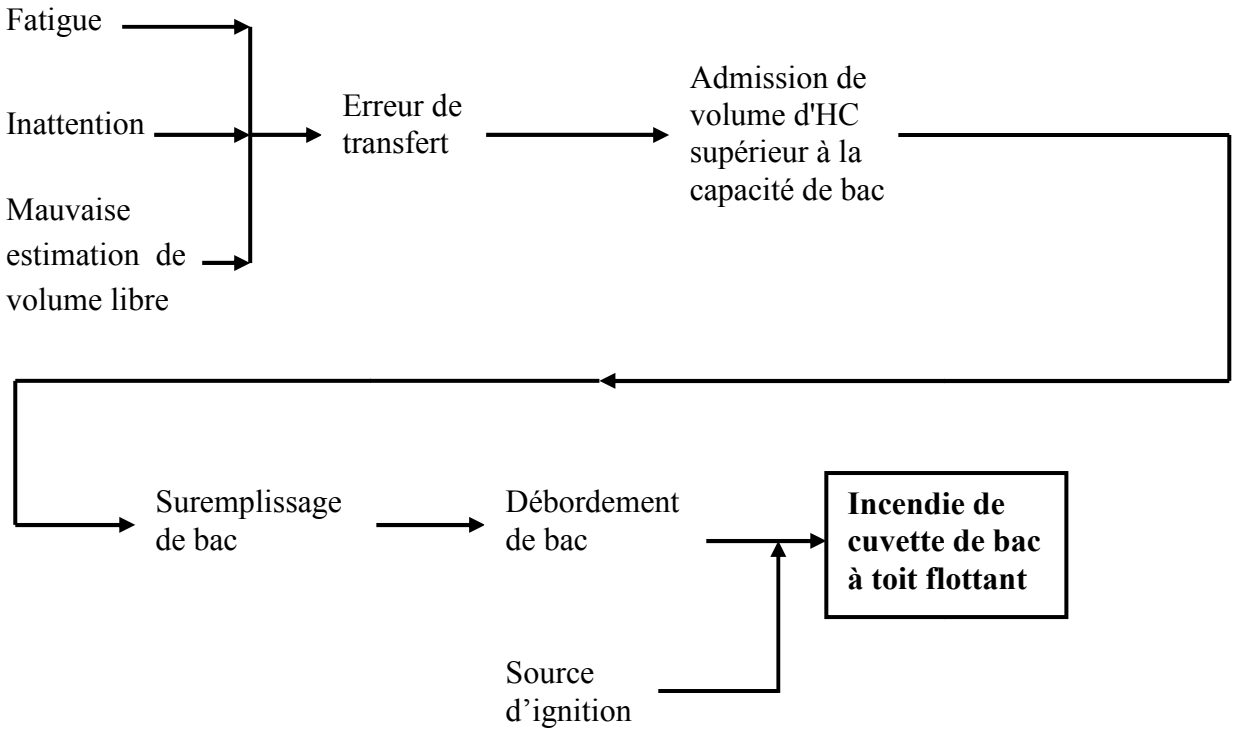
Scenario S_3:



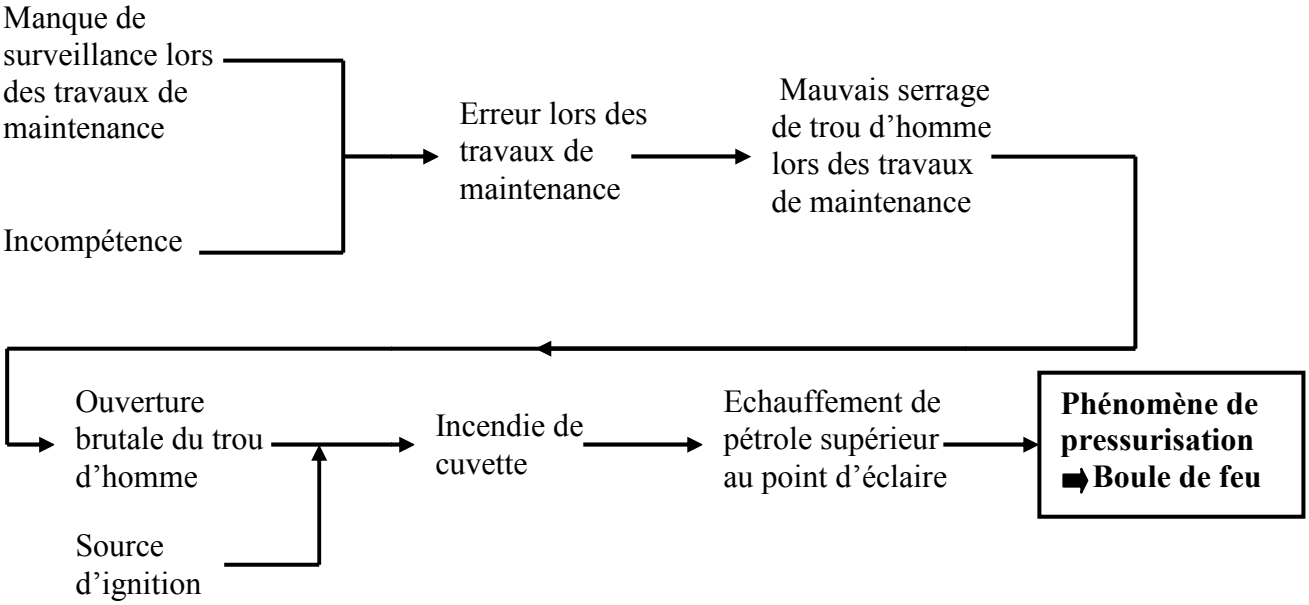
Scenario S_4 :



Scenario S_5:



Scenario S_6 :



Génération de scénarios longs, validation de ces derniers et construction d'arbres logiques sur les accidents principaux ainsi identifiés:

Si l'on met toutes les boîtes noires sur une même page, il est possible de relier les sorties de certaines boîtes qui sont de même nature (repérées en principe par le même mot) que les entrées d'autres boîtes. **[12]** On obtient ainsi des scénarios longs d'enchaînements d'événements ou scénarios de proximité ou aussi scénarios principaux d'ENS (accidents).

Pour le Bac de stockage, on a toutes les boites noires suivantes

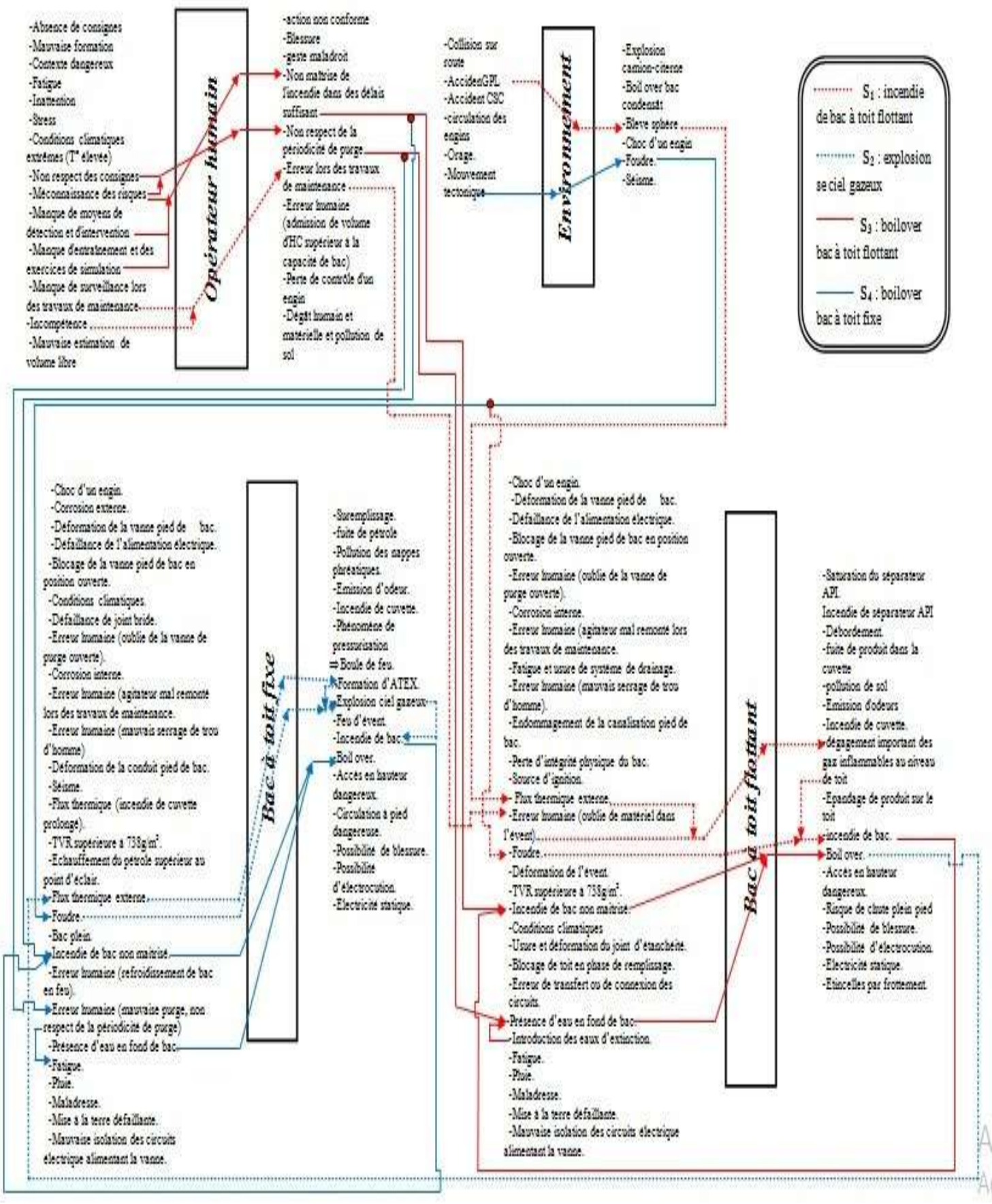


***Figure* IV- 16 : Boites noires de l'installation de stockage et l'enchaînement des scénarios longs**

A ces scénarios viennent s'ajouter à l'entrée choc sur le bac de stockage les scénarios longs générateurs de chocs et provenant de l'environnement

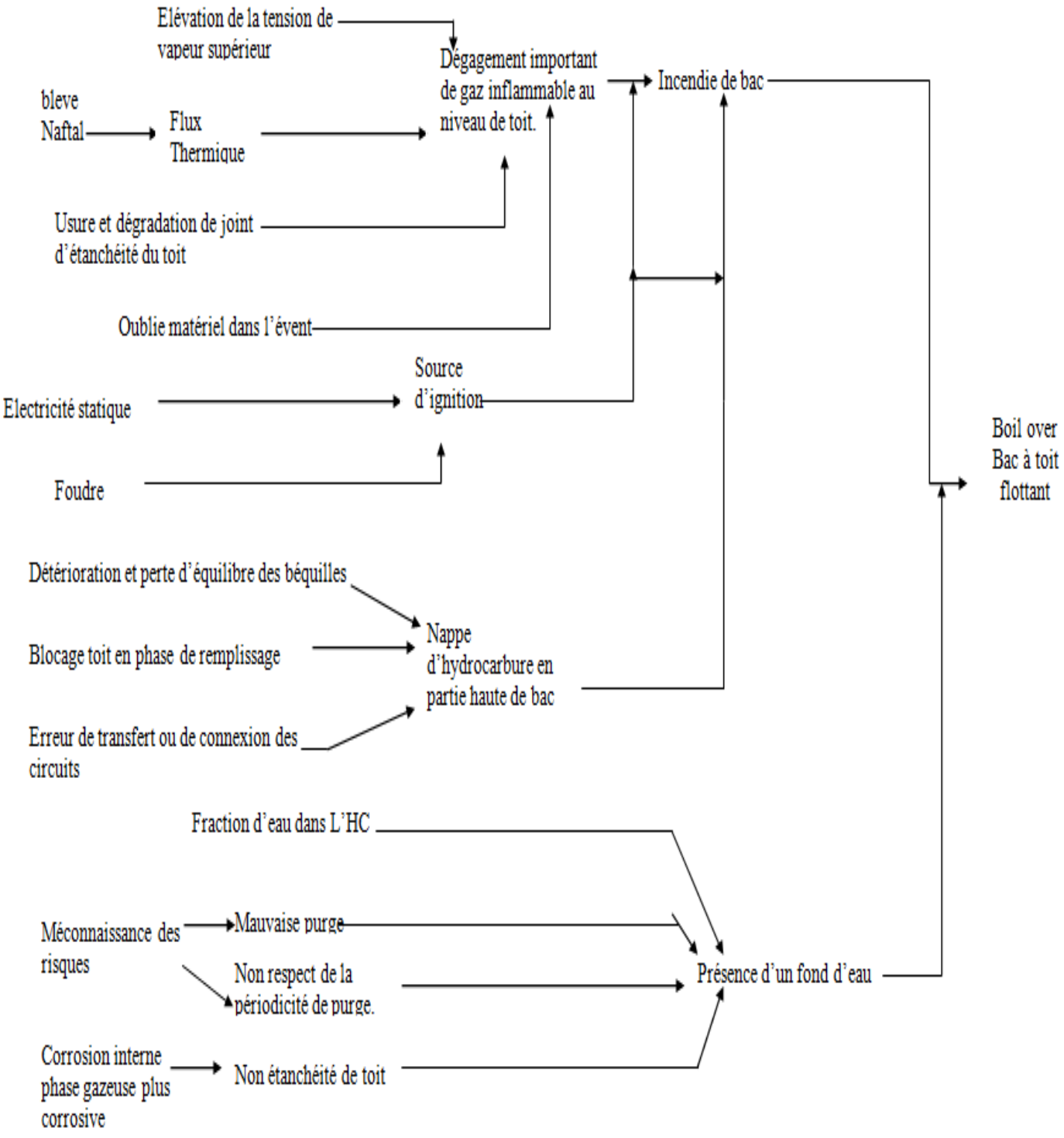


Figure IV- 17 : Concaténation des scénarios

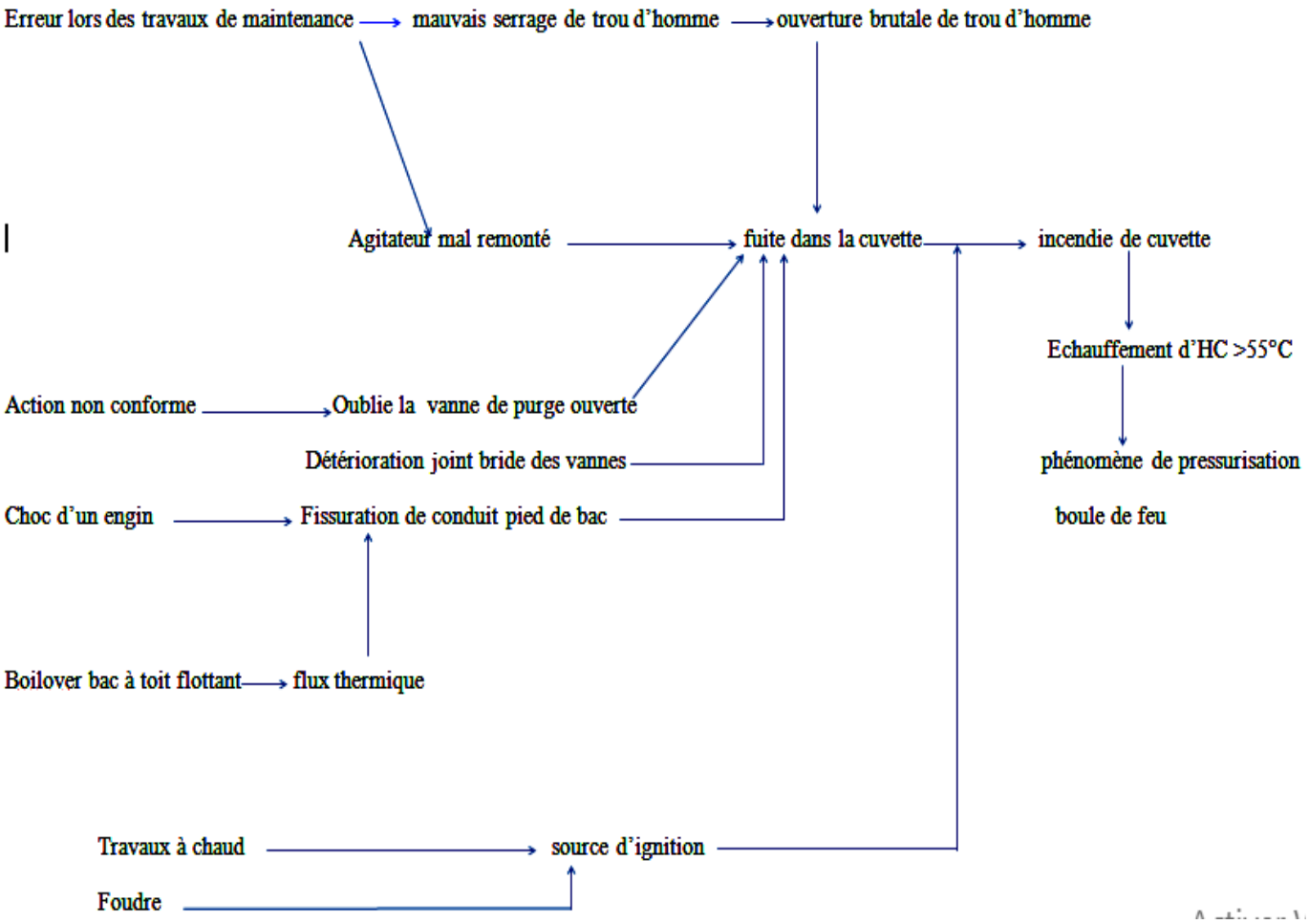


Figure IV-18 : Arbre logique phénomène de pressurisation

IV. 7.4 3eme étape évaluation des scenarios d'accident

Evaluation quantitative ou qualitative :

Comme nous l'avons vu précédemment, 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 nous sommes aidés du logiciel PTC® Windchill® FTA (analyse par arbre de défaillances) qui permet de construire facilement un arbre des causes et de calculer les probabilités d'occurrence d'un événement. Pour la construction de cet arbre des causes, nous n'avons considéré que les scénarios conduisant à un *INCENDIE BAC*. Chaque événement élémentaire a été affecté d'une probabilité d'occurrence qui nous paraissait correspondre le retour d'expériences et le mieux à la réalité.

Probabilités prises (par an) :

Obstruction par un corps étranger : 0,005	soit 2 fois par an
Défaut interne de dispositif de branchement : 0,005	soit 2 fois par an
Foudre: $2{,}5.10^{-3}$	soit 1 fois par ans
Défauts au sien des tuyauteries : 0,1	soit 4 fois par an
Etincelle (frottm mécanique, éléctriq…) : 0,1	soit 4 fois par an
Givrage: 0,003	soit 1 fois par an
Nuage ou vapeur gazeux : $2{,}5.10^{-3}$	soit 1 fois par an
Choc : 0,005	soit 2 fois par an
Corrosion : 5.10^{-4}	soit 1 fois tous les 5 ans
Explosion au milieu gazeux: $1{,}2.10^{-3}$	soit 1 fois tous les 3 ans
Fissuration robe de bac : $1{,}4.10^{-3}$	soit 1 fois tous les deux ans
Male formation opérateurs : $2{,}5.10^{-3}$	soit 1 fois par an
Geste maladroit : 0.005	soit 2 fois par an
Fatigue opérateurs : 0.1	soit 4 fois par an

Enfin, on trouve une probabilité pour un **incendie de Bac** est : **0.01** par an (soit quatre fois par ans).

Dans le Bac de stockage en trouve l'arbre des causes (qui décrit dans le premier chapitre) d'incendie suivant :

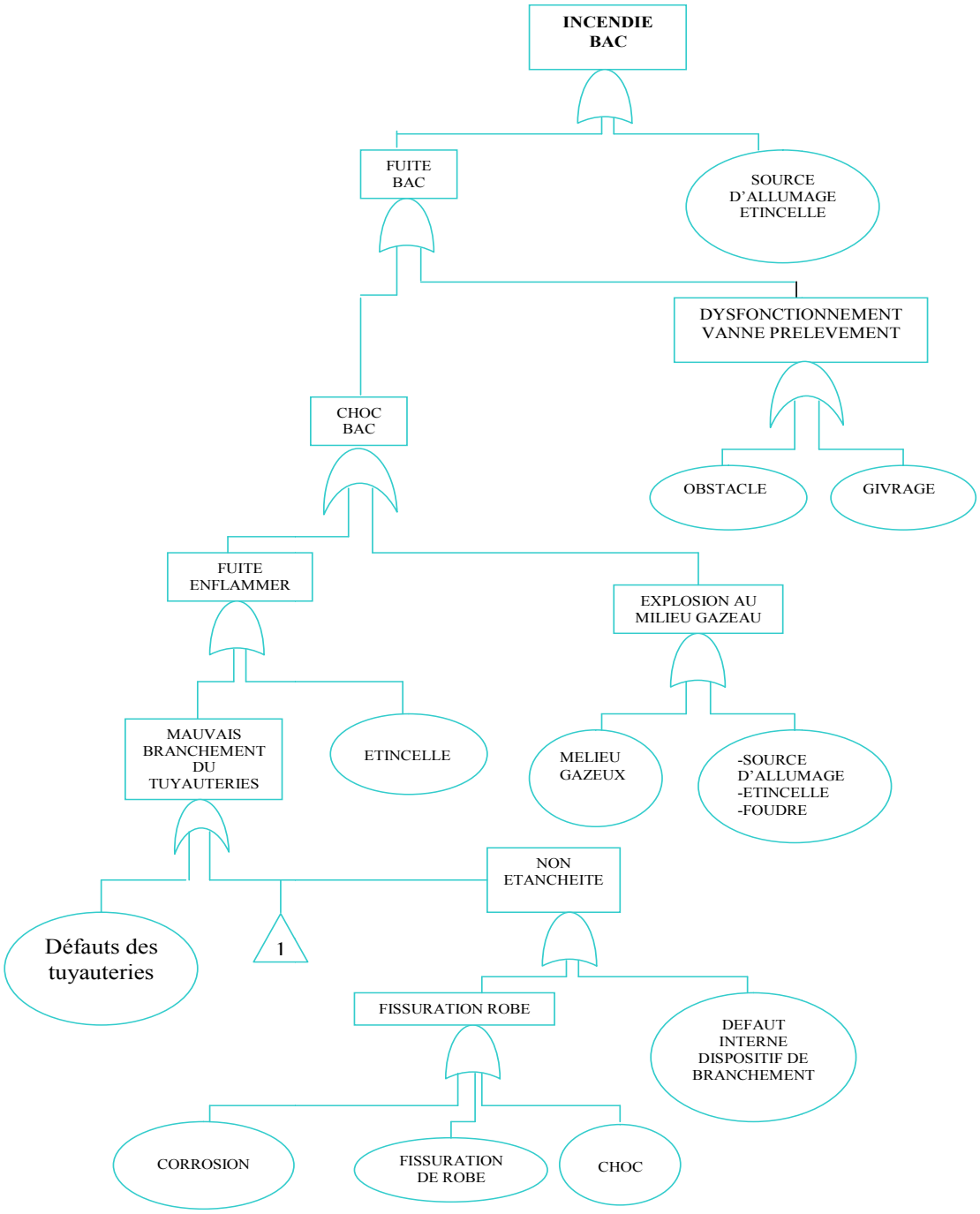


Figure IV.19 : Arbre des causes

IV. 7.5 4eme étape négociation d'objectifs et hiérarchisation des scénarios :

IV. 7.5.1 Caractérisation de la probabilité d'occurrence des scénarios :

La probabilité d'occurrence de l'événement redouté est évaluée de manière qualitative sans tenir compte des mesures de prévention existantes.

L'indice de probabilité est donc estime à partir de l'accidentologie du site étudié et du site industrielle d'activité similaire et aussi à partir de retour d'expérience.

IV. 7.5.2 Positionnement des scénarios majeurs dans la grille :

Tableau IV.4 : positionnement des scénarios majeurs dans la grille

Scénarios	Indice de probabilité	Gravite retenue
S_1 : Incendie de bac à toit flottant	C	Modéré
S_2 : explosion ciel gazeux	B	Modéré
S_3: Boilover bac à toit flottant	E	désastreux
S_4 : Boil over bac à toit fixe	C	Catastrophique
S_5: Incendie de cuvette	D	sérieux
S_5 : Incendie de cuvette	D	Modéré
S_5: Incendie de cuvette	D	Important
S_6: Phénomène de pressurisation –boule de feu	E	désastreux

Niveau de gravité des conséquences						
	Désastreux	S_3				
	Catastrophique			S_4		
	Important		S_5			
	Sérieux		S_5			
	Modéré		S_5		S_2	
		E	**D**	**C**	**B**	**A**
		Niveau de probabilité				

Figure IV.20 : Grille Gravité x Probabilité

IV.7.6 : 5éme étape : Définition et qualification des moyens de prévention et de protection :

Ces barrières vont permettre de neutraliser les scénarios identifiés.

L'arbre logique montre, qu'en principe, il suffit de neutraliser les événements primaires (ceux qui apparaissent les premiers) pour que le scénario correspondant n'ait pas lieu

Tableau IV.5 : Tableau des barriére des securité :

TABLEAU DES BARRIERES				
scénarios	***Evénements***	***Eléments importants pour la sécurité***	***Mesures spécifique aux EIS***	***Barrières de conception***
S_1	Dégagement de gaz inflammable au niveau de toit et incendie de bac à toit flottant	-Mesure TV -Bac en mouvement balisé. -Joint d'étanchéité. -arrosage du bac par la colonne de refroidissement -Arrosage de bac cible. -extinction d'incendie par moyens mobiles et fixe. -POI	- échantillon sur ligne 04/ jour. -Dans la norme TVR=738kg/m^2 -TVR>738kg/m^2 Arrêt travaux à proximité de bac. -par camions incendie -Envoi de mousse en haut de bac en feu - Débit d'eau 7920L /min -Débit d'émulseur 0,006m^3 - Mis à jour chaque année	-12 déversoirs de mousse haut de bac. -Système au halon autour de joint -Joint d'étanchéité circulaire -Mise à la terre -Paratonnerre -Réseau incendie
S_2	Explosion ciel gazeux bac à toit fixe.	-Soupape -Refroidissement de bac par moyens mobiles -Permis travail et bon de feu -Mesure TVR	- soupapes fonctionnent à pression atmosphérique -Débit de refroidissement 3345L/min - échantillon sur ligne 04/ jour.	-3 soupapes -Paratonnerre

		-POI	-Dans la norme TVR=738kg/m^2 -TVR>738kg/m^2 Arrêt travaux à proximité de bac -Mis à jour chaque années	
S_3 S_4	Incendie Boil over bac à toit flottant Explosion ciel gazeux incendie de bac Boil over bac à toit fixe	-Respect de la périodicité de purge. -Maîtrise de l'incendie dans des délais suffisant	-Purge des bacs chaque 15 jour. -Le délai suffisant doit être inférieur à 24 heures	
S_5	-fuite de produit Incendie de cuvette bac à toit flottant	-capteur de niveau -Surveillance du niveau lors du remplissage d'un bac -calcule manuel de volume libre. -Avant tout transfert, vérification dans salle de contrôle de chemin de produit. -Respect de la périodicité de purge. -opérateur toujours présent pendant l'opération de purge. -Détecteur d'hydrocarbure liquide.	Enregistrement des données des capteurs toutes les heures. Seuil niveau haut (alerte) très haut (mise en sécurité) -Pointage d'un opérateur toute les heurs -Purge des bacs chaque 15 jour	-Réseau incendie -Détecteur de d'hydrocarbures liquide -Equipement adaptés dans les zones ATEX. -Protection cathodique

		-Re-épreuve décennal des bacs de stockage Détection par un opérateur et inspection visuelle régulière des parties externe des bacs (ronde opérateur) -POI	-La périodicité de ré -épreuve décennale doit être impérativement respectée -Mis à jour chaque année	
S_6	Incendie de cuvette Phénomène de pressurisation boule de feu	-Soupapes -Inspection de l'installation avant et pendant la remise en service. -Refroidissement de bac par moyens mobiles	soupapes fonctionnent à pression atmosphérique -Utilisation des camions avec nacelle.	-3 soupapes -Protection cathodique

Tableau de qualification des barrières :

Tableau IV.6 : Tableau de qualification des barriéres :

Barrières	***Type***	***Mesure de qualification***			
		Vérification de non introduction de danger nouveau	***Contrôle***	***Maintenance***	***Formation spécifique des opérateurs concernant les barrières***
-Soupape	BT	-S'assurer de son bon dimensionnement et e son temps de réponse	-Vérification périodique de son bon fonctionnement	Préventive (corrosion, usure)	Formation des opérateurs sur la façon de tarage des soupapes
-Couronne de refroidissement	BU	-Vérifier de son bon fonctionnement (qu'elle n'est bouchée et vérification de débit d'arrosage)	- périodique Visuel	-Préventive	-Formation des opérateurs sur les situations d'utilisation
Réseau incendie	BU	-Vérifier et prise en compte des besoins en eau : -Du débit d'extinction -De du débit de refroidissement des bacs cibles en cas d'incendie. -Vérifier que le réseau est toujours sous pression (4,5bar) -Vérifier le maillage de réseau	-Périodique -Visuel	-Préventive (perte de charge)	Former les opérateurs que le réseau doit être toujours sous pression
Déversoir	BU	-Vérifier de son bon fonctionnement.	- périodique -Visuel	-Préventive	
Mise à la terre	BT	-s'assurer de bonne continuité électrique	-Vérification périodique de la résistance	-Préventive (corrosion)	Opérateur qualifié

		-Résistance de terre adaptée	de terre		
Capteur de niveau	BT	-Vérifier de que la justesse et de la fidélité du jaugeur.	Informatise quotidien	Curative	
Joint d'étanchéité	BT	-Vérification de son étanchéité	-Visuel	-Préventive (usure fatigue)	
Système au halon	BT	-Vérifier la pression de la bouteille d'azote et la température de fusion de fusible qui est 93°C	Périodique Visuel	Préventive	
Moyens mobiles et fixes d'extinction	BU	-S'assurer de son bon fonctionnement	-Quotidien pour les camions et les réserves d'eau -Périodique pour les extincteurs -Visuel	Préventive	
Paratonnerre	BT	-S'assurer d'il est en bonne position et qu'il est en partie haute de terminal.	-Visuel	-Curative	
-Cuvette de rétention	BT	-vérifier que le volume utile de chaque rétention est au moins égal à 100%de la capacité de bac. -Vérifier qu'elle est étanche.	-vérification Périodique Visuel de son état.	-Préventive	

IV.7.7.Interprétation des résultats :

Les points positifs de cette étape est conclues par :

- Bilan global et visuel des scénarios inacceptables (reprise de l'étape précédente).
- Placement et recherche des barrières facilités par la forme arborescente des scénarios.
- Visualisation par l'entreprise des mesures déjà en place (cela permet de vérifier leur cohérence et d'en créer une si on s'aperçoit qu'elle est absente).
- Adaptation totale des barrières proposées à l'installation analysée.
- Réflexion productive pour la définition des barrières à mettre en œuvre.
- Provocation de réunions et groupe de travail pour la définition des barrières davantage organisationnelles.

IV.8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons appliqués le module A (aspect macroscopique) sans module B de la méthode de MOSAR sur ces bacs par ce qu'il cette analyse est suffisante., pour générer les scénarios possibles qui conduira à des évènement non souhaités tel que les incendies des bacs et le contexte dangereuse comme la blessure en phase des opérateurs, par conséquences on peut admettre que cette méthode donne des solutions pour réduire la gravité et la probabilité de ces évènements tel que les barrières de préventions et/ou protections soit technologiques ou d'utilisation et qualification de ces barrières mais reste toujours des points négatives qui se présentes par le manque d'expertise de ce domaine.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Pour conclure, nous pouvons dire que, la méthode MADS-MOSAR s'utilise très facilement. De plus, et cela est très intéressant pour notre étude mais aussi pour d'autres, elle est extrêmement flexible et s'adapte très bien à divers domaines, Mis à part cet aspect, la méthode de MOSAR est une assez bonne méthode d'analyse des risques. En effet, si elle a été essentiellement créée pour des applications dans le monde de l'industrie, elle n'en reste pas moins parfaitement transposable à d'autres domaines comme le domaine pétrolière. Par conséquent, les faiblesses et les points forts de l'analyse des risques dans le domaine pétrolière sont les mêmes que pour tout autre domaine. Le point négatif de la méthode est qu'elle ne nous dit pas si notre liste de scénarios ou de source de danger (tableau A) est complète. Par conséquent, nous avons en permanence une liste non exhaustive d'évènements qui conduisant à des dangers considérables comme les incendies et les explosions des réservoirs, ce qui peut amener à oublier certains risques.

Nous pensons que dans le futur, On pourra réaliser le module B de la méthode MOSAR, c'est à dire l'approche microscopique pour mettre en place une culture de sécurité pour les installations pétrolières comme les dépôts de stockage, pour cela il faudra compléter cette étude en recherchant de nouveaux scénarios de risque, de nouvelles sources de danger et de nouvelles barrières par l'intermédiaire d'un travail de groupe contient des spécialistes et des experts dans ce domaine.

BIBLIOGRAPHIE

[1]. AFIM, Guide national de la maintenance. Association Française des Ingénieurs et responsables de la Maintenance, Paris. 3, 5, 49, 51, 60, 2007.

[2]. ALAIN BOULENGER, Maintenance conditionnelle par analyse des vibrations. Technique d'ingénieur. MT 9 285, 2006.

[3]. Arrêté du Gouvernement wallon du 16 janvier 2003 portant condition sectorielle eau relative aux dépôts d'hydrocarbures liquides (M.B. du 11/03/2003) ((guide méthodologique pour l'évaluation des incidences sur l'environnement ; dépôt des liquides inflammables et combustibles)).

[4]. BRESSY F., GARDES L., DEBRAY B. et RIOUT J. Analyse des risques en traitement thermique – 1ère phase. Rapport n° 1C7321, Editions CETIM, septembre 2000.

[5]. BUISSON, Christian. La maîtrise des risques système. Brochure de la RATP, Paris, 2001.

[6]. DEBRAY, Bruno. Systèmes d'aide à la décision pour le traitement des déchets industriels spéciaux. Thèse en doctorat en Sciences et Techniques du Déchet. Ecole des Mines de St Etienne : 1997.

[7]. Det Norske Veritas, International Safety Rating System (Système International d'Evaluation de la Sécurité, Ed DNV France, 1998, 4p.

[8]. Des contrôles à l'ergonomie des systèmes, Cahiers de notes documentaires n°138, 1ère trimestre 1990, 31p.

[9]. Développement d'une méthode MOSAR Méthode Organisée et Systémique d'Analyse de Risques)) **((**DU RISQUE A L'ANALYSE DE RISQUES)), Pierre PERILHON Ingénieur ENSAM Juin 2003 PLAN. p89 à 128p.

[10]. Directive conseil du 24 juin 1982 relative aux risques d'accidents majeurs dans certaines activités industrielles, n° 82/501/CEE.

[11]. EDF, Périlhon P., Prévention active, L'analyse des risques : méthode MOSAR, fascicule édité par Prévention Active en 1998, 42 p

[12]. Favaro M., La prise en charge de la sécurité dans les PME – Quelques réflexions préalables à la conception d'actions de prévention, Cahiers documentaires- Hygiène et sécurité du travail – n°174, 1er trimestre 1999.

[13]. IEC, 2ème Colloque International sur les Sciences du Danger, 17 -18 - 19 novembre 1994, p.131 à 194.

[14]. Institut National de Recherche et de Sécurité, Caisse Nationale d'Assurance Maladie, Les cotisations d'accidents du travail et de maladies professionnelles - tarification, cotisations supplémentaires et ristournes, avances, Aide-mémoire juridique n°9, juillet, Ed INRS, 1996, 18 p.

[15]. Le Moigne J.L., La théorie du système général - théorie de la modélisation, Ed Presse Universitaire de France, 227p.

[16]. LEES F. P. prévention des risques dans les processus de l'industrie, vol I et II, 1986.

[17]. Mise sous talus ou sous terre des réservoirs contenant des hydrocarbures liquides inflammables Rapport final Direction des Risques Accidentels Septembre 2001.

[18]. Monteau M., Favaro M., Bilan des méthodes d'analyse a priori des risques.

[19]. Périlhon P., Eléments méthodiques, Phoebus n°12, janvier février mars 2000, p.31 à 49.

[20]. https://blog.cognibox.com/fr/blogue/sim/analyse-des-risques-etapes-entreprises-suivre 06 05 2019

[21]. Valérie Zille Modélisation et évaluation des stratégies de maintenance complexes sur des systèmes multi-composants, Thèse de Doctorat de l'Université de Technologie de Troyes, France, 2009