



**ECOLE DOCTORALE
GESTION DES RISQUES INDUSTRIELS ET ENVIRONNEMENT**

Mémoire de Magister

THEME :

*Emission et valorisation de CO₂ : Cas des
rejets générés par les chaudières 400
T/H, au niveau du complexe GL1/Z*

Présenté par : M^{elle} HAMIDA Hakima
Soutenu le :

Membres du jury

Président : Pr Khatir, Université d'Oran
Examineur : Pr Benachour, Université de Sétif
Examineur : Pr Ould Kadi, Université d'Oran
Membre Invité : Mr Benmouley, Directeur du Centre de Recherche
Et Développement, Sonatrach-Aval
Directeur de mémoire : Pr Bouziani, Université d'Oran
Co-Directeur de mémoire: Dr Belkhatir, Paris 1-13, France.

R

Mener à bien un projet de mémoire est un exercice difficile, exigeant un fort investissement, mais apportant nécessairement, en retour, un sentiment de satisfaction dû à l'accomplissement réussi d'un travail.

De ce fait, remercier, c'est le plaisir de se souvenir de tous ceux qui, par leurs encouragements, leur disponibilité, leur amitié et leurs compétences, ont su créer un cadre de recherche m'ayant permis de finaliser mon travail.

Mes premiers remerciements vont à **ma mère** ; mon indéfectible soutien, sans qui rien de tout ceci n'aurait été possible, mes remerciements vont également à toute ma famille.

Je tiens à exprimer ma sincère reconnaissance au Professeur **M.BOUZIANI** pour m'avoir orienté et d'avoir dirigé avec beaucoup de compétence et de sympathie ce travail, ne ménageant ni son temps, ni ces conseils judicieux.

Je souhaite exprimer mes plus profonds remerciements, respect et reconnaissance à mon Co-encadreur Docteur **A.BELKHATIR**, pour son suivi, pour ses conseils, sa disponibilité, son travail constructif, sa générosité dans son partage du savoir et expérience. Je le remercie également pour toute la confiance qu'il a su me témoigner durant ce travail.

Je tiens à remercier Monsieur le Professeur **Y.KHATIR** qui me fait l'honneur de présider le jury qui va juger ce travail. Je tiens à réitérer

Professeurs **BENACHOUR** de l'Université de Sétif
Université d'Oran pour avoir très aimablement
acceptés de juger ce travail.

Je tiens à remercier Monsieur **N.BENMOULAY**, Chef de Division
recherches et développement d'avoir accepté l'invitation et prendre part
au jury.

J'exprime mes sincères remerciements à la responsable de formation
Docteur **K.GUENACHI** pour sa disponibilité et ses encouragements.

Mes remerciements vont également à Monsieur **A.ABDELOUHAB**,
directeur de la direction audit pour ces conseils et son aide.

Je tiens à remercier le directeur du complexe GL1Z Monsieur
B.MAZOUNI ainsi que Monsieur DIDI, chef de département sécurité
pour son soutien et sa compréhension et tous mes collègues de travail et
amies ainsi que tous les travailleurs de la zone utilité / chaudières 400
T/h du complexe GL1/Z, pour leur aide précieux et leurs collaborations,
et à toutes les personnes que je n'ai pas citées, mais qui m'ont permises
de mener à bien mon travail.

L'ordre de mes remerciements n'a pas d'importance, car tous ceux que
j'ai nommés m'ont apporté un soutien décisif, à un moment ou un autre.

Résumé

Le complexe GL1/Z⁽¹⁾ qui fait parti du groupe Sonatrach situé dans le pôle industriel d'Arzew est une source d'émission de gaz à effets de serre via ces chaudières lors de l'opération de combustion, ce type d'émission est chronique mais peut être accidentel suite à une ou des défaillance(s) du système sociotechnique et qui se traduirait par un rejet très important de gaz à effet de serre principalement le dioxyde de carbone (CO₂).

Pour la maîtrise de la pollution, nous généralisons le concept de risque aux deux types de pollution, chronique et accidentel et nous développons une approche systémique d'appréhension des problématiques de risques. À l'appui de l'approche systémique nous appliquons des outils systémiques comme MADS-MOSAR⁽²⁾ et nous tentons une lecture « cindyniques » des problématiques de danger liées au champ du danger défini par la région d'Arzew, centré sur le complexe GL1Z et son système de combustion.

Cette première étape de l'application de MADS-MOSAR avec ces deux modules, va mettre en exergue les risques non maîtrisés de notre installation (chaudière), cela va nous permettre de proposer des barrières de type technique et organisationnel. Cependant pour arriver à la gestion de risque pollution nous effectuons dans une deuxième étape une évaluation quantitative de flux de danger et qualitative c'est-à-dire établir un bilan de matière afin de calculer le débit de chaque polluant, ensuite mesurer l'impact sur la santé des travailleurs en renseignant des questionnaires pour estimer le degré de prise de conscience de ces travailleurs sur les dangers dont ils sont exposés dans leurs postes de travail et quels sont les maladies dont ils souffrent, en se basant sur les rapports de médecins de travail pour compléter cette démarche d'évaluation d'impact sur les travailleurs. L'impact de la pollution atmosphérique sur la population est évalué par des études effectuées précédemment sur les populations sensibles (les écoliers) dans les localités limitrophes de la zone d'Arzew, quant à l'effet sur l'environnement et la population aussi, l'impact est mesuré par la modélisation du panache en utilisant un logiciel de simulation appelé ALOHA, nous obtenons ainsi une cartographie des risques.

La dernière étape consiste à proposer un procédé de captage pour réduire les émissions notamment le dioxyde de carbone et choisir parmi les techniques qui existe (postcombustion, précombustion, oxycombustion). Pour y parvenir, les critères sont : le degré de dangerosité, la faisabilité technique et la rentabilité économique, la présentation du procédé choisi est faite par un logiciel de simulation de procédés (HYSYS). Une étude comparative des dangers de chaque technique de réduction de CO₂ - séquestration (enfouissement géologique et océanique)- est présentée dans cette étude. Il est à signaler que le contexte actuel consiste à investir dans plusieurs usines pétrochimiques comme la fabrication de l'urée et les gaz industriels, qui sont installées dans la même zone celle d'Arzew et qui peuvent récupérer le CO₂ émis par nos installations.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

CO₂, risque, systémie, cindynique, séquestration,

MADS-MOSAR⁽²⁾: Méthodologie de Dysfonctionnement des Systèmes-Méthode Organisée et Systemique d'Analyse de Risque.

Abstract

The complex GL1/Z ⁽¹⁾ that makes left from the Sonatrach group situated in the industrial pole of Arzew is a source of emission of gas to greenhouse effects via these furnaces at the time of the operation of combustion, this type of broadcast is chronic but can be accidental following one or deficient(s) of the socio-technical system and that would be translated mainly by a dismissal very important of gas to greenhouse effect the dioxide of carbon (CO₂).

For the mastery of the pollution, we generalize the concept of risk to the two types of pollution, chronic and accidental and we develop a systemic approach of apprehension of the problematic of risks. In support of the systemic approach we apply systemic tools as MADS-MOSAR ⁽²⁾ and we tempt a reading "cindyniques" of the problematic of danger bound to the field of the danger defined by the region of Arzew, centered on the complex GL1Z and its system of combustion.

This first stage of the application of MADS-MOSAR with these two modules, go put in inscription the risks none mastered of our installation (furnace), it is going to allow us to propose gates of technical and organizational type. However to arrive to the management of risk pollution us do in a second stage a quantitative assessment of danger flux and qualitative that means to establish a balance of matter in order to calculate the debit of every pollutant, then to measure the impact on the health of the workers while informing some questionnaires to estimate the degree of awareness of these workers on the dangers of which they are exposed in their stations of work and what are the illnesses from of which they suffer, while being based on the reports of work medicines to complete this gait of impact assessment on the workers. The impact of atmospheric pollution on the population value by studies to do previously on the sensitive populations (the schoolchildren) in the adjacent localities of the zone of Arzew, as for the effect on the environment and the population the impact measure also, by the modeling of the plume while using software of simulation, we get cartography of the risks thus.

The last stage consists in proposing a process of catchment to reduce the broadcasts notably the dioxide of carbon and to choose among the techniques that exist (afterburner, precombustion, oxycombustion). To arrive there, the criteria are: the degree of danger, the technical feasibility and the economic profitability, the presentation of the chosen process is made by software of simulation of processes. A comparative survey of the dangers of every technique of reduction of CO₂ - sequestration (geological and oceanic burying) - is presented in this survey. It is to signal that the present context consists in investing in several petrochemical factories as the manufacture of the urea and the gases industrial, that are installed in the same zone the one of Arzew and that can recover the CO₂ gave out by our facilities.

Key words: Pollution, CO₂ broadcast, risk, systemic, cindynique, sequestration, valorization.

GL1/Z ⁽¹⁾: Complex of liquefied gas

MADS-MOSAR ⁽²⁾: Methodology of Systems-Method Dysfunction Organized and Systemic of Risk analysis.

DES MATIÈRES

Remerciements	
Résumé	
Abstract	
Liste des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale et problématique	

Chapitre I : LES EMISSIONS DE CO₂ / IMPACT SUR L'HOMME ET LA NATURE, PERSPECTIVES DE MAITRISE DE LEURS EFFETS DE SERRE 1

1. Les phénomènes de pollution atmosphérique	1
1.1 Sources et nature des polluants	1
1.2 Processus de pollution (Emission, transmission et déposition)	2
1.3 Systèmes atmosphériques et transport de polluants	3
1.4 Effet de la pollution (impact sur la santé et l'écosystème)	6
1.4.1 Risques pour la santé	6
1.4.2 Effets sur les animaux	6
1.4.3 Effet sur les végétaux	7
1.4.4 Effet sur les biens	7
1.4.5 Autres effets de la pollution atmosphérique	7
2. Emission de dioxyde de carbone, impact et techniques de maîtrise	9
2.1 L'effet de serre additionnel	9
2.2 Les propriétés de dioxyde de carbone	11
2.3 Sources et puits, cycles de carbone	12
2.4 Développement industriel et évolution de l'émission de CO ₂	12
2.5 Comment lutter contre les émissions de CO ₂ ?	14
2.6 Le captage et séquestration de CO ₂	14
2.6.1 Les techniques de captage de CO ₂	14
2.6.2 La séquestration du CO ₂	16
2.6.2.1 L'enfouissement géologique du CO ₂	16
2.6.2.2 L'enfouissement océanique du CO ₂	17
2.6.3 Des projets pour améliorer les techniques	17
2.6.4 La valorisation du CO ₂	18

Chapitre II : LE RISQUE /ANALYSE, GESTION ET CADRE REGLEMENTAIRE20

1. Cadre Méthodologique de l'étude, application d'outils systémiques pour l'analyse et gestion du risque	20
1.1 Approche systémique : Evolution d'une approche analytique déterministe et probabiliste vers une vision systémique, sociétale et réglementaire.....	21
1.1.1 Démarche générale	21
1.2 Science de danger et approche systémique	23

danger	24
iques	24
le (les axiomes cindyniques)	26
1.3.3 Outils méthodologiques de la science de danger	26
1.3.3.1 La Méthode MADS	26
1.3.3.2 La méthode MADS MOSAR.....	29
1.3.3.3 La Méthode APR : Analyse préliminaire des risques	32
1.3.3.4 L'arbre des défaillances	33
2. Cadre réglementaire	35
2.1 Contexte juridique et réglementaire spécifique de l'industrie des hydrocarbures et installations classées	35
2.1.1 Réglementations Algérienne.....	35
2.1.2 Réglementation Européenne SEVESO II.....	37
2.2 Contexte juridique et réglementaire pour la gestion du milieu atmosphérique.....	38
2.2.1 Réglementation Algérienne	38
2.2.2 Réglementation Internationale.....	40
3. Evolution de la réglementation au sein de l'entreprise	43

Chapitre III : RETOUR D'EXPERIENCE PAR RAPPORT A

L'ACCIDENTOLOGIE DES CHAUDIERES	45
1. Retour d'expérience par rapport à l'accidentologie des chaudières à gaz	45
1.1.1 Analyse des déficits, des incohérences et des vulnérabilités d'une organisation ayant amené à ces accidents	46
1.2 Les accidents survenus en France et à l'Étranger	48
2. Les enseignements tirés à partir des études menées par les scientifiques sur la question du changement climatique	51
2.1 Le dernier rapport de l'AIE	51
2.2 Les différents scénarios étudiés par le GIEC.....	52

Chapitre IV : DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE.....

1. Présentation du complexe de liquéfaction du gaz naturel N°1 (GL1/Z)	55
1.1 Situation géographique du site	55
1.2 Topographie	56
1.3 Géologie	56
1.4 Géotechniques.....	57
1.5 Sismicité	57
1.6 Environnement physique / Géomorphologie et paysages	57
1.7 Milieu naturels et sensibilité.....	57
1.8 Données Climatologiques.....	58
1.9 Situation Démographique.....	60
2. Description du procédé.....	61
3. Description de la chaudière 400T/H	63
3.1 Les composants d'une chaudière	64

DES SOURCES D'EMISSION PAR L'ANALYSE RE EN APPLIQUANT LA METHODE MADS

1. Etape préliminaire de la méthode : modélisation du système et décomposition en sous-systèmes	68
2. MODULE A (vision macroscopique de l'installation) - analyse principale des risques ..69	
2.1 Première étape du module A : Identification des sources de danger	70
2.1.1 Identification des sources de danger de chaque sous-système du système chaudière ..70	
2.1.2 Identification de processus de danger	70
2.2 Deuxième étape du module A : identification des scénarios de danger.....82	
2.2.1 La première partie de la deuxième étape du module A : Représentation des sous systèmes sous forme de boîtes noires	82
2.2.2 Présentation des scénarios courts et d'autodestructions d'une manière plus lisible82	
2.2.3 Du « processus de danger » à la classification des techniques du Danger : la notion de "point de vue"	90
2.2.4 Génération des scénarios composés	91
2.2.5 Construction des scénarios longs d'enchaînements d'événements (squelettes d'arbre logiques)	93
2.3 Troisième étape du module A : évaluation des scénarios de risque	95
2.4 Quatrième étape du module A : Négociation d'objectifs et hiérarchisation des scénarios	97
2.5 Cinquième étape du module A : Définition des moyens de prévention et de protection et qualification de ces moyens.	98
3. Conclusion du module A.....	101
 Chapitre VI : IDENTIFICATION DES SOURCES D'EMISSION EN APPLIQUANT MADS MOSAR/ MODULE B DE LA METHODE ET CES CINQ ETAPES :	102
1. Analyse des risques de fonctionnement (Vision microscopique de l'installation)	102
1.1 Première étape du module : Identification des risques de fonctionnement	102
1.1.1 Identification des dysfonctionnements opératoires	102
1.1.2 Identifier d'une manière détaillée les dysfonctionnements techniques	104
1.2 Deuxième étape du module B : évaluation des risques en construisant des arbres de défaillance (ADD) et en les quantifiant	116
1.2.1 Construire des arbres de défaillances sur les risques principaux.....	116
1.2.2 Quantifier les arbres de défaillance (ADD)	116
1.3 Troisième étape du module : Négociation des objectifs de prévention.....	122
1.4 Quatrième étape du module B : Affiner les moyens de prévention	125
2. Conclusion de L'analyse par MADS MOSAR : Lecture cindynique /Analyse systémique des dysfonctionnements (les déficits cindynogènes au niveau des chaudières)	129
 Chapitre VII : EVALUATION DU RISQUE DE POLLUTION	129
1. Evaluation quantitatif de la pollution atmosphérique (Calcul du flux et concentrations .	132
1.1 La position du point de rejet	133
1.2 Les quantités totales d'effluents rejetés en kg/h pour chacun des polluants	133

LE DES FIGURES

Figure 1.1 : Modèle simple pour l'émission, la transmission et la déposition des polluants dans l'atmosphère	2
Figure 1.2 : phénomène de brises côtières	4
Figure 1.3 : Effet des systèmes méso échelle sur les panaches de cheminées	5
Figure 1.4: Les mécanismes de l'effet de serre	8
Figure 1.5 : Emissions mondiales pour les divers gaz à effet de serre (excepté l'ozone), en milliards de tonnes équivalent CO ₂	10
Figure 1.6: Graphique de la concentration en dioxyde de carbone atmosphérique et graphique du flux de carbone vers l'atmosphère.	13
Figure 1.7: Modes de captage du CO ₂ Les trois voies de captage du CO ₂ les plus étudiées pour le moment.....	15
Figure 1.8: Options envisageables pour le stockage du CO ₂	17
Figure 2.1 : Organigramme du cadre méthodologique de l'étude	20
Figure 2.2: Représentation générale de l'approche systémique	22
Figure 2.3 : Présentation de l'hyperespace de danger.....	25
Figure 2.4: Le modèle MADS ou l'univers du danger	27
Figure 2.5: La typologie des flux de danger.....	28
Figure 2.6: Modélisation d'une installation industrielle	31
Figure 2.7: les deux modules, les dix étapes de MOSAR: le parcours complet du MOSAR	32
Figure 2.8: Portes logiques et symboles utilisés dans la construction d'un arbre de défaillances	34
Figure 3.1: Evolution de la demande d'énergie	51
Figure 3.2 : Evolution de la demande énergétique en limitant les gaz à effet de serre	52
Figure 3.3 : Les émissions de gaz à effet de serre selon les différents scénarios du GIEC	53
Figure 3.4 : Impacts fondamentaux en fonction de l'accroissement de température moyenne planétaire	55
Figure 4.1 : Image satellitaire du complexe GLIZ	56
Figure 4.2: Répartition interannuelle des précipitations sur Arzew	58
Figure 4.3 : Variation interannuelle de températures sur Arzew (ONM)	59
Figure 4.4 : Rose des vents sur Arzew.....	59
Figure 4.5 : Variation interannuelle des occurrences de brouillard et d'orage sur Arzew	60

.....L1/Z	61
.....>.....	64
Figure 4.8: Ballon de vapeur	65
Figure 4.9: Schéma de l'unité de récupération de chaleur.....	65
Figure 4.10: Schéma du système de brûlage	66
Figure 4.11 : Système OAP	66
Figure 5.1 : Décomposition du système en sous système	69
Figure 5.2 (Premier niveau de négociation) : Négociation des échelles	97
Figure 5.3 (Deuxième niveau de négociation) : Passage de la frontière.....	97
Figure 5.4 : Appréciation des scénarios à risques	98
Figure 5.5: Appréciation des scénarios de risques après négociation des barrières	101
Figure 6.1 : Matrice de criticité	104
Figure 6.2 : Appréciation des scénarios à risques	122
Figure 6.3 : Appréciation des scénarios à risques après négociation des barrières	128
Figure 7.1 : Les zones toxiques de NO ₂ - vent côté Nord.....	141
Figure 7.2 : Les zones toxiques de NO - vent côté Nord	142
Figure 7.3 : Les zones toxiques de CO ₂ - vent côté Sud ouest.....	143
Figure 7.4 : Les zones toxiques de NO ₂ - vent côté Sud ouest.....	143
Figure 7.5 : Les zones toxiques de NO - vent côté Sud ouest.....	145
Figure 8.1: Schéma de l'unité de prétraitement des fumées	153
Figure 8.2: Schéma de l'unité de séparation de CO ₂	153

DES TABLEAUX

Tableau 1.1 – Le niveau de contribution des gaz responsables à l'effet de serre d'origine anthropique.....	9
Tableau 1.2 – Le pouvoir de réchauffement global (PRG) des gaz à effets de serre	10
Tableau 1.3 : Propriétés de CO ₂	11
Tableau 2.1 : Le point de vue des techniques d'études des dysfonctionnements	29
Tableau 2.2 : Les valeurs limites, les objectifs de qualité, les seuils d'information et les seuils d'alerte sont fixés sur de l'air	39
Tableau 2.3 : Seuils des rejets industriels délimités dans la première section.....	39
Tableau 2.4 : Les différents valeurs recommandées pour divers polluants	42
Tableau 3.1 : Classification des accidents survenus en Algérie selon le concept de point de vue.....	46
Tableau 3.2 : Typologies et équipements à l'origine des 121 accidents extraite de la base ARIA du BARPI.....	49
Tableau 3.3 : Conséquences recensées des 121 accidents extraits de la base ARIA	49
Tableau 4.1 : Identification des sources d'émission au sein du complexe GL1Z.....	67
Tableau 5.1 : Le point de vue des techniques d'études des dysfonctionnements pour différents scénarios	91
Tableau 5.2 : Grille d'évaluation des scénarios	96
Tableau 5.3 : Les barrières et leurs évaluations	99
Tableau 6.1 : Quelques dysfonctionnements opératoires possible lors de la procédure de démarrage de la chaudière IHI	103
Tableau 6.2 : Définition des seuils de probabilité	104
Tableau 6.3 : Définition des seuils de gravité	104
Tableau 7.1 : Composition du combustible FGN (résultats du laboratoire)	134
Tableau 7.2 : Volume moyen du combustible	134
Tableau 7.3 : Débits moyen d'air et combustible (Données du Tableau de contrôle DCS)	135
Tableau 7.4 : Résultats du Calcul stœchiométrique des produits de combustion	136
Tableau 7.5 : Résultats d'analyses du laboratoire	137
Tableau 7.6 : Résultats de calcul.	138
Tableau 7.7 : Résultats de modélisation de CO ₂ . direction de vent côté nord.....	140
Tableau 7.8 : Résultats de modélisation du CO, direction de vent côté nord.....	141

on du NO ₂ , direction de vent côté nord.....	141
ation le Monoxyde d'azote NO.	142
Tableau 7.11 : Résultats de modélisation du CO ₂ , direction des vents côté sud ouest	142
Tableau 7.12 : Résultats de modélisation du CO, direction des vents côté sud ouest	143
Tableau 7.13 : Résultats de modélisation du NO ₂ , direction des vents côté sud ouest	143
Tableau 7.14 : Résultats de modélisation du NO, direction des vents côté sud ouest.....	144
Tableau 7.15 : Classification des polluants atmosphériques gazeux selon leurs propriétés chimiques.....	145
Tableau 7.16 : Résultats d'enquête menée sur un échantillon des travailleurs	148
Tableau 7.17 : Types de maladies chroniques dénombrés par la médecine de travail jusqu'au 31/12/2008 au sein du complexe GL1/Z.	149
Tableau 7.18 : Prévalence des affections respiratoires	150
Tableau 7.19 : Cas d'asthme enregistrés entre 2002 et 2005, tous âges confondus.....	150
Tableau 7.20 : Mortalité et morbidité hospitalière pour insuffisance respiratoire aiguë.....	151
Tableau 7.21 : Mortalité et morbidité hospitalière pour insuffisance respiratoire aiguë par tranche d'âge	151
Tableau 8.1 : Tableau cumulatif des résultats de calcul	154
Tableau 8.2 : les estimations financières des équipements.	161
Tableau 8.3 : Coûts du piping.	162
Tableau 8.4 : Coûts des travaux sur piping.....	162
Tableau 8.5 : Coûts des travaux de manutention et main d'œuvre	162
Tableau 8.6 : Coûts de capture du CO ₂	163

I PROBLEMATIQUE GENERALE

L'ensemble du monde scientifique s'accorde aujourd'hui à considérer que depuis l'époque industrielle, la pollution atmosphérique ne cesse de s'aggraver. Depuis le début de l'ère industrielle, les émissions de gaz à effet de serre et d'aérosols perturbent significativement le bilan radiatif de l'atmosphère.

La concentration de dioxyde de carbone (CO₂), est passée de 280 ppm (parties par millions) en moyenne avant cette époque, à 385 ppm environ actuellement (c'est-à-dire 385 molécules de CO₂ sur 1 million de molécules d'air), et continue d'augmenter chaque année de 1 à 3 ppm par an. Un niveau jamais atteint au cours des 650 000 dernières années, ce qui ne laisse, pour de nombreux experts, aucun doute, sur l'origine majoritairement humaine de cette augmentation.

En effet, d'après le quatrième rapport du Groupe Intergouvernemental d'Etude du Climat (GIEC), les rejets mondiaux annuels anthropiques augmentent, en 2007 les émissions de CO₂ sont 2,0 fois plus importantes qu'en 1971. Entre 1990 avec 20,9 Gt/an de CO₂ émis et 2005 (26,4) soit + 1,7 % par an durant cette période. Le total des émissions de CO₂ dans l'atmosphère est donc de 35 Gt de CO₂. La planète ne semble pouvoir en absorber qu'environ 11 Gt de CO₂, essentiellement dans les océans. On retrouve un supplément dans l'atmosphère de 24 Gt en 2007. Cet excédent d'émissions de CO₂ équivalent provenant, pour une part, de l'agriculture, de l'élevage et de la déforestation, mais aussi, en majorité, des énergies fossiles, sachant que le coût d'une (1) tonne de CO₂ dégagée dans l'atmosphère fait des dégâts évalués à plus de 2000 \$. Les combustibles fossiles (pétrole, gaz et charbon), représentent près de 90 % des énergies primaires commercialisées aujourd'hui et sont la principale source de gaz à effet de serre (GES).

L'excédent de ces GES d'origine anthropogénique ne représente qu'environ 2 % des échanges entre l'atmosphère, les océans et la végétation. Cependant, ces gaz s'accumulent dans l'atmosphère, où ils peuvent rester pendant plusieurs décennies voire, pour certains, plusieurs siècles. Ce phénomène, qui contribue à accroître l'effet de serre, pourrait potentiellement provoquer une déstabilisation du climat sur le long terme. Parallèlement, on constate une augmentation de la température moyenne du globe de 0,6 °C depuis 1860.

est l'un des plus gros défis de l'humanité pour les températures, fonte des glaciers, multiplication des sécheresses et des inondations sont autant de signes que le changement climatique est engagé. Les risques sont énormes pour la planète et les générations futures, et nous obligent à agir d'urgence. Effectivement après des années de tergiversations sur l'évidence d'un réchauffement climatique aux conséquences incalculables sur notre planète, on constate qu'il y a aujourd'hui une réelle prise de conscience du péril avec, à la clé, le lancement d'un important train de mesures de sauvegarde de l'environnement.

Parmi les premières mesures, l'instauration d'une politique climatique et ceci par la signature de plusieurs conventions qui ont aboutis à des recommandations comme celle de la taxe carbone, allant dans le sens du principe pollueur-payeur extension du marché des quotas des pays du nord du carbone à d'autres pays de sud, et également à d'autres industries.

La première réunion mondiale sur le climat remonte à 1979, Il y a eu ensuite le sommet de RIO en 1992, où 175 états signèrent un plan d'action pour le XXI^e siècle, « l'Agenda 21 ». Il fut convenu lors de cette réunion de stabiliser les émissions des GES au niveau de 1990 d'ici l'an 2000, le sommet fut suivi de réunions de la « conférence des parties de la conférence climatique dont celle de KYOTO en décembre 1997, qui a pris de dispositions pour que les pays signataires réduisent d'ici 2010 leurs émissions de gaz à effet de serre : de 5,2 % en moyenne pour les pays développés par rapport à 1990. Le protocole de Kyoto expirant en 2012, une nouvelle négociation s'est ouverte à Bali en 2007 dans le but de conclure un nouvel accord international sur l'après-Kyoto. La conférence des parties COP-15 de Copenhague en décembre 2009 n'a pas permis l'adoption d'un nouvel accord international, la prochaine conférence internationale sur le climat est prévue à Mexico, fin 2010.

Il y a également les moyens développés par la nature pour absorber le surplus du CO₂ de l'atmosphère et qui sont plus humains et justes, comme la reforestation par exemple sachant qu'une superficie de 300 km² peut absorber 1 000 000 de tonnes de CO₂ en plus de ses innombrables effets bénéfiques pour l'homme et la nature.

is pour maîtriser les émissions de gaz à effet de serre, termes de production et de consommation comme par exemple utiliser plus efficacement une énergie moins polluante, disposer de transports plus propres et plus équilibrés (propres et doux) et ce par la réduction de l'utilisation des énergies fossiles, mettre l'aménagement du territoire et l'agriculture au service de l'environnement par la régulation des émissions d'origine agricole et l'aménagement du territoire durable pour maîtriser les besoins de transports, amélioration de la performance énergétique du secteur du bâtiment aussi bien pour les logements anciens et récents, responsabiliser les entreprises sans compromettre leur compétitivité et créer un cadre favorisant la recherche et l'innovation.

Par ailleurs la croissance de la demande énergétique ne permettra pas de s'affranchir rapidement de l'utilisation des énergies fossiles ó pétrole, gaz naturel et charbon ó principales émettrices de gaz à effet de serre. Ce sont donc de fait un " mal nécessaire " tant les hydrocarbures tiennent une place essentielle et surtout continueront à assurer une partie très importante des besoins énergétiques mondiaux, compte tenu de la consommation croissante des pays en développement. Il s'agit là de la conséquence directe de la forte poussée démographique et d'une croissance économique dynamique, nécessaire pour accéder à davantage de prospérité. Cette tendance est au demeurant amplifiée par une urbanisation rapide, qui accompagne les progrès de l'industrialisation.

Pour concilier l'utilisation de ces ressources et la maîtrise des émissions responsables du réchauffement climatique, la solution passerait donc par l'adoption d'un nouveau modèle économique qui tienne suffisamment compte de la donne écologique. Un modèle qui ne prône pas du tout la décroissance, mais vise une croissance beaucoup plus qualitative que quantitative. Le concept est aussi simple qu'essentiel : faire en sorte que notre développement ne ruine pas les conditions de notre propre survie sur Terre.

La convergence des données scientifiques autour du réchauffement climatique rend urgent le déploiement dans le monde entier des technologies de réduction des émissions de gaz à effet de serre, des programmes de recherche sur des nouveaux équipements et procédés industriels moins émissifs, des options de promotion des énergies renouvelables (éolien, solaire, biomasse) et des opérations de mise en valeur de nouvelles technologies.

Le fait actuellement par trois voies, en postcombustion, pour la réduction voir l'élimination, le stockage géologique (en aquifères salins, réservoirs d'hydrocarbures et les réservoirs miniers) et l'enfouissement océanique constituent d'autres voies très prometteuse aux enjeux économiques et industriels considérables. Néanmoins ces procédés de stockage peuvent présenter des dangers sur l'écosystème, pour cette raison les scientifiques font des recherches pour identifier les risques qui accompagnent ce type de séquestration.

Parmi les plus importantes installations pilotes d'ores et déjà en fonctionnement et expérimentation, le projet européen **Castor** (entre 2004 et 2008) qui vise à permettre le captage et le stockage de 10 % des émissions de CO₂ en Europe, soit environ 30 % du CO₂ émis par les centrales électriques et les industries européennes. Une installation pilote a été mise en place au Danemark pour tenter de relever le défi du captage postcombustion du CO₂ dans les fumées d'une centrale thermique au charbon. Du côté du stockage, le projet Weyburn est mené au Canada depuis 2001. Le projet **Sleipner** se penche également sur l'étape de stockage du CO₂, mais lui dans les aquifères salins et depuis 1996, le pétrolier norvégien Statoil injecte ainsi tous les ans un million de tonnes de CO₂ dans un aquifère sous le fond de la Mer du Nord. Enfin, le projet européen **Recopol** étudie le stockage du CO₂ dans une veine de charbon en Pologne. D'autres projets ont été lancés sur les différentes étapes de la séquestration géologique du carbone, comme le réseau CO₂NET, le programme européen **Inca-CO₂**, le projet ENCAPÍ etc.

L'Algérie, concerné par le problème de pollution et changement climatique est parmi les pays qui ont ratifié les conventions internationales et à mis des seuils de rejets à travers les différents décrets notamment le décret exécutif n° 03-410 du 5 novembre 2003 fixant les seuils limites des émissions des fumées et des gaz toxiques, quand à la surveillance de la qualité de l'air, le décret exécutif n° 06-02 du 7 janvier 2006 a défini les valeurs limites, les seuils d'alerte et les objectifs de qualité de l'air en cas de pollution atmosphérique.

Les secteurs qui émettent beaucoup de CO₂ sont essentiellement le raffinage, la pétrochimie, la transformation du pétrole et du gaz, etc. Ces secteurs sont détenus en Algérie par la société nationale de transformation et commercialisation des hydrocarbures (groupe SONATRACH), pilote de l'industrie pétrolière et gazière, s'engage pour sa part à respecter les dispositions réglementaires et les recommandations professionnelles, et mettre en œuvre les meilleures pratiques qui couvrent des domaines aussi divers que la protection

protection du milieu naturel, la lutte contre les nuisances, la pollution de l'air, etc. En ce qui dit, Sonatrach est la première compagnie nationale de pétrole algérienne. Elle est impliquée dans des projets controversés en Libye, en Égypte, en Arabie Saoudite, en OPEP et des pays du sud qui contesteront les principes fondamentaux de la lutte contre le réchauffement climatique, en collaboration avec la société norvégienne Statoil, anglaise British Petroleum (BP), la société algérienne procède à la réinjection de CO₂ en aquifère salin, plus d'un million de tonnes de gaz sont injectées par an à In Salah, site gazier dans le sud ouest du Sahara algérien, à environ 2 km de profondeur. Ceci est considéré un laboratoire projet pour suivre le comportement des gaz dans le sous-sol.

Les activités du groupe Sonatrach ne se limitent pas aux opérations d'exploration et d'exploitation des puits au sud mais assure également les activités de raffinage et de commercialisation au nord du pays près de la mer méditerranéenne et ces activités sont génératrices de gaz à effet de serre. En effet dans le nord et plus précisément dans la ville d'Oran, le port de Arzew regroupe plusieurs usines pétrochimiques et gazières, ce port forme l'un des meilleurs abris naturels qui soient le long du littoral algérien, où une biodiversité de faune et flore. L'environnement naturel du site est constitué de forêts (au Sud) et un site d'intérêt écologique particulier (le Golfe d'Arzew) qui constitue le débouché de nombreux oueds, influencés par les activités anthropiques. Il contient la ressource halieutique (pêche) de la région Arzew / Mostaganem. Il est à signaler qu'en plus du changement climatique, l'atteinte à la biodiversité il y a le problème de maladies essentiellement respiratoires et qui a une relation avec les rejets atmosphériques de différentes usines. Effectivement, d'après les données du Service d'Epidémiologie et de Médecine Préventive d'Arzew (SEMEP) ayant enregistré parmi les populations sensibles tel que les écoliers, 4186 d'asthme entre l'année 2002 et 2005 dans les différentes localités avoisinantes à la zone industrielle d'Arzew).

Nous sommes face à deux défis majeurs, le premier est la protection de l'écosystème, l'homme y compris tout en assurant la continuité de la croissance économique. Le deuxième est quelle est la technique de réduction de CO₂ choisie, de telle sorte qu'elle soit fiable, viable et durable en maîtrisant les risques qui accompagnent sa mise en œuvre.

L'équation est difficile à résoudre, mais l'intérêt est de trouver un compromis en conjuguant le développement économique avec le respect de l'homme et son environnement et de concilier l'usage des hydrocarbures avec le développement durable.

Les stratégies trouvent leurs applications au sein de Cøest un terrain d'étude privilégié pour développer la problématique de réduction du CO₂. Notre mémoire s'attachera à revisiter les processus d'ingénierie technique, humaine, organisationnelle au sein du complexe GL1Z liés à la réduction du CO₂ émis par les chaudières 400 T/H.

Ce complexe de liquéfaction de gaz naturel numéro1 (GL1Z), à été conçu dans le but de réduire le volume de gaz naturel arrivant des puits à 600 fois (1m³ GN liquide = 600 m³ GAZ) par une transformation physique de l'état vapeur à l'état liquide avec une température de -162 C° afin qu'il soit facilement transportable et pour bien sûr vendre plus. Cette transformation est réalisée par l'échange frigorifique avec deux produits comprimés qui sont le propane et le MCR (multi composants réfrigérants qui est un mélange de méthane, éthane, propane et d'azote), la compression de ces deux produits se fait dans des compresseurs alternés par des turbines à vapeur. La vapeur nécessaire à la marche de ces machines alternantes est produite par six (06) chaudières à une capacité de 400 T/H et 17 autres d'une capacité de 136 T/H zone process. Les chaudières utilisent comme combustible de l'énergie fossile (gaz naturel et fuel gaz), et sont donc une source d'émission de pollution atmosphérique et des gaz à effet de serre. Les premières questions qui viennent immédiatement à l'esprit sont comment limiter ces gaz sans freiner la production et le développement économique ? Et quel procédé de captage de CO₂, ainsi que la technique de limitation choisir parmi les solutions que la technologie offre aujourd'hui ?

D'autres questions d'ordre technique surviennent maintenant, comment optimiser le procédé de captage choisi pour réduire les émissions de CO₂, voire les faire totalement disparaître, sachant que les émissions sont de type chronique, suite à une combustion complète et peuvent également être de type accidentel (aigue) par la combustion incomplète de FGN, liés aux dysfonctionnements des chaudières comme l'entraînement de vapeur, d'incendie, explosion, etc. Alors comment identifier ces émissions fugitives additionnelles ?

Quel modèle utiliser pour cette identification sachant que nous sommes devant un système dynamique complexe et que l'approche utilisée dans cette usine lors de l'établissement des études de dangers jusqu'à maintenant, est fondée sur une posture de simplisme et de sûreté de fonctionnement basée sur des méthodes empiriques et semi empiriques ?



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

- ✓ Analyse sécuritaire et environnementale via une étude globale des risques inhérents de l'exploitation des chaudières 400 T/h et ces émissions de CO₂ (identification de toutes les sources d'émission, évaluation de l'impact des émissions atmosphériques sur l'homme et l'environnement).
- ✓ Etude de faisabilité technique, économique d'un procédé de captage et possibilité de la valorisation de CO₂ ainsi qu'une étude comparative entre les différentes techniques de réduction de CO₂.

**CHAPITRE I : LES EMISSIONS
DE CO₂ : IMPACT SUR
L'HOMME ET LA NATURE,
PERSPECTIVES DE
MAITRISE DE LEURS EFFETS
DE SERRE.**

Les hydrocarbures fossiles comme le gaz et le pétrole est responsable de la pollution atmosphérique. La zone industrielle pétrochimique d'Arzew, un des principaux pôles industriels et économiques algérien constitue une des principales sources émettrice de gaz à effet de serre et de polluants d'origine diverse. CO₂, CH₄, SO₂, NO₂ etc. sont le lot quotidien à l'origine d'une pollution atmosphérique assez conséquente sur la région d'Arzew composée d'activités économiques, urbaines et agricoles.

Avant d'aborder, l'objet même de notre sujet de mémoire, la problématique des émissions de CO₂ de la zone industrielle d'Arzew et les perspectives de maîtrise des risques inhérents à cette émission notamment la pollution des milieux et l'atteinte à la santé humaine et animale, il est nécessaire de définir et de prendre connaissance des aspects de la pollution atmosphérique nés des rejets de polluants et de gaz à effet de serre.

1. Les phénomènes de pollution atmosphérique : se manifestent à différentes échelles des écosystèmes humains et naturels. Leurs conséquences sanitaires et environnementales, sont de plus en plus révélées et découverts en fonction des progrès techniques et scientifiques connus depuis 50 ans.

L'atmosphère joue un rôle majeur vis-à-vis de la régulation des climats et le maintien des conditions de la vie de la biosphère. Cependant, la qualité de l'air n'est rien d'immuable dans l'espace et dans le temps, car sa composition résulte d'équilibres complexes entre d'une part des apports permanents de matière provenant de sources naturelles ou liés aux activités humaines et, d'autre part l'élimination et le recyclage continu de cette matière par divers mécanismes physico-chimiques (dépôts de secs et humides de gaz et particules, transformations dans l'atmosphère, assimilation par la végétation, les océans ..). Le bilan de ces échanges est de plus en plus perturbé et notamment sous l'effet de l'activité humaine- La composition de l'air s'en ressent, avec pour risques des effets indésirables sur la santé et l'environnement.

Dans son acception juridique, la pollution de l'atmosphère est définie par la réglementation algérienne comme étant « l'introduction de toute substance dans l'air ou l'atmosphère provoquée par l'émanation de gaz, de vapeurs, de fumées ou de particules liquides ou solides susceptible de porter préjudice ou de créer des risques au cadre de vie ». (Journal officiel N° Loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable) ». [25]

1.1 Sources et nature des polluants :

Nous pouvons classer les types de polluants atmosphériques en deux catégories :

- **Les polluants primaires** qui sont émis directement de la source sans subir de transformation physique ou chimique,

nt formés de réactions chimiques entre les polluants
s dans l'atmosphère, comme c'est le cas des polluants
primaires SO₂ ou NO₂ qui peuvent être transformés en d'autres composés en réagissant
avec d'autres composant de l'air, et on parlera de polluants *secondaires* suivants : O₃,
HNO₃, ou H₂SO₄.

Généralement les deux sources d'émission de polluant que les scientifiques ont défini
sont :

A/ Sources d'émission et polluants atmosphériques d'origine anthropique : Ces sources
peuvent être classées à leur tour selon plusieurs critères selon qu'elles sont fixes ou
mobiles, ponctuels ou diffusés, ou qu'elles résultent de phénomènes de combustion ou plus
spécifiques.

B/ Sources naturelles : les volcans, les tempêtes de sable, des décharges électriques dues
aux éclairs. De même les animaux et les plantes sont à l'origine de l'émission dans
l'atmosphère de composés comme le dioxyde de carbone ou le méthane, d'une manière
naturelle, par la respiration, la fermentation ou d'autres processus liés au métabolisme.

1.2 Processus de pollution (Emission, transmission et déposition) : Divers facteurs
émissifs interviennent :

- les activités locales (aspects qualitatif et quantitatif), le climat, l'importance relative
des sources ponctuelles ou diffusés,
- les caractéristiques des effluents : hauteur, vitesse et température d'éjection,
dispositifs de dépollution, nature et flux des polluants.

Le transport des polluants de l'air est décrit par trois éléments fondamentaux : **une source**,
d'où provient le polluant, **l'atmosphère**, dans laquelle le composé, émis sous forme de gaz,
d'aérosols ou de particules solides, atteint un **récepteur** (voir figure 1.1).

On dénomme les processus qui ont ainsi lieu : émission, transmission et dépôt.

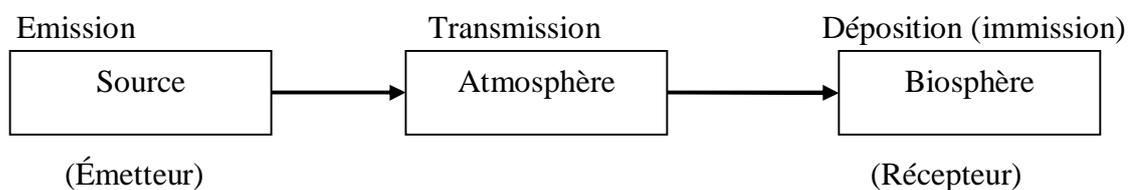


Figure 1.1 : Modèle simple pour l'émission, la transmission et la déposition des polluants
dans l'atmosphère

Dans cet enchaînement d'ordre général le mot **émission** signifie la conversion ou la
libération dans l'atmosphère ouverte des polluants de l'air tels que les poussières, les
composés métalliques, le dioxyde de soufre, le monoxyde de carbone, ou les oxydes
d'azote à partir des sources d'émission (les plantes, les volcans, les moteurs à combustion
ou les cheminées).

processus, au cours desquels la position et la répartition ouverte varient sous l'influence de phénomènes d'agitation ou suite à d'autres effets physiques ou chimiques, parfois à la place du terme *transmission*, on dit aussi *transfert*, *propagation* ou *partition*.

Enfin, par le terme *déposition*, on exprime le fait des polluants ou les produits issus de leur transformation atteignent un autre compartiment de l'environnement. La *déposition* on dirait l'*émission* par rapport à un récepteur peut avoir lieu dans toutes les parties de la biosphère, par exemple en direction du sol, de l'eau, ou des plantes. L'effet final concerne avant tout les êtres vivants, l'être humain inclus.

Des composés à durée de vie suffisamment élevée peuvent être transportés dans l'atmosphère sans subir de transformations, avant qu'ils ne déposent à la surface de la terre, très loin de leur source d'émission. Pendant le transport, divers processus peuvent diffuser vers d'autres couches ; ils peuvent atteindre la surface de la terre sans le concours de la pluie, de la neige et autres précipitations ou avec leur aide. On parle alors respectivement soit de *déposition sèche*, soit de *déposition humide* ; ils peuvent aussi se présenter sous forme d'aérosols ou être associés à des aérosols. La *déposition* d'un composé déterminé est donc soumise à des nombreuses influences. À côté du temps de vie moyen, d'autres paramètres jouent un rôle, comme :

- La hauteur de l'introduction de cette substance dans l'atmosphère ;
- Les conditions météorologiques dans la zone de dépôt prise en compte (par exemple effets du vent, activité pluviale) ;
- La taille et par conséquent la mobilité de la particule qui contient le composé ;
- Les propriétés de la surface, sur laquelle le composé est déposé. [2]

1.3 Systèmes atmosphériques et transport de polluants :

Les mouvements atmosphériques et les phénomènes qui y sont reliés sont classés en quatre catégories selon leur dimension horizontale :

- 1- Macro échelle (1000km et plus)
- 2- Échelle synoptique (± 1000 km)
- 3- Mésos échelle (1km à centaines de km)
- 4- Micro échelle (mm à 5km)

Le transport et la diffusion des polluants sont gouvernés par les systèmes atmosphériques couvrant tout le spectre des dimensions horizontales. Par exemple, les polluants émis par les voitures sont d'abord dispersés par les mouvements à micro échelle dans la couche limite planétaire. Leurs transports et diffusions sont influencés par la circulation à méso échelle associée, par exemple aux îlots de chaleur urbains ou aux brises océaniques. Pour les polluants tenaces, les systèmes à l'échelle synoptique, tels que les cyclones et anticyclones, déterminent les trajectoires principales pour le transport à travers le continent. Finalement, la circulation à macro échelle, comme les courants jets, transporte les polluants à travers l'hémisphère.

Ces systèmes sont reliés à la géographie et à la topographie d'une région qui a une influence sur le coulement de l'air. Cette influence produit deux types de coulement, soit une circulation induite thermiquement, et une mécaniquement.

La circulation induite thermiquement est due à la présence d'un gradient de température horizontale. Un gradient de densité se produira alors, avec une basse pression en altitude au dessus de la région froide et une haute pression au-dessus de la zone chaude, ce qui accentue la cellule de circulation thermique. Ce type de cellule a beaucoup d'applications reliées à la dispersion des polluants dans la couche limite. Voici quelques exemples.

Brise de mer et de terre : Ce phénomène est dû à la différence de température entre la mer et le continent causée par le cycle de réchauffement et refroidissement diurne. Le jour, le sol étant plus chaud que la mer, les vents proviennent de la mer et pénètrent sur le continent et peuvent s'étendre jusqu'à 10 km comme indiqué sur la figure 1.2-a.

Les vents les plus forts se produisent en après-midi lorsque le contraste de température est le plus élevé. Durant la nuit, au contraire, la brise est dirigée vers la mer comme illustré dans la figure 1.2 - b. Ce phénomène profite aux citoyens des grandes villes côtières la nuit, car la brise de terre disperse les polluants en dehors de la ville.

Par contre, le jour, la brise de mer ramène les polluants sur les côtes. Les plus petites villes aux alentours peuvent recevoir les polluants des grands centres urbains à cause de cette brise, aux grands désarrois de la population.

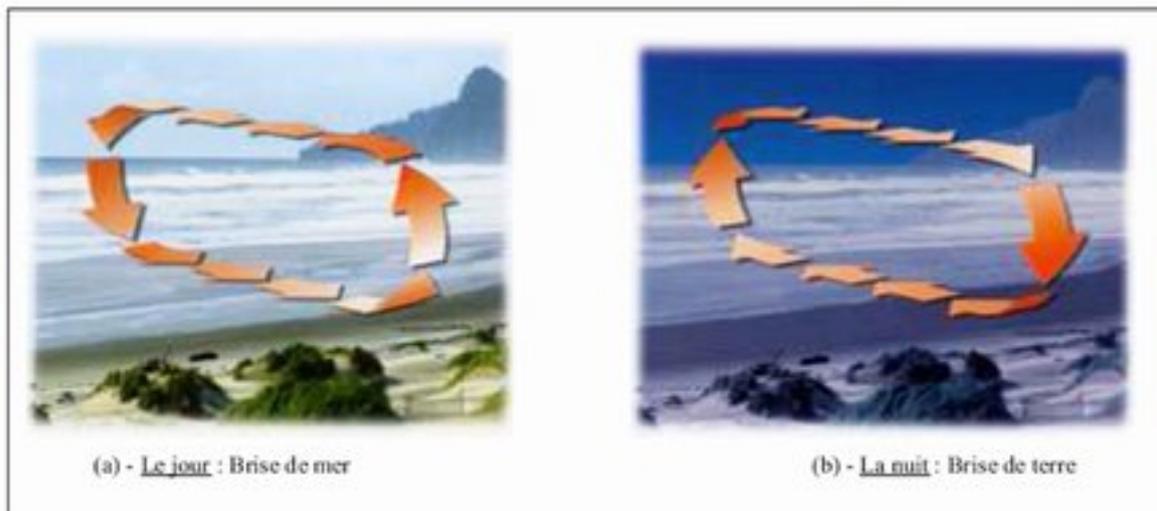


Figure 1.2 : phénomène de brises côtières

L'influence du système méso-échelle sur la dispersion est illustrée à travers la figure 1.3 pour des cas d'émissions de polluants par des cheminées. On constate les trajectoires induites par les circulations thermiques, sous l'influence des phénomènes cités précédemment, des polluants émis. On notera que ces phénomènes se produisent dans la

ans l'influence des autres phénomènes à plus grandes

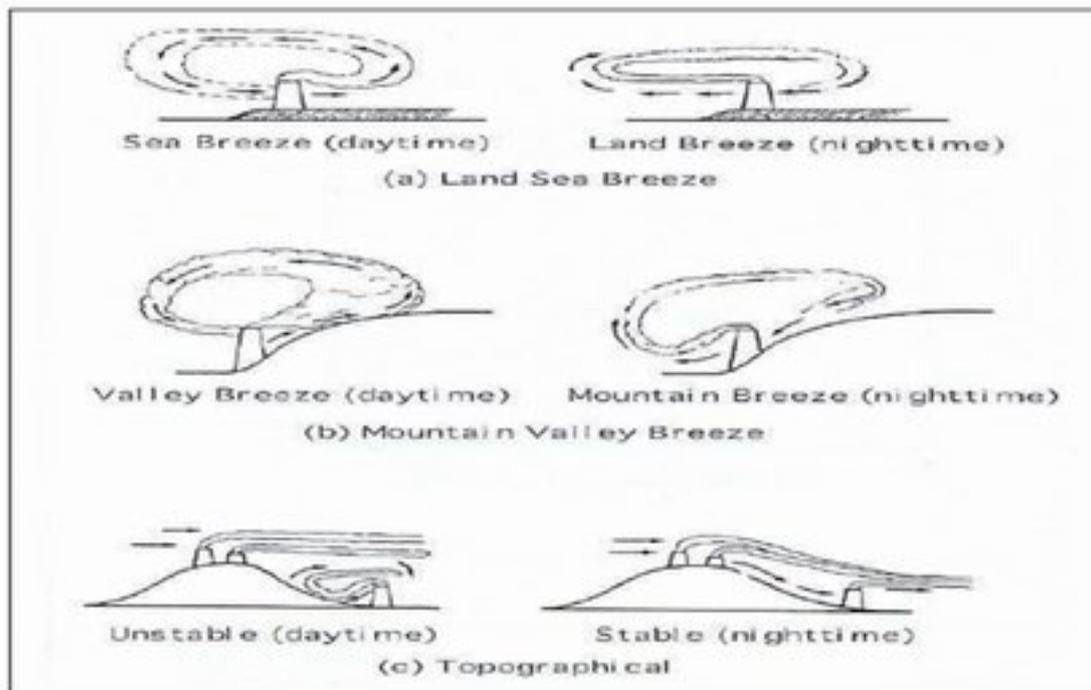


Figure 1.3 : Effet des systèmes méso échelle sur les panaches de cheminées

B/ Micro échelle :

À cette échelle, les processus de transport sont confinés à la couche limite. Comme les sources de polluants atmosphériques y sont situées, le transport et la dispersion de ces polluants dépendent de la structure thermique et dynamique de cette couche.

L'importance de la connaissance des vents, de la stabilité, et donc de la turbulence est alors essentielle à la compréhension de la dispersion. Le profil vertical du vent horizontal dans la couche limite détermine la vitesse et la direction avec laquelle un polluant sera dispersé avec la hauteur.

Durant le jour, le vent est assez uniforme avec une hauteur de la couche de mélange assez grande dû au réchauffement radiatif engendrant de la turbulence jusqu'à l'échelle de la couche limite.

Durant la nuit, le refroidissement crée une inversion en surface et dissipe la turbulence. Ces vitesses et directions du vent fluctuent beaucoup aléatoirement avec le temps et selon le endroit, la topographie, le type de sol et les systèmes météorologiques présents. C'est cette caractéristique fondamentale de la couche limite qui produit la diffusion des polluants. [3]

1.4 Effet de la pollution (impact sur la santé et l'écosystème) :

1.4.1 Risques pour la santé : les pollutions de proximité (près des sources d'émission) urbaines ou de type industriel, présentent surtout des risques pour la santé. Les effets liés à des pollutions élevées telles qu'on pouvait en rencontrer dans les années 1950/1970 ne se rencontrent plus actuellement. Quatre mille décès furent attribués au smog londonien de 1954 où le taux de SO₂ a dépassé 2 000 mg/m³.

De nos jours, les risques proviennent surtout d'expositions chroniques de plus faibles niveaux dont les effets à court terme et surtout à long terme sont plus difficiles à appréhender, dans la mesure où de nombreux facteurs de confusion sont à prendre en compte. Les données convergent cependant pour attribuer à la pollution de l'air un rôle dans le développement ou l'aggravation de nombreuses pathologies, notamment sur l'appareil respiratoire de populations sensibles (enfants, insuffisants respiratoires, personnes âgées...), voire la cancérogenèse. Ces données proviennent de travaux toxicologiques (études in vitro sur modèles biologiques, études in vivo...) et d'études épidémiologiques.

Les effets sont classés en deux groupes :

- ✓ **Les effets à court terme** qui sont les manifestations cliniques, fonctionnelles ou biologiques survenant dans des délais brefs (quelques jours ou semaines) suite aux variations journalières des niveaux ambiants de pollution atmosphérique ;
- ✓ **Les effets à long terme** qui peuvent survenir après une exposition chronique (plusieurs mois ou années) à la pollution atmosphérique et qui peuvent induire une surmortalité et une réduction de l'espérance de vie.

L'exposition à long terme aux particules fines conduit à un risque accru de cancer du poumon et à une augmentation du risque de décès toutes causes et plus spécifiquement par maladies cardio-respiratoires.

Il a été démontré que l'exposition à certains polluants atmosphériques (notamment les particules) est responsable d'effets dits sans seuil, c'est-à-dire que le risque de mortalité augmente avec l'exposition.

1.4.2 Effets sur les animaux :

Les animaux, comme les êtres humains, sont sensibles à la pollution atmosphérique et peuvent manifester certains troubles lorsque des concentrations de polluants se sont maintenues à un niveau élevé pendant un certain temps. On dispose d'un certain nombre d'observations qui permettent de penser que certaines espèces sont sensibles à l'action de certains polluants atmosphériques, prise comme indicateur biologique. C'est ainsi par exemple qu'on a signalé de nombreuses disparitions d'essaims d'abeilles au voisinage des usines d'aluminium, zone fortement polluée par le fluor.

Dans les mêmes régions, nombre d'insecte tels les coléoptères, seraient en voie de disparition ce qui, par voie de conséquence, a entraîné la raréfaction des animaux

ces observations de la faune, tenir compte de l'impact

Les vers à soie seraient très sensibles à l'action des polluants atmosphériques et leur diminution dans les régions d'élevage serait la conséquence directe de la qualité de l'air ambiant. Les polluants pénètrent dans les animaux soit par inhalation directe soit par ingestion d'une nourriture, en général végétale, déjà imprégnée.

1.4.3 Effet sur les végétaux :

Parmi les divers polluants atmosphériques, c'est surtout le SO₂ et dérivés du fluor qui semblent exercer sur les végétaux les ravages les plus prononcés. Ceci explique que se sont multipliés les études de toutes sortes, tendant non seulement à décrire les atteintes dont sont victimes les végétaux, mais aussi à sélectionner des espèces résistantes de manière à les implanter dans les zones où un type de pollution donnée est susceptible d'exister.

1.4.4 Effet sur les biens :

Deux actions des polluants sont importantes, par leurs conséquences économiques, d'une part, l'attaque des matériaux de construction, en particulier des matériaux ferreux et du zinc des toitures, par les composés acides, et d'autres part, le dépôt sur les façades des immeubles, des particules de suie, provoquent des salissures, qui sont responsables du triste aspect de bien des cités. [32] [41]

1.4.5 Autres effets de la pollution atmosphérique :

✓ **Pluies acides :** Les pluies normales ont un pH moyen de 5.6, cependant le pH des pluies acides est nettement plus faible de 4 à 4,5.

Le terme de pluies acides désigne les retombées au sol d'espèce acidifiantes vis-à-vis des écosystèmes : dépôts humides de polluants incorporés dans les précipitations (pluie, neige, brouillard...), dépôts secs de gaz et de particules. Les polluants à l'origine des pluies acides sont les composés du soufre et de l'azote. Ces gaz évoluent chimiquement dans l'air pour former des acides ou leurs sels, que l'on retrouve notamment dans les nuages et les précipitations. D'autres polluants tels que l'acide chlorhydrique (émis lors de l'incinération de certains déchets plastiques) ou l'ammoniac (émis par certaines activités agricoles) contribuent également aux pluies acides.

Les effets liés aux pluies acides découlent principalement de modifications des équilibres chimiques des milieux récepteurs (augmentation de la solubilité de l'aluminium ou d'autres métaux toxiques pour la faune et la flore, lessivage d'éléments minéraux utiles à la nutrition des végétaux, etc.). Les composés de l'azote peuvent également contribuer à des phénomènes d'eutrophisation.

✓ **Le Trou de la couche d'ozone :** En haute altitude (15 à 25 km), l'ozone de la stratosphère forme une couche d'environ 3 mm d'épaisseur qui filtre la quasi-totalité du rayonnement ultraviolet à faible longueur d'onde émis par le soleil. Sans la couche d'ozone, les UV à haute énergie risqueraient d'atteindre les êtres vivants dont les molécules organiques seraient altérées, compromettant gravement la survie de la

ment à l'origine d'une augmentation substantielle des pathologies, notamment oculaires.

Dés les années 1970, des scientifiques ont démontrés les dangers d'une utilisation massive et irrationnelle des composés chlorofluorocarbonés (CFC) considérés comme les principaux responsables de l'agression de la couche de l'ozone. Sous l'action de photons très énergétiques, les molécules de CFC sont dissociées par les UV; les atomes de chlore libérés dissocient à leur tour l'ozone.

Le trou d'ozone découvert au-dessus de l'Antarctique, qui pourrait en être une conséquence, a fait prendre conscience des dégâts irréparables causés à l'atmosphère par les activités industrielles.

✓ **Le smog photochimique** : brouillard polluant composé d'un mélange de fumées (*smoke*, en anglais) et de brouillard (*fog*, en anglais). La compilation des deux mots a donné « Smog » il se forme quand le taux d'humidité est élevé et que l'air est si calme.

Le smog réduit la transparence de l'air et irrite souvent les yeux et le système respiratoire. Le 4 décembre 1952, un anticyclone s'était installé au-dessus de Londres. L'absence de vent, et l'humidité de l'air aidant, un brouillard épais s'était formé et avait pesé quatre jours sur la ville et avait fait environ 4 000 décès.

✓ **Effet de serre** : L'effet de serre est un processus naturel de réchauffement de l'atmosphère qui intervient dans le bilan radiatif de la Terre. Il est dû aux gaz à effet de serre (GES) contenus dans l'atmosphère, à savoir principalement la vapeur d'eau (qui contribue le plus à l'effet de serre), le dioxyde de carbone CO_2 et le méthane CH_4 . Grâce à ce phénomène naturel, appelé " effet de serre" (en angl. Green house effect), la température moyenne de l'air à la surface de la Terre est d'environ 15°C . Sans ce thermostat naturel, la température moyenne serait inférieure d'environ 33°C et se situerait autour de 0°C , rendant impossible la vie telle que nous la connaissons aujourd'hui. (C'est Svante August ARRHENIUS qui fut le premier à évoquer ce phénomène en 1896).



Figure 1.4: Les mécanismes de l'effet de serre Source GES_Climato2006-TOTAL

On peut bien illustrer cet effet par une vitre- d'où son nom par analogie avec la pratique en culture et jardinerie de construire des serres, espaces clos dont une ou plusieurs faces sont transparentes. So le rayonnement solaire parvient sur le sol à travers la vitre (l'atmosphère) à l'intérieur de la serre, la vitre, comme l'atmosphère, réfléchit une partie du rayonnement qui avait été de nouveau émis à partir du sol de la serre. L'intensité de ce rayonnement réfléchi varie en fonction de la transparence de la vitre aux courtes ou aux longues longueurs d'onde; pour cette raison, la température augmente au niveau du sol, et donc à l'intérieur de la serre. Lorsqu'un corps émet une radiation accompagnée d'une augmentation de la température, fournissant aussi plus de chaleur, il s'établit un nouvel équilibre thermique entre l'énergie rayonnée par le soleil et l'énergie émise à nouveau par le sol, et par conséquent, pour un rayonnement solaire inchangé, il en résulte une température moyenne plus élevée à la surface du sol. [2]

2. Emission de dioxyde de carbone, impact et techniques de maîtrise :

2.1 L'effet de serre additionnel : Depuis quelques temps, on parle d'un effet de serre additionnel, quelques gaz mineurs en sont responsables dont les teneurs augmentent de façon significative depuis quelques années.

On appelle *gaz à effet de serre mineurs* les gaz mineurs présents dans l'atmosphère, qui ont une influence sur les radiations émises par le sol vers l'espace et peuvent provoquer ainsi un réchauffement des couches d'air proches de la terre. Il s'agit de composés gazeux présents dans l'atmosphère, qui peuvent absorber le rayonnement infrarouge et le restituer.

Quels sont les gaz impliqués dans l'effet de serre et leurs niveaux de contribution à cet effet mis à part Ozone (O₃) et la Vapeur d'eau (H₂O)?

Plus d'une quarantaine de gaz à effet de serre ont été recensés par le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Évolution du Climat (GIEC) parmi lesquels figurent :

ition des gaz responsables à l'effet de serre d'origine

anthropique		
Dioxyde de carbone (CO₂)	70%	Combustion des énergies fossiles (pétrole, charbon) et de la biomasse.
Protoxyde d'azote (N₂O)	14%	Activités agricoles, combustion de la biomasse et des produits chimiques comme l'acide nitrique.
Méthane (CH₄)	12%	Agriculture (rizières, élevages). Production et distribution de gaz et de pétrole, extraction du charbon, combustion du pétrole et du charbon, décharges.
Les gaz fluorés (HFC, PFC, SF₆)	4%	Systèmes de réfrigération et employés dans les aérosols et les mousses isolantes, industrie des semi-conducteurs. Les gaz fluorés ont un pouvoir de réchauffement 1 300 à 24 000 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone et une très longue durée de vie. C'est pourquoi ils représentent un réel danger malgré la modeste part qu'ils représentent dans les émissions totales de GES.

Source : CITEPA – <http://www.citepa.org/>

Quelle est la contribution de chaque gaz à l'effet de serre ?

La contribution à l'effet de serre de chaque gaz se mesure grâce au pouvoir de réchauffement global (PRG). Ce pouvoir se définit comme le "forçage radiatif" (c'est-à-dire la puissance radiative que le gaz à effet de serre renvoie vers le sol), cumulé sur une durée de 100 ans. Cette valeur se mesure relativement au CO₂.

Les gaz à effet de serre, sont mesurés en équivalent carbone. Par définition, 1 kg de CO₂ vaut 0,2727 kg d'équivalent carbone, c'est-à-dire le poids du carbone seul dans le composé "gaz carbonique".

Pour les autres gaz, l'équivalent carbone vaut : équivalent carbone = PRG relatif x 0,2727
C'est-à-dire :

Tableau 1.2– Le pouvoir de réchauffement global (PRG) des gaz à effets de serre.	
Dioxyde de carbone (CO₂)	0,273
Méthane (CH₄)	6,27
Protoxyde d'azote (N₂O)	81,27
Perfluorocarbures (PFC)	1772,73 à 2372,73
Hydrofluorocarbures (HFC)	38,2 à 3190,9
Hexafluorure de soufre (SF₆)	6518,2

Comme c'est indiqué dans les tableaux précédents, l'effet de serre additionnel d'origine humaine vient d'autres gaz, dont la contribution n'est pas totalement marginale, Les gaz

représentent environ 40% du problème, comme c'est le cas pour le méthane :

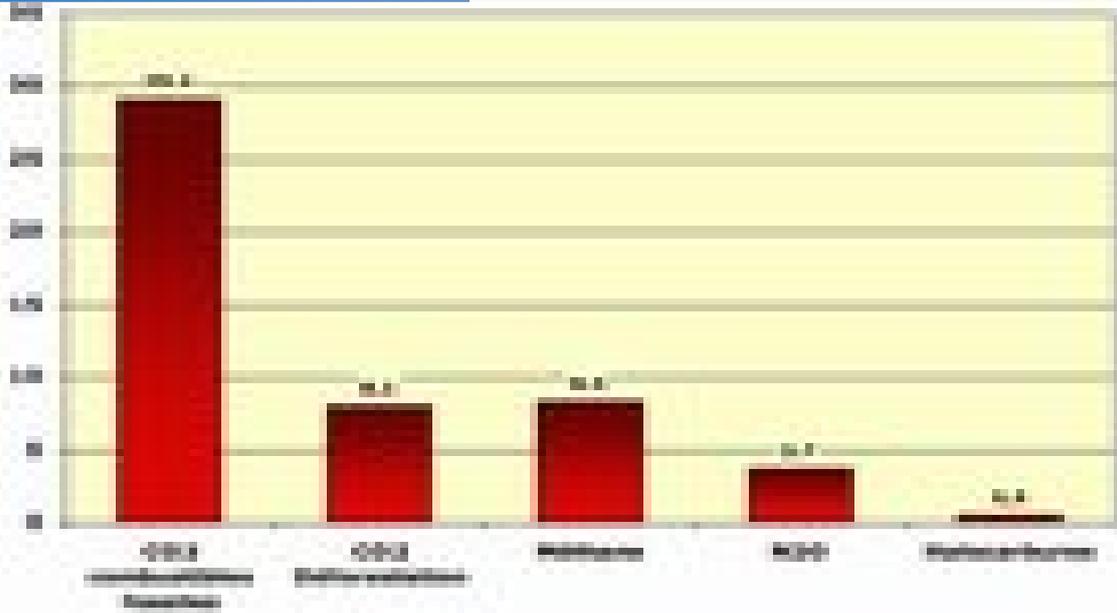


Figure 1.5 : Emissions mondiales pour les divers gaz à effet de serre (excepté l'ozone), en milliards de tonnes équivalent CO₂. Source : GIEC, 2007

Quelles sont les propriétés du principal gaz à effet de serre et quels sont ces sources d'émissions ?

2.2 Les propriétés de dioxyde de carbone (Extrait de la fiche toxicologique INRS-édition 2005) :

- **Numéro CAS** : N° 124-38-9
- **Numéro CE (EINECS)** : N° 204-696-9
- **Synonymes** : Anhydride carbonique, Neige carbonique, Carboglace.

Propriétés physiques

À température et pression ordinaires, le dioxyde de carbone est un gaz incolore, inodore, incombustible, à saveur piquante, plus lourd que l'air se sublime à pression atmosphérique à la température de -78,5 °C.

Il est soluble dans l'eau, à raison de 88 ml de dioxyde de carbone pour 100 ml d'eau à 20 °C, avec formation d'acide carbonique H₂CO₃.

Ses principales caractéristiques physiques sont les suivantes :

Tableau 1.3 : Propriétés de CO₂.

Masse molaire	44,01
Point de fusion	ó 56,6 °C à 526 kPa
Point de sublimation	ó 78,5 °C
Point critique	31,1 °C à 7 478 kPa
Densité du gaz (air = 1)	1,53
Tension de vapeur	5860 kPa à 21 °C

Propriétés chimiques :

À température ordinaire, le dioxyde de carbone est un produit très stable. Sa dissociation ne devient appréciable qu'entre 1000 et 2000 °C. Le produit anhydre n'attaque pas les métaux et alliages usuels. Humide, par contre, le dioxyde de carbone est corrosif. Seuls les aciers inoxydables (type 316, 309, 310), les Hastelloy - et le Monel-sont alors utilisables. À haute température, le dioxyde de carbone est incompatible avec le molybdène, le tungstène, le fer, les aciers et alliages à base de nickel, qu'il oxyde. À température ordinaire, le produit est compatible avec la plupart des élastomères et matières plastiques.

Quotidiennement, l'homme expire en moyenne plus de 700 g (>350 l) de CO₂ ; la proportion volumique du CO₂ de l'air expiré est d'environ 4,0 %. Le CO₂ n'est pas véritablement un gaz toxique. Par inspiration, l'homme tolère jusqu'à 2,5 % de CO₂ en volume, des heures durant, sans grands dommages, CO₂ exerce un fort impact sur le centre respiratoire ; la respiration s'accélère et devient plus profonde ; pour cette raison, l'oxygène utilisé pour des opérations de la réanimation contient parfois 5% de CO₂. [39]

2.3 Sources et puits, cycles de carbone :

L'atmosphère de la terre contient à peu près 2,35.10¹² t de CO₂, les océans en contenant environ 1,3.10¹⁴ t (au-delà de 50 fois plus) en partie sous forme de CO₂ dissous, en partie de carbonates CO₃²⁻, mais principalement sous forme d'hydrogencarbonates, (HCO₃⁻). Les émissions de dioxyde de carbone s'élèvent mondialement à environ 850.10⁹ t par an. Sur ce chiffre, environ 50% proviennent de la respiration et de la décomposition biologique. La combustion des combustibles fossiles et les brûlis ne constitue qu'à peu près 2 à 4,5 %.(On évalue les émissions de CO₂ provenant des termites aux environs de 50.10⁹ t/an ; elles correspondent à peu près au double de toutes les émissions anthropogéniques réunies).

Les principales sources d'émission : On distingue :

- **Les émissions anthropiques ;** ce sont les chauffages, véhicules, unités d'incinération et différents types de combustion ou fermentation. Les moteurs et unités de combustion normaux émettent des effluents gazeux (cheminées, pots d'échappement, réacteurs d'avions...) contenant en moyenne 20 % de CO₂, lequel se dilue rapidement dans l'air, sauf dans certaines zones confinées (garage...). Ce CO₂ pourrait par ailleurs agir sur la santé et l'environnement en synergie avec d'autres polluants (NO_x et certaines micro- et nanoparticules notamment). Les émissions de « process » ou de « procédé » sont les émissions résultant directement d'un procédé chimique (ex : décarbonatation) mis en œuvre dans la fabrication, et non dues à l'utilisation d'énergie. Elles sont aussi à prendre en compte dans les bilans carbone, de même que celles induites par tout le cycle du

les minerais, gestion des stériles, déconstruction et fin

- **Les émissions naturelles**, qui sont d'origine volcanique, liée aux incendies de forêts, ou plus largement à la respiration animale et végétale et à celle des organismes du sol (fonge, bactéries, protozoaires...). Ce CO₂ représente la plus grande part, et il ne pose normalement pas de problème majeur de toxicité, hormis dans quelques cas très particuliers (accumulation de poche de CO₂ dans des creux, par exemple lors d'émissions brutales de CO₂ d'origine géologique, issus d'un dégazage brutal de gaz piégé sous les sédiments de fonds de lacs africains ; dans ce cas des centaines de milliers d'animaux et des centaines d'humains peuvent mourir asphyxiés dans les vallées périphériques). [2]

2.4 Développement industriel et évolution de l'émission de CO₂:

Le principal gaz à effet de serre d'origine humaine - augmente, et non seulement il augmente, mais il a même tendance à augmenter de plus en plus vite, comme on peut facilement le constater ci-dessous.

Evolution constatée des émissions mondiales du seul CO₂ provenant des combustibles fossiles, en millions de tonnes de carbone. Le lien entre développement industriel et émissions de CO₂ est manifeste, et fonctionne dans les deux sens : les seules occasions de diminution des émissions de CO₂ nous ont été fournies par des événements peu agréables (guerres, récessions...).

Le lien entre degré "d'avancement" industriel et niveau des émissions est malheureusement très fort ; ainsi, si l'on répartit les émissions mondiales de CO₂ entre les pays "développés", et pays en développement, qui n'en ont pas, il est facile de constater que :

- ✓ L'essentiel des émissions mondiales en 1990 vient des pays industrialisés (qui ne représentent pourtant qu'un (01) milliard d'être humains)
- ✓ Les pays en cours d'industrialisation ont cependant des émissions en hausse plus rapide (et ils ont aussi une croissance économique plus forte), avec pour conséquence que, tendanciellement, les pays "en développement" rattraperont les pays "développés" en 2020.

Figure 1.6: Graphique de la concentration en dioxyde de carbone atmosphérique et graphique du flux de carbone vers l'atmosphère. Source : Emission CO₂- wikipédia

Malheureusement, le scénario souvent retenu est que, d'ici à 2030, la demande en énergie va continuer à croître et sera toujours satisfaite à 80 % par l'utilisation d'énergie fossile, émettrice de CO₂. La forte hausse des émissions est principalement alimentée par la croissance de la population et du produit intérieur brut par habitant. Elle n'a été que faiblement compensée par la baisse continue de l'intensité énergétique. Les pays industriels, avec 20% seulement de la population mondiale, sont responsables de 46 % des émissions. Les émissions mondiales continueront de croître dans les prochaines décennies.

es émissions de 2000 de 25% à 90%, atteignant entre
quivalent CO₂ au lieu de 43 milliards de tonnes

d'équivalent CO₂ en 2000. La majeure partie de cette hausse proviendra des pays en
développement.

2.5 Comment lutter contre les émissions de CO₂ ?

Les solutions pour lutter contre les émissions de CO₂ sont de trois types :

- Réduction des consommations d'énergie : La maîtrise de la consommation d'énergie représente un premier moyen d'action, une réduction de la consommation peut être le résultat d'une modification des habitudes de consommation, elle peut également être obtenue à travers des engagements négociés dans un secteur économique.
- Mise en œuvre de combustibles ou de carburants émettant moins de CO₂ par unité d'énergie produite, la substitution du gaz naturel au charbon comme combustible dans une centrale thermique permet une réduction sensible (d'environ un facteur 2) des émissions de CO₂.
- Un recours accru au nucléaire ainsi qu'aux énergies renouvelables peut être un autre moyen envisagé.
- L'utilisation de biomasse comme combustible et de biocarburants peut également contribuer à améliorer le bilan CO₂, dans la mesure où le carbone émis peut être considéré comme recyclé au cours de l'étape de production de la biomasse. Chacune de ces filières possède des limitations propres qu'il est indispensable de prendre en compte dans l'analyse de la globalité du processus.
- Captage, stockage géologique et océanique du CO₂.

2.6 Le captage et séquestration de CO₂:

2.6.1 Les techniques de captage de CO₂ : Trois techniques sont aujourd'hui disponibles pour y parvenir : la postcombustion, la précombustion et l'oxycombustion.

✓ **La postcombustion :** Elle consiste à extraire le CO₂ des fumées de combustion, souvent à l'aide d'un solvant chimique liquide comme le Mono Ethanol Amine (MEA). Celui-ci se lie spécifiquement au CO₂ et le couple solvant-CO₂ est extrait du reste de la fumée. Puis le solvant et le CO₂ sont séparés à leur tour par un procédé thermique qui permet la régénération du solvant. Cette technique est aujourd'hui bien maîtrisée et présente l'avantage de pouvoir être appliquée aux installations existantes puisqu'elle ne nécessite aucune modification matérielle des usines rejetant les fumées.

✓ **La précombustion :** Cette technique a été mise au point pour tenter de réduire les coûts du captage du CO₂. Elle vise à « décarboniser » le combustible avant sa combustion, en le traitant avec de la vapeur d'eau et de l'air (vaporeformage) ou avec de l'oxygène (oxydation partielle). Il s'agit là de transformer le combustible en un mélange de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrogène, qui sont ensuite séparés par un solvant. L'hydrogène sert alors à la production d'énergie sans émission de CO₂. Tandis que le

en CO₂. Cette technique, déjà utilisée à l'échelle en diminuant un peu le coût du procédé.

- ✓ **L'oxycombustion** : Actuellement en développement, cette troisième technique a pour objectif d'obtenir une fumée de combustion directement très concentrée en CO₂ et donc de limiter au maximum la présence d'azote.

Le procédé consiste à réaliser la combustion en présence d'oxygène pur au lieu de la réaliser en présence d'air (composé à 80 % d'azote). Les gaz de combustion contiennent alors essentiellement du CO₂ et de la vapeur d'eau, facilement extraite.

L'inconvénient majeur de cette méthode : l'extraction de l'oxygène pur de l'air consomme beaucoup d'énergie et occasionne des coûts de captage du CO₂ assez élevés.

Une alternative est donc envisagée pour pouvoir se passer de l'oxygène pur : la voie dite « **de la boucle chimique** » utilise un oxyde métallique pour fournir l'oxygène nécessaire à la combustion. En clair : deux réacteurs sont reliés entre eux pour former cette boucle chimique. Le premier est composé d'un métal qui s'oxyde au contact de l'air ; le second est une chambre de combustion dans laquelle le métal oxydé est injecté en présence du combustible. Celui-ci consomme l'oxygène du métal (qui est donc régénéré et peut servir à la combustion suivante) pour donner un mélange de CO₂ et d'eau. Cette solution permet de réduire à la fois les dépenses énergétiques (il n'est plus nécessaire de séparer l'oxygène de l'air) et les coûts du captage (dans ce cas, la tonne de CO₂ capté revient à 25 dollars).

Figure 1.7: Modes de captage du CO₂ Les trois voies de captage du CO₂ les plus étudiées pour le moment (Source : GIEC – Rapport 2005)

2.6.2 La séquestration du CO₂ :

2.6.2.1 L'enfouissement géologique du CO₂ :

Les technologies de séquestration géologique du CO₂ ont connu un regain d'intérêt ces dernières années. Elles consistent à capter le CO₂ à la source, dès qu'il est émis, et à le piéger ensuite dans des formations géologiques, sur terre ou en mer.

Si il était possible de capter le CO₂ et de le stocker pendant quelques siècles, il serait alors envisageable de différer son rejet dans l'atmosphère à une période où l'utilisation des énergies fossiles serait dépassée et où les émissions de gaz à effet de serre n'atteindraient plus un seuil problématique.

Selon le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), cette technique pourrait traiter 20 à 40 % des émissions mondiales de CO₂ d'ici à 2050 et contribuer pour 10 à 15 % à l'effort total de réduction des émissions d'ici à 2100.

Mais pour atteindre de tels objectifs, il faut relever deux défis majeurs : celui de la technologie et celui de l'économie.

le CO₂ capté et arrivé à bon port, il faut le stocker de
une période, des milliers d'années si possible. **La**
profondeur du stockage est également un élément important à prendre en compte : si elle
est supérieure à 1 000 mètres, le CO₂ atteint l'état supercritique, il est plus condensé, et
cela permet donc d'en stocker davantage dans un même espace. Selon ces critères, trois
lieux de stockage retiennent pour le moment l'intérêt : les réservoirs de pétrole ou de gaz
naturel en fin de vie, les veines de charbon trop profondes pour être exploitées et les
aquifères salins. Là encore, chacun a ses avantages et ses inconvénients.

É Utiliser les **réservoirs de pétrole ou de gaz** est assez sécurisant puisqu'ils ont prouvé,
des milliers d'années durant, qu'ils étaient capables de stocker des hydrocarbures de façon
étanche. L'industrie pétrolière et gazière connaît bien ce type de réservoir et il existe
d'ailleurs déjà une pratique des pétroliers qui consiste à injecter du CO₂ dans un champ de
pétrole pour en diminuer la viscosité, améliorer ainsi sa mobilité et augmenter son taux de
récupération. Comme les infrastructures ont déjà été mises en place pour l'exploitation du
gaz ou du pétrole, elles pourraient également servir au stockage du CO₂, ce qui permettrait
de réduire les coûts. Malheureusement, le volume global ainsi disponible pour le stockage
se révèle très insuffisant par rapport aux besoins.

É L'injection du CO₂ dans **les veines de charbon** trop profondes pour être exploitées, ne
consiste pas véritablement en un stockage tel quel du CO₂, mais plutôt en l'absorption du
CO₂ par le charbon. Ce procédé est encore à l'étude et ne sera envisageable que si les
veines de charbon utilisées peuvent être recouvertes de couches étanches.

É De la même manière, **l'exploitation des aquifères salins** semble une hypothèse de
stockage prometteuse, à condition de mener des travaux plus poussés pour réunir toutes les
conditions nécessaires à un stockage à long terme.

Les aquifères sont en effet constitués de roches poreuses et perméables, souvent gorgées
d'eau salée impropre à la consommation, et peuvent s'étendre sur plusieurs milliers de
kilomètres, ce qui offre de grandes capacités de stockage. Seulement, pour être utilisables,
ils doivent être recouverts de couches étanches et situés à plus de 800 mètres de
profondeur.

2.6.2.2 L'enfouissement océanique du CO₂ :

Le carbone est naturellement présent en large quantité dans l'océan (40 000 Gt C) sous
forme d'ions carbonate et bicarbonate. Sa capacité d'absorption additionnelle du CO₂ est
grande, mais la vitesse à laquelle ce phénomène se déroule est lente. Si les eaux
superficielles s'équilibrent avec l'atmosphère en un temps relativement bref (de l'ordre de
quelques années), les eaux océaniques profondes n'échangent avec les eaux de surface à
travers la thermocline que sur des échelles de temps de l'ordre de la centaine au millier
d'années. La stratégie de stockage du CO₂ dans les profondeurs océaniques consiste donc
à accélérer ce processus en injectant directement le CO₂ en profondeur, sous la
thermocline.

Les principales techniques imaginées sont les suivantes:

surface de blocs de glace carbonique (densité = 1,56) qui s'accumulent et se dissolvent dans les couches profondes;

- ✓ La dispersion du CO₂ en profondeur (500 à 3000 m) à partir de navires de surface ou par pipelines transportant le CO₂ depuis la côte;
- ✓ L'injection de CO₂ liquéfié dans des fosses océaniques, avec comme objectif la formation de lacs de CO₂ stables.

Figure 1.8: Options envisageables pour le stockage du CO₂

Source GIGC

2.6.3 Des projets pour améliorer les techniques : Pour pouvoir développer la séquestration géologique du CO₂ à une échelle industrielle et relever les défis techniques de cette méthode, plusieurs projets ont vu le jour avec pour objectif l'amélioration des procédés de captage et de stockage.

Expérience Algérienne : Le site gazier de **In Salah**, en Algérie, permet lui aussi d'étudier le stockage dans un aquifère salin, mais cette fois sur terre : tous les ans, 1,2 million de tonnes de CO₂, extraites du gaz naturel puisé sur le site, sont réinjectées dans un aquifère souterrain.

Différents projets dans le monde : Parmi les plus importantes installations d'ores et déjà en fonctionnement, le projet européen **Castor** (entre 2004 et 2008) vise à permettre le captage et le stockage de 10 % des émissions de CO₂ en **Europe**, soit environ 30 % du CO₂ émis par les centrales électriques et les industries européennes.

Une installation pilote a été mise en place au **Danemark** pour tenter de relever le défi du captage postcombustion du CO₂ dans les fumées d'une centrale thermique au charbon.

Du côté du stockage, le projet **Weyburn** est mené au **Canada** depuis 2001.

Le projet Sleipner se penche également sur l'étape de stockage du CO₂, mais lui dans les aquifères salins. Depuis 1996, le pétrolier norvégien **Statoil** injecte ainsi tous les ans un million de tonnes de CO₂ dans un aquifère sous le fond de la Mer du Nord.

Enfin, le projet européen **Recopol** étudie le stockage du CO₂ dans une veine de charbon en Pologne.

D'autres projets ont été lancés sur les différentes étapes de la séquestration géologique du carbone, comme le réseau CO₂NET, le programme européen Inca-CO₂, le projet ENCAPÍ etc. [5]

2.6.4 La valorisation du CO₂: Quoiqu'il soit gaz à effet de serre, Le dioxyde de carbone est présent à l'état naturel dans l'atmosphère. Le taux normal varie de 0,03 à 0,06 % en volume. Il est bien sûr intéressant de valoriser le CO₂ capturé en le transformant en produit commercialisable, permettant ainsi de réduire les surcoûts liés à la capture.

Le CO₂ est actuellement utilisé pour différentes applications industrielles parmi lesquelles :

- L'extraction pétrolière (Enhanced Oil Recovery) et gazière (Enhanced Coal Bed Methane Recovery),

-).
- t par an), (conservation et gazéification des boissons, refroidissement et congélation des denrées alimentaires, extraction de la caféine et du houblon par le dioxyde de carbone supercritique) ;
- la fabrication des engrais,
 - Le refroidissement (pour le barbage ou le broyage) des caoutchoucs, matières plastiques ;
 - L'extinction des feux [dioxyde de carbone liquéfié sous pression, seul (neige carbonique) ou associé à d'autres gaz inertes;
 - La synthèse de l'urée ;
 - La protection des soudures (soudage TIG et MIG); Le traitement de l'eau;
 - Les cultures sous serres ;
 - La production photosynthétique accélérée de biomasse (par exemple la production d'algues);
 - la fabrication de carburant (éthanol ou méthanol) par hydrogénation;
 - La conversion en carbonates pour la fabrication de matériaux de construction (par exemple la sidérite FeCO_3) ou pour le stockage en surface;
 - Des applications médicales (lasers, cryothérapie en dermatologie, réanimation en mélange avec de l'oxygène).
 - La production de carbone black comme agent de vulcanisation dans la fabrication des pneus, comme matériau composite dans l'industrie automobile et l'aéronautique pour l'allégement des structures, ou encore comme pigment dans l'élaboration des peintures.

Par ailleurs, du dioxyde de carbone peut se former lors de combustions, de putréfactions (Eaux résiduelles : égouts, puits), de fermentations alcooliques et malolactiques (vinification)

CHAPITRE II : LE RISQUE. ANALYSE, GESTION ET CADRE REGLEMENTAIRE.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

Étude, application d'outils systémiques pour :

Les émissions de CO₂ dans le cadre général de l'industrie pétrochimique est abordé dans notre étude à travers les rejets de ce gaz à effet de serre par les chaudières 400 T/hr et leurs impacts en termes de risques sur la santé humaine et l'environnement.

Il s'agit d'appréhender dans un premier temps les rejets de CO₂ dans l'atmosphère et leurs impacts en tant que pollutions affectant les milieux naturels et la santé humaine. Cette première partie de l'étude tentera de diagnostiquer le phénomène des pollutions chroniques dûes au CO₂ rejeté par les chaudières et les perspectives de limiter les risques environnementaux, sur les milieux naturels et la santé humaine et animale.

Dans une seconde partie nous nous plaçons dans une optique d'analyse de risques liés aux pollutions accidentelles générées par une ou des défaillance(s) du système sociotechnique de combustions via les chaudières et qui se traduirait par un rejet très important de gaz à effet de serre (CO₂).

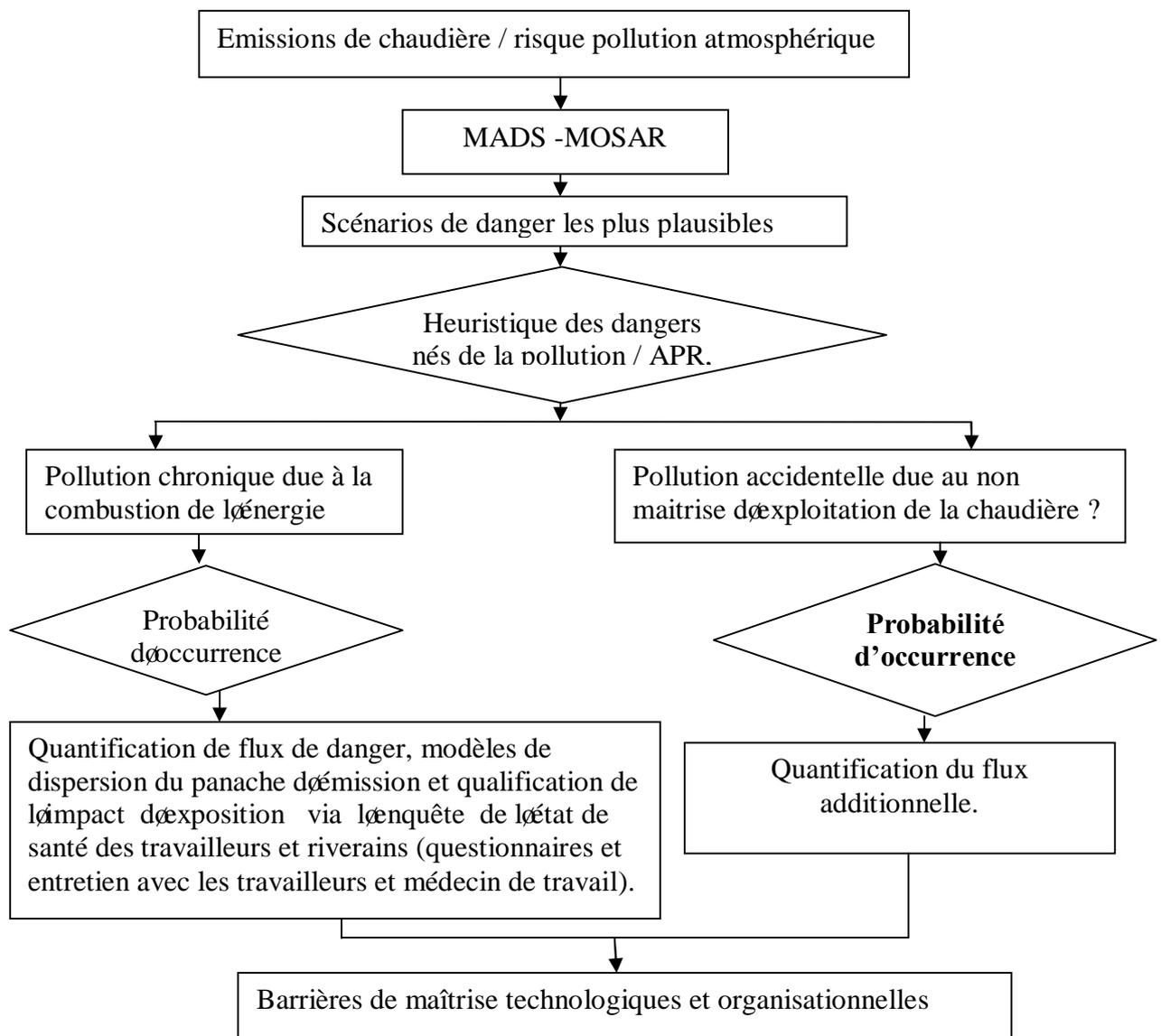


Figure 2.1 : Organigramme du cadre méthodologique de l'étude

généraliser le concept de risque aux deux types de et nous développerons une approche systémique d'appréhension des problématiques de risques. À l'appui de l'approche systémique nous appliquerons des outils systémiques comme MADS-MOSAR et nous tenterons une lecture « cindyniques » des problématiques de danger liées au champ du danger défini par la région d'Arzew, centré sur le complexe GL1Z et son système de combustion.

1.1 Approche systémique : Évolution d'une approche analytique déterministe et probabiliste vers une vision systémique, sociétale et réglementaire

Nous sommes de plus en plus confrontés à la complexité et au changement des systèmes et les méthodes usuelles ne permettent pas de prendre correctement en compte cet accroissement de complexité. Certes cette dernière a toujours existé même si sa perception est récente. Pendant longtemps, dans leur quête de connaissance et de sagesse, les hommes ont recherché des explications simples et logiques à la luxuriance du monde.

Ce fut d'abord le programme de la philosophie puis, à l'âge moderne, celui de la science positive fondée sur la méthode cartésienne et caractérisée par la tentative de réduction de la complexité à ses composants élémentaires. Fabuleuse méthode d'ailleurs, puisqu'elle est à l'origine des grands progrès réalisés par la science au cours des 19^{ème} et 20^{ème} siècles. "Si nous ne changeons pas notre façon de penser, nous ne serons pas capables de résoudre les problèmes que nous créons avec nos modes actuels de pensée" disait Albert Einstein.

L'«Approche Système» est indissociable du concept de « système ». C'est une méthodologie de représentation, de modélisation d'un objet actif (lui-même actif dans un ensemble en interaction dynamique), finalisé, physique ou immatériel en interaction avec l'environnement à travers un flux de matière, d'énergie ou d'informations. Elle permet d'analyser ou de spécifier les systèmes complexes et d'étudier leur comportement au cours du temps.

Celle-ci, aussi appelée *systémique (système)*, envisage les éléments d'une conformation complexe, les faits, non pas isolément mais *globalement*, en tant que parties intégrantes d'un ensemble dont les différents composants sont dans une relation de dépendance : Cette approche utilise un *modèle* établi sur la base des caractéristiques et des propriétés des *systèmes*.

1.1.1 Démarche générale :

L'approche systémique regroupe les démarches théoriques, pratiques et méthodologiques, relatives à l'étude de ce qui est reconnu comme trop complexe pour pouvoir être abordé de façon réductionniste, et qui pose des problèmes de frontières, de relations internes et externes, de structure, de lois ou de propriétés émergentes caractérisant le système comme tel, ou des problèmes de mode d'observation, de représentation, de modélisation ou de simulation d'une totalité complexe.

concrète d'un certain nombre de concepts tels que: régulation, organisation, finalité, vision globale, évolution, etc. Elle prend forme dans le processus de **modélisation**, lequel utilise largement le langage graphique et va de l'élaboration de modèles qualitatifs, en forme de "cartes", à la construction de modèles dynamiques et quantifiés, opérables sur ordinateur et débouchant sur la simulation.

Combinant en permanence connaissance et action, la systémique se présente comme l'alliance indissoluble d'un savoir et d'une pratique. La considération du graphe de synthèse ci-dessus va nous conduire à présenter très logiquement la systémique sous forme de deux parties :

- la systémique, un savoir et des concepts
- la systémique, une méthode et un apprentissage. [13]

Figure 2.2: Représentation générale de l'approche systémique. [13]

1.2 Science de danger et approche systémique :

Avant d'aborder la science de danger, il est nécessaire de rappeler quelques concepts essentiels à cette science telle que **le risque** qui est un concept quantitatif à deux dimensions (trois pour certains auteurs) :

- Probabilité d'occurrence (à priori) ou fréquence (à posteriori) de l'Événement Non Souhaité, ainsi que ;

- La gravité de cet Événement Non Souhaité.

....et leurs niveaux d'acceptabilités pour un individu, une population ou un écosystème.

Il représente également la quantification du danger d'un système, et est le résultat de l'existence simultanée de trois termes :

É **une source de danger** : des substances chimiques dangereuses, activité tectonique .

É **une cible** : autrement dit un récepteur du danger et de ses effets ; les cibles peuvent être l'homme, les ressources en eau, la faune, la flore et les biens matériels;

É **un transfert** possible des substances dangereuses de la source vers la cible.

Le schéma conceptuel doit représenter ces trois composantes et leurs relations pour *une situation* donnée (scénario). C'est une représentation d'une situation, il met en évidence les mécanismes de réalisation du risque, il est valable pour une situation et un usage donné.

Le danger (danger, hazard) : « une propriété intrinsèque à une substance (butane, chlore,...), à un système technique (mise sous pression d'un gaz,...), à une disposition (élévation d'une charge), à un organisme (microbes), etc.í ... de nature à entraîner un dommage sur un élément vulnérable ».

identifie l'Événement Non Souhaité (E.N.S.) et sa (ou
me, on ne le quantifie pas ».

Élément vulnérable (*vulnerable element*) : « Éléments tels que les personnes, les biens ou les différentes composantes de l'environnement susceptibles, du fait de l'exposition au danger, de subir, en certaines circonstances, des dommages. »

Synonymes : « cible », « enjeux », « intérêt à protéger »,

La Science du Danger (SD) est le corps de connaissances qui a pour objet d'appréhender les Événements Non Souhaités (E.N.S.).

Nous appelons Événements Non Souhaités (E.N.S.) les phénomènes susceptibles de provoquer des effets non souhaités sur l'individu, la population, l'écosystème, l'installation. Ils sont issus de et s'appliquent à la structure, l'activité, l'évolution des systèmes naturels et artificiels

Le verbe appréhender signifie pour nous : représenter - modéliser, identifier, évaluer, maîtriser, gérer (gestion tactique) et manager (gestion stratégique). Nous proposons d'appréhender ces Événements Non Souhaités aussi bien au niveau des systèmes sources de danger qu'au niveau de leurs effets possibles sur les systèmes cibles du **danger**.

La Science du Danger est constituée de connaissances appartenant à des techniques du danger variées, structurées autour de **problématiques**, de **méthodes** et de **d'outils** identifiés (Ergonomie, Sécurité et Hygiène industrielle, Fiabilité Humaine, Sécurité du Travail, Sécurité des installations, Sûreté de fonctionnement, Génie sanitaire, Ecologie appliquée, Epidémiologie, Toxicologie industrielle, Gestion de crise...). Ces Techniques du Danger puisent elles-mêmes les connaissances qui les constituent dans un grand nombre de disciplines appliquées (Physiologie du travail, Ecologie, Toxicologie, Droit du travail, de l'environnement, Ingénierie, Epidémiologie, Psychosociologie du travail, Sociologie des organisations...). Les disciplines appliquées étant à leur tour liées aux disciplines fondamentales (Mathématiques, Physique, Chimie, Biologie, Droit, Economie, Ecologie, Sociologie...). [53]

1.3 Les cindyniques ou sciences du danger :

À la suite d'un colloque inaugural du mouvement à Paris (UNESCO 1987) sont apparues les cindyniques (du grec kindunos danger) qui réunissent autour de cette nouvelle science une équipe pluridisciplinaire de responsables d'horizons très divers.

Les dix premières années de recherches en cindyniques ont permis de dégager une première série de concepts que nous rappelons brièvement.

1.3.1 Les principaux concepts cindyniques :

Le premier concept est celui de **situation**. Ce concept oblige à définir ce dont on veut parler dans une étude de danger. Conformément à la théorie moderne de la description, il faut pour définir une **situation de danger (situation cindynique)** :

Préciser le champ de l'étude de dangers.

ÉLimites de temps,

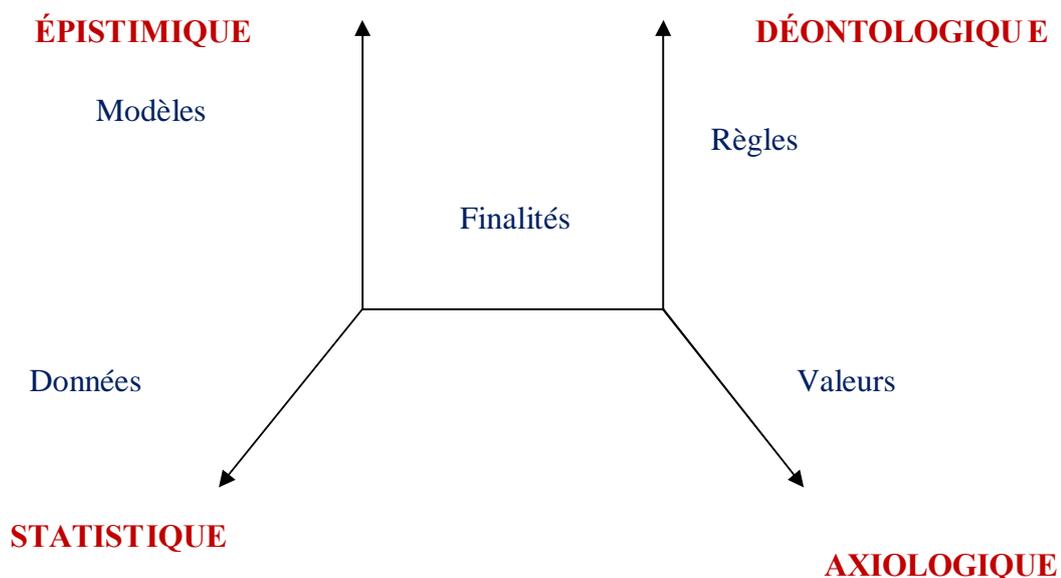
ans l'étude.

Préciser le "regard" porté sur cet ensemble.

Ce regard porté sur le danger, cette perception du danger, se fait au stade actuel par référence à **5 dimensions différentes**,

- i. **La dimension des faits de mémoire de l'histoire et des statistiques** : C'est ce que l'on stocke dans les banques de données des grands systèmes de retour d'expérience.
- ii. **La dimension des représentations et modèles élaborés à partir des faits** : C'est la banque de **connaissances** qui sert d'appui aux calculs de physique, chimie, résistance des matériaux, mécanismes de propagation, de contagion, d'explosion, de géocindyniques (inondations, volcanismes, tremblements de terre, glissements de terrains par exemple).
- iii. **La dimension des objectifs** : Il s'agit pour chacun des réseaux impliqués dans la situation d'explicitier sa stratégie. En l'absence d'une explicitation concertée des acteurs d'une situation cindynique, on constate une dérive vers des échecs plus ou moins graves.
- iv. **La dimension des normes, lois, règles, standards et codes de déontologie, obligatoires ou de libres adhésions, contrôlées à priori ou non, etc....** : Il s'agit des lois, codes et règlements ainsi que des Normes.
- v. **La dimension des systèmes de valeur** : Quand nous disons que la patrie est en danger, nous désignons un patrimoine objet de la menace qui, à l'examen, contient des valeurs fondamentales dont le respect peut conduire la population à des sacrifices de grande ampleur.

Cette espace à cinq dimensions communément appelé **l'hyperespace du danger**, est un outil qui permet de déterminer ou découvrir les situations particulièrement cindynogènes dans un ensemble complexe d'interactions systémiques.



- M:** Mnésique, les données chiffrées, les statistiques, les faits
- E:** Épistémique, les modèles
- T:** Téléologique, les finalités, les objectifs
- D:** Déontologique, les règles, règlements, normes ou lois
- A:** Axiologique : système de valeurs, les valeurs, les croyances

On observera qu'en combinant ces dimensions différentes, on obtient des domaines d'étude et de réflexion familiers :

- **La dimension des faits et celle des modèles** se combinent dans le retour d'expérience, technique de base des questionnaires de risque des grandes entreprises,
- **La dimension des objectifs, celle des normes et celle des valeurs** se combinent dans le domaine de l'éthique en action. L'identité peut être décrite en termes de REGLES /normes et de VALEURS. Les conflits qui se développent expriment des **dissonances cindyniques**. La fabrication du danger dans les situations cindyniques résultent des **dissonances entre deux ou plusieurs réseaux d'acteurs** évoluant dans la même situation.

1.3.2 Des principes de portée générale (les axiomes cindyniques): Ces principes sous-tendent l'émergence des dissonances et des déficits.

ÉLe premier principe est à l'origine du concept de situation. C'est un principe dit de "**relativité**" qui pose que la **perception du danger** est relative à la situation et à l'acteur qui la perçoit.

ÉLe second principe dit de "**conventionalité**" indique que les **mesures du risque**, (le "risque" est le produit de la probabilité d'un danger par sa gravité) sont subordonnées à des conventions entre les acteurs.

ÉLe troisième principe indique des "**finalités contradictoires**" des acteurs dans les réseaux de la situation, alors qu'il est capital de tenter de préciser et de hiérarchiser les finalités des acteurs des réseaux de la situation.

ÉLe quatrième principe dit "**d'ambiguïté**" pose qu'il est dans la nature des choses qu'un certain flou enveloppe les 5 dimensions. Cela étant, le travail de prévention consiste à s'attaquer à ces ambiguïtés.

ÉLe cinquième principe dit de "**transformation**" indique que les accidents et catastrophes sont une transformation brutale du contenu des cinq dimensions et réduisent les ambiguïtés d'une façon ou d'une autre, violente ou préventive.

ÉLe sixième principe dit de "**crise**" pose que la crise est une déchirure du tissu social, c'est-à-dire une désorganisation des réseaux d'acteurs pris dans la situation. La gestion de crise consiste à reconstituer des réseaux en urgence.

ocivité" inhérente à toute thérapeutique. Une action dicament, contient du danger. Toute action sur la situation a des effets réducteurs mais aussi créateurs de danger.

L'utilité de ces principes est notamment de réduire les pertes de temps créées par des discussions sans fin sur l'exactitude des estimations quantitatives des catastrophes, ou sur les effets négatifs de mesures de prévention.

Il est dans la nature des choses que les mesures quantitatives soient le fruit de conventions (second principe) et que dans l'action le bon grain et l'ivraie restent mêlés (septième principe). [31]

1.3.3 Outils méthodologiques de la science de danger :

1.3.3.1 La Méthode MADS : Le modèle MADS (méthodologie de dysfonctionnement des systèmes, figure 2.4), appelé aussi Univers de danger est un outil initialement à vocation pédagogique qui permet de construire et de comprendre la problématique de l'analyse des risques. Il est construit sur les bases des principes de la modélisation systémique développés par Jean Louis le Moigne dans « La théorie du système générale ». [36]

L'univers du danger est formé de deux systèmes appelés système source de danger et système cible, en interaction et immergés dans un environnement dit actif.

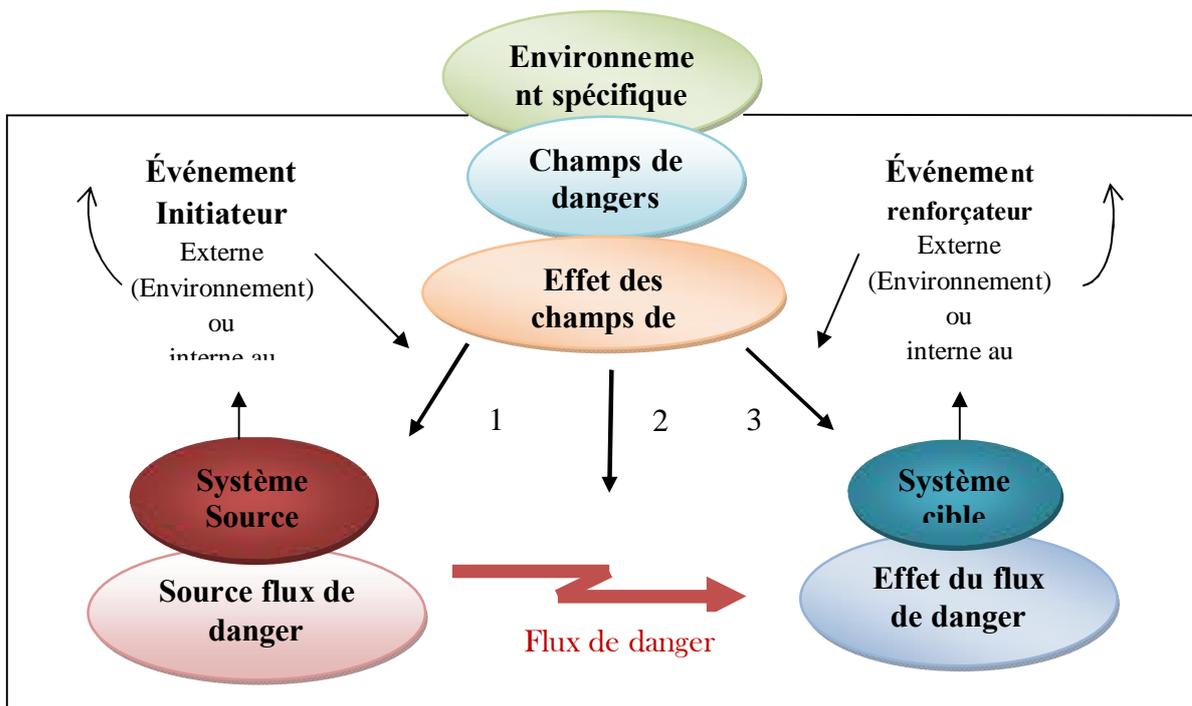


Figure 2.4: Le modèle MADS ou l'univers du danger.

Les interactions entre ces deux systèmes se font sous forme de processus c'est-à-dire échange de flux de matière, énergie, information entre les eux systèmes, dans le temps, l'espace et la forme. Les autres actions qui se produisent dans cet univers sont explicitées aussi sous forme de processus. La modélisation des deux systèmes se fait,

a structure, leur fonctionnement, leur relation avec

On fait donc apparaître :

- Le flux de danger que l'on appelle aussi l'évènement non souhaité (ENS) ou aussi **l'évènement redouté** ;
- Le système cible sur lequel agit le flux de danger. Sa rupture d'équilibre peut concerner sa structure et/ou son activité et/ou son évolution et est appelée **effet de danger** ;
- **Le système source de danger** émetteur du flux de danger. Sa rupture d'équilibre peut concerner sa structure et/ou son activité et/ou son évolution et /ou son interaction avec l'environnement est appelée **source de flux de danger** ;
- **Le processus de danger est réversible** c'est-à-dire qu'un système source peut devenir système cible et vice-versa. Les systèmes sources et les systèmes cibles pris en compte sont : un ou des individus, une ou des populations, un ou des écosystèmes, un ou des systèmes matériels ou symboliques (savoirs, savoir-faire, donnéesí ..) ;
- Les « **éléments orientés** » source-flux-cible sont « immergés » dans un environnement actif appelé **champs de danger**.
- Le champ de danger est « tapissé » de processus qui peuvent agir sur le système source par des **événements initiateurs** (notés 1 dans la figure 2.4). Ainsi que sur le système cible et le flux de danger par des **événements amplificateurs** (notés 2 sur la figure 2.4).

Un tel événement est dit **renforceur**, ou aussi **amplificateur positif**, s'il renforce l'effet du flux de danger sur la cible. Il est dit **atténuateur**, ou **amplificateur négatif**, s'il diminue l'effet du flux de danger sur la cible.

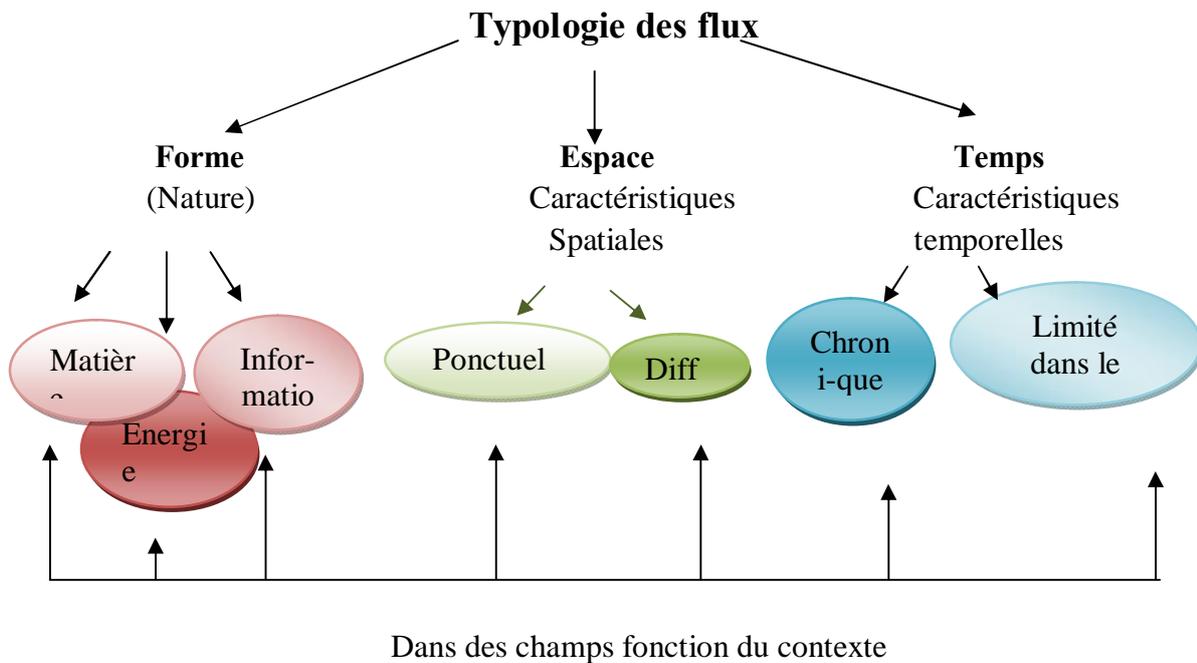


Figure 2.5: La typologie des flux de danger.

ème cible étant eux-mêmes animés de processus, ces événements initiateurs et renforçateurs peuvent provenir respectivement en interne des systèmes sources de danger et des systèmes cibles.

Les flux de danger peuvent être décrits sous forme de processus par des processeurs de champs tels que (figure 2.5) :

- Des processus de temps : flux chronique, flux limité ;
- Des processus d'espace : flux concentré, flux diffus.

Ces flux sont également décrits sous forme de processus par des processeurs de source ou de cible tels que :

- Des processeurs de forme (transformation du mode pour un type de flux) : par exemple, flux d'énergie sous forme de travail mécanique en flux d'énergie sous forme de chaleur ;
- Des processeurs de nature (transformation du type de flux) : par exemple, transformation d'un flux de matière en flux d'énergie. [44]

En guise de conclusion : *l'application pédagogique du modèle de référence*

La première phase de la réflexion pédagogique dans ces domaines consiste à identifier, en s'appuyant sur le modèle de référence, les éléments spécifiques du processus de danger.

En considérant tour à tour chaque système identifié - l'individu, la population, l'écosystème, l'installation - comme un système source et/ou comme un système cible nous pouvons définir sept **points de vues** fondamentaux.

Ta
ble
au
2.1
:
Le
poi
nt
de
vue
des
tec
hni
qu
es
d'é
tud
es



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

fon
cti
on
ne
me
nts
-
les
cou
ple
s -

SysSysPoi
tè tè nts
me me de
So Ci vue
urcble
e

InstInstSéc
allaallaarit
tio tio é
n n des
inst
alla
tio
ns
ó
Sûr
eté
de
fon
ctio
nne
me
nt -
Séc
urit
é
des
bie
ns-



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

InstOp Erg
allaératono
tio eur mie
n -
An
aly
se
des
con
diti
ons
de
tra
vail
-
Séc
urit
é
du
tra
vail
-
Séc
urit
é
des
inst
alla
tio
ns -
í ..

Op InstFia
ératallabili
eur tio té
n hu
mai
ne
-
Ma
lvei
llan

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

rne

-

í

í

Inst^{Hy} alla giè
tio ne
n et
San
té
pub
liq
ues
-
Gé
nie
San
itai
res
-Hs
de
lœ
nvi
ron
ne
me
nt -
Séc
urit
é
des
inst
alla
tio
ns-
í .

Po InstMa
pul alla lvei
atitio llan
n n ce

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

e-
í .

InstEc Hs
allaosyde
tio stè lœ
n me nvi
ron
ne
me
nt -
Ec
olo
gie
app
liq
ué
ó
Gé
nie
san
itai
re
ó
Séc
urit
é
des
inst
alla
tio
ns-
í .

Ec InstRis
osyallaque
stè tio s
me n nat
ure
ls
ó
Ur

e,
í
í

1.3.3.2 La méthode MADS MOSAR

La méthode MOSAR (Méthode Organisée et Systémique d'Analyse de Risque) est un ensemble ordonné de manière logique, de principes, de règles, d'étapes, permettant de parvenir à une analyse des risques d'un système. Le but de la méthode consiste à :

Identifier et évaluer les risques du système considéré

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

Objet de la méthode :

MOSAR est une méthode générique qui permet d'analyser les risques techniques d'une installation humaine et d'identifier les moyens de prévention nécessaires pour les neutraliser. Elle s'applique aussi bien dès la conception d'une installation nouvelle qu'au diagnostic d'une installation existante à toutes ses phases de vie.

Elle constitue également un outil d'aide à la décision par les choix qu'elle met en évidence ou en exergue.

Démarche de la méthode : On peut alors structurer des arbres de défaillance à partir de toutes les informations disponibles :

- Arbres logiques du premier module et détails de leurs événements primaires.
- Il est alors possible de mettre en œuvre les propriétés de cet outil notamment dans certains cas pour calculer la probabilité du risque final.

Un autre développement possible est l'adoption d'un nombre de barrières sur le risque final pour le neutraliser.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

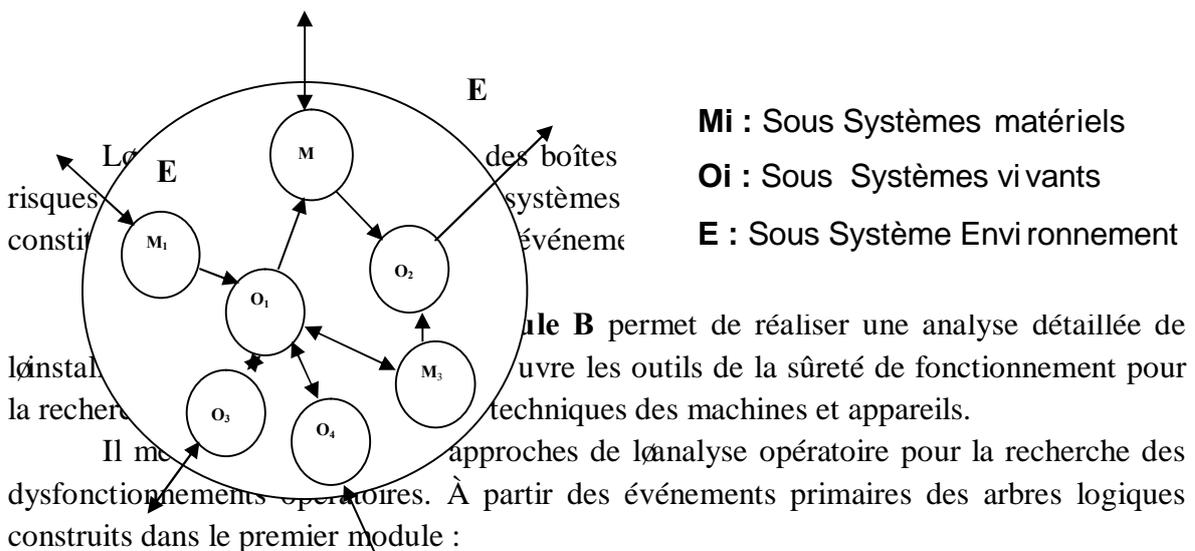
objet d'un deuxième niveau de négociation des acteurs (de ces différents niveaux de gravité (de la grille probabilité gravité du premier module), nombre de barrières: passage de la Zone Inacceptable à Zone Acceptabilité

L'utilisation de la logique des arbres de défaillances permet de répartir les barrières sur les événements primaires et de choisir la meilleure répartition coût-efficacité. La connaissance des scénarios et de leur neutralisation facilite la construction des plans d'intervention (POI ou PMU).

Fonctionnement de la méthode :

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

Le premier module ou module A permet de réaliser une analyse des risques principaux. À partir d'une décomposition de l'installation en sous-systèmes (voir figure 2.6), on commence par identifier de manière systématique en quoi chaque sous-système peut être source de dangers. Pour cela, on fait référence à une grille de typologie des systèmes sources de dangers et on utilise le modèle MADS qui relie source de dangers et cibles.



Le module B permet de réaliser une analyse détaillée de l'installation en utilisant les outils de la sûreté de fonctionnement pour la recherche des défaillances techniques des machines et appareils.

Il met en œuvre des approches de l'analyse opératoire pour la recherche des dysfonctionnements opératoires. À partir des événements primaires des arbres logiques construits dans le premier module :

- Pour les événements de nature technique on recherche leur origine en construisant de
- Pour les événements de nature opératoire on pratique l'analyse d'opérateur ou des outils tels que HAZOP pour en rechercher l'origine.

Figure 2.6: Modélisation d'une installation industrielle

La mise en œuvre se fait niveau par niveau et chaque niveau apporte un enrichissement en information. Il est possible de s'arrêter à des niveaux choisis.

Le module A donne une bonne analyse des risques principaux d'une installation. Il est mené par tout ingénieur ou technicien ou groupe de travail.

Le module B prend beaucoup plus de temps suivant le degré de détail exigé. Il nécessite la connaissance des outils et leur mise en œuvre.

Il est aussi possible d'utiliser les niveaux d'analyse et leur contenu comme une boîte à outils dont on sélectionne ceux répondant à une démarche fixée.

Structure de la méthode

Figure 2.7: les deux modules et les dix étapes de MOSAR : le parcours complet du MOSAR. [44]

1.3.3.3 La Méthode APR : Analyse préliminaire des risques

L'Analyse Préliminaire des Risques (Dangers) a été développée au début des années 1960 dans les domaines aéronautiques et militaires. C'est une technique couramment utilisée pour l'identification des risques au stade préliminaire de la conception d'une installation ou d'un projet.

Par conséquent elle ne nécessite généralement pas une connaissance approfondie et détaillée de l'installation étudiée.

A- Déroulement : L'utilisation d'un tableau de synthèse constitue un support pratique pour mener la réflexion et résumer les résultats de l'analyse.

Le groupe de travail peut alors adopter une démarche systématique sous la forme suivante :

1. Rassembler les data et informations concernant l'unité
2. Partitionner l'unité en sections critiques
3. Sélectionner une déviation dangereuse à étudier
4. Identifier et noter les événements significatifs résultant de la déviation dangereuse
5. Identifier et noter chaque déviation dangereuse qui peut donner naissance à cette déviation dangereuse
6. Identifier et noter les actions de contrôle d'urgence inadéquates et leur défaillance à rétablir la situation
7. Identifier les déviations du process et leurs causes immédiates. Noter les actions de contrôle inadéquat.
8. Si tous les enchaînements ont été étudiés, envisager une nouvelle situation de danger
9. Compléter les études pour toutes les sections et identifier chaque événement significatif
10. Compléter les études pour toute l'unité en identifiant chaque scénario pour toute cause significative

1.3.3.4 L'arbre des défaillances :

Historique et domaine d'application : L'analyse par arbre des défaillances fut historiquement la première méthode mise au point en vue de procéder à un examen

élaborée au début des années 1960 par la compagnie expérimentée pour l'évaluation de la sécurité des systèmes de tir de missiles.

Visant à déterminer l'enchaînement et les combinaisons d'événements pouvant conduire à un événement redouté pris comme référence, l'analyse par arbre des défaillances est maintenant appliquée dans de nombreux domaines tels que l'aéronautique, le nucléaire, l'industrie chimique,

Elle est également utilisée pour analyser a posteriori les causes d'accidents qui se sont produits. Dans ces cas, l'événement redouté final est généralement connu car observé. On parle alors d'analyse par arbre des causes, l'objectif principal étant de déterminer les causes réelles qui ont conduit à l'accident.

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

Les événements de base correspondent généralement à des :

É Événements élémentaires qui sont généralement suffisamment connus et décrits par ailleurs pour qu'il ne soit pas utile d'en rechercher les causes. Ainsi, leur probabilité d'occurrence est également connue.

É Événements ne pouvant être considérés comme élémentaires mais dont les causes ne seront pas développées faute d'intérêt,

É Événements dont les causes seront développées ultérieurement au gré d'une nouvelle analyse par exemple,

É Événements survenant normalement et de manière récurrente dans le fonctionnement du procédé ou de l'installation.

Quelle que soit la nature des éléments de base identifiés, l'analyse par arbre des défaillances est fondée sur les principes suivants :

É Ces événements sont indépendants,

É Ils ne seront pas décomposés en éléments plus simples faute de renseignements, d'intérêt ou bien parce que cela est impossible,

É Leur fréquence ou leur probabilité d'occurrence peut être évaluée.

Ainsi, l'analyse par arbre des défaillances permet d'identifier les successions et les combinaisons d'événements qui conduisent des événements de base jusqu'à l'événement indésirable retenu. Les liens entre les différents événements identifiés sont réalisés grâce à des portes logiques (de type « ET » et « OU » par exemple). Cette méthode utilise une symbolique graphique particulière qui permet de présenter les résultats dans une structure arborescente.

À l'aide de règles mathématiques et statistiques, il est alors théoriquement possible d'évaluer la probabilité d'occurrence de l'événement final à partir des probabilités des événements de base identifiés.

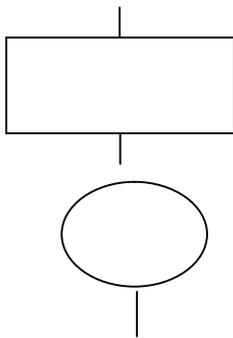
d'un événement redouté peut se décomposer en trois

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

Il convient d'ajouter à ces étapes, une étape préliminaire de connaissance du système. Nous verrons que cette dernière est primordiale pour mener l'analyse et qu'elle nécessite le plus souvent une connaissance préalable des risques. [17]

Porte ET : L'événement se produit si tous les événements d'entrée arrivent simultanément. Toutes les entrées doivent individuellement être nécessaires et suffisantes pour causer son avènement

Porte OU : L'événement arrive si n'importe lequel des événements d'entrée se produit. N'importe quelle entrée doit individuellement être nécessaire et suffisante pour causer son avènement



Rectangle : Tout événement

Cercle : Événement de base qui n'exige aucun nouveau développement. C'est une défaillance ou faute qui marque la limite de résolution de l'analyse

Figure 2.8: Portes logiques et symboles utilisés dans la construction d'un arbre de défaillances [17]

2. Cadre réglementaire : La prise de conscience par rapport aux risques a permis l'établissement d'un cadre législatif, pour la prévention des risques et des plans de gestion de crise, nous citerons la législation qui nous concerne dans cette étude.

2.1 Contexte juridique et réglementaire spécifique de l'industrie des hydrocarbures et installations classées :

2.1.1 Réglementations Algérienne :

La présente étude tient compte de la réglementation relative au secteur des hydrocarbures :

- **Décret 84-105 du 12 Mai 1984** portant institution du périmètre de protection des installations et infrastructures du secteur de la chimie.
- **Arrêté du 15 janvier 1986** précisant les limites du périmètre de protection autour des installations et infrastructures relevant du secteur de la chimie.
- **Décret N°88-149 du 26 juillet 88**, relatif aux installations classées.
- **Décret exécutif n°90-246 du 18 Août 1990** portant réglementation des appareils à pression de vapeur.
- **Le décret exécutif N°98-339 du 03 Novembre 1998** du ministère de l'environnement qui définit la réglementation applicable aux installations classées et fixant leur nomenclature

ns applicables aux installations classées soumises à

Les installations classées soumises à autorisation sont classées selon la gravité des dangers ou des inconvénients que peut présenter leur exploitation en trois catégories, conformément à la nomenclature prévue à l'article premier ci-dessus :

- **1ère catégorie : 370** installations soumises à autorisation du ministre chargé de l'environnement ;
- **2ème catégorie : 7712** installations soumises à autorisation du wali territorialement compétent,
- **3ème catégorie : 5692** installations soumises à autorisation du président de l'assemblée populaire communale territorialement compétent ; [28]

En effet ce décret repose sur deux principes fondamentaux : la surveillance des installations dangereuses, tant par l'exploitant que par les autorités publiques locales (walis et APC) et le principe de précaution par la mise en œuvre de l'étude d'impact sur l'environnement (EIE), l'étude de danger (ED), l'autorisation d'exploitation (AE), le plan d'opération interne (POI) et le plan particulier d'intervention (PPI)

Elle s'applique aux établissements industriels ayant au moins une installation de catégorie soumise à autorisation du Ministère chargé de l'environnement (AM). Sa mise en place est une priorité.

Par rapport à l'étude de danger et celle d'impact nous avons **le décret exécutif N°90-78 du 27 février 1990**, portant application de la loi relative aux installations classées, elle permet de quantifier et de réduire au maximum les pollutions chroniques et les nuisances.

La connaissance du risque doit passer obligatoirement par une étude de danger, imposée aux installations industrielles de catégorie 1 et 2.

L'étude de danger réalisée par une assistance de capacités d'expertise et à la charge de l'exploitant :

- Expose les risques que peut présenter l'installation en cas d'accident
- Définit les mesures d'ordre technique propres à réduire la probabilité et les effets des accidents majeurs.
- Définit les mesures d'organisation et de gestion pertinentes pour la prévention de ces accidents et la réduction de leurs effets.

Pour ce qui est d'autorisation d'exploitation la loi N°03- 10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable définit sa délivrance après enquête publique relative aux incidences éventuelles de l'installation sur la commodité du voisinage, la santé et la salubrité, la sécurité et l'environnement [25].

Quant aux plans d'urgence, toutes les installations classées définies et réglementées par le décret N°98- 339 du 09 novembre 1998, considérées comme particulièrement

ivent être élaborés : **Plan d'Opération Interne (POI)**
PPI).

Les POI sont élaborés, rédigés par l'exploitant spécialisé et à la charge de l'industriel qui le met en œuvre. L'industriel est tenu de mettre en œuvre son plan d'organisation interne (POI) et de fournir aux autorités locales les éléments permettant l'élaboration du plan particulier d'intervention (PPI) afin de prendre les mesures nécessaires à l'extérieur de l'établissement en cas d'accidents industriels.

Les PPI sont établis par **arrêté du Wali**, pour face aux risques particulier liés à l'existence ou au fonctionnement d'installations classées dont l'emprise est localisée et fixe.

- **L'Instruction ministérielle R1 du 22 Septembre 2003** relative à la maîtrise et la gestion des risques industriels impliquant des substances dangereuses.

- **L'Instruction ministérielle R2** de 22 Février 2003 relative à la prévention et la gestion des risques industriels et énergétiques.

- **Décret exécutif n° 06-162 du 19 Rabie Ethani 1427** correspondant au 17 mai 2006 déclarant la zone industrielle d'Arzew zone à risques majeurs : entraînant des conséquences immédiates et graves aux personnes, aux biens et à l'environnement.

- **Décret exécutif n° 06-198 du 4 Joumada El Oula 1427** correspondant au 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement : toute unité technique fixe dans laquelle interviennent une ou plusieurs activités figurant dans la nomenclature des installations classées telle que fixée par la réglementation en vigueur.

Toute demande d'autorisation d'exploitation d'un établissement classé est précédée, selon le cas et conformément à la nomenclature des installations classées :

- D'une étude ou d'une notice d'impact sur l'environnement établie et approuvée selon les conditions fixées par la réglementation en vigueur,
- D'une étude de danger établie et approuvée selon les conditions fixées par le présent décret,
- D'une enquête publique effectuée conformément aux modalités fixées par la réglementation en vigueur [26].

- **Décret exécutif n° 08-312 du 05 chaoual 1429** correspondant au 05 octobre 2008 fixant les conditions d'approbation des études d'impact sur l'environnement pour les activités relevant du domaines des hydrocarbures.

2.1.2 Réglementation Européenne SEVESO II:

La directive 96/61 du 24/09/96 prévoit de soumettre les installations susceptibles d'avoir un impact sur l'environnement, à une procédure d'autorisation qui doit comprendre toute les mesures pour atteindre un niveau élevé de protection de l'environnement.

Cette directive introduit notamment :

- La référence formelle à la meilleure technique disponible
- Le principe de réexamine périodique des conditions d'autorisation
- Elle s'applique aux installations nouvelles et existantes

prévention contre les pollutions en ayant notamment recours aux meilleures techniques disponibles

- Eviter la production de déchets
- Utiliser l'énergie de manière efficace
- Prévenir les accidents et limiter leurs conséquences
- Eviter les risques de pollution et remettre le site d'exploitation en état satisfaisants

à la cessation d'activité.

- L'autorisation doit comporter les valeurs limites d'émission pour les substances polluantes dont certaines sont citées par la directive.

Par rapport à l'étude d'impact et celle de danger nous avons la loi du 10 juillet 1976 qui impose une étude d'impact dont le contenu, pour une installation classée, est défini par le seul décret du 21 septembre 1977 (modifié par le décret du 9 juin 1994 et récemment par le décret 2000-258 du 20 mars 2000) portant application de la loi relative aux installations classées.

La directive SEVESO du 9 septembre 1996 (dite "Seveso II") oblige les états membres à une prise en compte du risque technologique.

Une étude de dangers visant à prévenir les accidents, en diminuer l'occurrence et en traiter les conséquences, est imposée pour les installations répertoriées par la directive. Les objectifs de l'étude de dangers et de décrire tous les **scénarios d'accidents** pouvant survenir dans l'installation, sans en écarter aucun pour des raisons de faible probabilité. De ces scénarios, on tirera le calcul des distances d'éloignement = périmètre minimum nécessaire autour de l'installation classée pour assurer la sécurité des populations.

Pour des installations considérées comme particulièrement dangereuses, des plans d'urgence doivent être élaborés : **Plan d'Opération Interne (POI) et Plan Particulier d'Intervention (PPI)**.

Les POI sont établis sous la responsabilité des exploitants. Ils peuvent être relayés par un PPI, lequel est sous la responsabilité des Pouvoirs Publics, lorsque l'accident déborde du site de l'exploitation.

Les PPI sont préparés par les services de la protection civile, ce plan n'est mis en œuvre que lorsque l'événement déborde des limites de l'installation. Il est mené sous **l'autorité du préfet**, avec l'assistance de l'exploitant industriel, responsable du POI.

"L'Etat élabore et met en œuvre des **plans de prévention des risques technologiques (PPRT)** qui ont pour objet de limiter les effets d'accidents susceptibles de survenir dans les installations figurant sur la liste prévue au IV de l'article L. 515-8 et pouvant entraîner des effets sur la salubrité, la santé et la sécurité publiques directement ou par pollution du milieu. Ces plans délimitent un périmètre d'exposition aux risques en tenant compte de la nature et de l'intensité des risques technologiques décrits dans les études de dangers et des mesures de prévention mises en œuvre."

2.2 Contexte juridique et réglementaire pour la gestion du milieu atmosphérique :

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Pour faire face aux risques de la pollution atmosphérique notamment au changement climatique, l'homme a mis des barrières réglementaires pour mieux gérer son milieu atmosphérique.

L'Algérie est parmi les pays qui ont ratifiés la première convention de Rio sur le changement climatique et ceci par le décret présidentiel n° 93-99 du 10 avril 1993 portant ratification de la convention sur les changements climatiques adoptée par l'assemblée générale des Nations Unies le 9 mai 1992, L'Algérie a ratifié également le protocole de Kyoto à la convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, du 11 décembre 1997 (le décret présidentiel n°04-144 du 28 avril 2004), Le législateur algérien dans le but de renforcer l'engagement de l'Algérie pour la réduction de ces émissions atmosphériques a mis en place dans la loi **N°03-10 du 19 juillet 2003** précisément dans le Chapitre 2 concernant les prescriptions de protection de l'air et de l'atmosphère et dans son article 46.

Cet article stipule que lorsque les émissions polluantes de l'atmosphère constituent une menace pour les personnes, l'environnement ou les biens, leurs auteurs doivent mettre en œuvre toutes dispositions nécessaires pour les supprimer ou les réduire.

D'autres décrets ont été établis par la suite fixant les seuils limites pour les émissions des différentes activités industrielles par des seuils limites ainsi que des prescriptions techniques pour réduire la pollution à la source.

- **Le décret exécutif n° 06-02 du 7 Dhou El Hidja 1426 correspondant au 7 janvier 2006** a défini les valeurs limites, les seuils d'alerte et les objectifs de qualité de l'air en cas de pollution atmosphérique, pour les 4 principaux polluants atmosphériques (dioxyde d'azote, dioxyde de soufre, ozone, particules fines en suspension). Ces seuils sont synthétisés dans le Tableau 3.2.

- **Le Décret exécutif n° 06-138 du 16 Rabie El Aouel 1427** correspondant au 15 avril 2006 réglementant l'émission dans l'atmosphère de gaz, fumées, vapeurs, particules liquides ou solides, ainsi que les conditions dans lesquelles s'exerce leur contrôle, voir le tableau 3.3.

Tableau 2.2 : Les valeurs limites, les objectifs de qualité, les seuils d'information et les seuils d'alerte sont fixés sur de l'air

Su Ob val Se Se
bst jec eur uil uil
anc tif lim d'i d'a
es de ite nfolert
la rm e
qu ati µg/
alit on Nm
é µg/
µg Nm
/N
m³

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

xy µg/
de Nm
d'a 3
zot (ce
e ntil
e
98)

Dioxyde de soufre	150	350 µg/Nm ³ (centile 99,9)	350	600
-------------------	-----	---------------------------------------	-----	-----

Oz 11 20 18 36
on 0 0 0 0
e µg/
N
m³

Particules fines en suspension	50	80 µg/Nm ³	Selon les caractéristiques physiques et chimiques des particules concernées. Les seuils d'alerte sont fixés, le cas échéant, par arrêté conjoint du ministre chargé de l'environnement et du ministre concerné par l'activité engendrant le type de particule considérée.	
--------------------------------	----	-----------------------	---	--

Tableau 2.3 : Seuils des rejets industriels délimités dans la première section.

Pa Un Val Tol
ra ité eur éra
mè s nce
tre lim des
s ites val
eur
s
Li
mit
es
anc
ien
nes
Ins
tall
ati

Oxyde de soufre	mg/Nm ³	800	1000
Oxyde d'azote	"	200	300
Oxyde de carbone	"	150	200
Composés organiques volatils	"	150	200
Acides sulfureux		5	10
Particules		30	50

Aussi il stipule dans sa deuxième section les prescriptions techniques relatives aux rejets atmosphériques suivants :

- Les installations générant des rejets atmosphériques doivent être conçues, construites et exploitées de manière à éviter, prévenir ou réduire, à la source, leurs rejets atmosphériques qui ne doivent pas dépasser les limites d'émissions fixées en annexe du présent décret.
- Les rejets atmosphériques doivent être identifiés et captés aussi près que possible de leur source d'émission.
- Les points de rejets atmosphériques doivent être en nombre aussi réduit que possible. [27]

Le Décret exécutif n° 07-207 du 15 Joumada Ethania 1428 correspondant au 30 juin 2007 réglemente l'usage des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, de leurs mélanges et des produits qui en contiennent.

2.2.2 Réglementation Internationale :

La loi de 1976 sur les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) constitue le texte de base du dispositif réglementaire pour la limitation des rejets des sources fixes. Il comporte des normes de qualité des produits (teneur en soufre des combustibles par exemple) et des normes de rejets pour les activités génératrices de nuisances (chaudières, installations industrielles...).

La première réunion mondiale sur le climat remonte à 1979 (convention de Genève). Il y a eu ensuite le sommet de RIO en 1992, où 175 états signèrent un plan d'action pour le XXI^e siècle, « l'Agenda 21 ». Il fut convenu lors de cette réunion de stabiliser les émissions des GES au niveau de 1990 d'ici l'an 2000. Le sommet fut suivi de réunions de la « conférence des parties de la conférence climatique dont celle de KYOTO en décembre 1997, qui a pris des dispositions pour que les pays signataires réduisent d'ici 2010 leurs émissions de gaz à effet de serre : de 5.2% en moyenne pour les pays développés par rapport à 1990 (où les rejets étaient estimés à 6 milliard de tonnes), de 7% pour les États-Unis, de 8% pour l'union européenne, de 6% pour le Japon, le Canada et le Pologne, etc.

ient à des difficultés de ratification de la part de
prise en compte des « puits de carbone ». Un système
d'échange des obligations entre les pays a été établi, avec un quota de rejets à gaz attribué
à chaque état. Mais un pays qui produit moins que son quota est autorisé à négocier l'achat
à un pays qui en produit moins que son excédent de droit d'émission. Ce sont les « permis
d'émission internationalement négociables » ou PEN.

Par la suite, il y eu entre autres le protocole de Göteborg en décembre 1999, où les
pays signataires décidaient de réduire d'ici 2010 leurs émissions en soufre, NOX, COV et
NH₃. Après la conférence de La Haye, en novembre 2000, les conditions d'application du
protocole de Kyoto étaient négociés en novembre 2001 à Marrakech par 170 pays, le
sommet de la terre de Johannesburg s'est tenue, 10 ans après celle de Rio, en août-
septembre 2002, donc sur le continent africain, où le développement durable est une
exigence primordiale.

Fin 2004 le Russie a ratifié le protocole de Kyoto. Il en a été tenu compte lors de la
conférence de décembre 2004 à Buenos aires, qui cependant n'a pas été couronnée de
succès. Le protocole de Kyoto, quoi qu'il en soit, a pris effet pour les pays signataires le 16
février 2005.

Début 2007, les pays de l'union européenne se sont engagés à réduire leurs émissions
de gaz à effet de serre d'au moins 20% d'ici à 2020 (par rapport à 1990). L'objectif de la
Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques adopté à Rio en
1992 est précisément de "stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans
l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du
système climatique." Le protocole de Kyoto expirant en 2012, une nouvelle négociation
s'est ouverte à Bali en 2007 dans le but de conclure un nouvel accord international sur
l'après-Kyoto. La conférence COP-15 de Copenhague en décembre 2009 n'a pas permis
l'adoption d'un nouvel accord international.

Divers protocoles ont été également signés dans le cadre de la convention de Genève
(1979) sur la pollution de l'air à longue distance :

Protocole SO₂ (Helsinki, juillet 1985) : baisse de 30 % des rejets et des flux de SO₂ entre
1985 et 1993 (référence 1980) ;

Protocole SO₂ (Oslo, juin 1994) : selon les pays, baisses de 30 % à 87 % des rejets et des
flux de SO₂ entre 1980 et 2010 ;

Protocole NO_x (Sofia, octobre 1988) : gel des rejets et des flux de NO_x en 1994 à hauteur
des émissions de l'année 1987 ; engagement de la France : - 30 % entre 1980 et 1998

Protocole COV (Genève, novembre 1991) : gel ou baisse de 30 % des rejets et des flux de
COV d'ici 1999 (référence 1988 ou niveau annuel des émissions d'une année comprise
entre 1984 et 1990) ;

Hg) du 24 juin 1998 : objectif de réduction des rejets de métaux lourds et de suppression du plomb des carburants ;

Protocole Polluants organiques persistants du 24 juin 1998 : objectif de réduction ou de suppression des rejets de seize substances organiques (dont les dioxines, les furannes et onze pesticides) ;

En ce qui concerne la qualité de l'air ambiant, des directives européennes, fixent pour un certain nombre de polluants des **valeurs limites**.

Tableau 2.4 : les différents valeurs recommandées pour divers polluants (Données 1999 - Source : Guidelines for Air Quality, WHO, Geneva 2000). Données mises à jour en 2005 pour les polluants poussières, ozone, dioxyde d'azote et dioxyde de soufre. [42]

Polluant	Effets sur la santé	Normes en µg/m ³ -Valeurs limites et objectifs de qualité - (applicables en 2005 ou en 2010*)
dioxyde de soufre (SO ₂)	Irritations respiratoires, affections (toux, í)	moyenne annuelle : 20 µg/m ³ moyenne journalière : 125 µg/m ³ (- de 3 jours/an) moyenne horaire : 350 µg/m ³ (- de 24 heures/an)

dioxyde Irritations et **moyenne**
d'azote troubles **annuelle** :
(NO₂) respiratoires 40 µg/m³
moyenne
horaire :
200
µg/m³
(- de 18
heures/an)

ozo Irri mo
ne tatiyen
(O₃ ons ne
) (to sur
ux, 8
ess he
oufure
fle s :

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

lar m²

mo **mo**

iemyen

ent **ne**

s, **hor**

í) **air**

e :

200

µg/

m³

mo

yen

ne

jou

rna

lièr

e :

65

µg/

m³

pouAlt **mo**

ssièératy**en**

res ion **ne**

(P de **an**

M1 la **nu**

0) fon**elle**

ctio :

n 40

pul µg/

mo m³

nai **mo**

re. **yen**

Cer **ne**

tain**jou**

es **rna**

peulièr

ven e :

t 50

êtreµg/

mu m³

tag (-

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ou jou
canrs/a
céri n)
gèn
es

mo Int Att
noxoxi ent
ydecati ion
de on :
car mo en
bonrtel mg
e le /m³
(C lors mo
O) d'e yen
xpo ne
siti glis
on san
pro te
lon sur
gée 8
ave he
c ure
des s :
con 10
cen mg
trat/m³
ion
s
éle
vée
s

COVarmo
V iablyen
(be es ne
nzèsel an
ne, on nu
í) les elle
co po
mp ur
oséle

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

olf **ne**
acti: 5
ve, µg/
eff m³
ets
can
céri
gèn
es,
í)

plo Eff **mo**
mb ets **yen**
(Pb tox **ne**
) iqu **an**
es **nu**
sat **elle**
urn **po**
ism **ur**
e **le**
plo
mb
:
0,5
µg/
m³

(*) : D'ici la date d'application une marge de tolérance chiffrée pour chaque année est autorisée.

Analyse comparative entre le droit national et l'international :

La réglementation algérienne oblige les exploitants et les autorités publiques selon les décrets cités ci-dessus à une surveillance rigoureuse des installations, qui sont soumises à des autorisations c'est-à-dire classés dangereuses et à mettre en œuvre des études d'impacts et des études de danger et à l'élaboration des plans d'urgence POI et PPI et procéder à des mesures d'urgence.

Par ailleurs, la Directive SEVESO, prévoit de soumettre les installations classées à risque et susceptibles d'avoir un impact sur l'environnement à une procédure qui doit comprendre toute les mesures pour atteindre un niveau de protection de l'environnement, et cela aussi par élaboration des études d'impacts EIE, et les études de danger ED , ceux mis à part elle prévoit aussi dans ces décrets a l'élaboration des POI, PPI plus PPRT c'est-à-dire plan de

es qui sera utilisé pour la maîtrise de l'urbanisation

Concernant la réglementation sur la réduction et limitation des rejets atmosphériques, le législateur algérien n'a pas précisé la périodicité ni la façon d'effectuer des analyses pour surveiller la qualité de l'air, et a laissé libre choix aux industriels.

On constate aussi qu'il n'y a aucune réglementation qui délimite la température d'effluents atmosphériques contrairement aux rejets liquides. Aussi par rapport à la réglementation européenne la réglementation algérienne est moins exigeante en matière de seuils et de temps d'exposition.

3. Évolution de la réglementation au sein de l'entreprise :

En application de la réglementation en vigueur le groupe SONATRACH a élaboré la directive 45/DG exigeant ainsi de toutes ces structures et unités de ce groupe de réaliser des études de danger, en mettant en œuvre tous les moyens humains et matériels nécessaires, aussi il est indispensable de revoir ces études après chaque modification apportée aux installations, cependant et par le fait d'appartenance du complexe GL1/Z au groupe Sonatrach et puisque le complexe est répertorié installation classée, il est donc soumis à l'étude de danger et celle d'impact et une autorisation d'exploitation. Mais il est à noter ce complexe a été réalisé en 1973, c'est-à-dire avant toute obligation réglementaire.

En 1993, le complexe a subi des modifications dans le process en but d'améliorer et augmenter la production, il y a eu la réalisation des grandes chaudières d'une capacité de 400 t/h, l'étude de danger à été réaliser par le bureau d'étude Américain « Primatech.ind » sans l'établissement de la revue ou l'audit environnementale.

La volonté du complexe a préservé l'environnement, la santé de ces travailleurs ainsi que son patrimoine industriel et image de marque et dans une démarche d'amélioration continue de gestion le complexe a été certifié pour le système de management intégré Qualité (ISO 9001), Environnement (ISO 14001) et Santé Sécurité (OHSAS), Le GL1/Z a obtenu donc sa première certification le 05 Septembre 2005 par l'organisme AIB Vinçotte.

- Premier audit de suivi : Du 23 au 25 Septembre 2006
- Deuxième audit de suivi : Du 15 au 18 Décembre 2007
- Audit de reconduction de la certification : Du 29 Novembre au 03 Décembre 2008
- Troisième audit de suivi : Du 10 au 14 Janvier 2010 par l'organisme AIB Vinçotte.

Pour se conformer à la législation en vigueur le GL1Z a procédé à l'établissement des études de dangers et impact ; le contrat a été signé le 28 Décembre 2008 entre la direction HSE et le bureau français « VERITAS ». Quand au projet d'étude d'impact sur l'environnement, il a été lancé au niveau du complexe le 03 et le 04 février 2009, une fois l'étude finalisée par le bureau VERITAS, elle sera déposée au niveau de l'autorité de régulation des hydrocarbures (ARH) pour approbation.

L'étude de danger a été confiée au bureau d'étude VIRITAS sur la base d'une approche analytique.

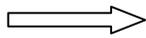
réglementations, normes, référentiels et pratiques les
à procédé à l'Audit général de sécurité mené sur les
complexes de l'activité AVAL.

Cette audit de sécurité a été réalisé par le bureau d'étude français « DEKRA / ex : NORISKO », en utilisant la méthode d'analyse préliminaire des risques « APR » et une méthode complémentaire qui le Hazard Identification « HAZID ».

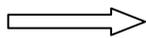
Analyse de conformité de la réglementation algérienne au sein de l'entreprise : Une lecture cindynique par rapport à la conformité avec la réglementation algérienne en vigueur notamment celle de la loi 2003 portant sur le développement durable, le complexe verse la taxe de pollueur payeur à titre forfaitaire, mais par rapport à celui d'information et de concertation, le principe n'est pas respecté.

Par rapport **au Décret exécutif n° 06-138 du 16 Rabie El Aouel 1427** correspondant au 15 avril 2006 réglementant l'émission dans l'atmosphère, il y a absence d'exigence de la périodicité des analyses ainsi que la température des effluents atmosphériques.

Dans la deuxième section de ce décret, il est question que les rejets soient identifiés et captés le plus près que possible de leurs sources d'émission et que ces sources doivent être en nombre aussi réduit que possible, chose qui n'est pas prise en compte. Ceci dit la volonté existe mais c'est par rapport à la priorité des objectifs (**déficience dans la gestion des rejets atmosphériques**)



Un déficit dans l'axe déontologique (règles)



Un déficit dans l'axe téléologique

**CHAPITRE III : RETOUR
D'EXPERIENCE PAR RAPPORT
A L'ACCIDENTOLOGIE DES
CHAUDIERES ET LE
CHANGEMENT CLIMATIQUE .**

Le rapport à l'accidentologie des chaudières

L'expérience est de améliorer sa connaissance du système par l'observation, le recensement, l'analyse, le traitement des informations relatives au fonctionnement réel du système, à son environnement, à son impact sur son environnement. Améliorer sa connaissance, ce peut être la compléter, l'enrichir, la rectifier, mais c'est certainement réduire les incertitudes et augmenter la confiance sur la confiance que l'on a du système.

1.1 Les accidents survenus en Algérie :

✓ **Accident N°1 : Le 19 janvier 2004, à Skikda**, un accident au niveau des chaudières a fait 27 morts, 78 autres blessés et un (01) milliard de dollar américain de dommages dans un rayon de 2km.

La chronologie des faits

- Fuite d'origine indéterminée sur le train 40
- Produit aspiré par l'entrée d'air de la chaudière
- Première explosion dans la chaudière
- Deuxième explosion plus forte à l'extérieur
- Dommages sur les trains 30 et 20 qui étaient en exploitation
- Feu sur les trains 40/30/20
- Arrêt d'urgence de l'ensemble de l'usine, feu éteint après 8 heures de combat

Bilan matériel: destruction des unités 40, 30 et 20 ainsi que le bloc administratif du complexe. Des dommages limités à l'extérieur (vitres brisées) + **une pollution aigue.**

✓ **Accident N° 2 : 06 avril 1989, à Oran :** dans la localité de Béthioua, explosion d'une chaudière utilités 170 T/h, Complexe GL1/Z, Sonatrach.

Cause de l'accident : L'origine n'a pas été identifiée mais elle peut être due à :

- Un manque d'air et une combustion incomplète.
- Un excès d'air très important.
- Une anomalie sur l'alimentation en combustible suite à une défaillance des chaînes de sécurité.
- Formation d'un mélange explosif et présence d'une Source de chaleur.

Cet accident a causé la blessure de deux (02) personnes, un opérateur et chef d'équipe ainsi que l'endommagement important de la chaudière (Détachement du mur frontal de la chambre de combustion, détérioration complète de la cheminée, des supports, piliers et tuyauterie vanne).

✓ **Accident N°3 : Oran, Béthioua 2002, Explosion au niveau du Complexe GL2/Z:** Explosion dans la chambre de combustion.

Cause de l'incident: Déclenchement par baisse pression d'huile non détecté par l'opérateur qui a causé la perte des turbo-ventilateurs ainsi que les pompes alimentaires.

Cet incident n'a causé aucune perte humaine ni blessures mais la chaudière a subi des endommagements graves.

Ta

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

:
Cla
ssif
icat
ion
des
acc
ide
nts
sur
ven
us
en
Alg
érie
sel
on
le
con
cep
t de
poi
nt
de
vue
:

Accident N°1	Systeme Source / Cible	Points de vue
Accident N°2		
Accident N°3		

Installation/Installation Sécurité des installations ó
Sûreté de fonctionnement -
Sécurité des biens-í ..

Op Fia
étabilité
eur té
/Inshu



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

Retour d'expérience sur l'accidentologie de chaudière

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Ma
lvei
llan
ce
inte
rne
-
í
í

InstHy
allagiè
tio ne
n et
/Po San
pul té
atiopub
n liq
ues
-
Gé
nie
San
itai
res
-Hs
de
løe
nvi
ron
ne
me
nt -
Séc
urit
é
des
inst
alla
tio
ns-

allade
tio lœ
n nvi
/Éc ron
osyne
stè me
me nt -
Éc
olo
gie
app
liq
ué
ó
Gé
nie
san
itai
re
ó
Séc
urit
é
des
inst
alla
tio
ns-
í .

1.1.1 Analyse des déficits, des incohérences et des vulnérabilités d'une organisation ayant amené à ces accidents :

Les conditions favorisant l'apparition de ces accidents sont identifiables en recherchant pour les 5 dimensions soit l'absence ou l'oubli, soit des disjonctions entre espaces, soit l'absence de hiérarchisation, soit des blocages. Une autre situation cindynogène peut être systématiquement créée lorsque des dissonances apparaissent entre les hyperespaces des différents acteurs ou groupe d'acteurs d'un système :

Dissonance entre service sécurité et production, dissonance entre direction générale et filiale, dissonance entre pompiers et sécurité civile, etc...

ó Absence de certains repères (retours d'expériences, données)

- ent pourvus dans leurs contenus;
- (désordre, dégénérescence, sclérose, nécrose dan
- ó Effets d'incompatibilité et de blocage des repères (entre normes et éthiques, par exemple)
 - ó Entropie et désarticulation de l'ensemble de l'hyperespace (les 5 repères).

Selon Les chercheurs de l'Institut Européen des Cindyniques avec G.Y.KERVERN en analysant des dizaines et des dizaines d'accidents connus ont recensé 27 Déficits Systémiques Cindynogènes DSC réparti comme suit :

- 10 D.S.C : lacunes de l'hyperespace -culturels, organisationnels, managériaux soit absence dans une des 5 dimensions de l'hyperespace soit oublié.
- 8 D.S.C : disjonctions entre dimensions de l'hyperespace
- 5 D.S.C : désorganisation des dimensions
- 4 D.S.C : blocage de régulation d'hyperplan. [48]

Sur la base de **l'examen systématique de ces 27 Déficits Systémiques Cindynogènes (DSC)** et en menons un entretien avec quelques travailleurs qui ont été témoins de l'accident survenus dans le complexe GL1Z, nous avons pu identifiés les déficits suivants :

DSC1 : Manques dans l'axe Épistémique : L'absence de modélisation des grandeurs physiques en jeu et la résistance en fatigue des structures métalliques. Il y a une limite dans la prise en compte de comportement de matière en dehors du champ habituel et la recherche systématique des instabilités et des indices chaotiques sont absente.

DSC2: Manques dans l'axe Déontologique : des règles, des lois font défaut. Les règlements rendent obligatoires certains contrôles comme la mise à jour des documents, normes et procédures dernière version des règlements, mais en réalité le suivi juridique ainsi que la veille administrative n'est pas prise en compte.

DSC3 : absence de l'axe Statistique : Manque d'un club de retour d'expérience : Les presque accidents, certains arrêts et déclenchements ne sont pas inventoriés et divulgués, leurs causes ne sont pas identifiées par un groupe spécialisé dans l'analyse des situations de danger de façon systématique. Il y a absence de traçabilité et gestion des enregistrements et manque de maintenance prédictive.

DSC4 : Manques dans l'axe Axiologique : oubli de certaines valeurs : Dans les investigations et audits des accidents, l'objectif est de culpabiliser les personnes et n'ont pas cherché la défaillance dans l'organisation, ce qui bloque le passage de la vraie et réelle information d'où la mauvaise analyse de la situation de danger.

DSC5: Disjonction/divergence entre les règles et les valeurs : L'aménagement à l'intérieur de l'usine doit être le moins confiné possible et les distances de sécurité entre les bâtiments administratifs, surveillances et l'installation doit être calculée et respectée, le

si l'intervention doit être le plus loin possible de toutes les installations doivent être sécurisées pour garantir une bonne inspection par manque de étude de danger et d'impact lors de l'étape de conception.

DSC6: Disjonction/divergence entre objectifs et valeurs : L'objectif de production et pressions des acteurs économiques fortes, l'emporte devant la sécurité des hommes et des installations.

La disjonction vient également du fait de protéger le travailleur et son milieu naturel, mais tirer profit en exploitant le maximum et en continu l'équipement chaudière sans avoir recours à l'arrêt pour effectuer de la maintenance préventive. Et du fait de prétendre de respecter le droit du travail mais ne pas investir dans la formation des travailleurs sur leurs postes de travail et les dangers qui leurs sont associés. La passation et communication de savoir n'est pas respecté la hiérarchie laisse les gens partir à la retraite sans avoir recours à la formation complète du successeur.

DSC7: Disjonction/divergence entre les règles et les objectifs : La norme exige la visite périodique de l'équipement chaque trois ans mais l'objectif de production ne permet pas un arrêt pour faire cette visite afin de détecter les anomalies.

DSC8: Disjonction/divergence entre des objectifs : Ne pas prendre de risques mais aller le plus vite possible, vigilance mais standard fermé, matériaux de construction moins chers mais plus sensibles en cas d'incendie, dispositifs antivol, anti-intrusion rendant les locaux inaccessibles aux secours, condamnation des issues de secours pour des raisons de sécurité.

DSC9: Disjonction/divergence entre les objectifs et les modèles : Contrôler la corrosion sans connaître ses lois d'évolution, évolution exponentielle pour des objectifs linéaires, doubler la production peut revenir à multiplier par 2, 4 ou 8 les vitesses, pressions etc...

DSC10: Désorganisation des valeurs : pas de classement : Plan d'évacuation sans ordre, sauver l'installation très chère, informer la population environnante longtemps après le début du sinistre, c'est la priorité à l'intérieur.

DSC11: Désorganisation des règles : pas de hiérarchisation : Culture de la productivité contre culture de la sécurité, la décision d'arrêter une installation dangereuse est toujours dure à prendre, en cas de crise le plan de déroulement, quels responsables faut-il alerter ? Quel est le point de rassemblement pour les différentes structures ? Ceci est dû au manque d'exercice sur le plan d'organisation interne.

DSC12: Désorganisation des données : base de données non organisées : Les données sont gérées différemment par plusieurs organismes différents, plusieurs services détiennent une partie des paramètres de production, par ateliers, par service, par produits, c'est la guerre des chefs.

DSC13: Blocage des régulations dans l'établissement des objectifs : Ne pas tenir compte des autres dimensions, des statistiques truquées par peur des sanctions peuvent

complètement irréalistes et suicidaires, les objectifs réalisables, ambitieux **mais** réalisables.

1.2 Les accidents survenus en France et à l'Étranger :

L'explosion de la centrale thermique de Courbevoie le 30 mars 1994 (ARIA 5132) a fortement marqué les esprits par la gravité des conséquences et l'ampleur des dégâts occasionnés dans une zone fortement urbanisée. L'échantillon extrait de la base ARIA est constitué de 121 événements, survenus en France entre le 15/06/1972 et le 05/02/2007, répartis comme suit :

É41 événements impliquant des chaufferies et chaudières alimentées au gaz (gaz naturel, gaz de cokerie, GPL, ...).

É80 accidents concernant des chaufferies ou chaudières dont le type de combustible n'est pas connu ou ne fonctionnant pas au gaz mais dont le retour d'expérience est transposable aux installations fonctionnant au gaz. [7]

En outre, 37 accidents étrangers du même type, survenus de février 1973 à juillet 2007, ont aussi été enregistrés en raison de leur gravité particulière ou de l'intérêt des enseignements tirés.

Tableau 3.2 : Typologies et équipements à l'origine des 121 accidents extraite de la base ARIA du BARPI

Équipement	Alimentation	Foyers	Circuits	Circuits	Équipements	Réseaux	Autres	Inconnus	Nature
Équipement	Alimentation	Foyers	Circuits	Circuits	Équipements	Réseaux	Autres	Inconnus	Nature
ta	en	rc	rc	rc	qu	és	ut	co	o
ts	r	ui	ui	ip	ea	re	nn	m	
ca	ta	ts	t	e	u	s	us	br	
de	n	lo	s	en	di		d'		
po	en	po	de	ts	st		ac		
fu	co	rt	fu	él	ri		ci		
m	m	eu	m	ec	bu		de		
rs	in	rs	ée	tri	tio		nt		
et	stal	sti	s	qu	n		s		
an	lati	bl	es	Ut					
ne	on	es		ili					
xe	d'o			té					
	ù			s/					
	déb			C					
	ute			ha					
	l'ac			le					
	cid			ur					
	ent								

Typologies
(non exc

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

un
des
aut
res)

Ex 12 3 11 1 - - 2 14 43
plo
sio
ns

Inc 6 - 6 1 8 - 4 14 39
end
ies

Rej 15 - 12 3 1 11 5 16 63
ets
en
ma
tièr
e
Da
nge
reu
ses
en
deh
ors
des
enc
eint
s
Ad
hoc

Écl - - 1 - - 8 - - 9
ate
me
nt/r
upt
ure
s

Br
uta
les
d'é
qui
pe
me

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

res
typ
es

No 22 3 24 5 8 12 9 38 121

mb
re
d'a
cci
den
ts

Pro 26, 3,5 29 6% 9,5 14, 11
por 5% % % % 5% %

tio
n
%
aux
acc
ide
nts
don
t
par
tie
de
l'in
stal
lati
on
déf
aill
ant
e
est
con
nue

Tableau 3.3 : Conséquences recensées des 121 accidents extraits de la base ARIA du BARPI. [6]

	Nombre d'accidents	% par rapport à L'échantillon
--	--------------------	-------------------------------

Conséquences Mortels 9 7%
humaines

ssés graves	14	11.5%
-------------	----	-------

de
personnes
du public

Conséquences environnementales	14	11,5%
---------------------------------------	----	-------

Dommages 10 8%
matériels
externes

Aux États-Unis : En 1980, dans une chaufferie, une chaudière est arrêtée en urgence à la suite d'une panne d'instrumentation puis explose au redémarrage en raison vraisemblablement d'une purge et d'un pré-balayage insuffisants. (ARIA 6535).

En 1987, dans une chaufferie urbaine, la foudre tombe sur une chaudière alimentée au gaz naturel et perce une vanne au niveau de l'entrée du gaz aux brûleurs (ARIA 6541).

En 2000, une fuite intervient sur un réservoir de propane dans une usine d'embouteillage de boisson et le nuage explose au contact d'une chaudière conduisant au BLEVE de la capacité (ARIA 18967).

Au Pakistan, en 1994, dans une centrale thermique, un court-circuit déclenche un incendie du réseau de câbles souterrains en tranchée, entraînant l'arrêt d'urgence d'une tranche de 210 MW et d'importants dégâts (ARIA 5539).

En Allemagne, en 1994, une fuite d'huile de lubrification sur le réducteur mécanique de vitesse d'une turbine à gaz provoque son éclatement et fait 4 morts et 6 blessés, dont 2 grièvement, parmi le personnel de la centrale thermique et les employés d'une entreprise de sous-traitance (ARIA 5958).

En Zambie, en 2000, une conduite bouchée par la rouille est à l'origine d'une accumulation de chaleur dans une partie de la chaudière et d'un grave incendie qui ravage la raffinerie (ARIA 19434).

Les enseignements :

L'accidentologie témoigne ici de nombreux événements liés à des défaillances d'organisation générale et à des conditions d'exploitation dégradées ou inadaptées. Aujourd'hui, des principes bien établis guident l'organisation de la gestion de la sécurité des installations industrielles :

- ÉOrganisation des rôles et des responsabilités des personnels y compris des sous-traitants
- ÉFormation adaptée et régulière des personnels
- ÉIdentification et évaluation des risques d'accidents
- ÉMaîtrise des procédés par des procédures et instructions permettant le fonctionnement dans les meilleures conditions possibles de sécurité en régime établi comme en phase transitoire

e préalable des risques à la réception du chantier,
ion de tous les acteurs, l'habilitation des intervenants,
chantier

É Gestion des modifications des installations et des procédés par des mesures organisationnelles

É Gestion du retour d'expérience au sein d'un même groupe et dans un même secteur d'activité plus généralement

É Contrôles des écarts constatés entre l'organisation globale du fonctionnement de l'établissement et les pratiques

É Implication de la direction dans la gestion de la sécurité.

1. Les enseignements tirés à partir des études menées par les scientifiques sur la question du changement climatique : (Analyse des rapports de L'AIE et GIEC)

1.1 Le dernier rapport de l'AIE : Dans son rapport annuel sur l'énergie, l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) prévoit une augmentation des émissions de CO₂ au niveau mondial dépassant les 40% d'ici à 2030. C'est le scénario de référence.

Dans ce scénario, peu d'incertitudes ou de probabilités, mais des faits tangibles issus d'une analyse de l'existant (équipements de production et réserves fossiles, investissements en matière de prospection et d'exploitations de nouveaux gisements fossiles, mise en service programmées de nouvelles centrales) et de la croissance de la demande énergétique mondiale qui est estimé à 40% dont 53% de consommation de charbon en premier lieu (grâce à une demande d'électricité en hausse de 77%), augmentant sa part de marché dans la production d'électricité de 42% à 44%.

Figure 3.1 : Évolution de la demande d'énergie- Source OCDE/AIE 2009

Au deuxième rang pour satisfaire ce besoin croissant d'énergie, le pétrole, qui passe de 86 millions de barils consommés par jour en 2007 à 105 millions, +24%. Le gaz naturel se maintient bien en troisième position, croissant également de 41%.

En contre partie, l'électricité produite à partir de sources renouvelables progresse aussi, mais seulement de 18% du total à 22%.

Les principaux bénéficiaires sont les pays membres de l'OPEP (Organisation des pays producteurs de pétrole), qui percevront des combustibles fossiles des recettes de 30 000 milliards de dollars de 2008 à 2030, cinq fois plus que pour les 23 années précédentes.

Le scénario de la dernière chance : Si ceci était inévitable pour garantir un certain confort et assurer notre développement, il y aurait un choix difficile à opérer. Mais l'AIE, propose un scénario alternatif, appelé *scénario 450* par ce qu'il vise à limiter les gaz à effet de serre à 450 parties par million dans l'atmosphère.

Il précise qu'en investissant 10 500 milliards de dollars
trillions éliminer toute augmentation des émissions, et
que cet effort serait plus que rentabilisé sur la seule période de 2010-2030 par des
réductions d'achats d'énergies fossiles (ne laissant donc peut être que 20 000 milliards de
dollars au pays de l'OPEP).

*Figure 3.2 : Évolution de la demande énergétique en limitant les gaz à effet de serre -
Source OCDE/AIE*

2.2 Les différents scénarios étudiés par le GIEC (Source : synthèse des scénarios du
GIEC proposée par le Centre d'analyse stratégique dans son rapport de juin 2008 sur la
valeur tutélaire du carbone) :

«* Scénario A1 : suppose un monde avec une forte croissance économique, un pic de la
population mondiale au milieu du XXI^e siècle, et l'introduction et la diffusion rapide de
technologies efficaces, avec prédominance des sources d'énergies fossiles (variante A1FI),
des énergies alternatives (A1T) ou un mix équilibré des deux (A1B) ;

* Scénario B1 : fait l'hypothèse d'une forte convergence des niveaux de vie au plan
mondial et introduit des mutations dans la structure des systèmes économiques (essor des
services et des technologies de l'information et de la communication) ;

* Scénario B2 : se fonde sur une croissance économique plus modérée, sur un dynamisme
moins grand de la population mondiale, dans un contexte de repli régional (fragmentation
du monde) ;

* Scénario A2 : parie sur un monde très hétérogène, avec un fort accroissement
démographique, une croissance économique ralentie et un certain pessimisme sur le
progrès technique ». [56]

*Figure 3.3 : Les émissions de gaz à effet de serre selon les différents scénarios du GIEC
(En milliards de tonnes d'équivalent CO₂ /an)-Source : GIEC, « Changements climatiques
2007 », cité par le Centre d'analyse stratégique dans son rapport de juin 2008 sur la
valeur tutélaire du carbone*

Dans un rapport spécial, intitulé '**The Copenhagen Diagnosis**', 26 chercheurs, dont
beaucoup ont participé à la rédaction des rapports du GIEC, concluent que les prévisions
passées étaient en deçà de ce que nous observons aujourd'hui. De nombreuses
manifestations du changement climatique se produisent en effet actuellement soit à la
vitesse maximale prévue il y a seulement quelques années, soit à un rythme supérieur.

ans un effort significatif de modération des émissions
ment global pourrait atteindre les 7°C d'ici la fin du

'The Copenhagen Diagnosis', qui a été rédigé au cours de cette dernière année, documente les découvertes récentes clés dans le domaine du changement climatique depuis la publication du 4ème rapport du GIEC en 2007.

Parmi les nouvelles découvertes publiées depuis 2007:

- ✓ Les mesures satellitaires et in situ mettent en évidence que les calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique perdent toutes deux de plus en plus de masse, contribuant à une accélération de la montée du niveau des mers.
- ✓ En Arctique, la banquise a reculé au-delà de ce qui avait été prévu par les modèles climatiques. Par exemple, l'étendue de glace de mer ayant fondu au cours des étés 2007 à 2009 était de 40% supérieure à la projection moyenne prévue par les modèles dans le dernier rapport du GIEC.
- ✓ Le niveau de la mer a monté de plus de 5 centimètres au cours des 15 dernières années. C'est une élévation de 80% supérieure à celle des projections de l'avant dernier rapport du GIEC en 2001. Si l'on tient compte des calottes glaciaires et des glaciers, la montée du niveau des mers pourrait excéder 1m en 2100, voire 2 m. C'est bien plus que ce qui avait été prévu. Au-delà de 2100, le niveau de la mer pourrait s'élever de plusieurs mètres pendant quelques siècles.
- ✓ En 2008 les émissions de dioxyde de carbone par les combustions fossiles ont été d'environ 40% supérieures à celles de 1990. Si les émissions n'augmentent pas au-delà des taux actuels, le monde aura quand même émis, d'ici 20 ans, la quantité globale de gaz à effet de serre qu'il faudrait ne pas dépasser pour limiter le réchauffement global à 2 degrés Celsius.

Ce rapport conclut que les émissions globales doivent diminuer rapidement au cours des cinq à dix prochaines années si nous souhaitons que le monde ait une chance raisonnable d'éviter les impacts les plus dramatiques du changement climatique.

Pour stabiliser le climat, ce rapport préconise que les émissions de dioxyde de carbone et autres gaz à effet de serre à longue durée de vie doivent atteindre un seuil quasiment nul d'ici la fin de ce siècle. [57]

Analyse du retour d'expérience : Les modèles et les scénarios établis jusqu'ici par les scientifiques démontrent que le monde court un danger énorme dû aux rejets anthropogéniques de l'activité humaine, dont les conséquences sont irréversibles.

Ce retour d'expérience basé sur les prédictions des scientifiques et les enseignements de la canicule d'été 2003 peuvent nous renseigner sur la situation du monde dans les années à venir. Ceci dit l'exactitude n'est pas garantie parce que ça reste des probabilités avec un degré plus au moins d'incertitude, mais par principe de précaution il vaut mieux se

mettre une politique de réduction de ces gaz à effet de
1 ne savait pas les risques liés aux CFC (chloro-fluoro-

Sur la question du retour d'expérience dans la gestion des situations de crise, en cas de pollution aigue suite à un évènement majeur les modélisations ainsi que les simulations se font lors de l'établissement des études de dangers et celles d'impacts. Leurs intégrations dans les plans d'urgence et en terme d'information de communication ne se fait pas actuellement, la prise en compte des l'expérience des autres en terme de pollution ne se fait par manque de club de retour d'expérience et une cellule de traitement des données trouvés par les scientifiques sur la question du changement climatique et de comparaison entre nos émissions et les émissions mondiaux.

⇒ Il y a **déficit** dans le domaine **REX (retour d'expérience)**.

CHAPITRE IV : DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

Une étude est essentielle pour maîtriser et gérer les aspects de la science de danger qui est la définition de la description moderne de la description), en précisant le champ de l'étude de danger ainsi que ces limites de temps et dans l'espace, en intégrant la liste des réseaux d'acteurs inclus dans l'étude et précisant le "regard" porté sur cet ensemble.

Les données telles que la géographie, la démographie, sismicité, milieux naturels, environnement physique, topographie, les conditions climatiques, géologie et géomorphologie vont nous renseigner sur la nature des dangers et leurs impacts une fois matérialisés, et vont nous aider à établir des modèles et choisir les barrières de gestion risque.

La chaudière sujet de l'étude fait partie d'une usine située elle-même dans un port pétrochimique près des agglomérations et milieu naturel, pour cela nous allons donner une brève description du port d'Arzew, le complexe et enfin la chaudière.

1. Présentation du complexe de liquéfaction du gaz naturel N°1 (GL1/Z):

Le complexe GL1/Z a pour mission de traiter le gaz naturel transporté par gazoduc en provenance des champs gaziers de Hassi Rmel en gaz naturel liquéfié (GNL) avec possibilité d'extraction du propane, du butane et de la gazoline, ce gaz est en suite transporté dans les méthaniers à destination de l'étranger.

1.1 Situation géographique du site :

La société américaine «BECHTEL» a construit le complexe GL1/Z s'étendant sur une superficie de 72 hectares dont 56 hectares occupés par les installations, situé à 40KM à l'ouest d'Oran et à 300 KM de la capitale.

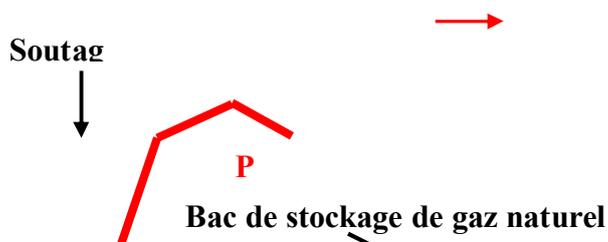
Le complexe est situé à Béthioua, en Algérie, au bord de la Méditerranée. Béthioua se trouve à environ 10 km du port d'Arzew. Ce port est lui-même situé dans la partie orientale de la baie qui s'étend entre le cap Carbon et le cap Ivi, et est protégé des vents du large par les contreforts du Djebel Orousse qui s'élèvent à l'est jusqu'à une altitude de près de 1200 mètres, le port d'Arzew forme l'un des meilleurs abris naturels qui soient le long du littoral algérien.

Le port d'Arzew est situé:

Entre 35°50'00" et 35°52'00" de latitude Nord

Entre 0°08'30" et 0°17' 100" de longitude ouest par rapport à Greenwich.

Le complexe est mitoyen au complexe GL2Z côté Est et limitrophe à Soutage (Stockage Naftal-AVM) par le côté ouest, l'agglomération de Béthioua situer sur un plateau de 60 m environ par rapport à la mer délimite le complexe au sud, sur ce côté il y a aussi la route principale de la zone ainsi que la voie ferrée quand au côté nord la mer est à une distance moins de 50 m, l'atmosphère donc est chargée en sel. Les lieux sont par ailleurs sujets à des tempêtes de poussière.





Les voies d'accès (postes Police) : En venant de Mostaganem poste P4, venant d'Arzew poste P1, venant d'Oran Poste P2 et P3 (accès piéton), ou bien accès par le port de Béthioua (P5, P6 et P7) et venant de Béthioua (Accès fermé).

1.2 Topographie :

Le site de la plate-forme industrielle est étagé. Il se présente en deux ensembles topographiques :

La plaine côtière dont l'altimétrie par rapport à la mer varie entre 0 m à 12 m.

Le Plateau dont l'altimétrie par rapport à la mer varie entre 60 m et 80 m.

La jonction des deux ensembles est constituée de terrain à forte dénivelée.

Le complexe se trouve sur la plaine côtière, entre 0 m à 12 m.

1.3 Géologie :

On rencontre, sur la zone pétrochimique, des terrains d'âge secondaire à tertiaire.

Les terrains secondaires : ils ont les calcs schistes crétacé jurassique d'Arzew qui se présentent sous deux aspects très différents :

1- Sous la forme de calcaire compact jaune, métamorphique et légèrement dolomitisé, parfois très fracturé et comprend parfois quelques fissures remplies de silice.

2- Sous forme d'alternance de niveaux calcaires durs de niveau schisteux.

Les terrains tertiaires : sont des terrains miocènes qui se présentent principalement sous trois faciès différents :

1 - Les marnes bleues ont une très grande puissance et peuvent atteindre une épaisseur de plus de 100 m d'après les sondages électriques.

2 - Les cinérites, qui séparent le plus les marnes bleues tertiaires des argiles tertiaires, se présentent sous la forme d'une formation grise, pulvérulente et débutent souvent par des grouwarkes, Ces derniers renferment les galets de roches vertes et d'une matrice légèrement calcaire.

3 - Les argiles terminent les formations tertiaires. Ces argiles sont altérées et présentent parfois quelques biotites et quelques inclusions vertes (glaucconic).

1.4 Géotechniques :

L'étude préliminaire géotechnique fait ressortir que le terrain est divisé en 3 grandes bandes orientée N.N.E ó S.S.W.

1 - Une bande centrale formée de calcs schistes secondaires représente le substratum.

2 - Deux (2) bandes latérales formées de terrains sédimentaires tertiaires et quaternaires où les marnes bleues tertiaires représentent le substratum.

Les échantillons analysés situent la Marne bleue à partir de 14,5 m de profondeur. La résistance à la compression simple oscille entre 4,0 et 17,0 kg/cm² (moyenne = 8,0 kg/cm²).

est divisé en cinq (05) zones de sismicité croissante soit :

ÉZone I : Sismicité faible

ÉZone IIa et IIb : Sismicité moyenne

ÉZone III : Sismicité élevée

Selon les Règles Parasismique Algériennes (RPA 1999 version 2003) la wilaya d'Oran est classé de moyenne sismicité (zone IIa), c'est-à-dire le risque sismique est moyen.

1.6 Environnement physique / Géomorphologie et paysages :

La bande littorale se présente comme une plate-forme légèrement inclinée vers le Nord avec une pente voisine de 35 p 1000. Un bourrelet longitudinal orienté Ouest Est de 4 à 6 mètres de hauteur borde la parcelle du côté Nord.

Au Sud, au dessus de +25m d'altitude, apparaissent les affleurements de grès calcaires ou sables consolidés lumachelliques sous la forme d'escarpements. Ces escarpements ou falaises se poursuivent vers l'Ouest en prenant de l'altitude (Voir carrière au Sud Ouest du Douar Grab).

1.7 Milieu naturel et sensibilité :

Le port d'Arzew est menacé par la pollution hydrique, pollution atmosphérique et le surpeuplement.

1.8 Données Climatologiques: Les paramètres qui sont présentées ont été mesurés par la station météorologique d'Arzew (Office National de la Météorologie), sur une période s'étalant de l'ouverture de la station en 1985 jusqu'en 2006 (soit sur 21 ans).

Le climat est évidemment du type littoral méditerranéen à influence marine directe. Brouillards et brumes et un degré hygrométrique élevé toute l'année, caractérisent le climat de la région où les pluies sont relativement plus abondantes que sur l'intérieur (l'arrière pays).

Le climat de cette zone se caractérise par deux saisons distinctes :

ÉPériode hivernale allant du mois d'octobre au mois de mai, où des températures clémentes sont enregistrées ;

ÉPériode sèche s'étendant de juin à Septembre, Juillet et Août étant presque absolument secs et chauds.

A/ Pluviométrie : La répartition interannuelle des précipitations est donnée par l'histogramme et la courbe de la Figure 4.2. On remarque une grande variabilité comme le montre le caractère en dents de scie de la courbe ; cependant on note une légère tendance à la hausse (courbe rouge).

On donne les statistiques de la série pluviométrique considérée :

ÉMoyenne : 284 mm

ÉÉcart-type : 58 mm

ÉValeur maximale : 464 mm (2001)

interannuelle des précipitations sur Arzew

Les précipitations moyennes mensuelles peuvent osciller entre 1 mm d'eau en saison sèche et environ 80 mm en période hivernale.

B/ Températures : À Arzew, la moyenne de température annuelle entre 1985 et 2006 est de 19,0°C. Le graphe de la figure 4.3 représente la variation interannuelle de la température moyenne, une hausse significative de la température moyenne est à signaler à partir des années 90.

La température minimale la plus basse enregistrée au cours de cette période à la station d'Arzew est de 0,6 °C alors que le maximum observé est de 42,5 °C.

Figure 4.3 : Variation interannuelle de températures sur Arzew (ONM)

Les températures moyennes mensuelles peuvent osciller entre 1,8°C en Janvier et 37°C en Août.

C/ Vents : À Arzew, les vents de directions Nord, Ouest et Sud Ouest sont prédominants. Leur vitesse moyenne (moyenne arithmétique) est de 4,5 m/s. Cette vitesse atteint son maximum à 15 heures TU.

En hiver et au printemps, certains vents d'Ouest dépassent parfois des vitesses de 16 m/s (soit 60 km/h). Notons que le sirocco souffle de 5 à 6 jours par an.

Une rose des vents a été établie, sur la base des données météorologiques enregistrées sur l'année 2006 par l'Office National de la Météorologie au niveau de la station d'Arzew (données bi-journalières). Elle est présentée sur la Figure 4.4.

Figure 4.4 : Rose des vents sur Arzew (2006)

D/ Brouillards : le littoral oranais et mostaganemois dont fait partie la zone d'Arzew connaît des situations de brouillard et de brumes très fréquemment.

Cependant les mesures de la station météorologique d'Arzew sur la période 1985/2006 montrent une diminution du nombre de journées de brouillard, et une augmentation sensible de la fréquence des jours d'orage.

Figure 4.5 : Variation interannuelle des occurrences de brouillard et d'orage sur Arzew.

Il ressort de la figure 3.5 que le nombre de jours par an de brouillard est en diminution, que la fréquence de jours d'orage varie fortement d'une année à une autre, et que très peu de jours de grésil ont été enregistrés ces dernières années.

E/ Ensoleillement

ont maximales au mois d'août avec un taux moyen de nombre avec un taux moyen de 54 %.

F/ Humidité

L'humidité relative moyenne de l'air est 84 % à 06h00 et 61 % à 12 h00.

1.9 Situation Démographique (travailleurs et riverains) :

Le complexe GL1Z se compose de 950 agents permanents, 30 apprentis, 50 temporaires et 250 sous-traitants en temps de fonctionnement normal, mais ce chiffre peut augmenter en temps des arrêts bien évidemment. Les travailleurs les plus exposés aux risques sont les opérateurs dans les différentes zones de l'installation y compris les gens de la maintenance.

La commune de Béthioua qui se situe à quelques centaines de mètres du complexe, compte une population de 16 950 habitants dont 7 303 habitants résidents dans l'agglomération chef lieu. À l'horizon 2020 et sur la base d'un taux de croissance démographique de 2,45%, la population de Béthioua atteindra 22 479 habitants.

2. Description du procédé :

À la sortie des puits, le gaz naturel est un mélange d'hydrocarbures légers dont la teneur en méthane est prépondérante (>80%). Il contient également en proportion décroissante des traces d'hydrocarbures plus lourds, en plus d'éléments non combustibles tels que le CO₂ (gaz carbonique) et l'hélium (He).

Le procédé de liquéfaction de GL1Z est un brevet A.P.C.I (American Petro-Chemical Industries)/MCR (Multi Composants Réfrigérant). Il comporte un cycle principal à cascade incorporé c'est-à-dire à réfrigérant mixte (MCR) ainsi qu'un pré-refroidissement au propane.

Figure 4.6: Schéma du procédé de GL1/Z

A/ Section décarbonatation (Section 02) : Le gaz arrive dans cette section pour être débarrassé du gaz carbonique qu'il contient. On réduit la teneur de CO₂ à un taux inférieur à 70 ppm. Cette opération est nécessaire afin d'éviter la solidification de ce produit dans les sections froides de la liquéfaction. Cette élimination de CO₂ est réalisée par aspersion d'un produit absorbant le « Mono Éthanol Amine » (MEA), en solution aqueuse et

Le gaz naturel à traiter. La solution MEA est régénérée au lavage. La désorption de CO₂ se fait par élévation de

B/ Déshydratation (Section 02) : Venant de la section de décarbonatation saturé en eau est débarrassé de son CO₂, le gaz naturel pénètre dans la section de déshydratation. La première partie de l'eau est éliminée par condensation (refroidissement sous contrôle de la température en évitant la formation d'hydrates). La seconde partie, quand à elle sera piégé par absorption au niveau de sécheur à tamis moléculaire (matériau poreux piégeant la molécule d'eau). La régénération des dessiccants (tamis moléculaires et alumine) se fera par passage d'un courant de gaz chaud, circulant à contre courant.

C/ Cycle de pré-refroidissement au propane (section 03) : Sortant des sécheurs, le gaz naturel subit son premier stade de refroidissement. C'est un cycle de pré-refroidissement au propane où le GN passe de la température ambiante à une température de -35°C. Cette opération s'effectue à trois niveaux de réfrigération distincts : haut, moyen et bas. La fonction de compression est assurée par le compresseur propane (K110) à trois étages.

D/ Séparation (section 04) : La première séparation entre les hydrocarbures légers et lourds s'opère au niveau de la tour de lavage et ce par un phénomène de distillation. Cette opération s'effectue dans une colonne à plusieurs plateaux (12 étages) dans laquelle circulent à contre courant un liquide et de la vapeur. Ces deux phases venants respectivement d'un condensateur de tête et en fond d'un rebouilleur. Les produits les plus volatiles s'accumulent avec la vapeur et vont en haut de colonne, à l'inverse les produits lourds passent en phase liquide et sont soutirés par le fond de la colonne. Le méthane constituant majeur est acheminé en tête de colonne, alors que les produits tels que le C₂, C₃, C₄ et C₅ sont dirigés vers le fractionnement où se fera leur séparation dans d'autres colonnes.

E/ Cycle de refroidissement principal (section 05) : Venant de la tour de lavage, le méthane (C1) subira un refroidissement au MCR. Ce cycle constituant la 2ème phase de liquéfaction. Le circuit MCR est un circuit basse température utilisé comme moyen final de refroidissement pour obtenir la liquéfaction du GN. Le MCR est mis en circulation par deux compresseurs MCR1 (K120) et MCR2 (K121). Le liquide frigorigène est un mélange d'azote de méthane et de propane dont la composition est définie pour assurer le meilleur rendement possible d'échange de réfrigérant dans la colonne de liquéfaction (échangeur principal). À ce stade il est produit un méthane liquide (GNL) dont la température avoisine -148°C et 25 bars environs de pression. Le GNL est étendue à travers la vanne TV612 et envoyé dans le ballon de détente d'azote, où la pression est de 0.3 bar et la température à -162°C.

F/ Les sections fractionnements : Les quatre sections de fractionnement ont pour but de séparer les hydrocarbures les plus lourds du gaz naturel. Le fractionnement est utilisé pour

MCR et pour le PCS, les composants lourds C5+
ère.

G/ Zone utilité : Cette zone est entièrement autonome, le but de cette zone est de fournir l'énergie et les produits nécessaires au démarrage et la marche normale des trains de liquéfaction.

- Installation de production de vapeur et d'électricité : Leur but est de produire de l'énergie électrique nécessaire au complexe. Trois chaudières à haute pression (62 bars) et une chaudière de moyenne pression (27.7 bars) produisent de la vapeur servant à entraîner les trois turboalternateurs d'une puissance nominale de 18 MW chacun.

Il est à noter que les 04 chaudières MHI construite par (Mitsubishi Heavy Industry) et 02 autres nouvelles IHI réalisée par la société japonaise IHI (Ishikawajima Harima Heavy Industries), du type « circulation naturelle », d'une capacité de 440 tonnes/heure chacune ont été installées afin réduire le déficit vapeur qui existait avant la rénovation pour le fonctionnement des 6 trains.

- Il existe aussi d'autres sources d'énergie de secours en cas d'urgence (déclenchement des trois turboalternateurs). La SONELGAZ peut fournir 12 MW.

Les besoins des six trains en vapeur sont fournis par dix-sept chaudières du type pré-assemblé d'une production de 136 tonnes/h chacune à une pression de 62 bars, et 06 chaudières d'une capacité 440T/H. Ces chaudières possèdent un collecteur commun alimentant les trains. Le combustible de ces chaudières est fourni par six compresseurs de fuel gaz avec des appoints de GN quand cela s'avère nécessaire.

3. Description de la chaudière 400T/H :

L'eau d'alimentation des chaudières est chauffée dans l'économiseur par les gaz de fumées de 109°C à 170°C puis elle pénètre dans le ballon supérieur par les tuyauteries internes et sert à alimenter les écrans d'eau. Les retours au ballon supérieur se présentent sous la forme d'un mélange de liquide saturé et de vapeur saturé, cette vapeur se rassemble dans le ballon au dessus du niveau d'eau. La vapeur saturée est dirigée vers le surchauffeur primaire pour élever sa température jusqu'à 375°C, elle passe ensuite dans le surchauffeur secondaire pour subir une autre augmentation de température jusqu'à 440°C. Entre le surchauffeur primaire et le surchauffeur secondaire, il y a le désurchauffeur pour réguler et stabiliser la température de vapeur. Pour cela une injection d'eau d'alimentation est effectuée au niveau du désurchauffeur et le débit d'eau varie selon la température à la sortie de surchauffeur secondaire.

Fiche technique d'une chaudière : Les conditions de marche pour chaque chaudière de process D326, D323, D324 et D325 sont :

Combustible:	Gaz process et gaz naturel
Système de tirage:	Tirage forcé
Capacité continue maximum	400.000 Kg/hr

	326.855 Kg/hr
Débit maximal	150- 400 T/hr
Pression de sortie de surchauffeur	170- 180 T/hr (chaudières stables)
La température de sortie de surchauffeur	440 T/hr (01 heures)
La température d'eau d'alimentation	64 bars
Les chaudières MHI sont équipées de deux (02) soupapes de sécurité dans le ballon supérieur et une autre dans le surchauffeur.	440 C°
	109 C°

3.1 Les composants d'une chaudière : L'installation de chaudière IHI se compose :

A-Bac de stockage d'eau alimentaire de la chaudière 2700 m³ : L'eau d'alimentation de la chaudière est constituée principalement de retours condensats provenant des condenseurs de vapeur des turbines d'entraînements, d'autres condensats du process, et de l'eau d'appoint nécessaire venant du stockage d'eau.

Et comme équipement auxiliaire on a :

- **Quatre pompes de retour condensats (CRP):** Type centrifuge (1 seule pompe 100% du régime pour deux chaudières).
- **Trois pompes d'alimentations (BFP):** Type centrifuge (Une seule pompe 75% du régime de la chaudière). Les pompes servent à l'alimentation d'eau de la chaudière.

B-Deux bacs de produits chimiques : Les produits chimiques utilisés dans les chaudières: carbohydrazine (ELIMINOX) et phosphate mono-sodique ou bi-sodique. L'injection de l'ELIMINOX se fait après le dégazeur exactement dans le refoulement de la pompe d'alimentation (pour l'élimination de l'oxygène dissout) et l'injection de phosphate bi-sodique dans le ballon supérieur (pour contrôle de PH et la conductivité).

C- Dégazeur : Le dégazeur sert à éliminer O₂ dissous dans l'eau.

D- 02 Ventilateur à tirage forcé (FDF): Le FDF sert à fournir l'air nécessaire à la combustion de la chaudière, type centrifuge (Un seul ventilateur 75% du régime de la chaudière).

E- 02 FDCF: Type centrifuge (Un seul ventilateur 100% du régime), Le ventilateur a pour rôle de fournir l'air pour :

- ✓ des détecteurs de flammes
- ✓ des hublots de surveillance
- ✓ alimenter les allumeurs en air comburant
- ✓ le refroidissement

Figure 4.7: Schéma d'une chaudière - Source : Soft chaudières IHI/ Formation GLIZ

de vapeur et d'eau.

- Mélanger l'eau d'alimentation et l'eau saturée après séparation.
- Conserver l'eau pour effectuer le changement de conditions de service, changer la demande en vapeur, la pression de vapeur et autre changement de mélange entre l'eau et la vapeur.
- Des produits chimiques pour le traitement de l'eau est injectée dans le ballon.
- Assurer l'alimentation d'eau uniforme des tubes de la chaudière.

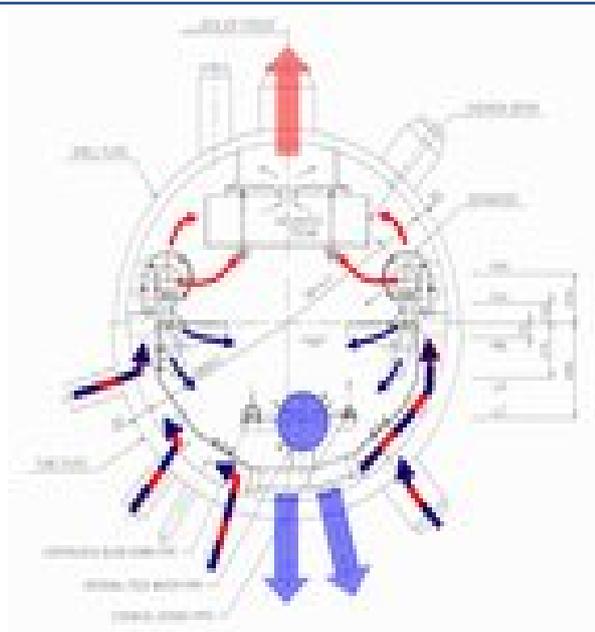


Figure 4.8: Ballon de vapeur - Source : Soft chaudières IHI/ Formation GLIZ

Le ballon est composé d' :

- Un collecteur perforé placé horizontalement à l'intérieur du ballon pour assurer l'alimentation d'eau uniforme.
- Deux séparateurs horizontaux (le rôle du séparateur est d'éliminer la gouttelette d'eau par une force centrifuge).
- Un sécheur à chevron a pour rôle d'éliminer les gouttelettes restantes dans la vapeur.
- Deux trous d'homme pour inspecter le ballon.
- Une ligne d'injection de phosphate.
- Une ligne de la purge.
- Deux lignes de sortie vapeur saturée.

G- Chambre de combustion et zone de récupération de chaleur : La chambre de combustion est un récipient de grand volume dont les parois sont refroidies à l'eau, la combustion se produit à l'intérieur. Les gaz de fumée sont dirigés vers la zone de convection. La passe de convection contenant les surchauffeurs, l'économiseur et l'évaporateur sont incorporés dans les parois refroidies à l'eau de la zone de récupération de chaleur. La paroi tubulaire de la chambre de combustion fait bouillir l'eau provenant de la paroi arrière de zone de récupération de chaleur. Les produits de la combustion sont refroidis par la paroi tubulaire de la chambre de combustion à la température de gaz appropriée.

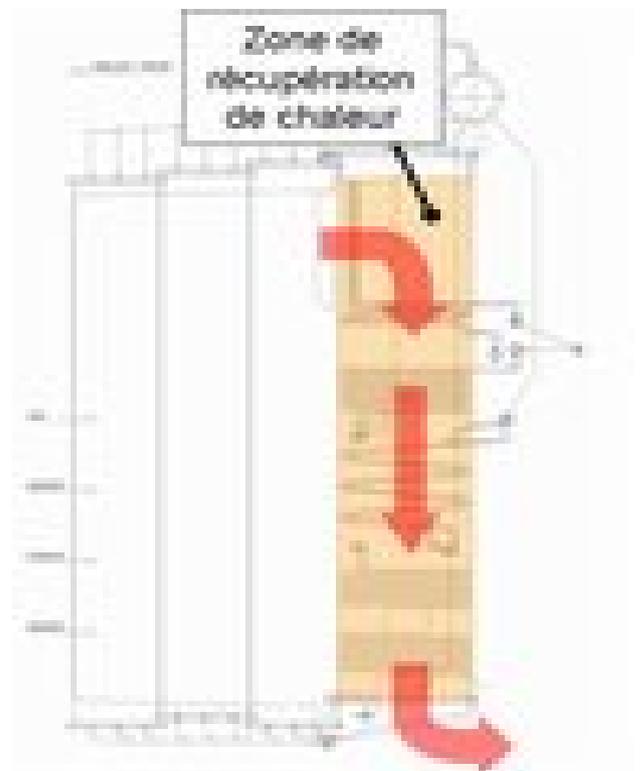


Figure 4.9: Schéma de l'unité de récupération de chaleur- Source : Soft chaudières IHI/ Formation GLIZ

faire monter la température de la vapeur au niveau
 gaz de fumée
 surchauffeur est la désurchauffe de la vapeur sortante

du surchauffeur primaire.

J- Système de combustion :

- ✓ **Allumeur:** 09 Allumage à étincelle à haute énergie.
- ✓ **Brûleurs :** 09 Brûleurs de type multi injecteur (multi-spud).

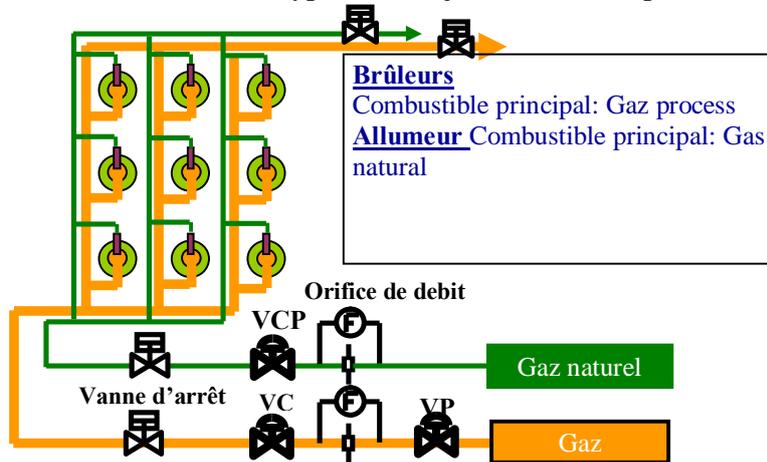


Figure 4.10: Schéma du système de brûlage - Source : Soft chaudières IHI/ GLIZ

K/ Port d'air supérieur (OAP): Les chaudières IHI sont équipées d'un mécanisme de réduction de la concentration de CO (oxyde de carbone) et NO_x (oxyde et dioxyde d'azote) dans les gaz cheminée par le port d'air supérieur (OAP). La réduction se fait par injection d'air dans la zone de haute température pour refroidir et diminuer la concentration de CO et de NO_x. C'est une injection d'air secondaire à la partie haute des neuf brûleurs, la quantité d'air injecter ne doit pas dépasser 30% du débit d'air à plein capacité de chaudière. [54]

Figure 4.11 : Système OAP - Source : Soft chaudières IHI/ GLIZ

Description de la zone d'étude

Turbines, four évaporateur	Cheminée	Émissions
1000	1000	1000
1000	1000	1000
1000	1000	1000
1000	1000	1000
1000	1000	1000
1000	1000	1000
1000	1000	1000
1000	1000	1000
1000	1000	1000
1000	1000	1000

Tableau 4.1 : Identification des sources d'émission au sein du complexe GL1Z

**CHAPITRE V : IDENTIFICATION
DES SOURCES D'EMISSION PAR
L'ANALYSE DES RISQUES DE
LA CHAUDIERE EN
APPLIQUANT LA METHODE
MADS MOSAR/MODULE A**

la méthode : modélisation du système et décomposition en sous-systèmes

La chaudière peut être modélisée comme un système ouvert sur son environnement, et composé essentiellement de matériels et d'opérateurs, en interaction entre eux et avec l'environnement. Les matériels (machines, stockages, appareils, bâtiments ...) peuvent :

- interagir de manière séquentielle (séquence linéaire, parallèles ou en réseaux) lorsqu'ils constituent des chaînes de fabrication ;
- ou être isolés.

Les **opérateurs** sont tous des acteurs de l'installation depuis le responsable jusqu'à l'exécutant. Ils peuvent être isolés ou en relation à travers des hiérarchies linéaires ou parallèles, des groupes ou en réseau ou des structures diverses.

Pour la décomposition du système étudié et des systèmes environnement et des opérateurs en sous-systèmes, il existe plusieurs manières :

Décomposition **hiérarchique** en fonction des relations des éléments de l'installation entre eux ;

Décomposition **topologique** en fonction de la position des éléments dans l'espace ;

Décomposition **fonctionnelle** de par la situation des éléments de l'installation dans la chaîne de fonctionnement de cette dernière.

Nous utiliserons une association des deux dernières en répondant à trois conditions :

- Les sous-systèmes répondent aux cinq critères d'un système (structure, fonction, finalité, évolution et environnement)
- Chacun doit être homogène
- Leur nombre doit être le plus limité possible, en tout cas inférieur ou égale à 12.

Dans notre cas de l'installation chaudière le découpage en sous-systèmes et comme suit :

SS1 : Bac d'alimentation d'eau

SS2 : Bac des produits chimiques

SS3 : Ventilateurs à tirage forcé

SS4 : Dégazeur

SS5 : Economiseur

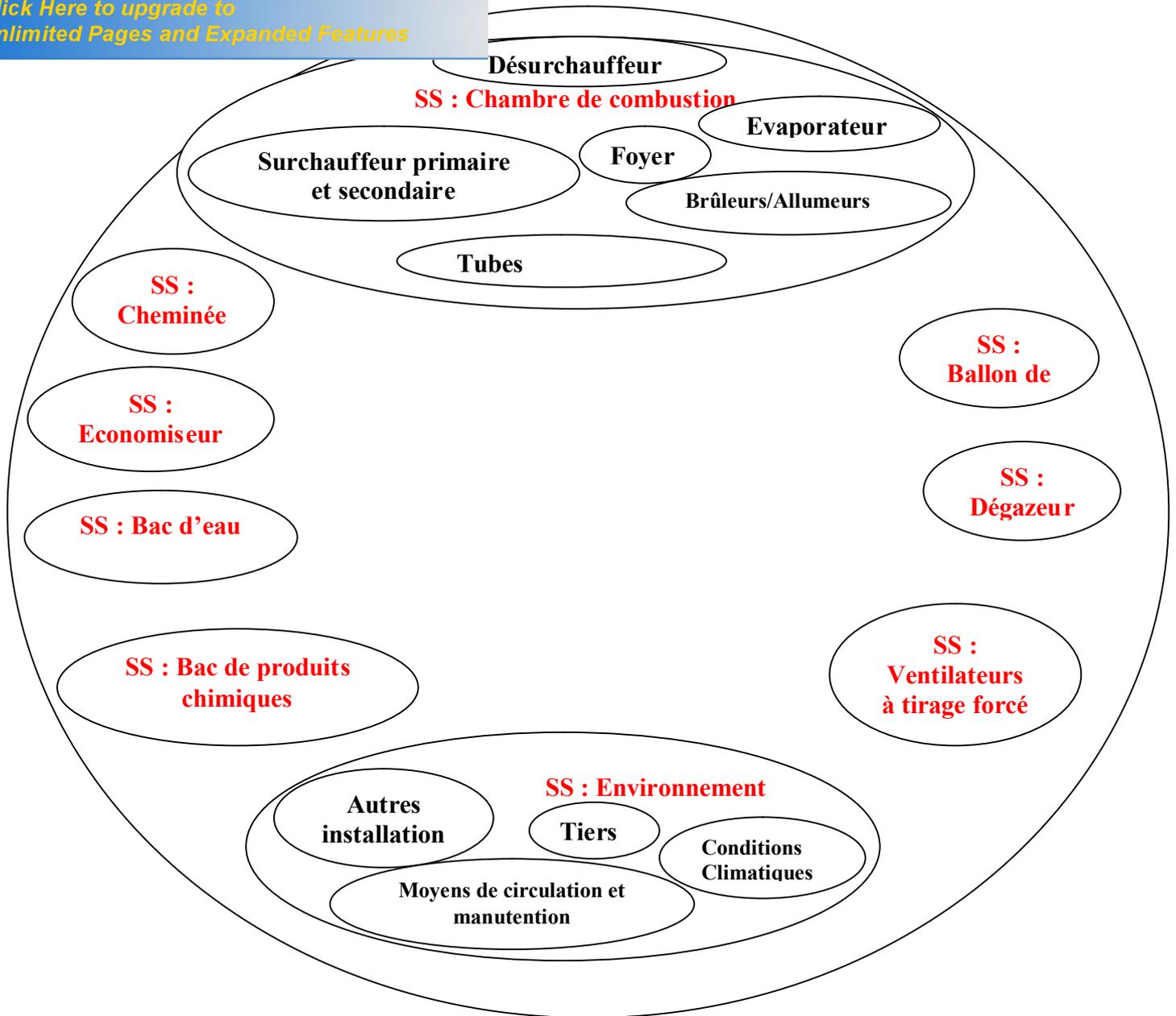
SS6 : Ballon de vapeur

SS7 : Chambre de combustion

SS8 : Cheminée

SS9 : Sous système humain (Managers, exécutants, tiers)

SS10: Sous Système Environnement.



2. MODULE A (vision macroscopique de l'installation) - analyse principale des risques

Description : Le premier module ou module **A** de la méthode **MOSAR** (Méthode Organisée et Systémique d'Analyse de Risques) permet de réaliser une analyse des risques principaux. À partir d'une décomposition de l'installation en sous-systèmes, on commence par identifier de manière systématique en quoi chaque sous-système peut être source de dangers. Pour cela, on fait référence à une grille de typologie des systèmes sources de dangers et on utilise le modèle MADS qui relie source de dangers et cibles.

L'utilisation de la technique des boîtes noires permet de générer des scénarios de risques d'interférence entre les sous-systèmes qui, rassemblés sur un même événement constituent un arbre logique ou arbre d'événements.

: Identification des sources de danger

2.1.1 Identification des sources de danger de chaque sous-système du système chaudière :

Le premier travail est d'identifier les sources de danger de chaque sous-système ou d'identifier en quoi chaque sous-système peut être source de danger. On remplit alors la première colonne du **tableau A** ci-dessous. En faisant cette identification pour tous les sous-systèmes, on obtient une liste des dangers de l'installation. (Cette liste n'est pas exhaustive, en effet, il est toujours possible de retrouver d'autres sources de danger).

La colonne phases de vie permet de préciser certains dangers, il est donc possible de faire l'analyse phase par phase, soit en cherchant à identifier les principaux dangers apparaissant dans les différentes phases de vie.

Les phases sont	Influence des champs	Événement renforçateurs
Phase Conception	CO	Sources d'allumage Densité de population Densité de circulation
Phase Montage	MO	
Phase Essais	ES	
Phase Exploitation	EX	
Entretien	EN	
Dépannage	DE	
Arrêt	AR	
Transformation	TR	
Démantèlement	DEM	

2.1.2 Identification de processus de danger

Le deuxième travail est l'identification des processus de danger. Ligne par ligne, en cherchant les événements qui constituent les processus de danger. On utilise le tableau A, en commençant par la colonne des **événements initiaux**. Ces derniers peuvent provenir soit du **contenant**, c'est-à-dire de l'enveloppe du système source, soit de son **contenu**.

On recherche ensuite les **événements initiateurs** qui peuvent engendrer les événements initiaux et on les note dans la colonne correspondante du tableau A. Ces événements peuvent être d'origine interne ou externe au système source de danger. Dans ce dernier cas s'ils sont générés par les champs.

La chaîne **événements initiateurs**– **événement initiaux** génère des **événements principaux** que l'on note dans la dernière colonne à droite du tableau A.



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

sa de C bin
t pre o e
ssi m
on p Sur
rés osvite
eau a sse
vap nt Us
eur ure
Sur Cor
ali rosi
me on
ntat
ion
éle
ctri
que
Vib
rati
on
Ob
stru
ctio
n
par
un
cor
ps
étra
nge
r



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

a Auva E C Cie
c ise nt uva ornch
d co raise roem
e m in rép si ent
st mu e o de
o nic mons n cha
c atio e e et udi
k n nt e et ère
a DC d déc
g S es len Fui
e Ma c B te
nqu hlche ai
e ur me ss
de esnt d ptu
mai des e re
nte alar v la
nan me eavir
ce s u ole
pré Per H Dé
ven te usse
tive de seme
Ru rev e du
ptu ête ni bac
re me eaque
u éle



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

n	Ecl	que
		Dét
cor	ate	éri
don	me	ora
		tio
de	nt	n
sou	de	des
		équ
dur	la	ipe
e	vir	me
		nts
Ch	ole	env
oc	Us	iro
		nna
(im	ure	nts
pac	des	Im
t	joi	plo
døu	nts	sio
		n
n	et	Sur
pro	gar	pre
		ssi
ject	nit	on
ile)	ure	inte
		rne
Ma	Tro	
lvei	u	
llan	Dét	



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Séi ora
sm tio
e n
Ca du
vita ma
tio ssif
n Déf
des or
po mat
mp ion
es de
ret la
our vir
con ole
den As
sât pir
Sur atio
ali n
me du
ntat vid



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

en

eau

**T
a
b
l
e
a
u
A
(s
u
i
t
e
)
:
I
d
e
n
t
i
f
i
c
a
t
i
o
n
d
e
p
r
o
c
e
s**



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

u
e
d
a
n
g
er
d
u
S
o
us
-
sy
st
è
m
e
2

T P É É É
y h v v v
p as è è è
es e n n n
d d e e e
e e m m m
sy vi e e e
st e nt nt nt
è s s s
m in in p
e iti iti ri



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

u e u ci
rc u x p
es rs a
d u
e x
d
a
n
g
er

S E I L L
S xt nt ié ié
2- er er s s
M n n a a
él es es u u
a (e c c
n n o o
g vi nt nt
e r e e
u o n n
rs n a u
et n nt
p e
o m
m e
p nt
es a
p ct
r if
o)



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

u
ts
c
hi
m
iq
u
es

S	E Pa		MBlo
o	X nn		a cag
us	e		u e
sy	au		v Ma
st	niv M	Fi	ai uva
è	ea au	ss	seis
m	u vai	ur	di dég
e	de se	at	lu aza
:	lœ	io	ti ge
M	git agi	n	o chi
él	ate tati		n mi
a	ur on		que
n	Ch		For
g	oc		mat
e	(i		ion
ur	mp	R	des
s	act	e	dép
d	dø	n	ôts
u	un	v	DFui
pr	pr	er	é te
o	oje	se	v Ch
d	ctil	m	erute



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

t	ku	nt	imper
c	ptu		e son
hi	re		ntnes
m	de		For
iq	s		mat
u	cor		ion
e	do		des
	ns		mél
	de		ang
	so		es
	ud		exp
	ure		losi
	Fla		fs
	qu		ave
	e		c
	dø		lœi
	hui		r
	le		Ex
	M		plo
	au		sio
	vai		n
	s		Brû
	do		lur
	sa		es
	ge		To
	Err		xici
	eur		té
	de		Pol
	re		luti
	mp		on
	lis		aig



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

ge
Séi
sm
e

S	M	Ex
o	E au Dét	cès
us	X vai éri	de
sy	se ora	pro
st	co tio	dui
è	m n	ts
m	E mudøt	Blo
e	N nic n	cag
:	D ati co	e
P	E on mp	Ma
o	D osa	uva
m	CSnt	is
p	Us	dég
es	ure	aza
d	Vi	ge
os	bra	chi
e	tio	mi
us	n	que
es		Cor
	Ob	rosi
	str	on
	uct	des
	ion	tub
	de	es
	s	ali
	po	me



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

es	res
par	Ca
un	vita
cor	tio
ps	n
étr	des
an	po
ger	mp
.	es

**T
a
b
l
e
a
u
A
(s
u
i
t
e
)
:
I
d
e
n
t
i
f
i
c
a
t
i**



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

n
d
e
pr
o
ce
ss
us
d
e
d
a
n
g
er
d
u
S
o
us
-
sy
st
è
m
e
3

T P É É É
y h v v v
p as è è è





Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

u u e e e
e e m m m
sy vi e e e
st e nt nt nt
è s s s
m in in p
e iti iti ri
so at a n
u e u ci
rc u x p
es rs a
d u
e x
d
a
n
g
er

S E I L L
S xt nt ié ié
3- er er s s
V n n a a
e es es u u
nt (e C c
il n o o
at vi nt nt
e r e e
ur o n n
à n a u
tir n nt



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

g m
e e
fo nt
rc a
é ct
(F if
D)
F)

S ELa Dé Arr Ma Co
o Xper tér êt nqumb
us te ior du e usti
sy du ati vendø on
st rés on tila ir inc
è eau dø teu pouom
m So un r r la plèt
e nel co co e
él gaz mp mb Pol
ec Sur os ustiluti
tri ali ant on on
q me du Dép aig
u ntat moent ue
e ion teu axi Ma
(éle r nqu
M ctri éle e
ot que ctr dø
e Dé iqu ir
ur nud e bar
él em rag
ec ent e
tri de Co (de



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

u re - nu
e) La cir lots
mis cui de
e à t sur
la veil
terr lan
e ce)
non Vib
res rati
pec on
tée des
Elec cha
stati udi
Fou ère
s
Déf
or
mat
ion
des
tub
es
Ris
que
éle
ctri
que

S EDy As Ex
o Xsfo pir plo
us ncti atiosio



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

st	em	du FOI
è	Eent	n luti
m	Ns	gazon
e	Ddes	échaig
v	Ealar	appue
e	me	é Ma
nt	s et	des nqu
il	dét	traie
at	ect	ns dœ
e	eur	ir
ur	s	Co
	de	mb
	gaz	usti
	Arr	on
	êt	inc
	de	om
	la	plèt
	ma	e
	chi	Déf
	ne	or
	dœ	mat
	ntr	ion
	ain	des
	em	aile
	ent	ttes
	Ma	Vib
	uva	rati
	is	on
	alig	Ex
	ne	cès
	me	dœ



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

Su
vite
sse

S	E Ar	Flu Vib
o	X rêt Dé	x rati
us	de pla	the on
sy	la ce	rmi
st	po me	queEro
è	mpnt	au sio
m	e axi	niv n
e	au al	eau des
T	xil de	des aile
ur	iai lør	palittes
bi	re bre	ers Arr
n	dø dæ	êt
e	huintr	de
	le aîn	la
	Pr em	tur
	éseent	bin
	nc	e
	e Pré	Ma
	dæsen	nqu
	au ce	e
	da dæ	dæ
	ns au	ir
	le dan	Ex
	cir s la	cès
	cui vap	dæ
	t eur	ir
	va	



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ur
Fe
rm
etu
re
de
la
va
nn
e
dø
dm
iss
ion
de
va
pe
ur
Su
rvi
tes
se
Us
ure

**T
a
bl
e
a
u**



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

(S
ui
te
)
:
Id
e
nt
ifi
ca
ti
o
n
d
e
pr
o
ce
ss
us
d
e
d
a
n
g
er
d
u
S
o



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

sy
st
è
m
e
4

T P É É É
y h v v v
p as è è è
es e n n n
d d e e e
e e m m m
sy vi e e e
st e nt nt nt
è s s s
m in in p
e iti iti ri
so at a n
u e u ci
rc u x p
es rs a
d u
e x
d
a
n
g
er



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

S xt nt le le
4- er er s s
D n n a a
é es es u u
g (e c c
az n o o
e vi nt nt
ur r e e
et o n n
a n a u
u n nt
xi e
li m
ai e
re nt
s a
ct
if
)

S E PanDétCa Bai
o Xne éri vita sse
us au ora tio de
sy niv tio n niv
st eau n des eau
è du dau po Im
m mo n mp S plo
e teu co es ursio
: r mp d n
P éle osa é du
o ctri nt bicall



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

p . me
es Pan Sur
al ne -
i au rem
m niv plis
e eau sag
nt de e
ai tur
re bin
s e
Per
te
de
pre
ssi
on
circ
uit
vap
eur
Per
te
de
rés
eau
éle
ctri
que
sur
vite
sse



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

D
al EmetCorn
lo Xure rosiali C is
n de on me ordég
la ntat ro aza
PV ion si ge
7X en onphy
X6 vap siq
53 eur ue
Pan Mo Ma
ne ntéeuva
au de is
niv niv dég
Eeau eau aza
Nde lœ ge
Dla au chi
Epo Basmiq
mp niv ue
e eau
dos CavCor
eus tatirosi
e ons on
Ma des des
uva po éch
ise mp ang
ma es eur
nip La s de
ulat fontcha
ion e leur
mal des et
adr ub tub



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

e au sur
Dy niv -
sfo eau rem
ncti de plis
onn la sag
em cha e
ent mbrSur
des e depre
ana co ssio
lys mb n
eur asti inte
s on rne
Dy Rup
sfo ureFuit
ncti des e
onn struEff
em cturond
ent es rem
des métent
sou alli du
pap que ball
es s on
de Fla Dét
séc que ério
urit s rati
é dœ on
Us au des
ure équ
Ch ipe
oc me
(im nts



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

t	uon
dø	nan
n	ts
pro	Acc
ject	ès
ile)	en
Séi	hau
sm	teur
e	dan
Plu	ger
ie	eux
gel	

**T
a
b
l
e
a
u
A
(s
u
i
t
e
)
:
I
d
e
n
t
i
f
i
c
a
t
i**



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

n
d
e
pr
o
ce
ss
us
d
e
d
a
n
g
er
d
u
S
o
us
-
sy
st
è
m
e
5

T P É É É
y h v v v
p as è è è





Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

u u e e e
e e m m m
sy vi e e e
st e nt nt nt
è s s s
m in in p
e iti iti ri
so at a n
u e u ci
rc u x p
es rs a
d u
e x
d
a
n
g
er

S E I L L
S xt nt ié ié
5- er er s s
E n n a a
c es es u u
o (e c c
n n o o
o vi nt nt
m r e e
is o n n
e n a u
ur n nt



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

m
e
nt
a
ct
if
)

E Ac Flu Mo Fen
Xcu x nté te
mu the e des
lati rmien tub
on Forquetemes
des mat pér sur
gaz ion atu pre
de des re ssi
co dép on
mb ôts Ma Vib
usti uvarati
on Us is on
Défure échde
aut Ru Fis angla
dø ptu sur e cha
lim re atiothe udi
ent des n rmière
E atiocor queDéf
Nn don Coror
en s rosimat
eau de on ion
Ex sou des des
cès dur tub tub



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

co
mb
usti Arr
ble êt
Ex de
cès la
døa cha
ir udi
ère

Ma
uva Ac Fui
is cu te
Tra mu Pol
ite lati luti
me on on
nt des aig
døe gaz ue
au cha (En
Ma uds trai
uva ne
ise me
co nt
m de
mu lœa
nic u
atio ave
n c
DC les
S gaz
de
Ch co



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ser	usu
sm	on)
e	
	Éc
	hap
Ma	pe
uva	me
is	nt
refr	des
oid	gaz
isse	cha
me	uds
nt	Brû
	lur
	es

**T
a
b
l
e
a
u
A
(s
u
i
t
e**



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

.
Id
e
nt
ifi
ca
ti
o
n
d
e
pr
o
ce
ss
us
d
e
d
a
n
g
er
d
u
S
o
us
-
sy
st



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

m
e
6

Types de système sources de danger	Phase de vie	Évènements initiateurs	Évènements initiaux	Évènements principaux
------------------------------------	--------------	------------------------	---------------------	-----------------------

S E I L L
 S xt nt ié ié
 6- er er s s
 B n n a a
 al es es u u
 lo (e c c
 n n o o
 d vi nt nt
 e r e e
 v o n n
 a n a u
 p n nt
 e e
 ur m
 e
 nt
 a
 ct
 if
)

EMa Co Fui
 XuvaBo rro te



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

trage n tra me
 temde des îne tio
 ent la tub me n
 dæ lig es nt des
 au ne Fo de bru
 Bo de rm lœ leu
 uchpur ati au rs
 age ge. on liq Dé
 de des uid téri
 la Us dé e ora
 lig ure pô t vertio
 ne du s s n
 dœ Col cir dœ
 nje lect cui qui
 ctioeur t pe
 n dœ va me
 de au pe nt
 phoDy ur dœ
 sphsfo ntr
 ate ncti Ba ain
 tri- onn s em
 sodem nivent
 iqu ent ea .
 e. s u
 des Fe
 sép Ha nte
 arat des
 eur ut tub
 Pans nives
 ne Us ali
 au ure ea me



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

causes
des heu
po r à
mp che
es vro
ali n
me
ntai
res
Ma
uva
ise
co Ob
m stru
mu ctio
nic n
atiodes
n lig
DCnes
S de
(dy sort
sfo ie
nctivap
onneur
em sat
ent uré
des e
alar
me
s)

re
s et
les
éch
Ac an
cu ge
mu urs
lati de
on cha
de leu
s r
ga Pol
z luti
de on
co aig
mb ue
ust Pas
ion sag
e
dœ
au
au
cir
cui
t
va
pe
ur
Per
te
de



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ssi
on
da
ns
le
col
lec
teu
r
Sur
pre
ssi
on
é

**T
a
b
l
e
a
u
A
(
s
u
i
t
e
)
:
Id**



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

nt
ifi
ca
ti
o
n
d
e
pr
o
ce
ss
us
d
e
d
a
n
g
er
d
u
S
o
us
-
sy
st
è
m
e



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

T P É É É
y h v v v
p as è è è
es e n n n
d d e e e
e e m m m
sy vi e e e
st e nt nt nt
è s s s
m in in p
e iti iti ri
so at a n
u e u ci
rc u x p
es rs a
d u
e x
d
a
n
g
er

S E I L L
S xt nt ié ié
7- er er s s
C n n a a
h es es u u
a (e c c
m n o o



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

e r e e
d o n n
e n a u
c n nt
o e
m m
b e
us nt
ti a
o ct
n if
)

S- A No Ma Ac For
S R n Acc uva cu ma
o E res um is mu tio
u N peculat bal lati n
s t ion aya on dæ
sy E du des ge de n
st X ma gaz de co mé
è el fum cha ust ge
m Opée udi ibl exp
e (no ère e losi
: Dé n no f
F fau dég n Co
o t age brû mb
y de me lé usti
er co nt) Us Au on
m Dys ure to- inc
mu fon infl om
nic ctio am plè
ati ma te



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

(y) me
 stè nt
 me des
 DCdét
 S) ecte
 Dé urs
 téri de
 ora gaz
 tio
 n
 de
 la
 bri
 qu
 e
 réf
 rac
 tair
 e
 Ch
 oc
 par
 un
 pro
 jec
 tile
 Ma
 nq
 ue
 ma
 int
 ena
 nce
 pré

n. ena
 du ie,
 mé exp
 lan losi
 ge on
 gaz pol
 eu luti
 x on
 apr aig
 ès ue,
 Au Ble
 gm ssu
 ent res
 ati Mo
 on rt
 de døn
 la om
 te me
 mp s,
 éra Br
 tur ulu
 e res
 da No
 ns n
 la dét
 zo ecti
 ne on
 de des
 réc fla
 up m
 éra me
 tio s
 n Fe
 de nte



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

ve r. es
Ma Sur
lad pre
res ssi
se on

S- Ba Fe
S E s Cor Fui nte
o X niv rosi te des
u eau on Vi tub
s au Usu bra es
sy bal re tio For Ext
st lon Exc n ma inc
è Flu ès tio tio
m x dœi n n
e the r des par
: rmi dé tiel
tu qu pôl ou
b e s tot
es Ma ale
al uv des
i ais brû
m trai leu
e te rs
nt me Dé
ai chi for
re mi ma
qu tio
e n
Séi des
sm tub
e es
Ma



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

is
éch
ang
e
the
rmi
que

S-
So
us
sy
st
è
m
e :
br
ûl
eu
rs
-
Al
lu
m
eu
rs

A ExtBas Re Ret
R inc se Fer fro our
tio pre me idi de
n ssio tur sse fla
E des n e me m
X brûco rap nt me
leu mb ide des Co
rs usti des gaz mb
avable van cha usti
nt Ha nes uds on
lørute Mé inc
rêt pre lan om
des ssio ge plè
va n du te
nn co co Inc
es mb mb end
co usti ust ie
mb ble ibl exp
ust Exc e losi
ibl ès no on
e dœi n Arr
Fuir brû êt
te lé des
des ave ma
tub c chi
es lœi nes



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

brûl ns nte
 après des s
 l'ou pro Ext
 e por inc
 des tio tio
 d'ac ns n
 n gæ ex par
 Va plo tiel
 nn siv ou
 es es. tot
 de Ind ale
 gaz ica des
 fuy tio brû
 ard n leu
 s err rs
 Dif on Ero
 fic ée, sio
 ult acc n
 é um des
 au ula aile
 dé tio ttes
 ma n des
 rra de tur
 ge gaz bo
 po da ma
 ur ns chi
 la la nes
 mi cha Vi
 se mb bra
 en re tio
 ma de n
 rch co de
 e mb la



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

um . ère
eur pol
s. Ma luti
Dy nq on
sfo ue aig
nct dæ ue
ion ir. Sur
ne pre
me ssi
nt on.
des
dét
ect
eur
s
de
fla
m
me
.
Dy
sfo
nct
ion
ne
me
nt
de
rég
ula
teu
r
de



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

...
e
d
ir.

T
a
b
l
e
a
u
A
(s
u
i
t
e
)
:
I
d
e
n
t
i
f
i
c
a
t
i
o
n
d
e
p
r
o
c
e
s



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

u
e
d
a
n
g
er
d
u
S
o
us
-
sy
st
è
m
e
7

T P É É É
y h v v v
p as è è è
es e n n n
d d e e e
e e m m m
sy vi e e e
st e nt nt nt
è s s s
m in in p
e iti iti ri



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

u e u ci
rc u x p
es rs a
d u
e x
d
a
n
g
er

S E I L L
S xt nt ié ié
7- er er s s
C n n a a
h es es u u
a (e c c
m n o o
br vi nt nt
e r e e
d o n n
e n a u
c n nt
o e
m m
b e
us nt
ti a
o ct
n if
)



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

S	na	E	Det
ur	Eut		ntéri
c	X	niv	FiFui
h	eau	ss	te
a	dæ	urde	e n
uf	au	at	la
fe	au	io	vap
ur	ball	n	eur
pr	on	Flu	d es
i	vap	x	e Arr
m	eur	the	løêt
ai	Us	rmi	eade
re	ure	que	u pro
	Ma	Vib	d duc
	uva	rati	u tio
	ise	on	b n
	circ		al
	ulat		lo Pol
	ion		n luti
	des		v on
	gaz		a aig
	de		p ue
	fu		e Sur
	mé		urpre
	e		ssi
	Sur		on
	déb		A Fen
	it		ccte
	de		u des
	co		m tub
	mb		ules



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

Die
Séi
sm
e
Ex
cès
dø
ir

io De
n or
d mat
esion
fudes
m tub
ées
s

D Dy U F Dé
és sfo su ui sur
ur ncti reLa te cha
c Eonn d sur døff
h X em u cha eae
a ent jo uff u de
uf de ine la
fe la t de vap
ur van d la eur
ne e vap Ero
de la eur sio
dés v (m n
urc a ont des
hau n ée aile
ffe n en ttes
Ma e tem de
uva d pér tur
ise e atu bin
co d re) e
m és
mu ur Fen
nic c te



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

n a tu
DC uf es
S fe
Ob
stru
ctio
n
de
la
lig
ne
dæ
lim
ent
atio
n
en
eau

S Dé Bai Im
ur E cle Fisse F plo
c X nc sspre uisio
h he urssi ten
a me at on d dæ
uf nt io dan e qui
fe des n s le la pe
ur trai Mcoll v me
se ns a ect a nt
c Ma u eur p Ent
o uv v 62b e rai
n ais ai ars urne



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

ai an re me nta tio n en ea u Us ure Vi bra tio n Dy sfonctionne ment de la so up ap e de séc uri

fr or oi di ion ssdes e tub mes e nt

o de nt la éevap e eur n ave te c mles p gaz érde at fu urmé e e Fen te des tub es Sur pre ssi on



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

T
a
b
l
e
a
u
A
(s
u
i
t
e
)
:
I
d
e
n
t
i
f
i
c
a
t
i
o
n
d
e
p
r
o
c
e
s
s
u
s
d
e
d



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

u
g
er
d
u
S
o
us
-
sy
st
è
m
e
8

T P É É É
y h v v v
p as è è è
es e n n n
d d e e e
e e m m m
sy vi e e e
st e nt nt nt
è s s s
m in in p
e iti iti ri
so at a n
u e u ci
rc u x p
es rs a



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

e
d
a
n
g
er

S E I L L
S xt nt ié ié
8- er er s s
C n n a a
h es es u u
e (e c c
m n o o
in vi nt nt
ée r e e
et o n n
ac n a u
ce n nt
ss e
oi m
re e
s nt
a
ct
if
)

C La Pol
O Err ion luti
eur disp on



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

CO uvante vroom
E nc ise lœu rati que
X ept circi on
ionulatroc Flu
ionède x
Mades le the
nq gazrait Ma rmi
ue cha:me uvaque
dœudnt ise Sur
ir les intepre
au gaz rpr ssi
nivOb le étaton
ea strœom ion
u ctioust des Ru
M de n on par ptu
O lœOdu am re
E APdra ètreet
X Ex in s Déf
E cèsde ņo or
N dœalœanbu mat
ir u tio ion
Ex par r de
cèsun nco la
de cor npl che
co ps ète mi
mbétra née
ust nge Pol
ibl r Jsu luti
e e on
Ma ņim aig
nq nut ue



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

qua le rai
 ir ési ne
 de stan me
 co e nt
 mb mec de
 ust uniq la
 ion ie vap
 Ma eur
 uv ave
 ais c
 e les
 co gaz
 m de
 mu fu
 nic mé
 ati e
 on ver
 D s
 CS che
 Ma mi
 nq née
 ue Ma
 de uva
 ma ise
 int ma
 en nip
 an ulat
 ce ion
 pré
 ve
 nti Fui



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Ch	ues
oc	gaz
Séi	cha
sm	ud
e	a
Co	bas
rro	se
sio	alti
n	tud
des	e
Ca	Brû
ille	lur
bot	es
is	Ch
Pl	ute
uie	de
Ge	hau
l	teu
	r

**T
a
b
l
e
a
u
A
(s**





Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

te
)
:
Id
e
nt
ifi
ca
ti
o
n
d
e
pr
o
ce
ss
us
d
e
d
a
n
g
er
d
u
S
o
us
-



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

st
è
m
e
9

T P É É É
y h v v v
p as è è è
es e n n n
d d e e e
e e m m m
sy vi e e e
st e nt nt nt
è s s s
m in in p
e iti iti ri
so at a n
u e u ci
rc u x p
es rs a
d u
e x
d
a
n
g
er

S E I L L
S xt nt ié ié





Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

S n n a a
o es es u u
us (e c c
sy n o o
st vi nt nt
è r e e
m o n n
e n a u
h n nt
o e
m m
m e
es nt
a
ct
if
)

M C Ma Mle Ma
a O nq a no uva
n E n
a X ue u ma ise
g A de v itri déc
er R se
s E co ai en isio
N m s cas n
D de
E mu re cri Ma
D nic cr^{se} uva
E
M



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

on e ma
Ma m nip
uv e ulat
ais nt ion
e In Ac
inf c cid
or o ent
ma ns s
tio ci
n e
Ma n
nq ce
ue
de
co
nc
ert
ati
on
Ma



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

ais
e
org
ani
sat
ion

E	E	Ma	M	P	Act
x	X	uv	a	a	ion
éc	A			ni	non
ut	R	ais	n	q	con
a	E	e	q	u	for
nt	N			e	me
s	D	inf	u	e	Fau
	E	or	e	n	sse
	D			ca	aler
	E	ma	d	s	te
	M	tio	e	d	Ge
	M			ur	ste
	O	n	fo	g	mal
		et	r	e	adr
		co	m	n	oit
				ce	
		mp	at		
		réh	io	Ble	
				ssu	



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ion M
Ma al
uv v
ais ei
e ll
co a
ord n
ina ce
tio N
n é
Str gl
ess ig
Fat e
igu n
e ce
Co
nte
xte
da
ng



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ux

T	E	Ma	M	Ins
ie	X	a	é	cu
rs	A	nq	u	rité
	R	ue	v	
	E	de	ai	
	N	s	Ble	
	D	sen	ssu	
	E	sib	res	
	D	m		
	E	ilis	p	
	M	ati	or	
	M	te		
	O	on	m	
		e		
	Inc	nt		
	on	(
	sci	N		
	o	o		
	en	n		
	re	ce		
	sp	ec		
	t	d		
	es	c		
	o	ns		



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

ii
es
d
e
sé
c
ur
it
é)

T
a
b
l
e
a
u
A
(s
u
i
t
e
)
:
I
d
e
n
t
i
f
i
c
a
t
i
o
n
d



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

pr
o
ce
ss
us
d
e
d
a
n
g
er
d
u
S
o
us
-
sy
st
è
m
e
1
0

T P É É É
y h v v v
p as è è è
es e n n n
d d e e e





Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

sy vi e e e
st e nt nt nt
è s s s
m in in p
e iti iti ri
so at a n
u e u ci
rc u x p
es rs a
d u
e x
d
a
n
g
er

S E I L L
S xt nt ié ié
1 er er s s
0- n n a a
E es es u u
n (e c c
vi n o o
ro vi nt nt
n r e e
n o n n
e n a u
m n nt
e e
nt m



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

at
ur
el
s,
m
at
ér
ie
l
et
h
u
m
ai
n

C	E	DétCo	Eff
o	X	éri	urt
n	e	oracirc	re
di	Fo	tio	uit
ti	udr	n	nt
o	e	dœ	et
ns	Tsu	qui	ren
cl	na	pe	ver
i	mi	me	se
m	Plu	nt	me
at	ie	Ele	nt
iq	Gel	ctri	des
u		cté	équ
es			ipe
et		stat	me



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

at e AC
ur Co cid
el nte ent
le xte Ris
s dan que
ger dœ
eux lect
roc
uti
on
Ch
ute
des
per
son
nes

A EDé Ex
ut X cle He plo
re nc En urt sio
s he co des n
in me mb équ par
st nt re ipe eff
al dôme me et
la n nts F nts do
ti inc des uipar mi
o en équ teles no
ns die ipe d opé Ble
da me e rate ssu
ns nts prurs re
les o Dét



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

up
em
ent
s
av
ois
ina
nt
Éc
ha
pp
em
ent
døu
n
ga
z
døa
utr
es
éq
uip
em
ent
s
Ma
uv
ais
e
iso
lati

ui
ts
c
hi
m
iq
u
es

 ion
des
mél
ang
es
exp
losi
fs
To
xici
té
Brû
lur
es
Gli
ssa
de

ora
tio
n
du
mat
érie
l
For
mat
ion
des
mél
ang
es
exp
losi
fs
To
xici
té
Brû
lur
es
Gli
ssa
de



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

ue
qui
pe
me
nt
Air
es
de
sto
ck
ag
e
des
pro
dui
ts
chi
mi
qu
es
no
n
res
pe
cté
Fla
qu
es
døh
uil
e



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

m	A	ma	det
o	R	uv	éri
y	E	ais	urt
e	N	e	dœ
ns	ma	qui	n
d	E	nip	pe
e	X	ula	me
ci	tio	nts	pe
rc	n		me
ul	dœ		nt
at	qui		Ac
io	pe		cid
n	me		ent
et	nt		s
m	de		Ex
a	ma		plo
n	nut		sio
ut	ent		n
e	ion		
nt	Dé		
io	rail		
n	le		
	me		
	nt		
	du		
	trai		
	n		
	de		
	car		
	gai		
	so		



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

no
n
res
pe
ct
des
air
es
de
cir
cul
ati
on

R Act exp Bai Arr
iv e losisse êt
er ter on des de
ai ror bénpro
ns ist éfiduc
e es tio
Bai n
sse Ris
de que
la éco
de no
ma mi
nd que
e
des
ma
rch



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ext
éri
eur
s
po
ur
le
G
NL
.

: identification des scénarios de danger

Dans beaucoup de cas, on admet que les scénarios d'accidents sont connus notamment grâce au retour d'expérience. Il est cependant intéressant de pouvoir générer des scénarios d'accidents possibles. Ceci permet de démontrer leurs genèse, d'identifier des variantes voir des scénarios insoupçonnés et enfin de créer une suite logique d'évènements pouvant conduire à un arbre montrant l'enchaînement de tous ces évènements.

2.2.1 La première partie de la deuxième étape du module A : Représentation des sous systèmes sous forme de boîtes noires : Ce travail consiste à isoler chaque sous-système. En reprenant chaque sous-système dans les tableaux A, on les représente sous formes de boîtes noires dont les entrées sont les évènements initiateurs d'origine externes ou interne et les sorties sont les évènements principaux.



Ce travail est une simple compilation du tableau A. On obtient les différentes boîtes noires représentés dans l'annexe 2 :

Cette liste de scenarios n'est pas exhaustive, mais la plus probable selon le retour d'expérience.

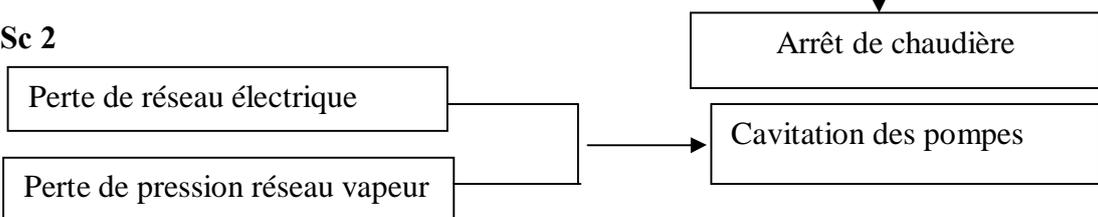
2.2.2 Présentation des scénarios courts et d'autodestructions d'une manière plus lisible :

On peut réécrire ces scénarios de manière plus lisible, pour éviter de se perdre dans ce fouillis de flèches:

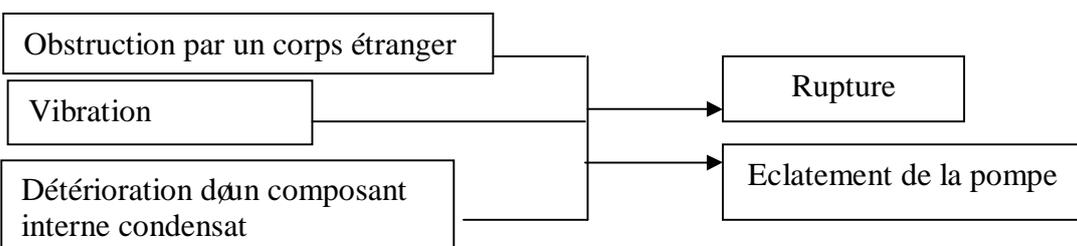
Sc 1



Sc 2



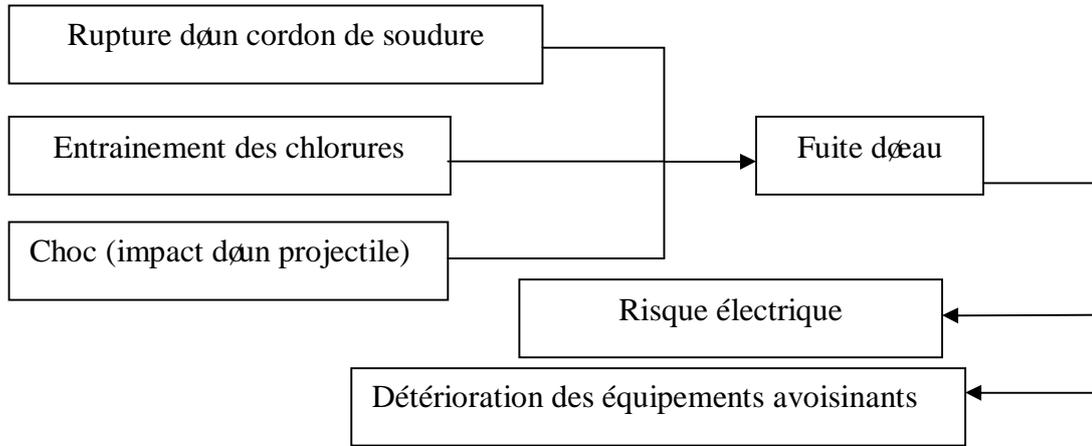
Sc 3



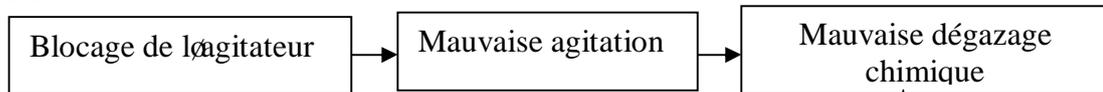
Sc 4



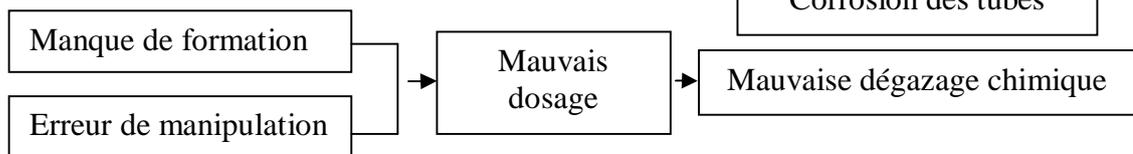
et d'autodestructions (suite) :



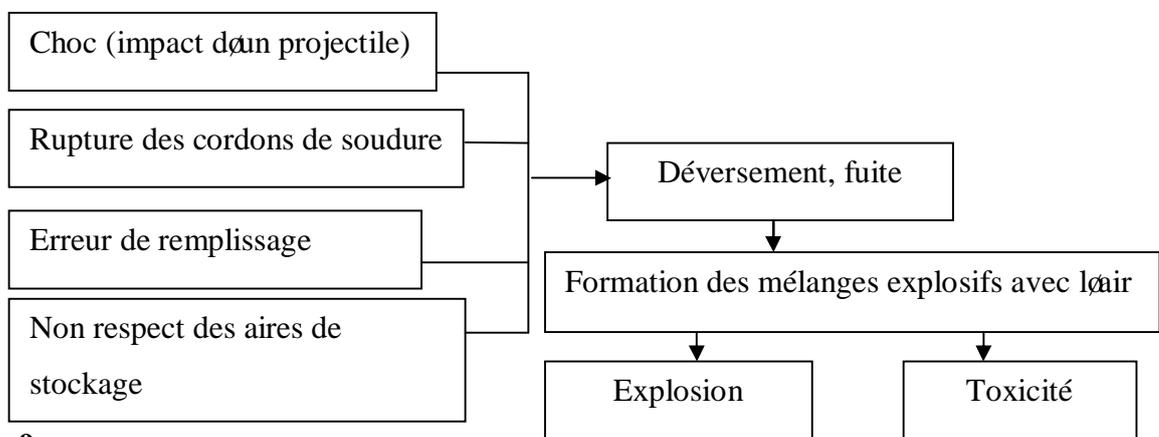
Sc 6



Sc 7



Sc 8



Sc 9

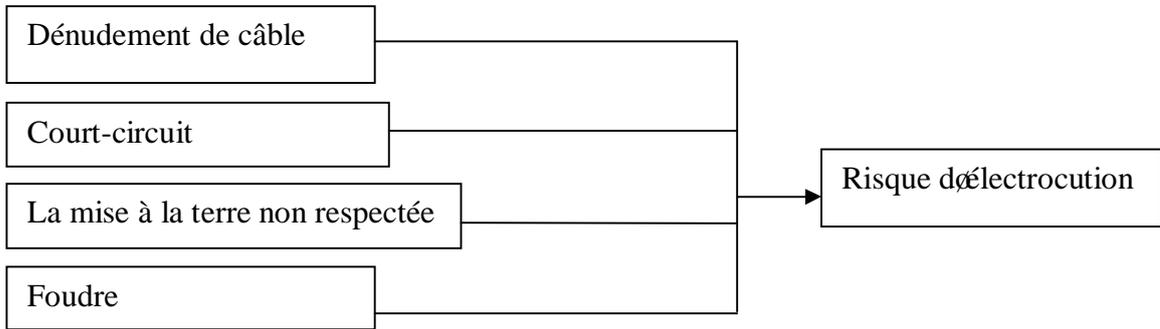


Sc 10

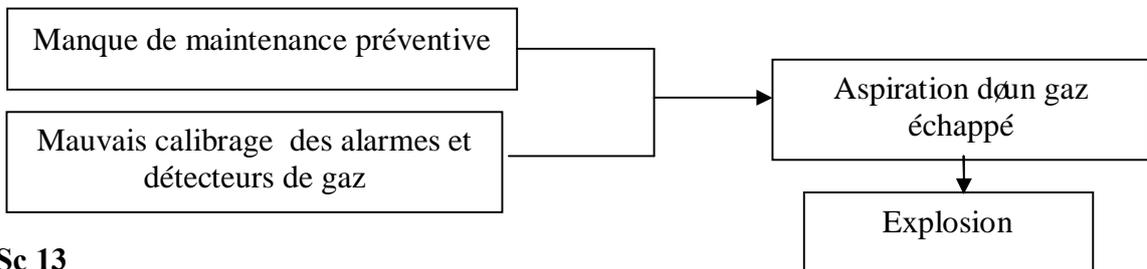


et d'autodestructions (suite) :

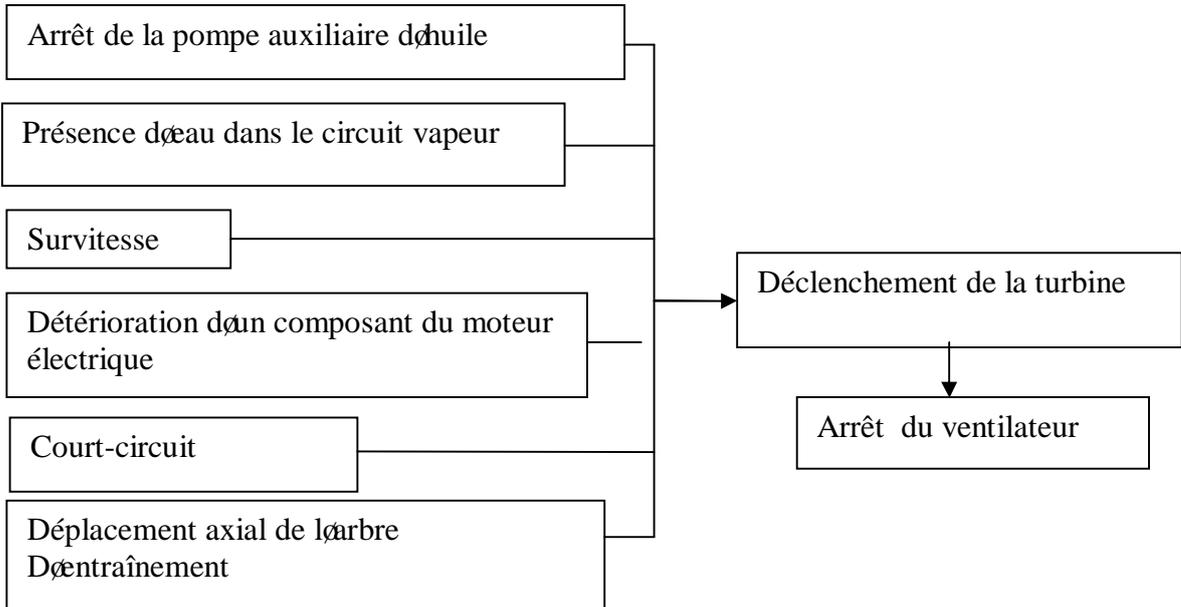
Sc 11



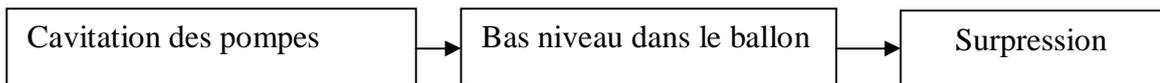
Sc 12



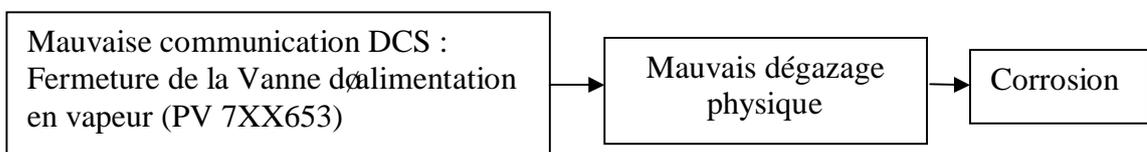
Sc 13



Sc 14

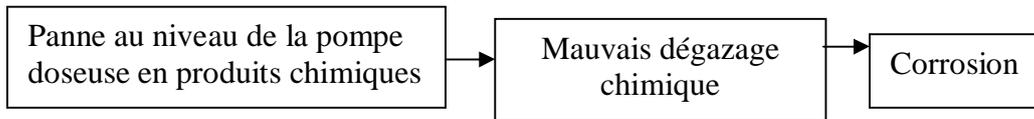


Sc 15



et d'autodestructions (suite) :

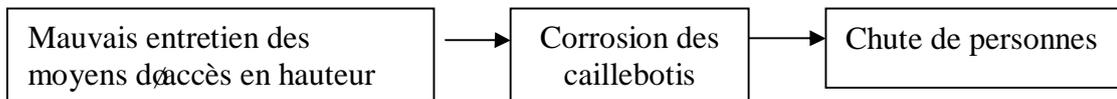
Sc 16



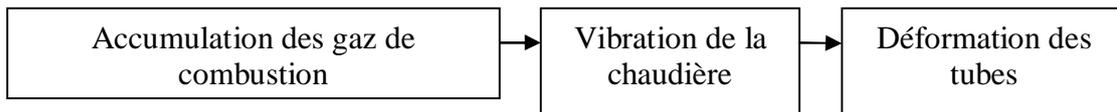
Sc 17



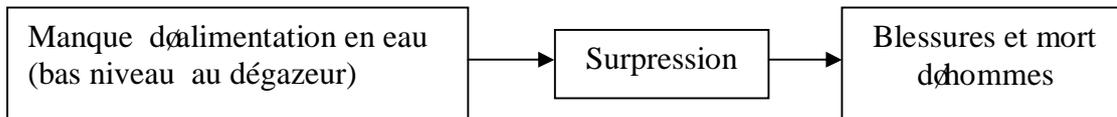
Sc 18



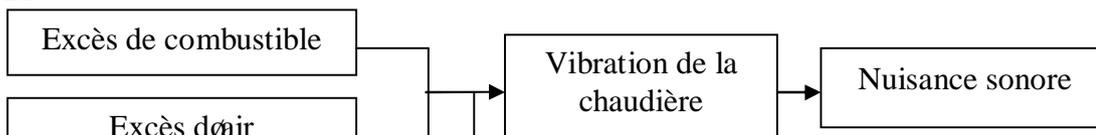
Sc 19



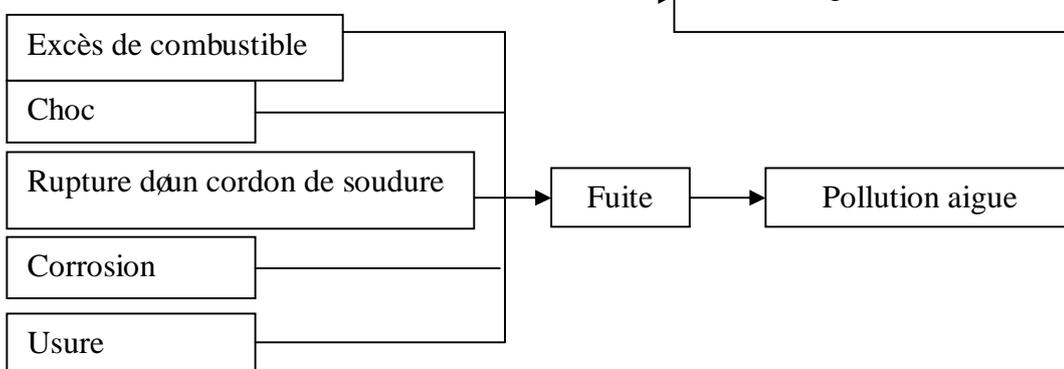
Sc 20



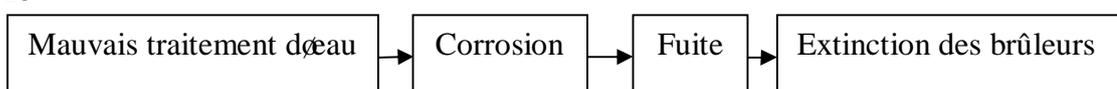
Sc 21



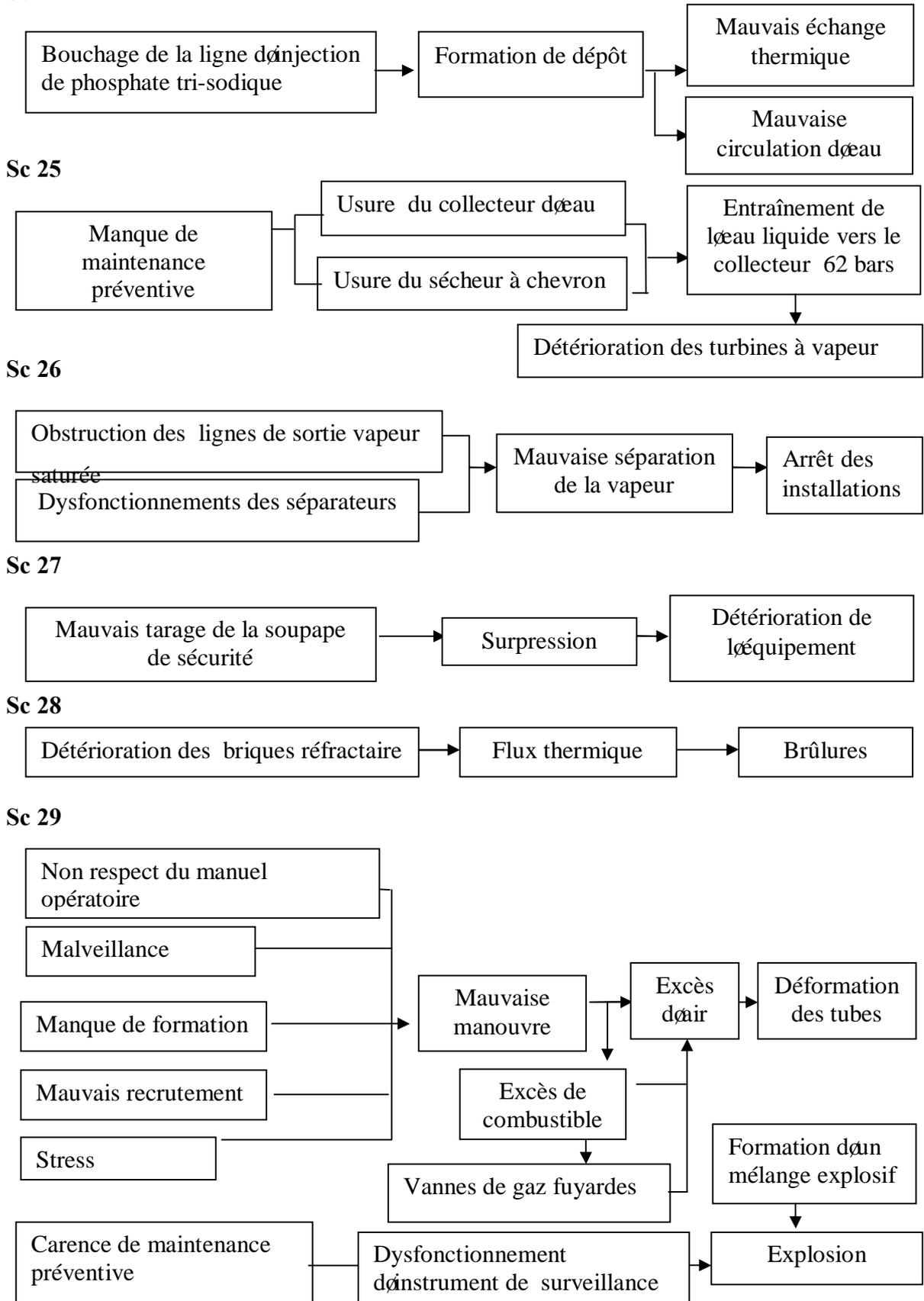
Sc 22



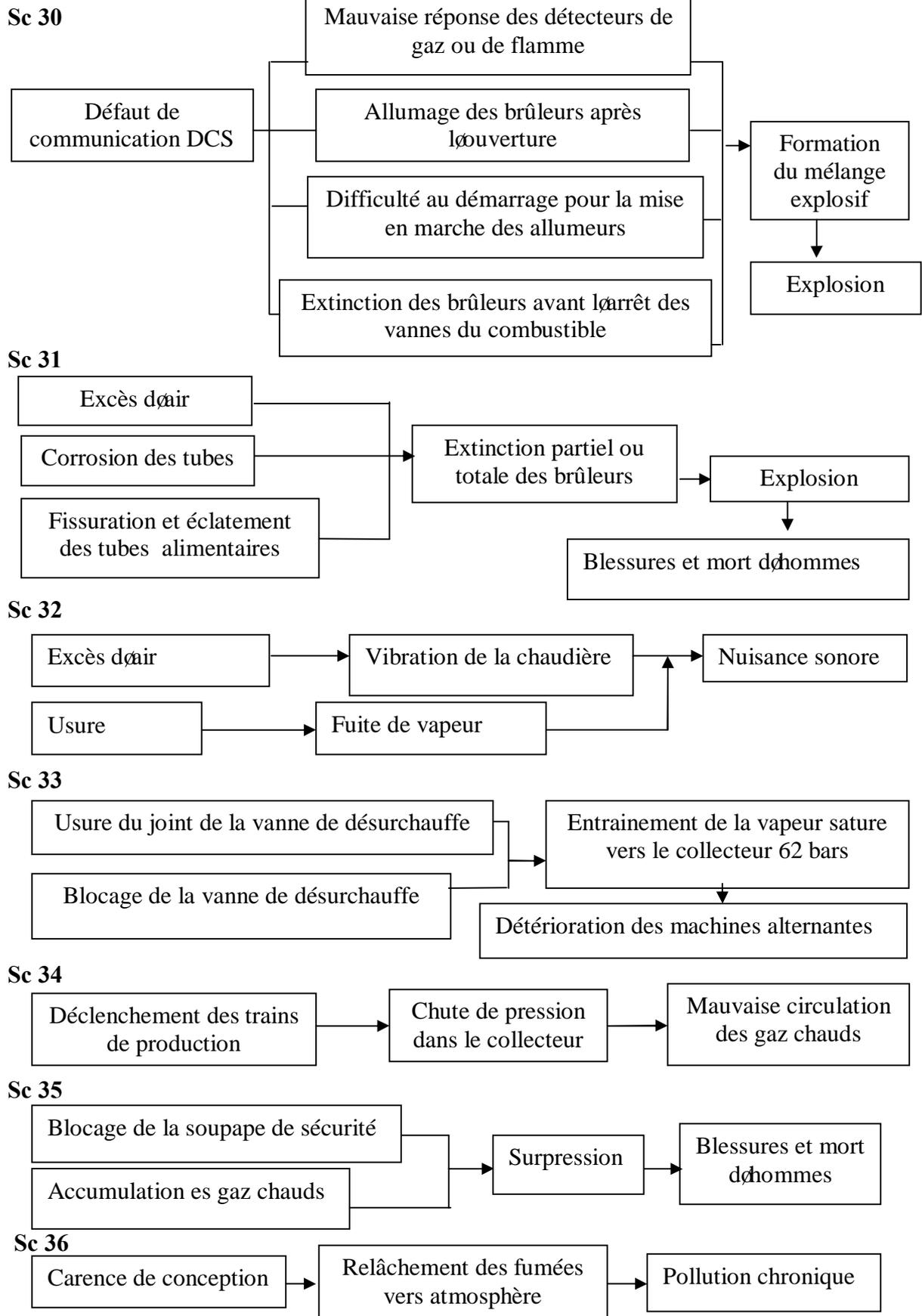
Sc 23



et d'autodestructions (suite) :

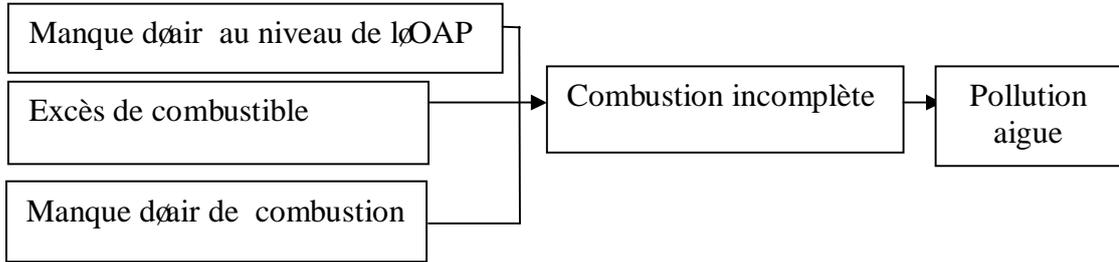


et d'autodestructions (suite) :

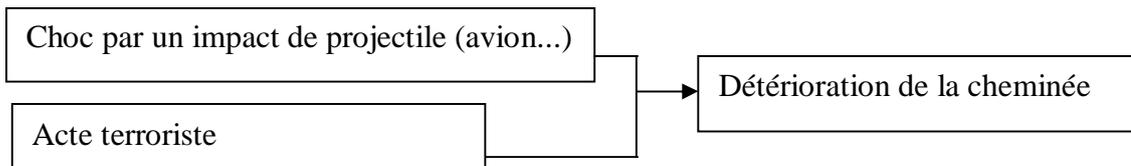


et d'autodestructions (suite) :

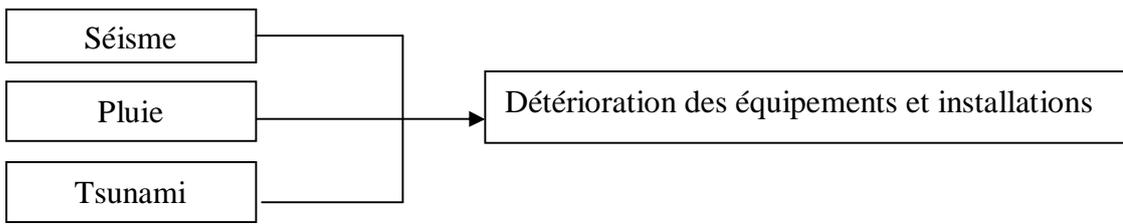
Sc 37



Sc 38



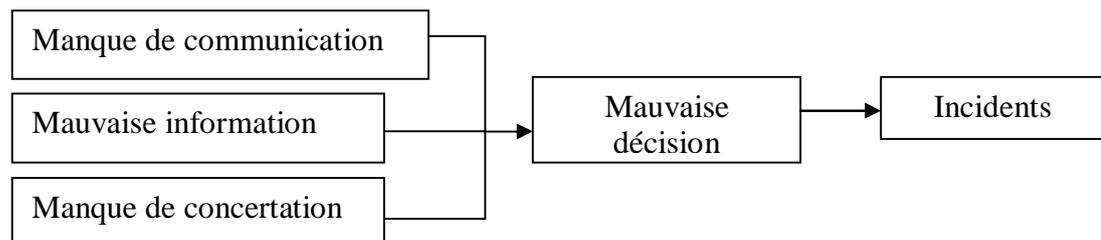
Sc 39



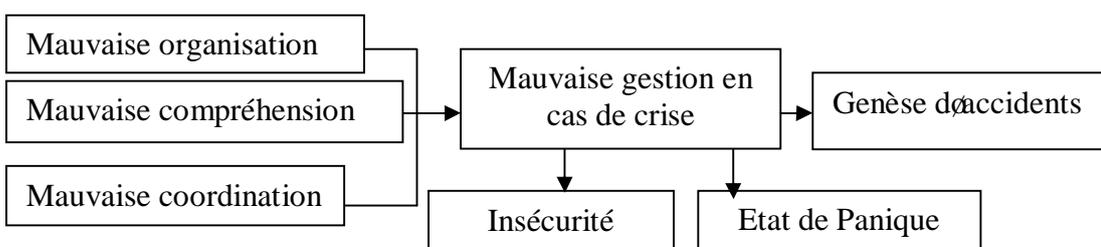
Sc 40



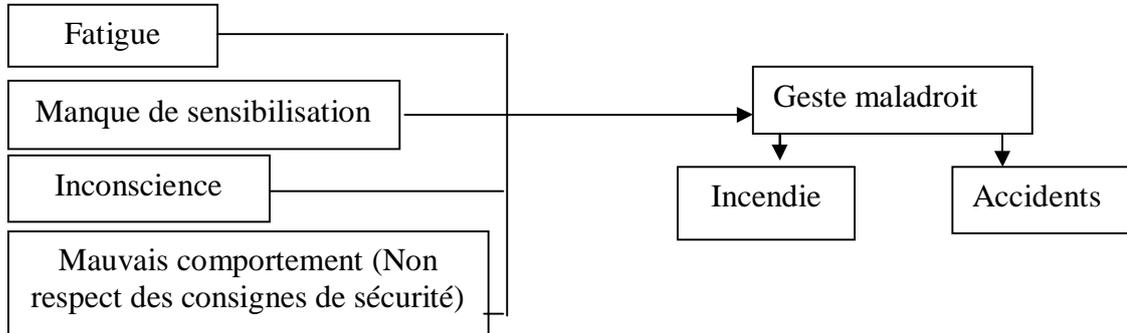
Sc 41



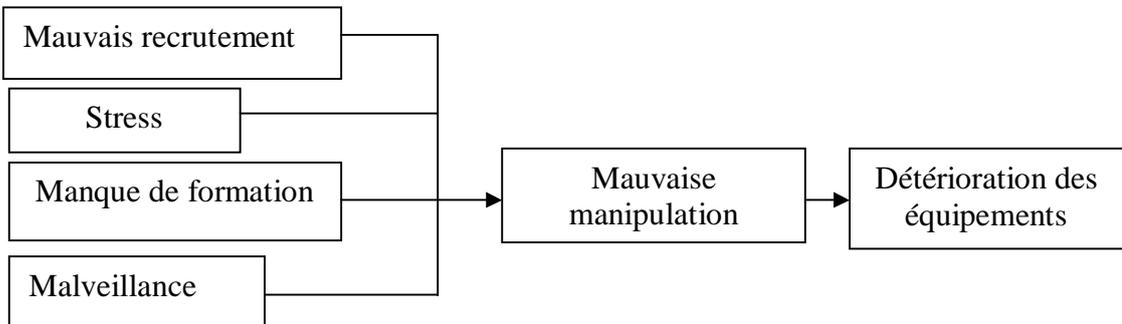
Sc 42



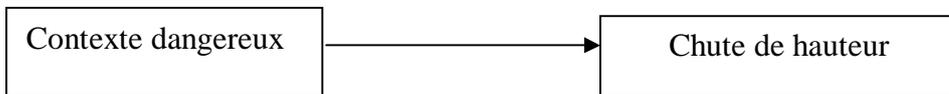
Sc 43



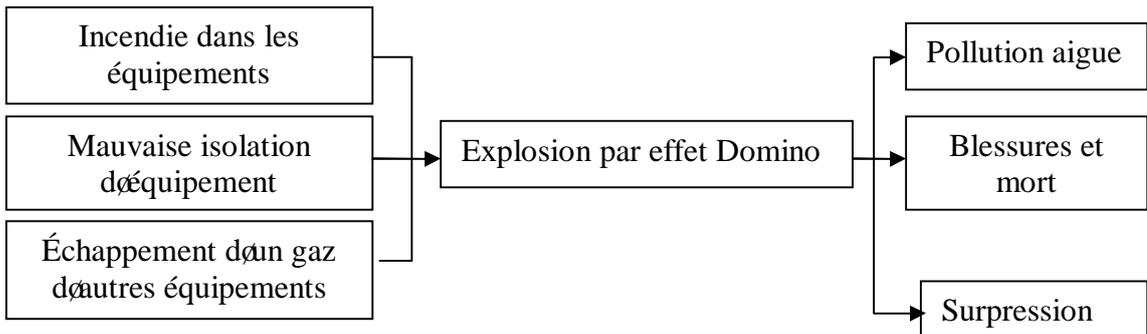
Sc 44



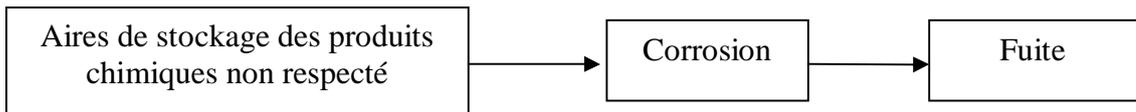
Sc 45



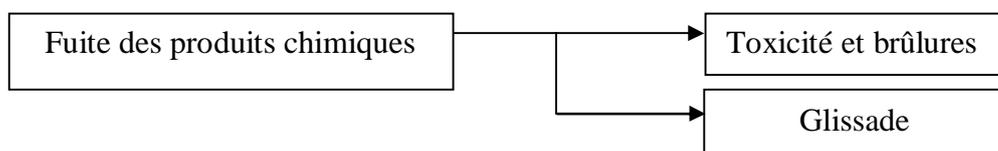
Sc 46



Sc 47

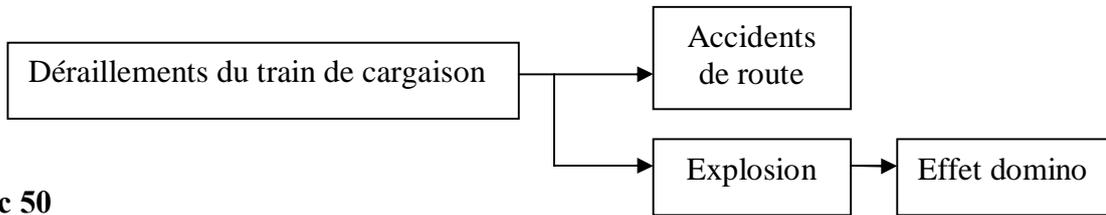


Sc 48

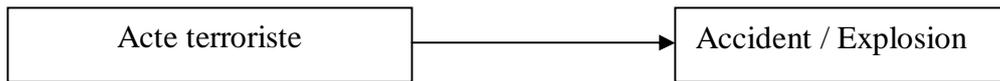


et d'autodestructions (suite) :

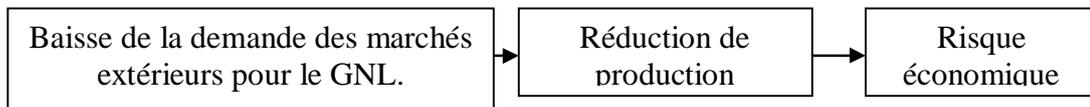
Sc 49



Sc 50



Sc 51



2.2.3 Du « processus de danger » à la classification des techniques du Danger : la notion de "point de vue" :

Avant de passer à la troisième étape et après avoir identifié les éléments spécifiques du processus de danger, classifions les scénarios selon le point de vue en considérant tour à tour chaque système identifié - l'individu, la population, l'écosystème, l'installation - comme un système source et/ou comme un système cible.

L'acteur principal dans la gestion des risques est bien évidemment l'industriel, car ce concept est interprété différemment selon la position occupée par les acteurs intervenant dans le processus de gestion. La perception des dangers est ainsi souvent différente d'un acteur à un autre. En matière de risques industriels ou technologiques, le rôle et la responsabilité de l'industriel sont essentiels. L'industriel exploitant aura, entre autre tâches, à mettre en place un système de management, à former son personnel, à préparer et à appliquer des procédures de maintenance et de contrôle, à concevoir des unités techniques où l'accident soit le moins probable et où les impacts d'un accident sur l'environnement soient limités. Cependant la présence d'acteurs multiples intervenants dans la gestion (à chaque niveau d'organisation ou de pilotage) entraîne de multiples conflits entre des acteurs de même niveau ou des acteurs agissant à des niveaux différents.

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



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

les sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

bl
ea
u
5.
1
:
L
e
p
oi
nt
d
e
v
u
e
d
es
te
c
h
ni
q
u
es
dø
ét
u
d
es
d
es
d
ys
fo
n
ct
io
n
n
e
m
e
nt
s
p
o

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ff
ér
e
nt
s
sc
é
n
ar
io
s

Système Source	Système Cible	Le numéro de scénarios	Points de vue
Inst alla tion	Inst alla tion	Sc1 Sc2	Séc urit é
		Sc3	des
		Sc4	inst alla tion
		Sc5	s ó
		Sc6	Sûr
		Sc1	eté
		Sc1	de
		Sc1	fon
		Sc1	ctio
		Sc1	0, nne
		Sc1	me
		Sc1	3, nt -
		Sc1	Séc
		Sc1	4, urit
		Sc1	é
		Sc1	5, des
		Sc1	bie
		Sc1	6, ns-
		Sc1	í ..
		Sc2	9,
		Sc2	3,
		Sc2	4,
		Sc2	6,
		Sc2	8,
		Sc3	0,
		Sc3	Sc3

4.

Inst Op Sc8 Erg
alla érat , ono
tionneur Sc9 mie

, -
Sc1 An
1, alys
Sc1 e
8, des
Sc2 con
0, diti
Sc2 ons
1, de
Sc2 trav
9, ail -
Sc3 Séc
1, urit
Sc3 é
2, du
Sc3 trav
5, ail -
Sc4 Séc
0, urit
Sc4 é
5, des
Sc4 inst
6, alla
Sc4 tion
8. s -
í ..

Op Inst Sc7 Fia
érat alla , bilit
eur tion Sc1 é

2, hu
Sc2 mai
5, ne -
Sc2 Mal
7, veil
Sc2 lan
9, ce
Sc4 inte
1, rne-
Sc4 í
2, í
Sc4
3,
Sc4
4,

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Inst PopSc3 Hy
alla ulat 6, giè
tion ion Sc4 ne
9. et
San
té
pub
liqu
es -
Gé
nie
San
itair
es -
Hs
de
lœn
viro
nne
me
nt -
Séc
urit
é
des
inst
alla
tion
s-
í .

PopInst Sc3 Mal
ulat alla 8, veil
ion tionSc5 lan
0, ce
Sc5 ext
1. ern
e-
í .

Inst EcoSc2 Hs
alla syst2, de
tion èm Sc3 lœn
e 7. viro
nne
me
nt -
Eco
logi

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

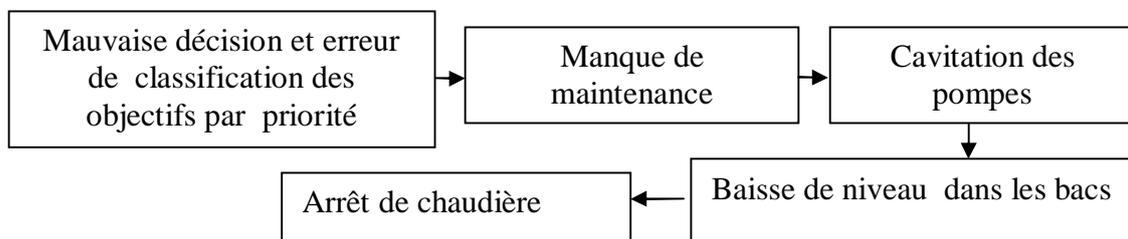
liqu
é ó
Gé
nie
sani
tair
e ó
Séc
urit
é
des
inst
alla
tion
s-
í .

EcoInst Sc1 Ris
systalla 7, que
èm tionSc3 s
e 7, nat
Sc3 urel
9. s ó
Urb
anis
me,
í
í

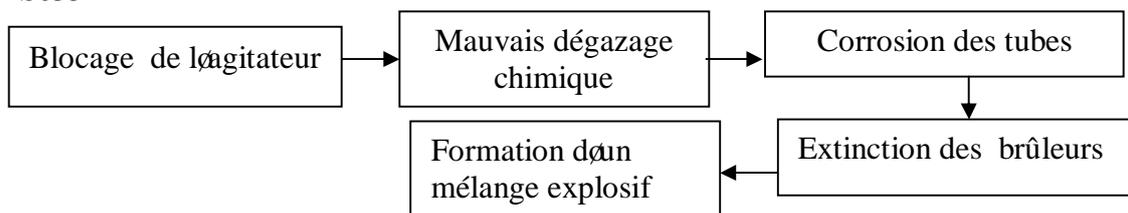
2.2.4 Génération des scénarios composés:

Une fois on a classifié les scénarios directs sources-cibles selon ces différents points de vue, nous allons les combinés pour générer quelques scénarios de point de vue composés.

Sc52

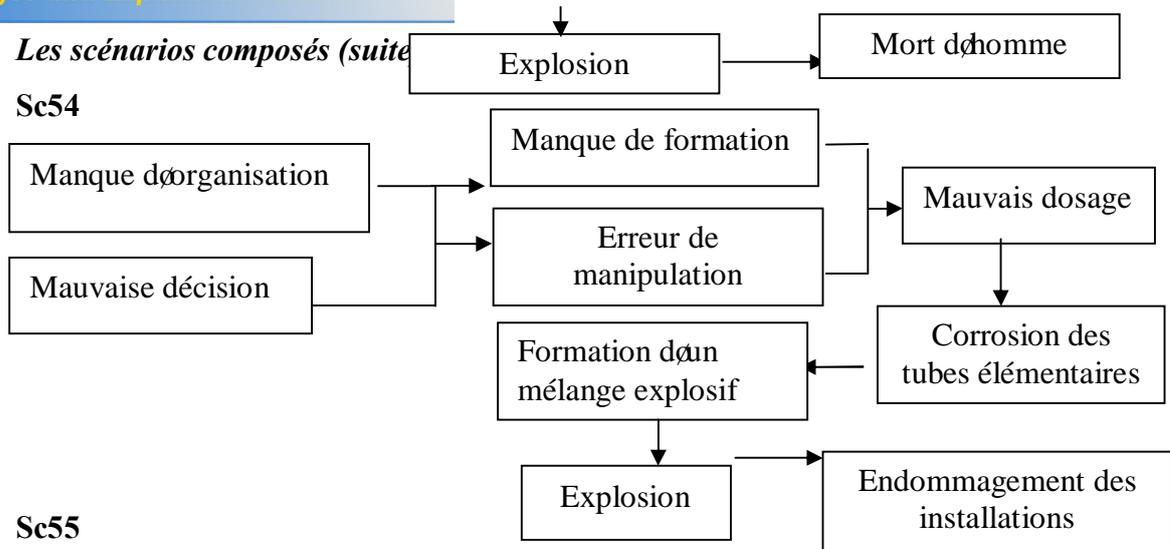


Sc53

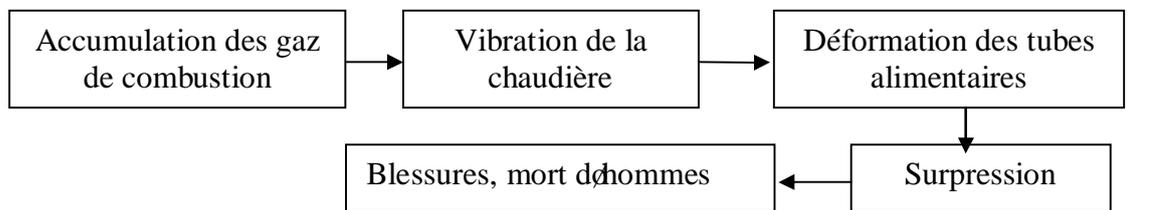


Les scénarios composés (suite)

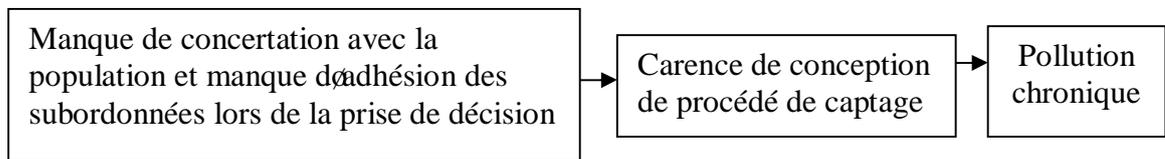
Sc54



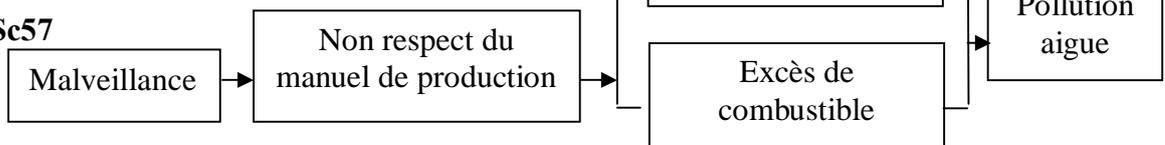
Sc55



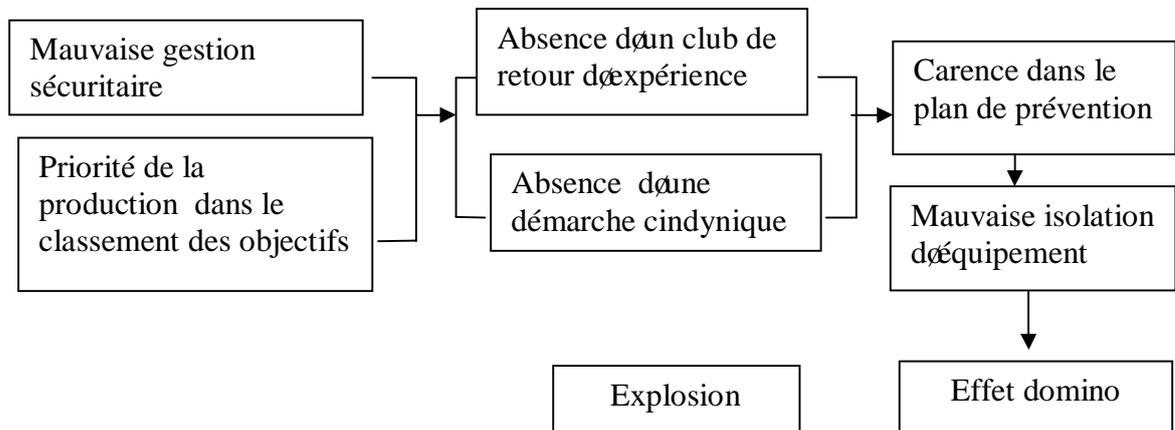
Sc56



Sc57

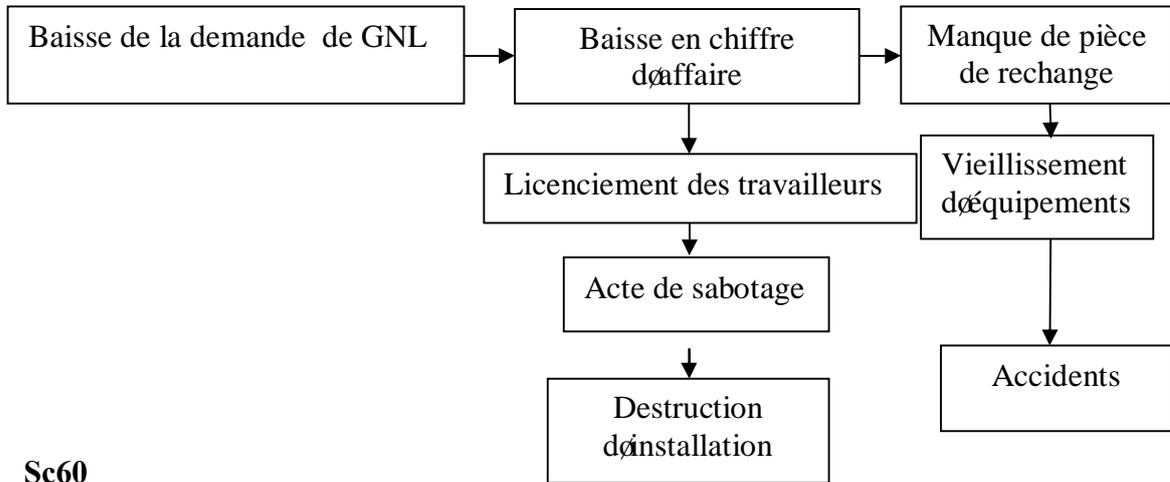


Sc58

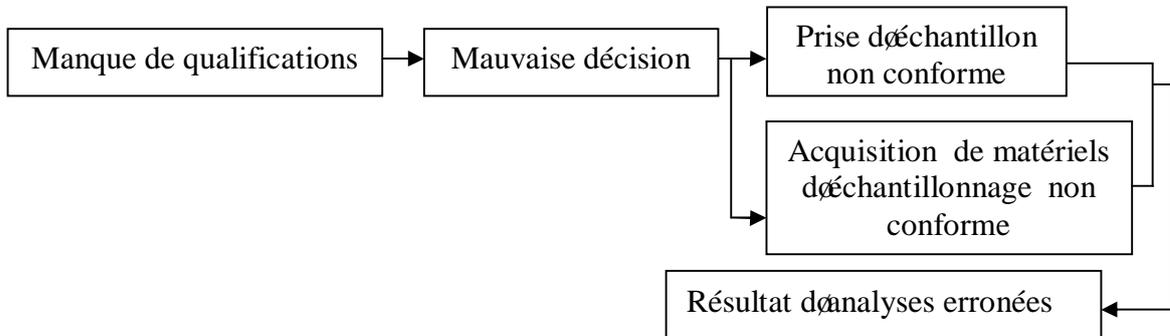


Les scénarios composés (suite):

Sc59



Sc60



2.2.5 Construction des scénarios longs d'enchaînements d'événements (squelettes d'arbre logiques):

Maintenant que nous avons déterminé quelques scénarios courts, d'autodestructions et scénarios combinés, nous allons envisager des scénarios dits long. Si l'on met toutes les boites noires (présentés en annexe 2) sur une même page, il est possible de relier les sorties de certain de ces boites qui sont de même nature que les entrées d'autres boites. On obtient ainsi **des scénarios longs d'enchaînements d'événements** ou **scénarios de proximité** ou aussi **scénarios principaux ENS**.

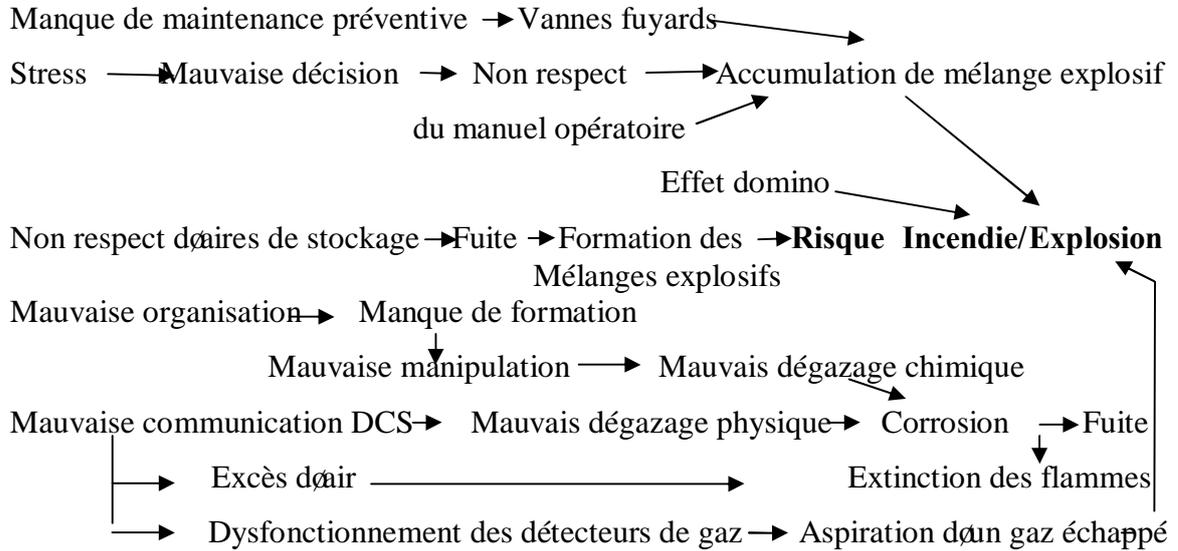
Remarque :

- 1- L'événement initiateur considéré peut conduire à plusieurs, voire à une multitude de processus. On est donc placé devant l'incertitude et la difficulté de prévisibilité des risques. Nous pouvons distinguer l'incertitude paramétrique liée à une imprécision des paramètres des processus et l'incertitude systémique liée à l'identification des processus possibles et à l'ambiguïté des enchaînements et des combinaisons possibles de ces processus.
- 2- Le nombre de scénarios construits avec les boites noires n'est pas infini mais il peut être très grand.

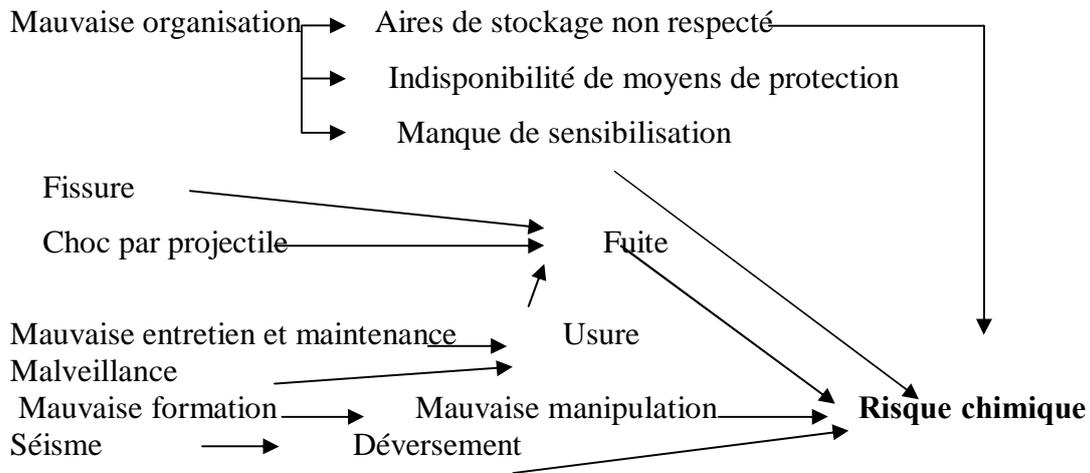
Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

combinatoire et guider notre travail, nous pouvons choisir les événements majeurs qui apparaissent à la sortie des boîtes noires en tant qu'évènement principal, et rechercher quels sont les scénarios qui aboutissent à ces événements, nous allons donc raisonner par déduction.

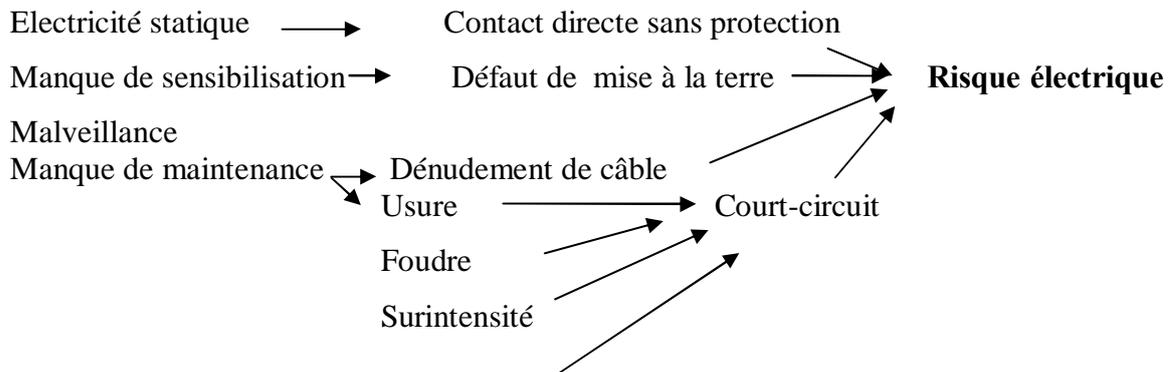
Sc61



Sc62

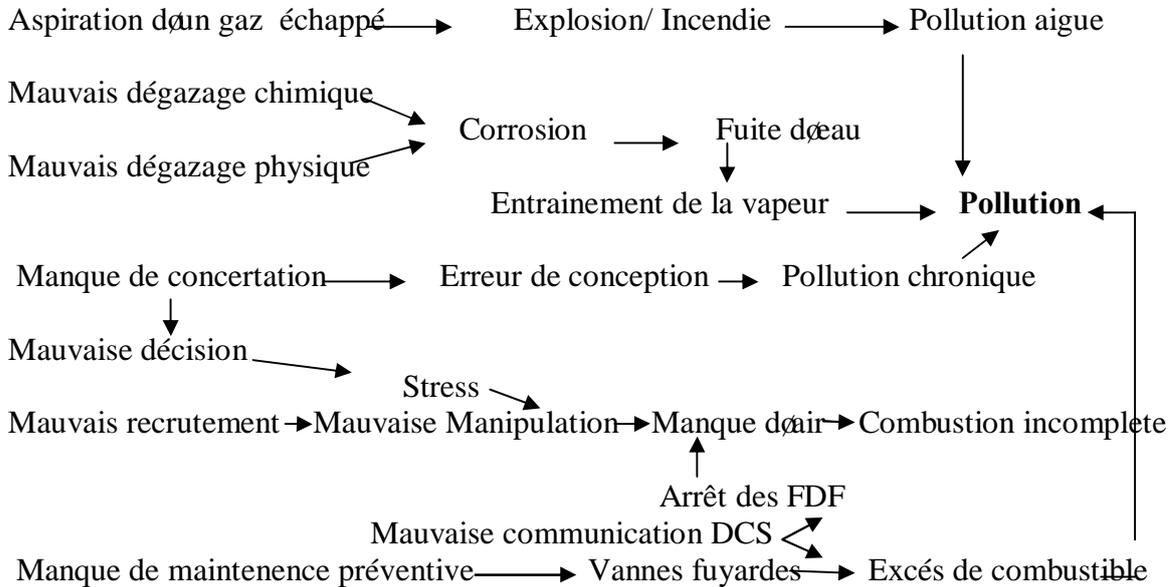


Sc63

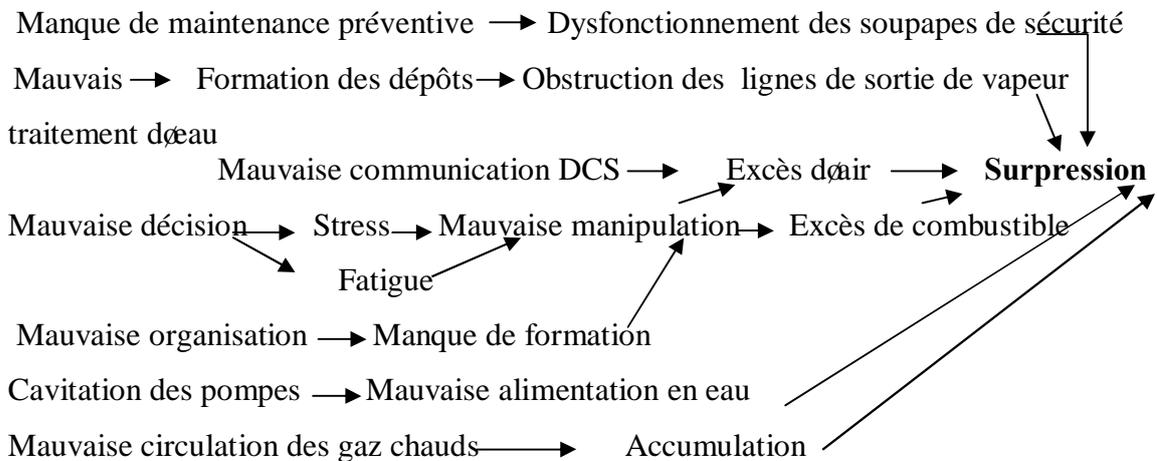


Construction des scénarios longs d'enchainements d'événements (suite):

Sc64



Sc65



2.3 Troisième étape du module A : évaluation des scénarios de risque :

Cette étape permet d'évaluer les risques quantitativement par l'utilisation de logiciel notamment ou qualitativement par un travail de groupe si le calcul n'est pas réalisable. Puisque nous ne disposons pas de logiciel, nous allons nous contenter d'apprécier les scénarios qualitativement en ne considérons que les scénarios qui ont une probabilité d'occurrence qui nous paraissait correspondre le mieux à la réalité. La fréquence peut être exprimée qualitativement.

Définitions des Gravités :

G1: très important, mort d'hommes

G2: important, effet irréversible, accident avec arrêt de travail avec invalidités physique.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

ble, accidents avec arrêt de travail sans invalidité

physique.

G4 : Mineur, blessures légères, accidents sans arrêt de travail.

Définition de la probabilité de l'effet :

P1 : Probable (plus d'une fois dans la vie de l'installation) **Nuisance permanente**

P2 : Peu probable (une fois dans la vie de l'installation) **Nuisance temporaire**

P3 : Improbable (peut être une fois dans la vie de l'installation) **Nuisance très temporaire**

P4 : Très improbable (zéro fois dans la vie de l'installation) **Nuisance exceptionnelle**

Tableau 5.2 : Grille d'évaluation des scénarios.

S	P	G	S	P	G
cé	r	r	cé	r	r
n	o	a	n	o	a
a	b	vi	a	b	vi
ri	a	té	ri	a	té
o	bi		o	bi	
	lit			lit	
	é			é	

S	P	G	S	P	G
c	3	3	c	3	3
1			3		
			4		

	P	G		P	G
S	4	3	S	3	1
c			c		
2			3		
			5		

S	P	G	S	P	G
c	4	4	c	1	2
3			3		
			6		

S	P	G	S	P	G
c	4	4	c	3	2
4			3		
			7		

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

5			3		
			8		
S	P	G	S	P	G
c	4	4	c	4	1
6			3		
			9		
S	P	G	S	P	G
c	2	4	c	4	1
7			4		
			0		
S	P	G	S	P	G
c	3	1	c	3	3
8			4		
			1		
S	P	G	S	P	G
c	2	2	c	3	2
9			4		
			2		
S	P	G	S	P	G
c	2	4	c	4	2
1			4		
0			3		
S	P	G	S	P	G
c	4	1	c	4	1
1			4		
1			4		
S	P	G	S	P	G
c	4	1	c	4	1
1			4		
2			5		
S	P	G	S	P	G
c	4	4	c	4	1
1			4		
3			6		
S	P	G	S	P	G
c	4	2	c	2	2
1			4		

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

S	P	G	S	P	G
c	3	4	c	2	2
1			4		
5			8		

S	P	G	S	P	G
c	3	4	c	4	1
1			4		
6			9		

S	P	G	S	P	G
c	4	2	c	4	1
1			5		
7			0		

S	P	G	S	P	G
c	3	3	c	4	1
1			5		
8			1		

S	P	G	S	P	G
c	3	2	c	3	3
1			5		
9			2		

S	P	G	S	P	G
c	4	1	c	4	1
2			5		
0			3		

S	P	G	S	P	G
c	1	2	c	4	1
2			5		
1			4		

S	P	G	S	P	G
c	1	2	c	4	1
2			5		
2			5		

S	P	G	S	P	G
c	4	1	c	1	2
2			5		
3			6		

S	P	G	S	P	G
---	---	---	---	---	---

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

4	7
S P G c 4 3 2 5	S P G c 3 1 5 8
S P G c 4 4 2 6	S P G c 4 1 5 9
S P G c 4 2 2 7	S P G c 2 2 6 0
S P G c 4 1 2 8	S P G c 3 1 6 1
S P G c 4 1 2 9	S P G c 2 2 6 2
S P G c 4 1 3 0	S P G c 4 1 6 3
S P G c 4 1 3 1	S P G c 1 2 6 4
S P G c 1 2 3 2	Sc6 P G 5 1 2

Sc33	P4	G2
------	----	----

e A : Négociation d'objectifs et hiérarchisation des

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

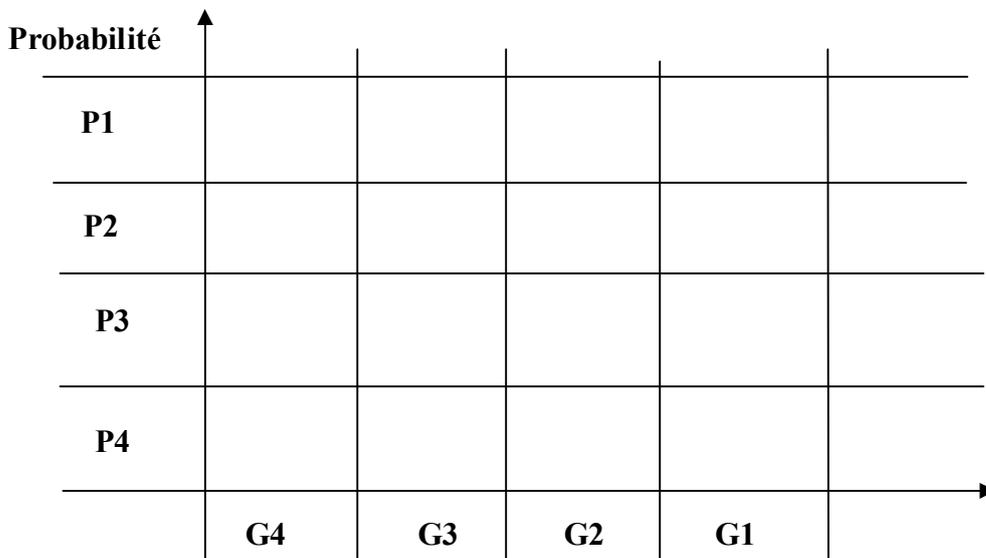


Figure 5.2 (Premier niveau de négociation) : Négociation des échelles



Figure 5.3 (Deuxième niveau de négociation) : Passage de la frontière

ation des scénarios retenus dans la grille (GxP) et une des définitions de gravité et de probabilité, on choisi

les différents scénarios de la manière suivante :

On peut les situer dans la grille GxP afin de voir s'ils sont dans le domaine de l'acceptabilité ou non.

Probabilité ↑	P1	Acceptable	Sc56	Sc21, Sc22, Sc32, Sc36, Sc64	Inacceptable	
	P2	Sc7, Sc10		Sc9, Sc47, Sc48, Sc60, S62	Sc8, Sc35, Sc58, Sc61	
	P3	Sc15, Sc16	Sc1, Sc18, Sc34, Sc41, Sc52	Sc19, Sc37, Sc42		
	P4	Sc3, Sc4, Sc6, Sc13, Sc26	Sc2, Sc25	Sc5, Sc14, Sc17, Sc27, Sc33, Sc43, Sc57	Sc11, Sc12, Sc20, Sc23, Sc24, Sc28, Sc29, Sc30, Sc31, Sc38, Sc39, Sc40, Sc44, Sc45, Sc46, Sc49, Sc50, Sc51, Sc53, Sc54, Sc55, Sc59, Sc63, Sc65	
		G4	G3	G2	G1	Gravité →

Figure 5.4 : Appréciation des scénarios à risques

2.5 Cinquième étape du module A : Définition des moyens de prévention et de protection et qualification de ces moyens.

Nous allons maintenant essayer d'identifier des barrières de prévention et de protection pour les scénarios retenus. Ces barrières vont permettre de neutraliser les scénarios de risque, de les réduire en terme de gravité (*Protection*) ou de fréquence (*Prévention*), ou des deux. Ainsi, ils passeront peut être du côté acceptable.



PDF Complete
 Your complimentary use period has ended.
 Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

les sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

évaluations (Niveau de confiance des mesures de

Ta
 ble
 au
 B

Ty Me NC Exe Ex
 pe sur ret mp plic
 de e enu le atio
 me n
 sur
 e

Bar Ala 0 à PA
 rièr rme 0.5 H,
 e +A (1 àPA
 tec ctio 10^e-L,
 hni n 0.5)LA
 que opé H
 ave rate
 c ur
 inte
 rve
 ntio
 n
 hu
 mai
 ne

Dét 0.5 Lø
 ecte 10^e- ctiv
 ur 0.5 atio
 n
 dœ
 n
 dét
 ecte
 ur
 gaz
 est
 assi
 mil
 ée
 à
 une
 alar
 me

Bar Sou 2 Un
 rièr pap 10^e- e
 e e 2 sou

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

que
san
s
inte
rve
ntio
n
hu
mai
ne

est
sup
pos
ée
être
déf
aill
ant
e
apr
ès
100
soll
icit
atio
ns

Sou 3
pap 10^e-
e (1 3
red
ond
anc
e
ou
plu
s)

Un
syst
èm
e
de
2
ou
plu
s
sou
pap
es
est
sup
pos
é
nøt
re
déf
aill
ant
quø
une
fois
sue
100
0
soll
icit
atio
ns

Dis 3

Un

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

rupt de
ure rupt
ure
est
sup
pos
é
nœt
re
déf
aill
ant
quø
une
fois
sue
100
0
soll
icit
atio
ns

Rég 1 Bo Un
ulat 10^e-ucl e
ion 1 e rég
(ind de ulat
épe con ion
nda trôl est
nt e sup
ave (LI pos
c la C, ée
cau TICnœt
se) í re
í) déf
acti aill
vée ant
par e
un quø
tranune
smefois
tteu sur
r 10
ind soll
épe icit
nda atio
nt ns
de
la
bou

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

aill
ant
e

Cha 1 LA Ala
îne 10^e-HH rme
de 1 , sui
séc PA vie
urit HH døu
é ne
sim acti
ple on
(ind aut
épe om
nda atiq
nt ue,
du san
syst s
èm inte
e rve
de ntio
con n
duit hu
e) mai
ne
Un
e
cha
ine
de
séc
urit
é
sim
ple
nø
st
sup
pos
é
être
déf
aill
ant
e
quø
une
fois
sur
10

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

atio
ns

Cha 1 LA le
îne 10^e-HHNC
de 1 est
séc défi
urit ni
é en
sim fon
ple ctio
(ind n
épe du
nda niv
nt eau
du sil
syst de
èm la
e cha
de îne
con de
duit séc
e urit
ave é
c
red
ond
anc
e)

Dét 1 Lø
ecte10^e- ctiv
ur 1 atio
gaz n
des
dét
ecte
urs
de
gaz
déc
len
che
le
syst
èm
e
ES
D

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ur 1 atio
 inc n
 end des
 ie dét
 ecte
 urs
 de
 gaz
 déc
 len
 che
 le
 syst
 èm
 e
 ES
 D

Cla 0.5
 pet 10^e-
 anti 0.5
 -
 reto
 ur

**Ta
 ble
 au
 B**

**Ty Me NCExe Ex
 pe sur ret mp plic
 de e enu le atio
 me n
 sur
 e**

Me Mai 0 à 'roc
 sur tris 1 édur
 e e (de
 org des 0 à ant
 anissou 10^e-rve
 atiorces 1) tion
 nne d'ég 'erm
 lle niti s de
 de on eu
 typ Maté
 e iel
 Pré ATE
 ven z

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Per 'erm
mis ; à
de hau
trav ,
ail roid

,
éné
ratio
í

Pla 1 'lan
n 10^e-e
doin 1 rain
spe tena
ctio ce
n

Pro 0 à 'roc Plu
céd 1 édur s le
ure (de no
0 à oint mbr
10^e-rve e
1) tionoin
'lan terv
e ena
esti nts
n est
de imp
isqu orta
nts
plu
s le
NC
est
éle
vé.

Me Me Pas 'hau
sur sur de sure
es es NG de
de de consécucur
typ protsidéé
es ecti ré ntid
Inteon mesrap
rve indiure nte,
ntio vid agisiant
n- uell sant
Pro e et sur
tect coll NG

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Me sur es pas sive
Pas de NC con sidé ré Dir ecte me nt pris dan s le risq ue pot enti el NP p

La dernière chose à faire maintenant est de déterminer si les scénarios considérés présentent un risque acceptable ou non lorsque l'on tient compte des barrières mis en place. Pour cela, nous allons examiner la nouvelle situation des scénarios dans la grille GXP.

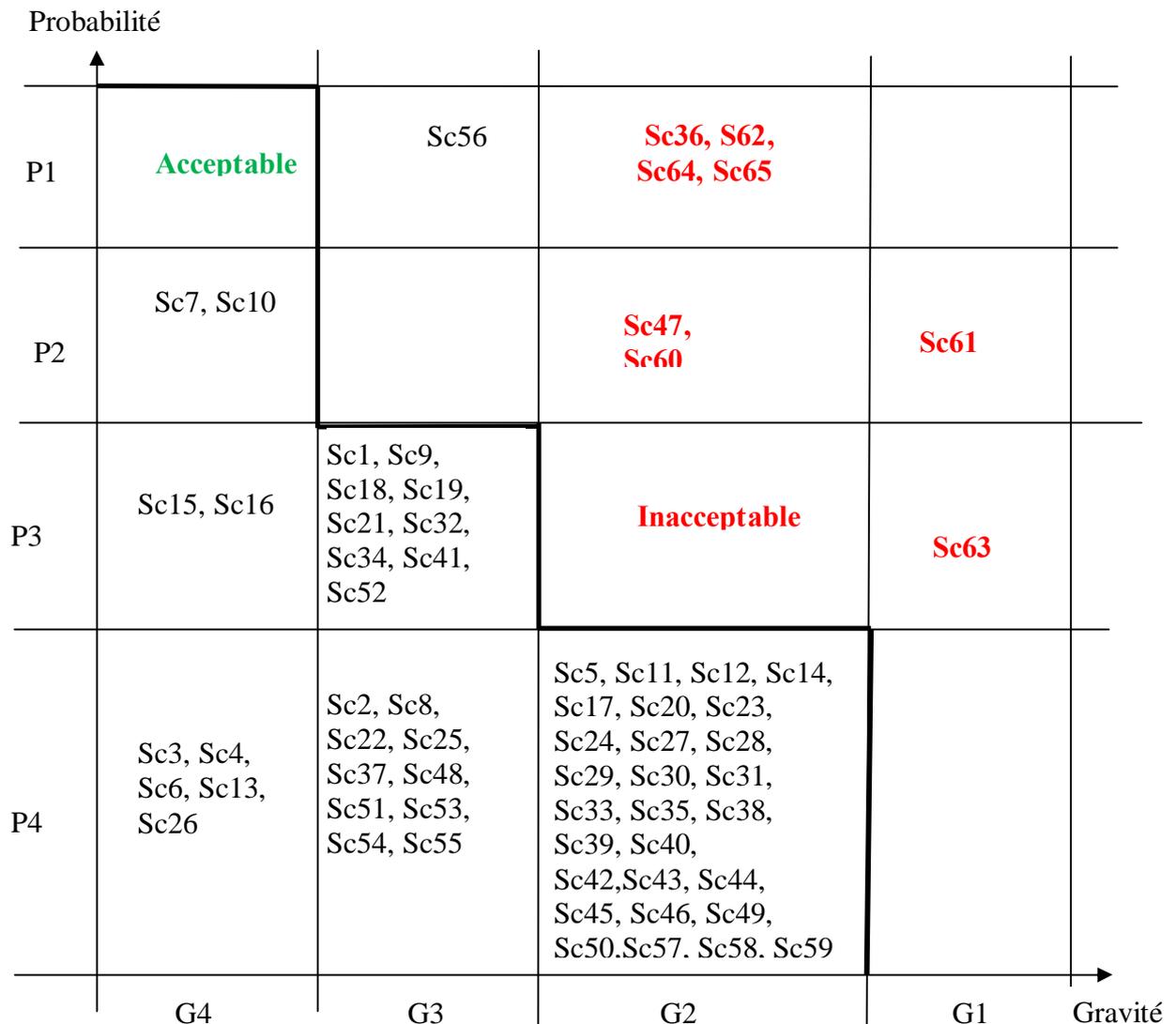


Figure 5.5: Appréciation des scénarios de risques après négociation des barrières.

On constate que certain nombre de scénarios restent du côté des risques jugés inacceptables. C'est ce qu'on appelle **risque résiduel**.

3. Conclusion du module A:

Le module A est la partie la plus originale de MOSAR, nous avons fait une analyse principale de sécurité de l'installation ou une analyse des risques principaux de l'installation.

Dans la plupart des cas cette analyse macroscopique est suffisante. Mais dans le cas des chaudières GL1Z, il est nécessaire d'aller plus loin pour parachever l'analyse



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

les sources d'émission en appliquant MADS MOSAR / Module A

rentrera

alors

dans

le

module

B.

mise en place d'une culture de sécurité, également
pose (cette installation est classée dangereuse). On

CHAPITRE VI :
IDENTIFICATION DES SOURCES
D'ÉMISSION PAR L'ANALYSE
DES RISQUES DE LA
CHAUDIERE EN APPLIQUANT
DE MADS MOSAR MODULE B

fonctionnement (Vision microscopique de

l'installation) :

1.1 Première étape du module : Identification des risques de fonctionnement

Nous allons nous intéresser aux dysfonctionnements techniques et opératoires qui constituent les événements initiaux dans les arbres logiques réalisés au **module A** et que nous n'avons pas cherché à détailler. **À titre d'exemple, retenons :**

Le dysfonctionnement Opérateur :

Mauvaise Formation \longrightarrow mauvaise manipulation

Le dysfonctionnement technique :

Mauvaise communication DCS \longrightarrow Mauvaise indication

Pour ce qui concerne les dysfonctionnements opératoires, le travail se fera par une analyse d'activité, tandis que pour les dysfonctionnements techniques, le travail se fera en utilisant l'outil APR (Analyse préliminaire des risques). Il est à signaler que la méthode la plus intéressante est la technique spécifique de la sûreté de fonctionnement, l'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC). C'est une méthode d'analyse de systèmes (systèmes au sens large composé d'éléments fonctionnels ou physiques, matériels, logiciels, humains ...), statique, s'appuyant sur un raisonnement inductif (causes conséquences), pour l'étude organisée des causes, des effets des défaillances et de leur criticité. Cette approche permet de détecter les fonctions les plus critiques et de limiter ensuite l'AMDEC " physique " aux composants qui réalisent tout ou partie de ces fonctions.

Cependant la méthode s'accompagne d'une lourdeur certaine et la réalisation exige un travail souvent important et fastidieux, c'est pour cette raison qu'on se contentera en tant qu'exercice au niveau de ce mémoire de l'APR qui est trop généraliste mais, elle rend bien compte à ce stade des causalités directes avec effet sur les composants du système (opérabilité), elle ne rend cependant pas compte des effets combinés (séquences de scénarii par exemple)...la nécessité d'une AMDEC après l'APR permet de rentrer dans les détails du fonctionnement, plus que l'APR...

1.1.1 Identification des dysfonctionnements opératoires :

Cette partie de l'analyse d'activité consiste à comparer l'activité prescrite (dans les modes opératoires) et l'activité réelle, donc observer l'opérateur sans le perturber pendant qu'il réalise son activité, bien évidemment l'opérateur possède des **savoir-faire** et sa propre **image mentale**, qui est différente de celle prévue par les concepteurs qui ont leurs images mentales de cette activité, de plus que les opérateurs n'ont pas été associés dans la rédaction des procédures. Nous allons prendre l'exemple de la procédure de démarrage d'une chaudière et suivre l'activité des opérateurs.

démarrage de la chaudière IHI :

**Op Dy Co
éra sfo nsé
tio nct qu
n ion enc
ne es
me
nts
pos
sib
les**

- Ou
Me bli Bas
ttre de niv
un meteau
niv tre dan
eau un s le
opéniv ball
rati eau on
onndæ dæ
el au au
dan Va
s le nne
dégde Cal
aze pur cin
ur ge atio
et ouvn
le ertedes
met tub
tre La es
en mo ali
ser top me
vic om ntai
e. pe res
- restSur
Mi ée pre
se hor ssi
en s on
ser ser Bai
vic vic sse
e e de
de niv
la eau
mo Om

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

pe. de e
- la dæ
Ou misir
vrir à pou
la niv r la
petieau co
te dæ mb
FV au usti
- on
730La Ma
.65 mo nqu
8 to- e
rég FD dæ
ulatF ir
ion rest
un é à
seu læ rSur
l rêt pre
élé La ssi
me FD on
nt. CF
- rest
M é à
ett læ rMo
re rêt nté
un Ome
ni issi en
ve on pre
au de ssi
da la on
ns mis
le e à
ba dis
llo pos
n itio Bai
su n sse
pé Va de
rie nneniv
ur dæ eau
- ven
Dé t
ma rest
rra ée Sur
ge fer pre
du mé ssi
mo on
to-

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

- incivo
Dé de nté
ma pur e
rra ge en
ge restpre
du ée ssi
FD fer on
CF.mé
- Ris
Dis que
pos de
er Va fuit
le nnee
circede
uit pur
gaz ge
pil om
ote.ise
- ouv
Ou erte
vrir
van
ne Va
dœ nne
vendœ
t ven
ballt
on om
sup ise
ériefer
ur mé
JV-e
730
.67
4 et
pos Va
itio nne
nne de
à pur
distge
anc om
e. ise
- fer
Ou mé
vrire
van
ne Om



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

L'émission en Appliquant de MADS MOSAR Module B

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ge du
sur test
cha de
uff fuit
eur e
pri
mai
re
JV-
730
.67
7 et
pos
itio
nné
à
dist
anc
e.
-
Fer
me
r
van
ne
de
pur
ge
ball
on
sup
érie
ur
JV-
730
.67
3 et
pos
itio
nné
dist
anc
e.
-
Ou
vrir
van

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ven
t
sur
cha
uff
eur
sec
ond
aire
JV-
730
.69
3 et
pos
itio
nne
à
dist
anc
e.
-
Ou
vrir
van
ne
de
pur
ge
sur
cha
uff
eur
sec
ond
aire
JV-
730
.69
4.
-
Fai
re
le
test
de
fuit
e

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ieu
rs
et
allu
me
urs.

1.1.2 Identifier d'une manière détaillée les dysfonctionnements techniques :

Dans cette étape, on va appliquer l'outil d'analyse préliminaire des risques **APR** (présenté dans le chapitre 2), en constituant un groupe de travail pluridisciplinaire.

MoSér Im Ca Dé
dér ieu por tas sas
é x tan tro tre
(A)(B) t phi ux
(C) qu (E)
e
(D)

Co II III III III III
ura
nt

Pr I II III III III
ob
abl
e

Im I II II III III
pro
ba
ble

Tr I I II II III
ès
im
pro
ba
ble

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

me
me
nt
pe
u
pro
ba
ble

-  Niveau de risque I : acceptable
-  Niveau de risque II : Démarche ALARP (As Low As Reasonably Possible)
-  Niveau de risque III : Inacceptable
-  Domaine de détermination des IPS (risque potentiel)

Figure 6.1 : Matrice de criticité

Tableau 6.2 : Définition des seuils de probabilité

	Probabilités d'occurrence
1 Courant $>10^{-2}$ /an	
2 Probabilité 10^{-1} et 10^{-2}	
3 Improbabilité 10^{-1} et 10^{-3}	
4 Très improbable 10^{-1} et 10^{-5}	
5 Extrême $<10^{-5}$	

pe
u
pro
ba
ble

Tableau 6.3: Définition des seuils de gravité

Gr
avi
té
des
con
séq
ue
nce
s

	Seuil des effets irréversibles	Seuil des effets létaux
Modéré (A)	Externe : Pas de personne Interne : au plus 10 personnes	Au plus d'une personne
Sérieux (B)	Externe : Moins de 10 personnes Interne : entre 10 et 100 personnes	Externe : Au plus 1 personne Interne : entre 1 et 10 personnes
Important (C)	Externe : entre 10 et 100 personnes Interne : entre 100 et 1000 personnes	Externe : entre 1 et 10 personnes Interne : entre 10 et 100 personnes
Catastrophique (D)	Externe : entre 100 et 1000 personnes Interne : plus de 1000 personnes	Externe : entre 10 et 100 personnes Interne : plus 100 personnes
Désastreux (E)	Plus de 1000 personnes externes	Externe : plus 100 personnes



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Au DéfAu Dé
gm aill gm bor
ent anc ent de
atio e atio Identification des sources d'émissions par application de MADS MOSAR / Module B
n de n nt
de PC de déj
niv - niv à
eau 700eau sur
Di D 102 déb PCa NCORIS N N Ris NEI NI NC ven
mi aill Ord puse Hse CUBA C quPS PS Rn u
ouvem

Système N° 1 : Chaudières MHI et IHI

Documents de référence : 30-700-10 Rev3; 30-700-11 Rev3; 30-700-12 Rev3; 30-700-13 Rev3; 30-700-14 Rev3/K060-050; K060-051 (Voir annexe 3)

eau PV 700 102 102 let fer me de PV con aill 700 102 102 Def J- anc 700 102 102 LI 700 102 LI 700 102 LY 700 103 pas
- imp
sur
par
de
, let
bur
plei
de
con
den
sât
50°
706
J-
101
10
son
2
de Sâ
LI s
con
à
700
102
nd ue
LY
700
103
pas
cla act
ms uel
H/
ph
de
nsa
t :
706
-G-
101
uva
ise
ind
icat
ion
du
LI
Au
cun
e
cau
se
de
sup
pre
ssi
on
ide
ntif
iée
rés
erv
oir
reli

Pp: Risque potentiel	NPr: niveau probabilité résiduel	
NPp : Niveau de probabilité potentiel mesures de maitrise	NGr: niveau Gravité résiduel	NC : niveau de confiance des
NGp: Niveau de gravite potentiel	NRr: niveau risque résiduel	



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

brûatio DFatio LL 2
leun air 20n air
rs D7 Ris DéfCau ConRis MésNC RisN EN EN Co
que l'xti Réq QueRur720 l queP I G I Rmm
AZBncti Ruenpot Réc 072 résiP r P rent
K1 n ces enti maA 0,6ue S S aire
ou les el tréT l O s
2 brûl eco TO act /
urs m: uel N
expl fiss
osio ion
l (su
lans ite)
ha me
mbr des
de cha
om udi
usti ère
n s

Me
son
pap
de
de
lim
du
atio
dou
blé
ED
FT
éle
700
que
et
FT-
FD
672
ent
faët



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Ma Ex DORMD PCa NCORis Mea NC Ris NEN ENEN Co
 uvacès nllu v n v p us ch s C qu R y me qu P I G I R m
 ise d'a on s i v e s s p q u p e p r e e r P r P r m e
 co lim ion séq enc pot dem rés S S nta
 mb ent EG n e s es ent ca: idu O ire
 ustiatio Pto usti iel inH- el / s
 on n pèr à n use 0 act N
 co 720 S i a q i t a s 7 uel
 mb 626 s e (s i a c t
 usti A i r c o n i t e n
 ble ré séq e s p é r
 g o a u e n a t e u
 n b c e
 F M i à
 ble risq
 720ue
 626
 .

B : évaluation des risques en construisant et en les quantifiant :

1.2.1 Construire des arbres de défaillances sur les risques principaux :

À ce niveau de l'analyse nous avons toute l'information pour construire des arbres de défaillance sur les ENS (événement non souhaité) retenus majeurs (principaux) identifiés dans le module A.

En effet :

- Les arbres logiques du module A sont les squelettes de ces arbres ;
- Les dysfonctionnements techniques trouvés dans l'APR ainsi que les dysfonctionnements opératoires développent **les événements primaires des arbres logiques**.

En construisant l'ADD, on combine verticalement les événements qui ne l'étaient que linéairement et on fait apparaître, dans les combinaisons, des événements nouveaux qui n'étaient pas encore apparus.

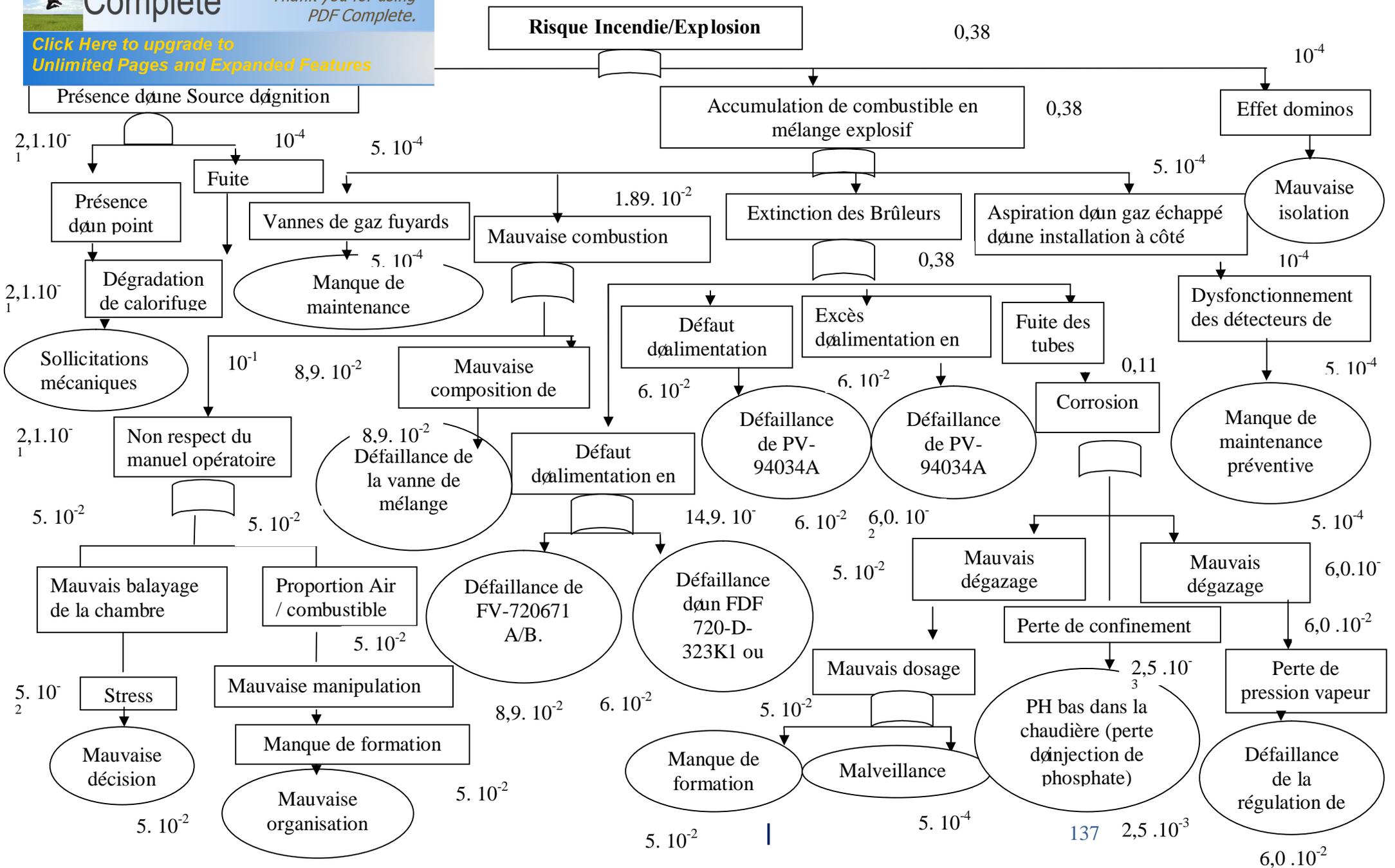
1.2.2 Quantifier les arbres de défaillance (ADD) :

La technique des ADD permet d'utiliser tous les avantages liés à leurs propriétés :

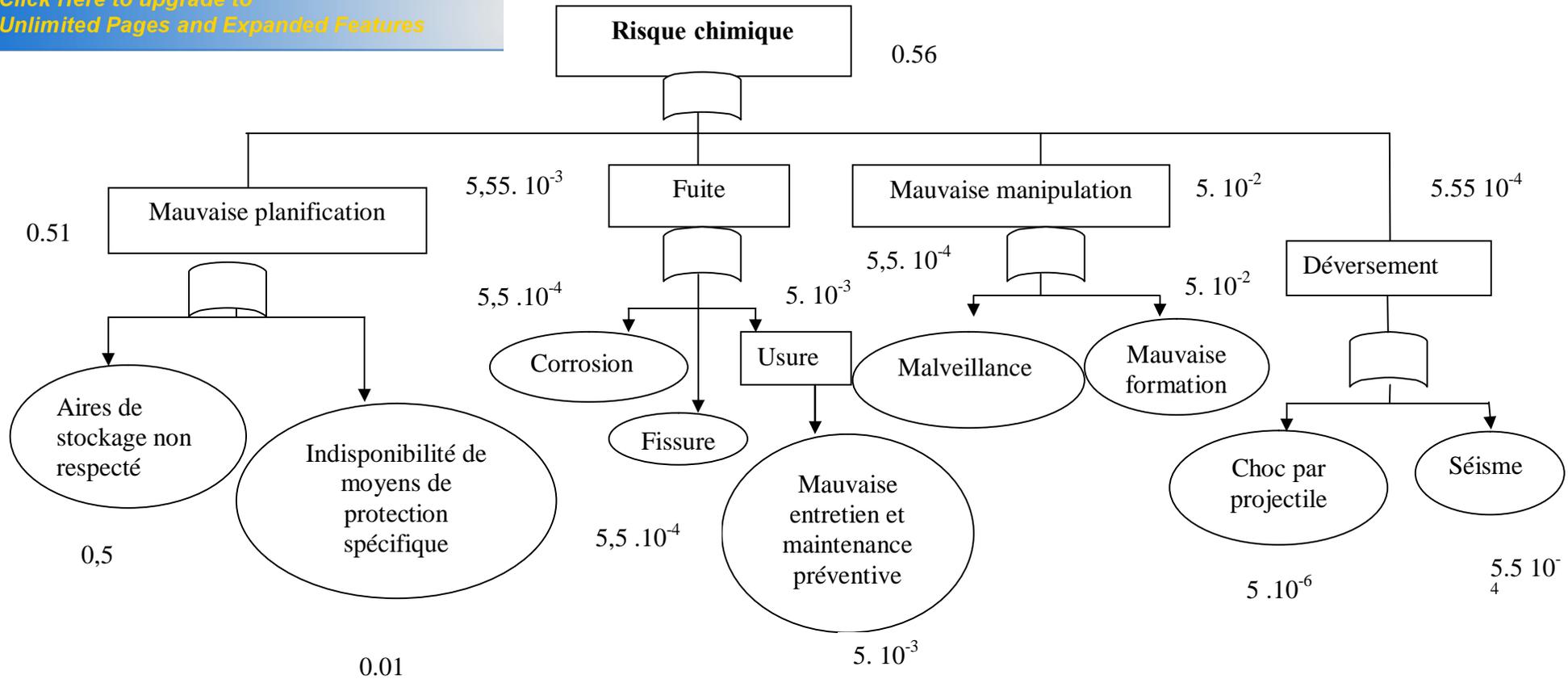
- Visualisation de l'enchaînement combinatoire de tous les événements conduisant aux ENS ;
- Possibilité de neutraliser les ENS, en inhibant les événements primaires et ceux des scénarios ;
- Identifier des modes communs ;

Pour cela il est nécessaire de connaître la probabilité des événements primaires, la connaissance du procédé de production et l'historique des incidents survenus au site ainsi que les données parvenues de sites similaires doivent être utilisés pour une classification de fréquence d'occurrence appropriée, pour cela nous avons recueillis les informations à partir des rapports d'incidents et d'inspection établis par les départements technique et de maintenance (voir annexe 4 - probabilité d'occurrence).

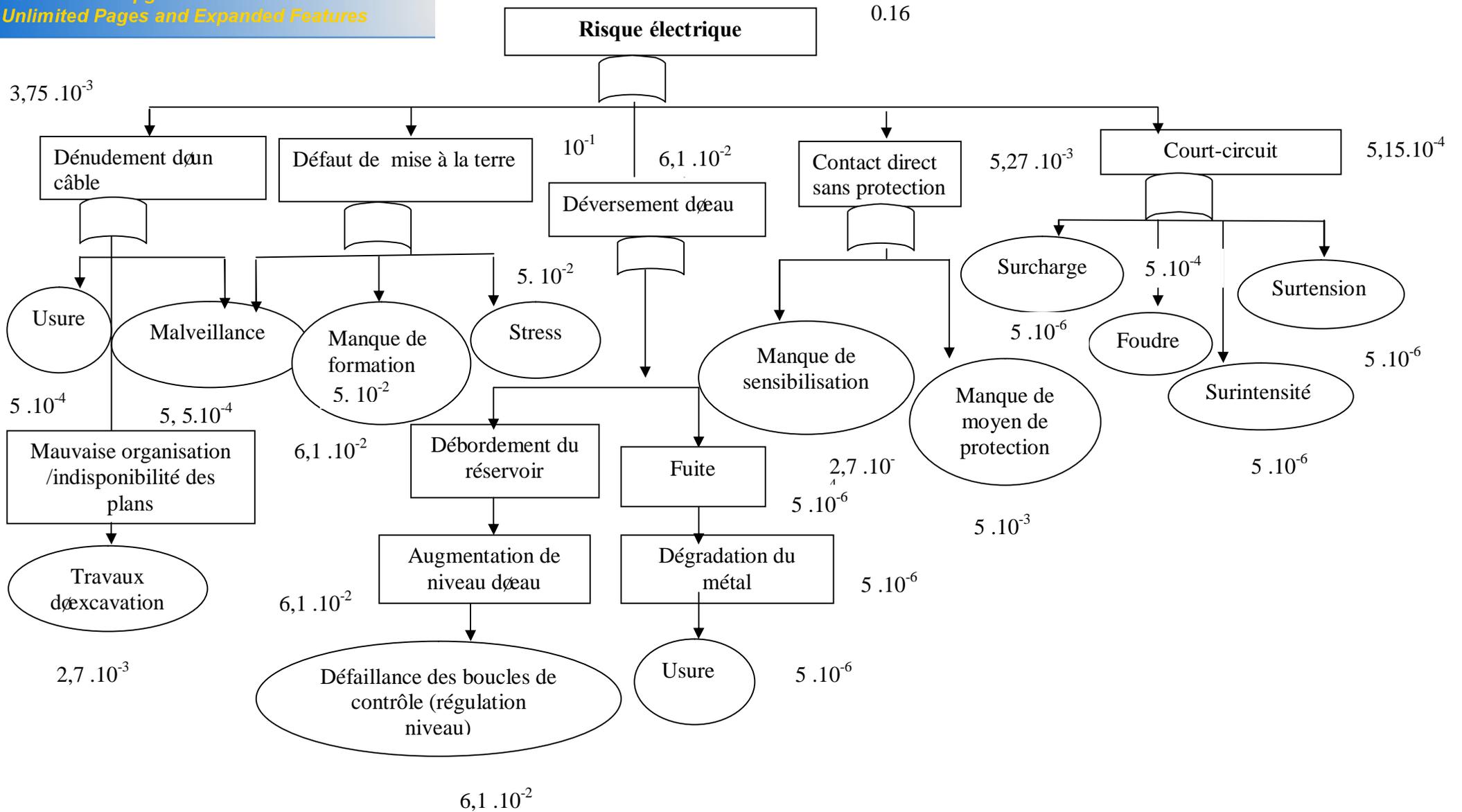
NB : Le calcul de la probabilité se fera en utilisant le théorème de POINCARRE.



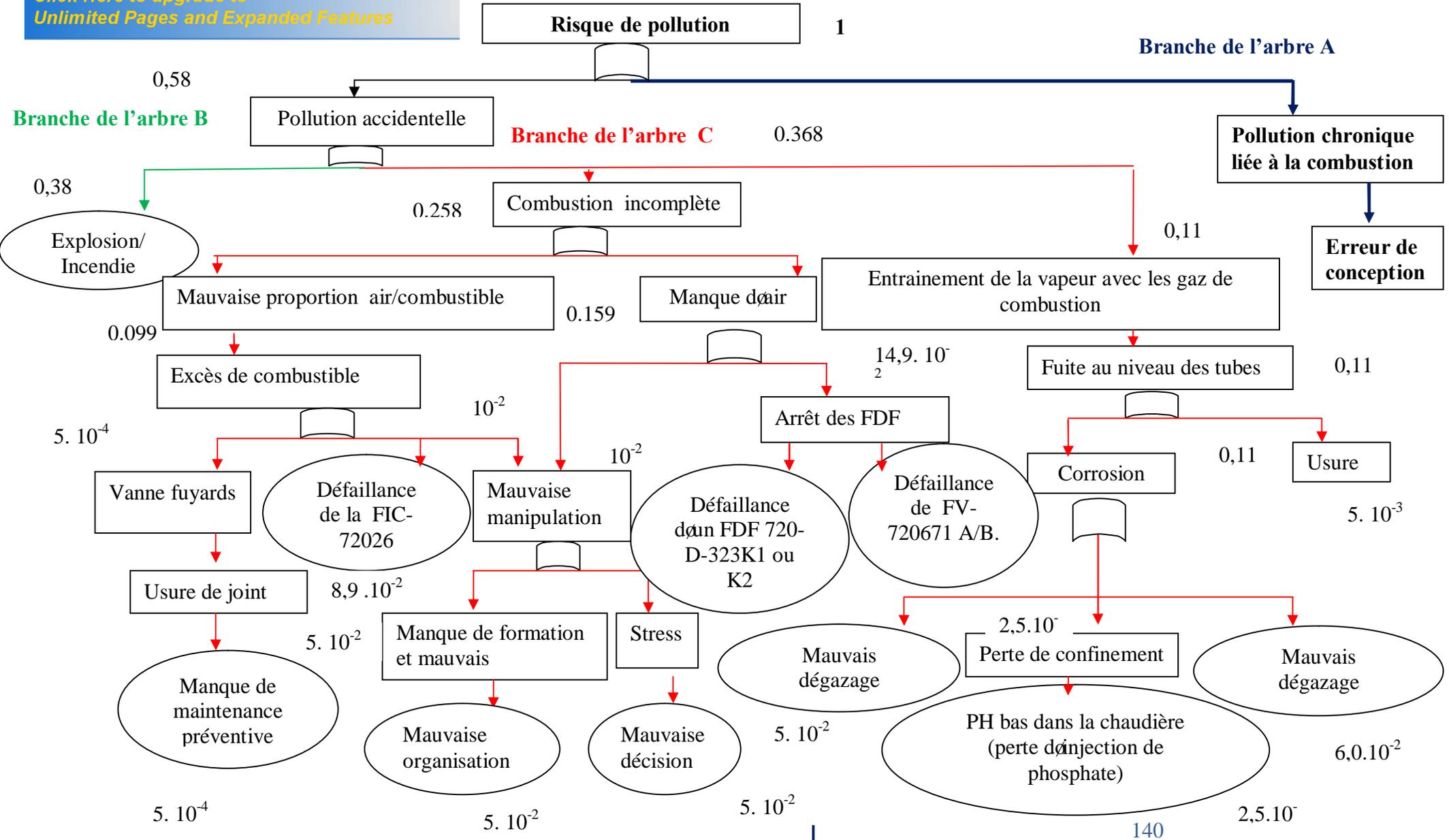
: Scénario Risque chimique



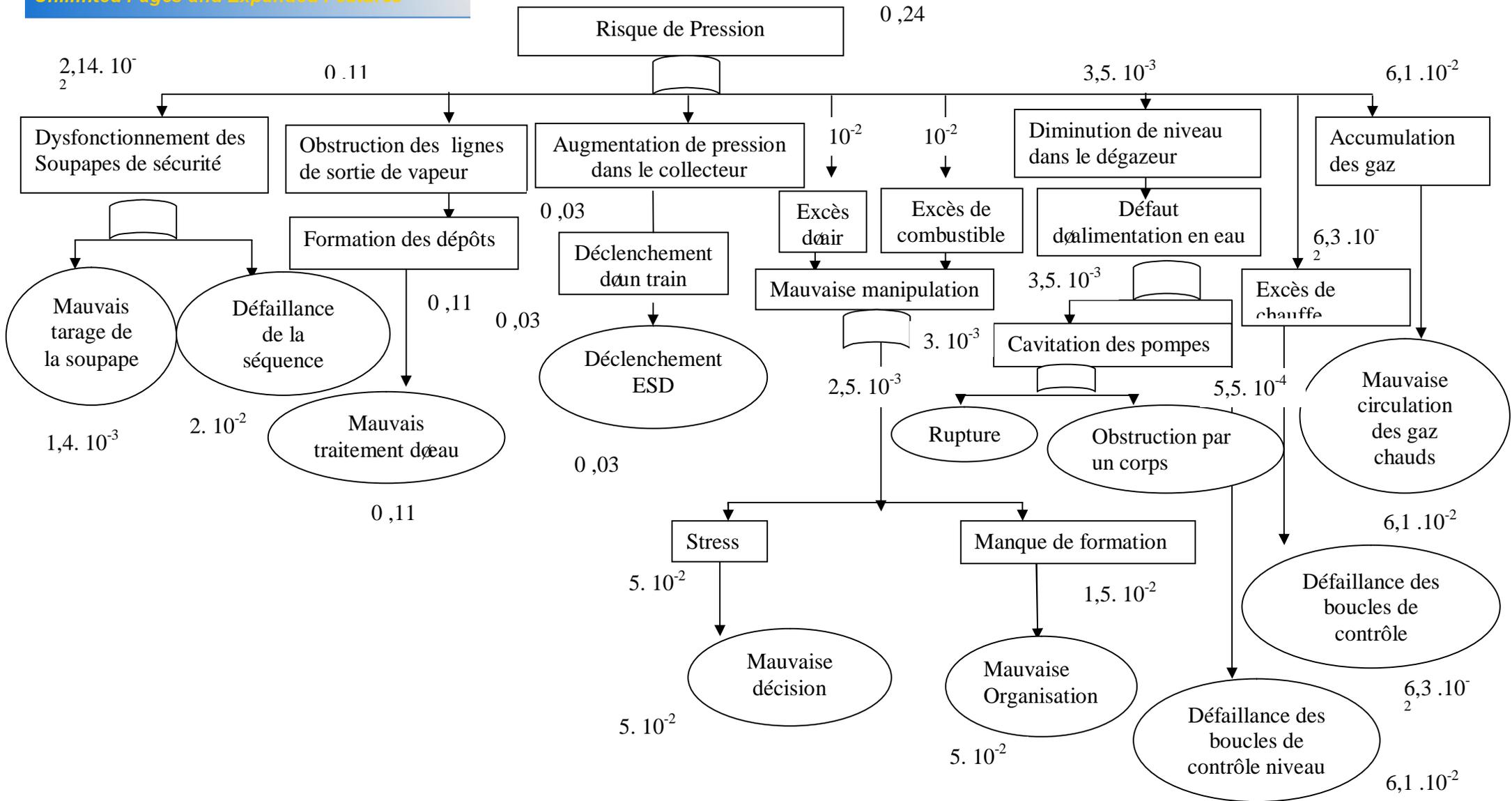
Scénario N°3 : Scénario Risque électrique



Scénario N°4 : Scénario Risque de Pollution



: Scénario Risque pression



Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

le : Négociation des objectifs de prévention

it une grille négociée entre les acteurs, qui fait correspondre un nombre de barrières à chaque niveau de gravité défini dans la quatrième étape du module A. Prenons le cas de la grille G x P pour les cibles écosystèmes et populations de l'installation chaudière. Après avoir quantifié les scénarios principaux nous pouvons maintenant les situer dans la grille avec une certaine précision.

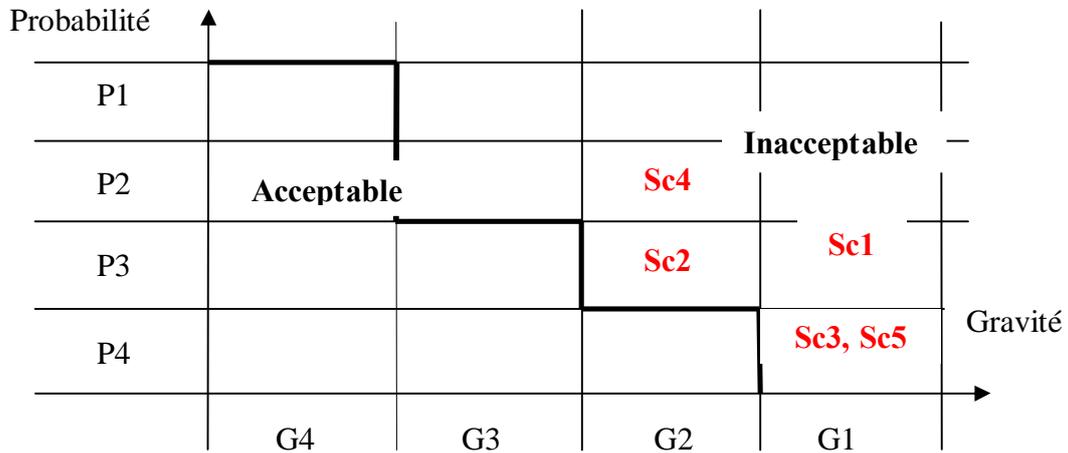


Figure 6.2 : Appréciation des scénarios à risques

Elles sont de deux ordres :

→ **Barrières technologiques (BT)** : Ce sont des éléments ou ensemble technologique faisant partie intégrante de l'installation empêchant l'apparition d'événement gênant est indépendant de l'activité humaine, elle peut être statique (écran fixe, capot de protection, enceinte de confinement par exemple) ou dynamique (soupape de sécurité à ouverture automatique, élément de contrôle commande par exemple).

→ **Barrières opératoires ou d'utilisation (BU)** : Ce sont des actions nécessitant une intervention humaine, reposant sur une consigne précise, active ou non par un ensemble technologique (procédure, mode opératoire, application de règles, vanne à ouverture manuelle, protections individuelles par exemple).

À chaque niveau, le choix entre les deux possibilités n'est pas innocent. L'un privilégie les BT et considère donc ne peut pas trop faire confiance aux opérateurs. L'autre met une égale confiance dans la technique et dans les opérateurs, ce qui sous-entend que ces dernières sont bien formées notamment à la connaissance et la maîtrise des risques.



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

or
e
a
u
C

Barrières	Scénarios	Types de barrières
-----------	-----------	--------------------

S S S S S
c c c c c
1 2 3 4 5

(p
h
as
e
E
X
et
M
A
)

Barrière systémique – So B
rièrumenc ar upa T
es le eptsola pes
de urniion`ran: de
comast:correur séc
cepsystemc:bais urit
tio MSte`abl é,
n .e sydeslecti éve



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

de géométrie
lamiers mécaniques

MF. t

ling lect

ver Méc

à bi :

place euill

boît il

cala e fe

ur Elec

chaq :

haut aou

xtir

portables

'oud d

'rote isjo

parafoud

sur chaque

rain.)

'rot

'ar

tens

ensi

asse

écur

'rot

par mise à

a tel



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

s'ouq
 et ues
 vére
 ificæta
 atit de
 on æq
 s uipe
 tecnen
 hni
 qu
 es

 s'ouq
 me des
 ns PS
 uel V
 s pou
 de r
 qu les
 alit lig
 é nes
 desde
 rej vap
 ets eur

 s
 cha
 que
 18
 mo
 is.
 Vér
 ific
 atio
 n
 des
 PS
 V
 pou
 r
 les
 lig
 nes



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

cha
que
03
ans
.

Marév Pré'rév PréPré B
intenti veenti ve ven U
en e nti e nti tive
an ve ve
ce

Co ors Lo .ors Lo Lor B
ntr e rs e rs s U
ôleéce de éce de de
quptio réptio récréc
alit ept ept epti
é les ion es ion on
deslém deslém desdes
éq nts élé nts élé élé
uip me me me
em nts nts nts
ent
s

TéDéte _ _ An Pré B
ésule gaz de aly sen T
rve ype seu ce
illa onc r des
nce nfra de cap



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

le gè poualar
nfra r me
IR unes
arri seu (PS
Six le H,
(06 cha PS
) udi HH
dét ère).
ect la
eur D3
s 27
de
feu
po
ur
ch
aq
ue
ch
au
diè
re.

**T
a
b
le
a**



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Barrières	Scénarios					Types de barrières
<p>S S S S S c c c c c 1 2 3 4 5 (p h as e E X et M A)</p>						
<p>ProDœDe Dœ _ _ B cédrrière sol _ _ U ure et mp ati s dé liss on ma age et rra et de ge ma mi nip se ulat en ion ser . vic e</p>						



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

gné s et gn
s de es
sto de
cka séc
ge uri
té
en
po
ste
de
bra
nc
he
me
nt

Co En _ En _ En B
nsi cas cas cas U
gnadø dø dø
tio nci nci nci
ns den de de
t nt nt
ou ou ou
de de de
tra tra tra
vau va va
x ux. ux.

FacBloVe Pré Pré
teu c nt sen sen



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

no instoic zo zo
ian rati pou nes nes
ce f r de de
et lœac sto co
de cu ck nfi
maimu ag ne
nte lati es me
nanon nts
ce des
à vap
pro eur
xi s
mit tox
é iqu
es.

Co Res _ Evi _ _
mp pec t du B
ort t con U
em des dire
ent pro par
hu céd Lœ
maïure mei
n s et Lœ
ma e
nue Lœ
l n
opé
rat
oir



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

sa
on
de
con
sig
nes
et
co
m
mu
nic
atio
n
d
nfo
rm
atio
ns.

Ha	Au	_	A	_	_	B
bili	tec		l			U
tati	hni		per			
onscie			ate			
n			ur			
pol			qui			
yva			a			
lent			l			
et			abi			
d			lit			
xpl			éle			



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

cha de
udi bra
ère nc
her
et
dé
bra
nc
her

BarPorPor Po _ _ B
rièrt det de rt U
es mo gan de
de yent et mo
pro s cha ye
tectde uss ns
ion pro ure de
ind tects pro
ivi ion anti tec
dues - tio
llesind dér ns
ivi apa ind
duent. ivi
lles du
ell
es

ForFor Ha _ _
matmat _ bili



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

opér
ratefon
urs ctio
nne
me
nt
des
cha
udi
ère
s

Bar
rièr
e
de
pro
tect
ion
de
l'œ
nvi
ron
ne
me
nt

**Ta
bl**



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ccr cas cas cas
den dda dda dda
ts. cci cci cci
de de de
nts nts nts
. . .

BalAc	_	Ba	_	_	BT
isa co		lis			B
ge- mp		ag			U
acc agn		e			
ès em		des			
ó ent		éq			
circdø		uip			
ulatnsp		em			
ion ect		ent			
eur		s			
de		so			
séc		us			
urit		ha			
é		ute			
pou		ten			
r		sio			
tou		n.			
te					
per		Pa			
son		nn			
ne		ea			
étra		u			
ngè		dø			



Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

CO
mp
lex
e.
Ac
cès
inte
rdit
aux
véh
icul
es
non
mu
nis
de
mat
érie
ls
anti
-
déf
lag
ran
ts

Ré LoiLe NF(Le arti B
gle n° déc 100dé le U
me 04- ret déficitre 9
nta 20 exérègl du



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

n-03-11-01-02
 appou 08 élec f 6
 licaEl du s à bade
 ble Kâ 08J ten:03-8/0
 ada anvNor418/19
 142ier con0 0
 5 200nt ldu Rég
 cor 5, mat10 isa
 res relaNF(Ra t
 pontif 510maes
 danaux (deidhepre
 t pre misan ves
 au scri à jc14 t la
 25 pti Nov24bru
 décons e 1994)té
 em par Elleres es
 bre ticu défipochau
 200lièr instnddièr
 4 es ns ant s
 relaauxgénau
 tivesub de 5
 à lasta sécno
 pré nce dæve
 vens, élecmb
 tio pro Norre
 n dui con20
 des ts nt l:03
 risqou per:fix
 ues pré ant
 majpar les



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

a la can
ges ger
tio eus
n es
des en
cat mil
astrieu
ophde
es tra
danvail
s le.
cad
re
du
dév
elo
ppe
me
nt
dur
abl
e.
Dé
cret
exé
cuti
f n°
06-
198
du



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ma
da
El
Oul
a
142
7co
rres
pon
dan
t au
31
mai
200
6
déf
inis
san
t la
règ
lem
ent
atio
n
app
lica
ble
aux
Éta
blis

us
cla
ssé
s
pou
r la
pro
tect
ion
de
l'œ
nvi
ron
ne
me
nt.

1.4 Quatrième étape du module B : Affiner les moyens de prévention : À partir des différents des barrières, on construit un tableau D où l'on recense toutes les barrières qu'il est possible de mettre sur les événements primaires. Il est évidemment fait appel aux barrières identifiés dans le module A, complétées avec celles trouvées dans le module B.

vérifier simplement que les barrières permettent de on on fait apparaître des risques résiduels.

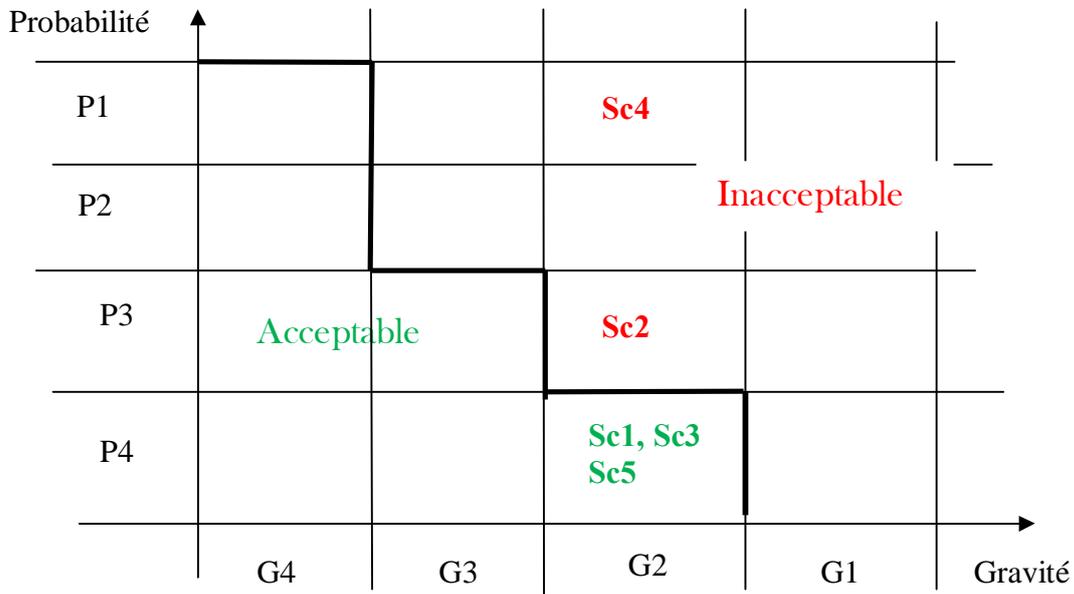


Figure 6.3 : *Appréciation des scénarios à risques après négociation des barrières*

Nous constatons que certains risques sont passés de la zone inacceptable à la zone du risque acceptable, mais reste des risques résiduels comme celui de pollution et risque chimique, cependant le risque de pollution par le scénario explosion/incendie est maitrisable. Alors si nous reprenons l'arbre de défaillance N°4 quantifiée du scénario risque de pollution, nous déduisons que les sources d'émission non maitrisés représentés sous forme de branches de l'arbre principale sont les branches A et C.

Maintenant les sources d'émissions identifiées, nous pourrons évaluer quantitativement en termes de débit, le flux de pollution chronique et le flux additionnel. Ça nous servira d'apprécier l'impact du flux total sur les travailleurs et riverains.

Nous constatons que les risques résiduels liés à l'exploitation d'une chaudière sont le risque chimique et pollution, nous proposerons donc des barrières technologiques et d'autres d'utilisation, nous vocaliserons notre intérêt sur le risque de pollution afin de réduire sa probabilité d'occurrence. Mais avant cette étape il est nécessaire de quantifier le flux et évaluer son impact, il s'agit ici de relier **les processus sources de danger** aux **processus susceptibles d'être affectés au niveau de la cible du danger**. Cette liaison s'opère ensuite en modélisant un flux de danger, liaison orientée source-cible.

Nb : Le point N°5 de la méthode sera détaillé dans un chapitre qu'on appellera **Gestion des risques et valorisation de CO₂**.

Analyse par MADS MOSAR : Lecture critique des dysfonctionnements (les déficits cindynogènes au niveau des chaudières) :

L'approche systémique par MADS MOSAR, nous a permis de déceler les déficits **cindynogènes**, favorisant l'apparition des situations de danger.

L'examen des cinq dimensions de l'hyperespace de danger, donne ceci :

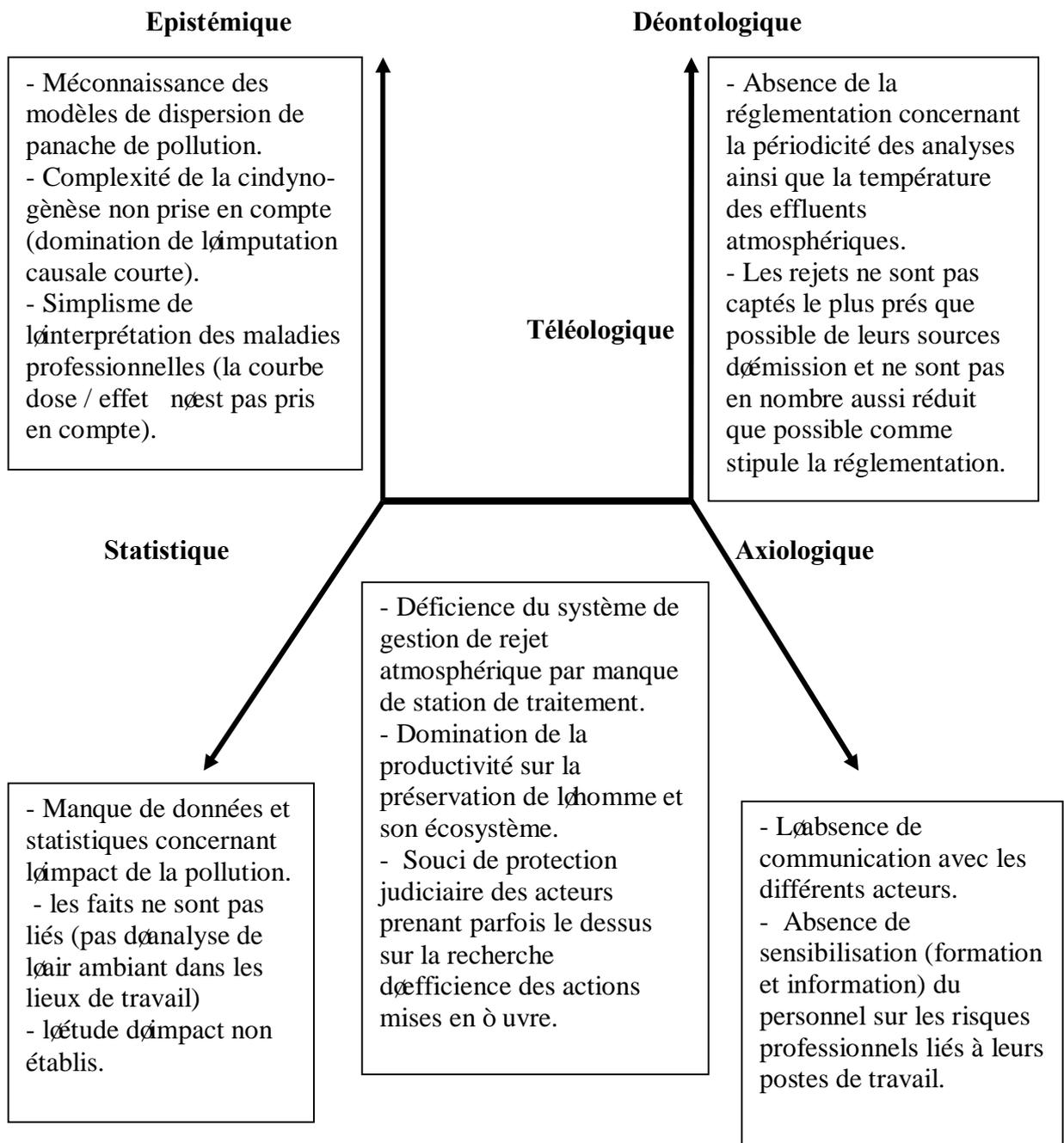


Figure 6.4: l'hyperespace de danger -les déficits cindynogènes

cindynogènes suivant:

Déficits culturels :

DSC1 : Culture d'infailibilité : cœst dire que le système installé pour la surveillance des installations et que les compétences des travailleurs nous mettent à lœabri de toute défaillance et que les accidents survenus dans dœautres usines nœarriveront jamais à nous.

Pour le suivi et la gestion de la pollution atmosphérique se contenter des analyses mensuelles effectuées par le laboratoire sur les gaz de fumées et de la nouvelle technologie de lœOAP (Port dœair supérieur) au niveau des chaudières IHI.

DSC2 : Culture du simplisme : sachant que notre industrie est complexe, mais nous utilisons une démarche simple, causale, à moyen terme dans nos analyses environnementale et sécuritaire, nous rejetons l'idée de système.

DSC3 : Culture de la non-communication : la remise en question et la discussion de certaines vérités évidentes et quelques pratiques techniques est mal supportée par la hiérarchie. Ce qui bloc le passage du flux informationnel dans les sens ascendant, descendant et horizontal, le manque de concertation entre différents acteurs se traduit par la prise de mauvaise décision. Il ya aussi le manque dœimplication et dœinformation des populations riveraines.

DSC4 : Culture du nombrilisme : nous sommes les leaders dans notre métier de transformation de gaz et nous économisons pas mal de temps du fait que nous nœallons pas voir ailleurs ce qui se passe. Nous maîtrisons tous les problèmes liés à lœexploitation de notre installation.

Déficits organisationnels :

DSC 5 : Subordination des fonctions de gestion du risque aux fonctions de production ou à d'autres fonctions de gestion créatrices de risques : le risque existe par tout mais ce nœest pas pour autant semer le désordre dans dœautres structures. Nous ne pouvons pas réduire la tâche du responsable de la production par exemple ou la compliquer, chaque responsable de structures à ces prérogatives, et le responsable de la sécurité nœest quœun collaborateur parmi dœautres du responsable de production pour assurer une production sœure et sécuriser.

DSC 6 : Dilution des responsabilités. Non explication des tâches de gestion des risques. Non affectation des tâches à des responsables désignés : Nous avons testé tout formalisme dans notre organisation, chacun peut sœexprimer avec spontanéité. Les gens sont adultes et savent parfaitement ce quœils doivent faire sans quœil soit utile de le leur rappeler.

d'expérience : il n'y a pas d'attention aux signes précurseurs apparaissant dans la même profession. Pas d'exploitation systématique des faits concernant les dysfonctionnements survenus mondialement dans le même domaine technique.

L'analyse des expériences des autres acteurs de la profession est rendu malaisée par manque de communications et de statistiques. Le retour d'expérience concernant la pollution et santé de l'homme est restreint par manque des faits et statistiques.

DSC8: le non respect des engagements : la préservation de l'homme et son environnement est l'un des points de la politique du complexe ceci dit les seules visites médicales sont celles périodiques, il n'y a pas de suivi des travailleurs des zones sensibles, ni de prise de concentration sur les lieux de travail.ect. Le rôle du médecin de travail dans ce cas est de recevoir et n'ont pas allé voir. La récupération à la source des polluants atmosphériques n'est pas respecter.

DSC9 : Absence de méthode cindynique : le cadre cindynique n'est pas intégrer dans l'analyse des risques, l'analyse causale à court terme est seule prise en compte lors de l'identification des dangers.

La vision microscopique est adoptée au lieu de la vision macroscopique sur le plan organisationnel. La démarche systémique et l'interaction entre système ainsi que la modélisation des flux de danger ne sont pas bien intégrée lors de l'établissement des plans de prévention.

DSC10 : Absence de formations et sensibilisation: la formation aux risques des opérateurs et techniciens process est totalement absente des cursus de formation, ou n'est mentionné qu'à titre connexe dans certains cas. Ceci est dû partiellement à l'absence des études d'impact et un déficit de présentation de modèles et de statistiques fiables et détaillées sur les causes des maladies professionnelles.

DSC11: Absence de planification de situations de crise en termes de pollution : Manque de plan d'urgence en cas de propagation d'une forme pollution (hydrique, atmosphérique, du sol), aucun dispositif de limitation n'est envisageable.

CHAPITRE VII : EVALUATION DU RISQUE DE POLLUTION

Après avoir identifié toutes les sources possibles d'émission et évalué leurs fréquence d'occurrence et avant de choisir parmi les solutions que la technologie nous à offerte, et proposer d'autres mesures de prévention supplémentaire pour gérer le risque résiduel de pollution, nous allons évaluer quantitativement ce flux de danger, le modéliser et apprécier son impact sur différentes cibles.

Cette évaluation consiste à quantifier le flux d'émission de chaque substance puisqu'il est inconnu et mesurer l'impact de cette pollution sur la santé de l'homme et de son environnement.

L'identification du potentiel dangereux consiste à calculer les distances à risques des substances et leurs effets sur l'homme. Les substances chimiques peuvent avoir un effet local directement sur les tissus avec lesquels elles entrent en contact (par exemple irritation, sensibilisation cutanée, cancer cutané) ou un effet dit « systémique » si elles pénètrent dans l'organisme et agissent sur un ou plusieurs organes distants du point de contact.

L'évaluation du danger se fait par l'analyse des données validées chez l'homme ou les données de toxicité relatives à certaines populations sensibles, seront particulièrement considérées. Sont notamment considérées comme populations sensibles : les enfants, les personnes âgées, les femmes enceintes, les asthmatiques, les insuffisants respiratoires ou les personnes immunodéprimées.

1. Evaluation quantitatif de la pollution atmosphérique (Calcul du flux et concentrations):

Dans une première phase de la Méthodologie d'Analyse des Dysfonctionnements dans les Systèmes (MADS), il est nécessaire d'identifier les deux systèmes source et cible ainsi que le processus de danger.

L'identification du système « source » consiste à la localisation du point émetteur de la pollution ainsi que la composition en nature et en quantité de fumées émises par ce point étudié. Il constitue en pratique, les données « d'entrée » pour la dispersion atmosphérique. Il convient généralement de quantifier le terme source, c'est-à-dire de caractériser le rejet de la substance vers l'air en termes de débit, de température, de vitesse

Il est donc nécessaire de définir ce terme par ses caractéristiques :

✓ **Débit de fumée** : cette grandeur va fixer la quantité de produits (polluants) émise à l'atmosphère. Elle va dépendre notamment de la vitesse de combustion du combustible. Ce débit joue un rôle essentiel car il est évident que plus le débit des fumées est élevé, plus il sera difficile de diluer les fumées.

✓ **Vitesse d'émission** : elle dépend principalement de la température des gaz de combustion, plus cette vitesse sera importante, plus la dilution des gaz se fera en altitude, minimisant à priori l'impact sur l'environnement.

✓ **Hauteur d'émission** : la hauteur d'émission correspond à l'altitude à laquelle a lieu la fin des réactions chimiques de combustion. Elle correspond grossièrement à la hauteur des cheminées. Il est bien évident que plus la hauteur d'émission est importante, plus l'impact devrait être faible (la dilution se faisant en altitude).

✓ **Température** : elle résulte principalement de la nature des combustibles ainsi que des conditions de ventilation du foyer. Plus les fumées ont une température importante, plus elles seront susceptibles de s'élever du fait de la poussée induite par la différence de densité avec l'air.

1.1 La position du point de rejet :

La source d'émission est de type **canalisée** à partir d'une cheminée de chaudière d'une hauteur de 45.15 m par rapport au sol, mais il est à noter que la commune de Béthioua s'élève de 50 m environ par rapport au complexe, donc nous pourrions considérer que le niveau d'élévation est égal à zéro.

1.2 Les quantités totales d'effluents rejetés en kg/h pour chacun des polluants :

A/ Calcul des paramètres de combustion (Rappel théorique) ;

Calcul du CO₂ : La formule suivante est utilisée par l'analyseur NS300 de combustion pour le calcul du CO₂ :

Pour les combustions incomplètes en défaut d'air, le taux de CO₂ réel est inférieur au CO₂max puisque la combustion ne bénéficie pas d'assez d'air pour être complète. L'oxygène du peu d'air apporté sera entièrement consommé en raison du manque d'air, et le calcul basé sur un taux d'oxygène nul donnera une valeur de CO₂ fautive : CO₂ = CO₂max car O₂ = 0.

Calcul de NO_x : Les versions de NS300 équipés d'un capteur NO calculent le niveau total de NO_x selon la formule suivante :

Formule N°1

$$NOX [ppm] =$$

Si l'appareil est équipé d'un capteur NO et d'un capteur NO₂, il n'est pas nécessaire de calculer le niveau de NO₂. La concentration de NO_x est, dans ce cas, la somme des valeurs mesurées de NO et de NO₂.

Formule N°2

$$NOX [ppm] = NO [ppm] + NO2 [ppm]$$

B/ Bilan de matière pour une chaudière : La composition de combustible (FGN) qui est un mélange de fuel gaz et de gaz naturel est donnée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 7.1 : Composition du combustible FGN (résultats du laboratoire)

Compo- sant	Résultats d'analyse du combustible											Fraction molaire %
N₂	22.98	23.6	22.95	16.2	25.1	22.6	22.10	23.6	21.2	25.1	22.57	
He	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
CO₂	0.02	0.02	0.07	0.09	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	
CH₄	70.05	69.9	69.64	71.9	68.3	68.8	68.31	68.7	70.6	67.8	69.40	
C₂H₆	3.62	3.48	4.22	8.17	3.86	5.27	5.51	4.72	4.18	4.02	4.71	
C₃H₈	1.26	1.14	1.26	1.85	1.03	1.45	1.46	1.19	2.14	1.12	1.39	
iC₄H₁₀	0.31	0.24	0.26	0.28	0.20	0.27	0.29	0.23	0.25	0.26	0.26	
NC_{4H₁₀}	0.68	0.51	0.49	0.48	0.38	0.55	0.54	0.44	0.55	0.54	0.510	
iC₅H₁₂	0.04	0.03	0.06	0.05	0.03	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.042	
NC_{5H₁₂}	0.04	0.03	0.05	0.05	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.0412	
C₆H₁₄₊	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	

Tableau 7.2 : Volume moyen du combustible

**C Fr Vol Fr
om act um act
posion e ion**

ant mo mo vol
s lairlairum
e% e iqu
(N e
m³/ (N
K m³/
mo mo
les)les)

N2	22.57	22.26	5.422
He	1.00	22.4	0.224
CO2	0.06	22.26	0.013
CH4	69.40	22.38	15.53
C2H6	4.71	22.17	1.044
C3H8	1.39	24.840	0.345
iC4H0	0.26	21.78	0.0566
NC4H10	0.51	21.50	0.10965
iC5H12	0.04	21.03	0.0084
NC5H12	0.04	20.86	0.00834
C6H14+	0.01	20.30	0.00203
	22.57		22.35

Calcul des débits :

Débit total sortant = Débit de combustion + Débit d'autres sources d'émission.

Débit total sortant = Débit (FGN) + Débit Air + **Débit d'autres sources d'émission** (3)

Les débits volumiques de l'air ainsi que le combustible sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 7.3: Débits moyen d'air et combustible (Données du Tableau de contrôle DCS).

Débit
d'air
du
combustible
(N m³
m³ ust
/hr ibl
) e
(N
m³
/hr
)

245310
005 00

274330
347 00

328384
200 50

333385
081 00

313377
020 97

212297
258 14

Val **284**
eur **31**
moy **8.5**
enn
e

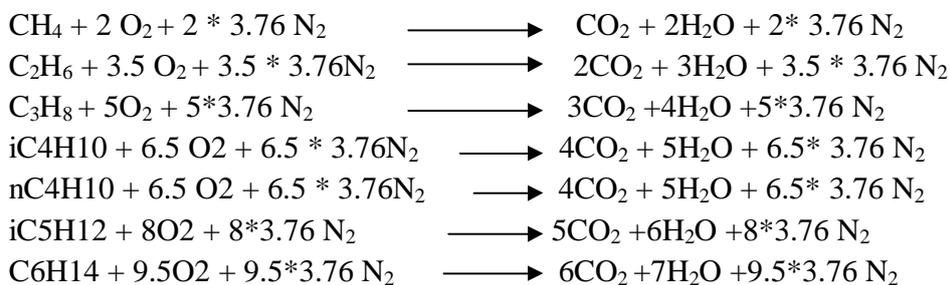
	34 743.5
--	-----------------

Le débit molaire de FGN = 34743.5 (Nm³/hr) / **22.35** (Nm³/ K moles) = 1 554.51 Kmoles/hr.

Débit molaire d'air=284318.5 (Nm³/hr) / 22.40 (Nm³/ K moles) = 12 692.79Kmoles/hr.

Donc le débit mis en réaction par l'exploitation est 1554.51 +12 692.79 =14 247.3 Kmoles/hr.

Les réactions de combustion dans la chaudière : N₂, H₂O, CO₂ non combustible



La quantité d'oxygène pour brûler 100 moles de mélange gazeux est = (2*69.40) + (3.5*4.71) + (5*1.39) + (6.5*0.26)+(6.5*0.51) + (8*0.04) + (8*0.04)+(9.5*0.01) = **171.0755** de O₂

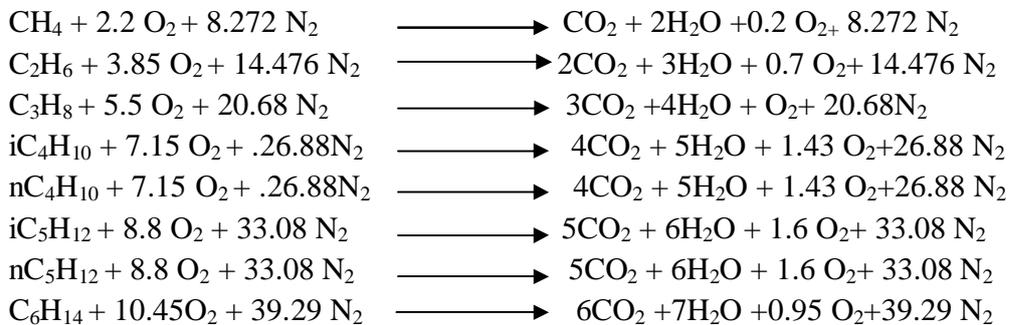
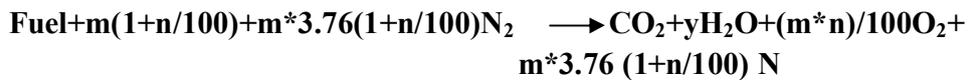
Pour une mole de mélange =171.075/100= 1.71 moles de O₂/moles de FGN

Soit la quantité d'air nécessaire pour brûler une mole de FGN=nombre de moles d'oxygène X 4.76=1.71 X 4.76=8.14 moles

Si on compare avec les valeurs moyennes de débit trouvé dans le tableau N°7.3, et on divise le débit d'air sur celui de combustible 284 318.5/34 743.5= 8.18, cependant selon la procédure de l'exploitation la chaudière tolère un excès d'air de 10

Composition des gaz de fumées avec un rapport d'air d'air de 10 :

L'équation générale de la combustion avec un excès d'air n% est donnée comme suit :



Calcul stœchiométrique des produits de combustion : à partir des réactions chimiques et les fractions molaires présentées dans le tableau 7.1, on obtient les résultats suivant :

Tableau 7.4: Résultats du Calcul stœchiométrique des produits de combustion

CO	H ₂	N ₂	O ₂
2	0		
-----	22.	----	
--	---	57	----
0.0	-----		
6	----		

---	----		
-			
69.	69.	69.	0.2
40	40*	40**	69

2 2*3.40
.76

2*44.7 4.7 0.7
.71 1*31*3*4.
.5* 71
3.7
6

3*11.3 1.3 1*1
.399*49*5.39
*3.
76

4*00.2 0.2 1.4
.266*56*63*0
.5* .26
3.7
6

4* 0.5 0.5 1.4
0.5 1*51*63*0
1 .5* .51
3.7
6

5*00.0 0.0 1.6
.044*64*8*0.
*3. 04
76

5*00.0 0.0 1.6
.044*64*8*0.
*3. 04
76

6*00.0 0.0 0.9
.01 1*71*95*0
.5* .01
3.7
6

TO 86.16265419.
TA 59.89.15805
L mo mo 6 6
les les mo mo
les les

Pour 100 moles de combustible brûlé complètement, on a comme produits :

$86.59 + 162.89 + 654.156 + 19.8056 = 923.44$ moles de gaz de fumées.

Et la composition des gaz de fumées sera donc, $CO_2 = 86.59 / 923.44 = 9.38\% = CO_{2max}$

$$\%H_2O = 162.89 / 923.44 = 0.17639 = 17.64\%$$

$$\%O_2 = 19.8056 / 923.44 = 0.02145 = 2.14\%$$

$$\%N_2 = 654.156 / 923.44 = 0.70839 = 70.84\%$$

Ce sont des résultats de calcul stéchiométrique, mais nous allons prendre le résultat de N_2 trouvé pour le calcul du débit d'azote (N_2 est un gaz inerte, ne rentre pas dans la réaction de combustion), mais pour les autres composants nous allons prendre les résultats d'analyse de laboratoire effectués sur les différentes chaudières pour une période de six mois sont regroupés dans sur le tableau ci-dessous.

Tableau 7.5: Résultats d'analyses du laboratoire

N° O₂ N C C
Ch % O O O₂
au X % %
diè %
re

D323	7,30	0,0182	0,0030	6,1193
	4,10	0,0069	0,0000	7,5487
	3,00	0,0038	0,0000	8,0400
	0,70	0,0013	0,0040	9,0673
	2,00	0,0020	0,0060	8,4867
	3,80	0,0070	0,0010	7,6827
D324	8,55	0,0241	0,0012	5,5610
	2,00	0,0114	0,0000	8,4867
	1,40	0,0116	0,0015	8,7547
	1,80	0,0170	0,0010	8,5760
	2,00	0,0125	0,0010	8,4867
	1,50	0,0110	0,0000	8,7100
D325	8,68	0,0185	0,0011	5,5029
	2,10	0,0086	0,0000	8,4420
	2,80	0,0085	0,0000	8,1293
	2,50	0,0010	0,0000	8,2633

	2,40	0,0098	0,0010	8,3080
	2,00	0,0070	0,0000	8,4867
D326	0,90	0,0039	0,0010	8,9780
	1,60	0,0016	0,0000	8,6653
	6,00	0,0080	0,0030	6,7000
	1,73	0,0010	0,0000	8,6073
	2,20	0,0050	0,0000	8,3973
	5,20	0,0080	0,0020	7,0573
D327	7,94	0,0133	0,0060	5,8335
	0,40	0,0025	0,0000	9,2013
	0,80	0,0020	0,0000	9,0227
	3,60	0,0036	0,0010	7,7720
	3,15	0,0067	0,0000	7,9730
	1,90	0,0060	0,0000	8,5313
D328	5,40	0,0079	0,0040	6,9680
	2,00	0,0080	0,0000	8,4867
	1,00	0,0090	0,0000	8,9333
	3,90	0,0041	0,0020	7,6380
	2,38	0,0057	0,0000	8,3169
	0,90	0,0010	0,0020	8,9780
Moyenne	3,045	0,0077	0,0012	8,02

Interprétation des résultats de laboratoire:

Ces analyses démontrent clairement que la réaction de combustion est incomplète puisqu'il y a présence de CO, et ce malgré l'excès d'air assuré par l'exploitation, et confirment les probabilités trouvées précédemment. De ce fait, nous pouvons maintenant considérer le débit additionnel d'émission à partir des différentes sources d'émission trouvées auparavant dans l'analyse des risques par MADS MOSAR, dans notre bilan de matière.

Nous remarquons également que la concentration de CO₂ et celle de H₂O, deux principaux gaz à effet de serre, est très importante. (En hiver la vapeur est nettement plus visible à la sortie des cheminées). En plus et puisqu'il s'agit d'une réaction incomplète donc, il y a présence d'un autre gaz à effet de serre qui est le méthane et d'autres Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM) qui peuvent atteindre des couches plus loin que la stratosphère et causés d'autres effets sur l'écosystème.

Nous constatons aussi que la chaudière qui émet la plus grande quantité de CO₂ est la nouvelle chaudière IHI (la D328).

Le débit d'émission additionnel :

La probabilité d'émission chronique = 1

D'après les résultats trouvés dans le chapitre précédent, la probabilité d'émission d'autres sources = 0.368, en considérant cette valeur comme le maximum de fuites, nous trouvons un

débit additionnel égale à 5243 kmoles /hr, donc le débit maximale qu'on pourrait avoir à la sortie de cheminée = 19490.3619500 kmoles /hr

Calcul des concentrations et quantités de débits des fumées :

L'analyseur nous donne la concentration des NO_x seulement, pour calculer la concentration de NO et NO₂ chacune à part, nous utiliserons les formules (1) et (2) en prenant en compte les résultats d'analyses de laboratoire. Par ailleurs pour le calcul des débits molaire et massique des différents constituants de fumée, nous utiliserons les formules ci-dessous.

Débit molaire du polluant = [Concentration du polluant] * [Débit total sortant].

Débit massique du polluant = [Débit molaire] * [Masse molaire du polluant].

Tableau 7.6: Résultats de calcul.

Composants	Débit molaire (Kmoles/hr)	Débit massique (Kg/hr)
CO ₂	68811.6	16168
NO	14.52	42
NO ₂	0.638	3.8
O ₂	593	19
N ₂	189082	189082
H ₂	342767	342767
O	12686	12686
1	.47	.47

Calcul de la quantité annuelle de CO₂:

Pour une chaudière on a 68811.6 Kg/hr*24*330 = 544 987 872 kg/an et pour les six chaudières est 3 269 927 .23 T/an de CO₂.

1.3 Détermination des vitesses et températures des effluents:

La température des gaz de fumées = 160 C° à partir des cheminées.

La vitesse de sortie des effluents = débit volumique / section (le diamètre étant connu = 3.6 m). Donc la vitesse = 319 062 m³/3600 Sec *4/ 3.14 (3.6)² = 8.71 m/s, Avec une pression moyenne de 1.015 bars.

2. Modélisation de la dispersion de la pollution atmosphérique :

Les différents types de modélisation de la qualité de l'air ont un grand nombre d'applications pratiques :

- ✓ La contribution à une meilleure *interprétation* des concentrations de polluants mesurées,
- ✓ L'établissement d'une *cartographie* de la pollution, de manière à « couvrir » les zones où les mesures n'existent pas,
- ✓ *L'aide à la décision* dans le choix d'une *stratégie de contrôles des rejets* de polluants primaires,
- ✓ *Le suivi des masses d'air* contaminées en cas d'accidents industriels,

- ✓ *L'évaluation de l'impact d'une source* industrielle ou de la qualité de l'air de la région (éventuellement, choix du site le plus approprié en matière de pollution minimale),
- ✓ *En mode prédictif* : la possibilité d'éviter les épisodes de pollution ou de prévenir les alertes.

Pour notre cas et pour la modélisation du panache de pollution émis par les chaudières nous allons utiliser le logiciel ALOHA (voir Annexe).

La modélisation se fait sur la base des :

- É Caractéristiques des émissaires (localisation des cheminées, vitesse d'émission, température, débit, diamètre et hauteur de la cheminée),
- É Caractéristiques des émissions (flux spécifiques à chaque substance),
- É Caractéristiques météorologiques locales (température, humidité, force et direction des vents),
- É Caractéristiques topographiques de l'environnement du site.

2.1 Résultats de la modélisation

Tableau 7.7: Résultats de modélisation de CO₂. direction du vent côté nord

Co Dis
ndi tan
tio ces
ns à
mé ris
téo qu
rol es
ogi
qu
es

Vit (T
ess EE
e L-
du 3=
ven400
t = 00
4,5 pp
m/s/m)
Dir =3
ecti7.5
on m
du
ven(T
t = EE

No L-
rd 2=
Te 300
mp 00
éatpp
ure m
de)=
lœai (T
r= EE
19 L-
°C 1=
Hu 300
mi 00
ditépp
relam)
tif =4
= 3
72 m
%
Cla
sse
de
sta
bili
té=
C
Dé
bit
con
tin
u =
688
11.
6
kg/
hr

Tableau 7.8: Résultats de la modélisation du CO, direction du vent côté nord

**Co Dis
ndi tan**



N



tio ces
ns à
mé ris
téo qu
rol es
ogi
qu
es

Vit (E
ess RP
e G-
du 1=
ven200
t = pp
4,5 m)
m/s<
Dir **10**
ectim
on
du (E
venRP
t = G-
No 2=
rd 350
Te pp
mp m)
érat<
ure **10**
de **m**
lœai (E
r= RP
19 G-
°C 3=
Hu 500
mi pp
ditém
rela1)<
tif=10
72 **m**
% Te
Clamp
sse érat
de ure
sta dœ
bili bul

té= liti
C on
Dé = -
bit 312
con.6°
tin F
u =
6.5
52
kg/
hr

Tableau 7.9: Résultats de modélisation du NO₂, direction du vent côté nord

**Co Dis
ndi tan
tio ces
ns à
mé ris
téo qu
rol es
ogi
qu
es**

Vit (T
ess EE
e L-
du 3=
ven20
t = pp
4,5 m)
m/s=
Dir 11
ectim
on
du (T
venEE
t = L-
No 2=
rd 12.
Te 5
mp pp
ératm)
ure =

de 14.
l'air 65
r= m
19 (T
°C EE
Hu L-
mi 1=
dité0.5
relapp
tif=m)
72 =
% 73.
Cla 15
sse m
de Te
sta mp
bili érat
té= ure
C d'œ
Dé bul
bit liti
conon
tin = 6
u = 9.8
3.4 ° F
5
kg/
hr

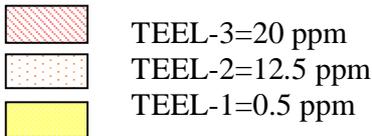
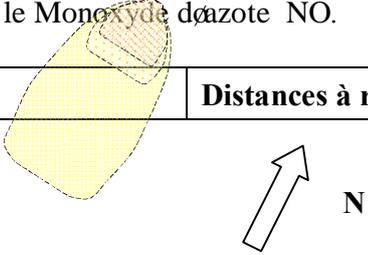


Figure 7.1 : Les zones toxiques de NO₂- vent côté Nord

Tableau 7.10 : Résultats de modélisation le Monoxyde d'azote NO.

Conditions météorologiques	Distances à risques
Vitesse du vent = 4.5 m/s (TEEL-3=20 ppm) Direction du vent = Nord	Mètres = 50.3 m

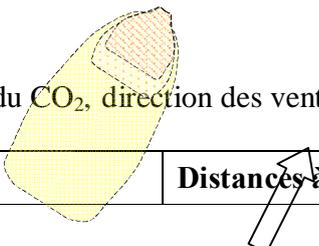


Température) = **64 m**
 de l'air= 19 (TEEL-
 °C 1=0.5 ppm)
 Humidité = **321 m**
 relatif=72% Température
 Classe de débullition=
 stabilité= C -241.2° F
 Débit
 continu =
 42.78 kg/hr

Figure 7.2 : Les zones toxiques de NO - vent côté Nord

Direction des vents côté Sud ouest

Tableau 7.11 : Résultats de modélisation du CO₂, direction des vents côté sud ouest

Conditions météorologiques	Distances à risques
Vitesse du vent = 4,5 m/s Direction du vent = S ouest Température de l'air = 19 °C Humidité relative = 72% Classe de stabilité = E Débit continu = 68811.6 kgs/hr	N 
TEEL-3=40000 ppm TEEL-2=12.5 ppm TEEL-1=0.5 ppm	
TEEL-3=20 ppm TEEL-2=12.5 ppm TEEL-1=0.5 ppm	
TEEL-3=30000 ppm TEEL-2=143.6 ppm TEEL-1=0.5 ppm	
TEEL-3=4000 ppm TEEL-2 = TEEL-1 = 3000 ppm	

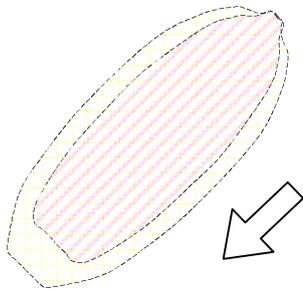


Figure 7.3 : Les zones toxiques de CO₂ - vent côté Sud ouest

Tableau 7.12 : Résultats de modélisation du CO, direction des vents côté sud ouest

Conditions météorologiques	Distances à risques
Vitesse du vent = 4,5 m/s	(ERPG-1=200 ppm) = 21 m
Direction du vent = Sud ouest	(ERPG-2=350 ppm) = 16.5 m
Température de l'air = 19 °C	(ERPG-3=500 ppm) = 12.8 m
Humidité relative = 72%	Température de l'ébullition = 312.6° F
Classe de stabilité = E	
Débit continu = 6.552 kgs/hr	

Tableau 7.13 : Résultats de modélisation du NO₂, direction des vents côté sud ouest

Co Dis
ndi tan
tio ces
ns à
mé ris
téo qu
rol es
ogi
qu
es

Vit (T
ess EE
e L-3
du =2
ven0
t = pp
4,5 m)
m/s=7
Dir 5.9
ectim

on
du (T
venEE
t = L-2
Sus=1
oue2.5
st pp
Te m
mp)=9
érat7
ure m
de (T
lœai EE
r= L-
19 1=
°C 0.5
Hu pp
mi m)
dité=5
rela25.
tif=8
72 m
% Te
Clamp
sse érat
de ure
sta dœé
bili bul
té= liti
E on
Dé = 6
bit 9.8
con° F
tin
u =
3.4
5
kgs
/hr

-  TEEL-3=20 ppm
-  TEEL-2=12.5 ppm
-  TEEL-1=0.5 ppm

Figure 7.4: Les zones toxiques de NO₂ - vent côté Sud ouest

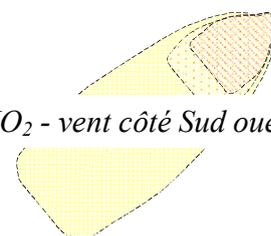


Tableau 7.14 : Résultats de modélisation du NO, direction des vents côté sud ouest

Conditions météorologiques	Distances à risques
Vitesse du vent = 4,5 m/s	(TEEL-3=20 ppm) = 353 m
Direction du vent = sud ouest	(TEEL-2=12.5 ppm) = 453.6m
Température de l'air = 19 °C	(TEEL-1=0.5 ppm) = 2414 m
Humidité relative = 72%	Température de l'ébullition = -241.2° F
Classe de stabilité = E	
Débit continu = 42.78 kgs/hr	



2.2 I

Figure 7.5 : Les zones toxiques de NO - vent côté Sud ouest

Ces polluants de nature primaires émis d'une source fixe peuvent se transformer en réagissant avec les composés de l'air qui est chargé de sels puisque le milieu est marin. Ce milieu va favoriser l'évolution chimique des gaz émis dans l'air pour former des acides ou leurs sels, que l'on retrouve notamment dans les nuages et les précipitations sous forme de dépôts secs de gaz ou de poussières.

Les retombées au sol de espèce acidifiantes (principalement des composés d'azote) vis-à-vis des écosystèmes : dépôts humides de polluants incorporés dans les précipitations (pluie, brouillard...), comme nous l'avons vu auparavant, la pluviométrie d'Arzew est entre 200 - 464, quantité considérée élevée à cet effet il s'agit ici essentiellement de pluies acides.

Les effets des pluies acides découlent principalement de modifications des équilibres chimiques des milieux récepteurs (augmentation de la solubilité de l'aluminium ou d'autres métaux toxiques pour la faune et la flore, lessivage d'éléments minéraux utiles à la nutrition des végétaux, etc.). Les composés de l'azote peuvent également contribuer à des phénomènes d'eutrophisation.

La transformation des polluants primaires en polluants secondaires est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 7.15 : Classification des polluants atmosphériques gazeux selon leurs propriétés chimiques.

	Familles de composés	Polluants primaires	Polluants secondaires
Composés d'azote	Monoxyde d'azote (NO), dioxyde d'azote (NO ₂)	Monoxyde d'azote (NO), dioxyde d'azote (NO ₂), acide nitrique (HNO ₃), l'ion nitrate (NO ₃ ⁻), l'ion ammonium (NH ₄ ⁺).	
Composés inorganiques carbonés	Monoxyde de carbone (CO), Dioxyde de carbone (CO ₂)		
Composés Organo-carbonés	Méthane (CH ₄), Pentane (C ₅ H ₁₂)	Dioxyde de carbone (CO ₂), les composés carbonés, les composés inorganiques oxygénés	Nitrates organiques, aldéhydes, cétones et acides.

Les effets thermiques jouent un rôle significatif pour la dilution et activation d'autres réactions secondaires, les échanges thermiques vont accélérer la dilution et vont chauffer d'avantage l'air par convection. Également les effets mécaniques tels que la vitesse d'émission, peuvent agir sur la dilution rapide de ce nuage. Il est à rappeler que la vitesse d'émission trouvé égale à 8.71 m/s considéré plus grande que celle de l'air, mais va être freiné par la densité des composés des gaz de fumée - (le nuage est considéré plus lourd que l'air, puisque il contient aussi des imbrulés (COV), ce qui va nuire d'avantage à la qualité de l'air et à la santé humaine)- par effet des forces de gravité, la distance des retombées va être importante et plus loin que possible, ce qui explique les distances trouver dans la simulation.

D'autres effets rentrent notamment en considération concernant la dispersion et déposition des polluants, sous les latitudes tempérées, les brises apparaissent surtout en été lorsque le vent à l'échelle synoptique ne les contrarie pas. Lorsque ce vent souffle dans la même direction que la brise, on peut enregistrer une accélération locale du vent (le vent résultant étant la somme des deux flux).

Le jour, les vents proviennent de la mer côté nord, la brise de mer ramène les polluants vers les agglomérations limitrophes, les vents les plus forts se produisent en après-midi lorsque le contraste de température est le plus élevé. Les distances pour la déposition des polluants depuis l'émission et après transmission peuvent atteindre environ 321 m, donc les travailleurs et les premières maisons riveraines sont les plus exposées.

Durant la nuit, au contraire, la brise est dirigée vers la mer c'est le phénomène de la brise de terre ainsi les polluants sont dispersés environ 2.5 kilomètres du complexe et en large de mer.

La brise de terre est en général moins forte que la brise de mer du fait d'une différence de température entre la terre et la mer moins importante la nuit.

Les conditions locales (topographie, forme des vallées, exposition...) jouent de façon évidente un rôle majeur dans l'intensité des brises orographiques, étant donné la localité de *Béthioua* se trouve sur une pente, nous allons rencontrer le **phénomène de brise de pente**, le relief peut être à l'origine d'un régime de vent particulier, la brise de pente est due à la différence de température entre le sol incliné d'un relief et l'air libre au même niveau.

Durant le jour, sous l'influence du rayonnement solaire, le sol se réchauffe plus vite que l'air libre. L'air qui se trouve directement au contact du sol tend donc à s'élever le long de la pente tandis que l'air libre s'affaisse : c'est la **brise montante** ou anabatique.

La nuit, le sol refroidit l'air qui se trouve en contact avec lui. Cet air, devenu plus lourd s'écoule le long de la pente : c'est la **brise descendante** ou catabatique.

Ces mécanismes interagissent avec le champ de vent général. A l'échelle régionale et locale, les reliefs canalisent les flux et sont la cause d'accélération ou de ralentissements des vents.

L'influence du champ de vent général est maximale lorsqu'il souffle dans l'axe de la vallée, ce qui accroît d'ailleurs sa vitesse du fait de la réduction de la section de passage offerte à l'écoulement, par les limites de la vallée. Lorsque le champ de vent général a une direction perpendiculaire à l'axe de la vallée, son influence sur la brise est réduite car sa vitesse dans la vallée est fortement réduite.

3. Evaluation qualitative de la pollution - l'impact sanitaire:

Il s'agit maintenant d'évaluer l'impact de la pollution sur les travailleurs et la population riveraine, des statistiques de maladies professionnelles et d'autres maladies

respiratoires dans les localités limitrophes vont nous permettre d'estimer l'impact de la pollution sur l'homme.

3.1 Au sein du complexe :

Pour évaluer l'état de santé des travailleurs de la zone chaudière (Utilité) ainsi que pour quantifier le degré de leurs perception des dangers liés à leurs poste de travail, nous avons réalisé une enquête (voir le questionnaire en annexe 5) et interrogés quelques travailleurs de la zone concernée.

Résultats d'investigation de l'état de santé des travailleurs : Nous avons pris comme échantillon un nombre de cinquante (50) travailleurs de différentes catégories (opérateurs, tableautistes et polyvalents).

Tableau 7.16 : Résultats d'enquête menée sur un échantillon des travailleurs

Qu Ré
esti po
ons nse
d'u
n
éch
ant
illo
n
de
50
tra
vai
lle
urs

Niv - 6
eau He
dœ ure
xpo s
siti en
on mo
par yen
rap ne
por Po
t ur
au les
pol tra
lua vail
nt leu
rs

pos
tés
- 4
He
ure
s
pou
r
jou
rné
e
nor
mal
e

Niveau de perception de danger	6 %
--------------------------------	-----

Pourcentage 50%
de maladies
liées au
poste

Types de maladies	Hypertension artérielle, asthme, emphysème, migraine, rhinite allergique, eczéma, SD parkinsonien
-------------------	---

Nombre de
formation de
sensibilisation
sur les
dangers des
Polluants

D'après ces résultats, nous constatons qu'il y a un manque de formation et de sensibilisation, donc déficit sur le plan de la priorité des objectifs. Nous remarquons aussi que la majorité des maladies sont d'origine respiratoires, pour confirmation nous avons effectués un entretien avec le médecin de travail, qui dans une démarche de prévention et de suivi, a enregistré les différentes maladies chroniques présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7.17: Types de maladies chroniques dénombrés par la médecine de travail jusqu'au 31/12/2008 au sein du complexe GL1/Z.

PATHOLOGIE CHRONIQUE	NOMBRE DE CAS
HTA (hypertension artérielle)	75
MALADIE VASCULAIRE	7
ASTHME	10
EMPHYSEME	3
RHINITE ALLERGIQUE	15
ECZEMA	5
MIGRAINE	5
SD PARKINSONIEN	3

NB : Il est à noter que les trois cas de PARKINSON sont enregistrés dans la zone utilité.

3.2 Au niveau des agglomérations limitrophes au complexe :

L'évaluation de la situation épidémiologique de la région, notamment en termes d'affections respiratoires (Insuffisances Respiratoires Aigues -IRA- et Asthme) permet de mettre en place les bases pour le suivi et la surveillance de ces paramètres par des indicateurs adéquats.

Cette dernière décennie, de nombreuses études de par le monde font ressortir une augmentation constante de la fréquence de l'asthme infantile et de sa sévérité. La même constatation pourrait être admise en Algérie, plus particulièrement dans la région d'Arzew, qui est une ville caractérisée par un important pôle industriel avec de nombreuses sources d'émissions atmosphériques.

Résultats d'une étude des infections respiratoires sur la région d'Arzew :

Une étude intitulée « l'asthme bronchique chez l'enfant scolarisé en première et cinquième année primaire dans la région d'Arzew et notamment les communes limitrophes de la zone industrielle d'Arzew, Béthioua, Ain El Bia, Mars El Hadjadj » a été réalisée en 2005 par le Service d'Epidémiologie et de Médecine Préventive d'Arzew (SEMEP).

L'objectif de cette étude est d'estimer la prévalence de l'asthme, ses symptômes évocateurs et leur degré de sévérité et de la rhinite allergique chez l'enfant de première et cinquième année dans la région couverte par le secteur sanitaire d'Arzew.

L'étude a porté sur un échantillon représentatif, dans les établissements scolaires de cinq communes de la région d'Arzew, durant l'année scolaire 2005-2006. La taille de

l'échantillon est de 2 385 élèves, (1 171 en classe de première et 1 183 en classe de cinquième), défini à partir de 67 classes tirées au sort sur les établissements des différentes communes. L'enquête a porté sur 2001 enfants (taux de réponse au questionnaire de 85 %), dont 49 % de filles et 51 % de garçons. L'âge moyen de 6,37 ans pour les élèves de première année et 10,92 ans pour les élèves de cinquième année.

Il ressort de cette étude la prévalence des affections respiratoires suivante :

Tableau 7.18 : Prévalence des affections respiratoires

Type	Prévalence en %,
------	------------------

Ast 12,

hm 85

e 5,2

Cri 2

se 10,

døa 51

sth 22,

me 52

Ast 15,

hm 34

e à 27,

løef 47

fort

Cp AstPo
Arzew

Données du Service d'Epidémiologie et de Médecine Préventive d'Arzew SEMEP: Les Tableaux ci-après présentent des données relatives aux affections respiratoires sur le secteur sanitaire d'Arzew.

Tableau 7.19 : Cas d'asthme enregistrés entre 2002 et 2005, tous âges confondus

Arzew	669	16 950
Blida	106	
Médéa	112	38 300
Total	4186	

Blida 5

dja

que

Siff

lem

ent

Rhi

nite

pré

su

mé

e

alle

rgi

que

L'évaluation de la morbidité et de la mortalité infantile est étudiée durant la période estivale. Cette période est en effet caractérisée par l'augmentation de la température, la mobilité de la population et des conditions atmosphériques favorables au développement de ces maladies respiratoires.

Tableau 7.20: Mortalité et morbidité hospitalière pour insuffisance

respiratoire aiguë
200200200200
2 3 4 5

Ho 197239309353
spi
tali
sati
on
po
ur
IR
A

Décès par IRA	3	3	2	3
---------------	---	---	---	---

Pour l'été 2006, ces données sont détaillées par tranche d'âge (données collectées dans le cadre du programme national de lutte contre les insuffisances respiratoires aiguës chez les enfants de moins de 5 ans).

Tableau 7.21 : Mortalité et morbidité hospitalière pour insuffisance respiratoire aiguë par tranche d'âge

Ag 0 à 7 à 29 5 à 12 24 Tot
e 6 28 jou 11 à à al
jou jours mo 23 59
rs rs à 4 is mo mo
mo is is
is

Ho 14 18 48 72 78 109339
spi
tali
sati
on
po
ur
IR
A

Décès par IRA	2	1	0	1	1	0	5
---------------	---	---	---	---	---	---	---

Commentaires

É Nous constatons une augmentation très sensible des hospitalisations pour insuffisance respiratoire aiguë (IRA) entre 2002 et 2005.

É Durant l'été 2006, sur 339 hospitalisations infantiles pour IRA, il y a eu 5 décès.

É Dans la zone sous influence immédiate des émissions atmosphériques émises par les différentes activités du pôle industrielle, soit les communes limitrophes Arzew, Ain El Bia, Béthioua et Mers-El-Hadjaj, le nombre de cas d'asthme est proportionnellement **plus important à Béthioua (3,9 % de la population)** que dans les autres communes (0,9 % à Arzew, 0,3 % à Ain El Bia et 0,7 % à Mers-El-Hadjaj).

É Devant la difficulté de disposer de données statistiques fiables (manque d'informations sanitaires pour insuffisances de déclaration), nous reproduisons ici, à titre d'information et non de comparaison, la prévalence des affections respiratoires au niveau national, rapportée à une population de 30 millions d'habitants en 2001 :

- Insuffisances respiratoires aiguës (IRA) : 8 millions de cas soit 27 % ;
- Asthme : 600 000 cas soit 2 % ;
- Bronchite chronique : 200 000 cas soit 0,7 %.

CHAPITRE VIII : GESTION DES RISQUES

La gestion des risques résiduels passe par l'action sur le système source, cible ou bien le flux de danger mais passe également par le processus de régulation technologiques, relationnels, cognitifs biologiques qui se déroulent au niveau des systèmes sources et cibles du danger.

Parmi les mesures de gestion des risques nous suggérons des :

1. Barrières d'organisations: il s'agit d'investir sur l'homme:

- Renforcer les formations sur les modes opératoires (process), pour assurer le bon fonctionnement de la chaudière.
- Informer les travailleurs par la sensibilisation sur les dangers de la pollution atmosphérique, hydrique, sonore et risques professionnels.
- Procéder à la prise des analyses par les mesures des concentrations dans les lieux de travail, pour permettre d'établir la courbe dose-effet.
- Augmenter le nombre de visites de contrôles médicales pour les travailleurs les plus exposés aux risques.
- Prévoir des abris pour le stockage de produits chimiques contre toutes agressions climatiques avec balisage en indiquant le type de danger en mettant des panneaux de signalisation.
- Munir les opérateurs de gants pour utilisation acide et moyens de mesures.
- Se concerter avec les travailleurs pour la prise de décision leur concernant.
- Envisager un club de retour d'expérience.
- Renforcer les plans de maintenance et d'inspection.

2. Gestion du risque lié au CO₂ à la source (Barrière technologique):

Aujourd'hui, l'efficacité énergétique (à savoir la réduction de la consommation d'énergie à service rendu égal), ou encore l'utilisation des énergies renouvelables sont mises en avant pour lutter contre l'augmentation de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère.

Puisque le gaz principal à effet de serre est le dioxyde de carbone et notre chaudière est une source d'émission de ce gaz, et comme les enjeux sanitaires environnementaux prennent une place accrue dans notre société, afin d'y répondre de nombreuses mesures de réduction et de contrôle de la pollution de l'air se développent.

Nous proposons ainsi pour réduire la pollution atmosphérique, agissant sur le système source en maîtrisant les événements initiateurs internes au système source.

Pour la capture, comme on l'a déjà présenté, il existe plusieurs méthodes de captage, nous choisissons la postcombustion.

3. Application pratique d'une barrière technologique pour la capture de CO₂ / Cas d'application complexe GL1Z :

Il s'agit de faire une simulation d'un procédé de capture en postcombustion c'est-à-dire collecter les fumées et ensuite extraire le dioxyde de carbone par réaction d'absorption à haute pression et basse température suivie d'une réaction de régénération à haute température et basse pression, en utilisant un solvant sélectif qui est la mono-éthanolamine (MEA) utilisé déjà dans les installations.

Il existe plusieurs logiciels de simulation de procédés les plus utilisés dans l'industrie sont le CHEMCAD et le HYSYS.

3.1 Description du procédé proposé pour le captage de CO₂ :

Pour le calcul et le dimensionnement de la nouvelle unité de captage, nous avons utilisé le logiciel HYSYS, développé par la société canadienne HYPROTECH. Ce logiciel a été conçu pour permettre le traitement d'une vaste gamme de problèmes allant de la séparation bi, triphasique simple jusqu'à la distillation et la transformation chimique (Voir annexe 3 pour la description de logiciel).

Figure 8.1: Schéma de l'unité de prétraitement des fumées.

Figure 8.2: Schéma de l'unité de séparation de CO₂

Tableau 8.1 : Tableau cumulatif des résultats de calcul

	Gaz des fumées	Composition
N ₂	71.375%	
H ₂ O	17.55%	
CO ₂	8.02%	
O ₂	3.0453%	
NO	0.007315%	
NO ₂	0.000385%	
CO	0.0012%	

Avec : Une température =160 C° et pression =130 kPa

La séparation de dioxyde de carbone se fait à haute pression dans ce cas, nous devons comprimer le mélange mais avant cela nous devons nous débarrasser de l'eau contenu dans le mélange donc la première étape est la séparation de l'eau ensuite la compression

Les équipements de l'unité de prétraitement :

1. **Un refroidisseur l'E-100 :** servant à refroidir la fumée de sa température d'émission (160 C°) à une température de 7C°, ça va permettre de condenser le H₂O contenue dans le mélange.

2. **Un ballon de séparation V-100 :** pour séparer l'eau condensée.

3. **Un compresseur K-100** : après avoir éliminé l'eau, nous pouvons comprimer le mélange gazeux afin d'obtenir les données opératoires de la réaction d'absorption en terme de pression.
4. **Un condenseur le E-101** : l'opération de compression fait augmenter la température, pour cela on refroidit de nouveau le mélange jusqu'à 25 C°.

Les équipements de l'unité de décarbonatation :

5. **Une colonne d'absorption** : le gaz sortant du ballon est dirigé en bas de la colonne d'absorption, se met en contact à contre courant avec la MEA introduite en haut de la colonne. La séparation s'effectue par réaction chimique aux conditions de 25 C° et 10 bars. Le CO₂ est entraîné par la MEA en bas de colonne (67,64 C° et 1080 kpa), les gaz de fumées sortent en tête de colonne d'absorption à une température de 25 C° et une pression avoisinante à 995 kpa.

Ces gaz sont détendus dans un ballon de flash (V-102) afin de baisser la pression et de récupérer l'eau entraînée par le flux gazeux.

6. **Echangeur de chaleur (E-102)** : la réaction de séparation (régénération de CO₂) du MEA riche se fait à haute température et baisse pression, pour cette raison on fait passer le mélange (MEA Riche en CO₂) à travers un échangeur de chaleur à contre courant avec la MEA pauvre, la température de passe 70.68C° à 111C°.

7. **Vanne de détente VLV-100** : pour réduire la pression du mélange à 2 bars.

8. **Régénérateur** : La récupération de CO₂ se réalise dans une colonne de distillation équipée d'un condenseur de tête et un rebouilleur, le nombre de plateaux est de 23.

9. **L'échangeur E-104** : Le résidu de la colonne de régénération c'est-à-dire la MEA dépourvue de son CO₂ sort à une température de 124.4 C°, il passe à travers l'échangeur E-102 à contre courant avec la MEA riche en CO₂ (le résidu de l'absorbant), il cède une partie de ces

calories pour atteindre la température de 83.61 C°, ensuite se dirige vers l'échangeur E-104 ou il se refroidi jusqu'à 25 C°.

10. la pompe d'aspiration de la MEA : à la sortie du condenseur la MEA est collecté dans un mélangeur où on fait le mélange Eau/MEA avec une concentration de 10% MEA.

La solution est aspirée par la pompe et réinjecter dans l'absorbeur par le haut en circuit fermé.

11- Un refroidisseur E-103 : où le distillat du régénérateur (CO₂+Eau entraîné) est refroidi à 25C°.

10- Un ballon de séparation V-101: le mélange (CO₂+H₂O) subit un flash on récupère le CO₂ en haut avec un degré de pureté de 98.23%, et l'eau en bas du ballon. Une partie de cette eau va servir à un appoint du mélangeur MEA.

3.2 Etude économique (en cas de valorisation de CO₂):

Investir, c'est consentir une dépense à un projet dans l'espoir d'en retirer des profits futurs. Afin de consolider notre étude technique relative au projet, une étude économique est nécessaire afin d'évaluer l'ensemble des dépenses relatives à sa réalisation et à son exploitation.

Dans ce sens, l'évaluation économique permet de déterminer si le projet est rentable ou non rentable et de mesurer son degré de faisabilité économique.

Equipements principaux :

Tableau 8.2 : les estimations financières des équipements.

Equipements	Prix (DA)
Bac de puisard de MEA	462447795,56
Pompe de puisard de MEA	191269463,11
Echangeur de solution de MEA "A"	1732668545,17
Echangeur de solution de MEA "B"	1732668545,17
Une vanne PV	1704333,12
Deux refroidisseurs de fumées	48826142,40
ballon de séparation V-100	7347200,00
Un compresseur K-100	119324744,00
Refroidisseur de solution de MEA	1748708290,06

Pompe solution MEA	876831070,32
Turbine d'entraînement de pompe de solution MEA	344376891,91
Pompe de solution MEA de réserve motorisée	962141449,07
Moteur de la pompe de solution MEA de réserve	44661110,17
Filtre MEA à charbon	589627834,72
Filtre MEA à cartouche	1520596,02
Epurateur de MEA	479802117,12
Condenseur de tête de la colonne de régénération MEA	910669025,01
Rebouilleur de la colonne de régénération MEA	1001767761,03
Régénérateur de MEA	2589581765,10
Séparateur gaz d'acide	446809178,67
Pompe de retour condensât d'acide	148870554,41
Système d'injection anti-mousse	136200204,50
Pompe d'injection anti-mousse	80061618,87
Système d'injection d'inhibiteur de corrosion	504619,02
Pompe d'inhibiteur de corrosion	35410857,81
Ballon de détente MEA	374451784,62
Pompe de retour condensât d'acide	148870554,41
Total	15217124051,37

Tableau 8.3 : Coûts du piping

	8"	3"
Prix unitaire (DA)	648 166,67	1 464,91
Métrage (m)	394,00	642,00
Prix (DA)	255 377 666,67	940 469,01
TOTAL	256 318 135,68	

Tableau 8.4 : Coûts des travaux sur piping

		8"	3"	4"
Caractéristiques	Schedule	20	40	40

métrage 394642

poi 13, 7,2

ds 12 5

(To

nn

e)

no 88 117 6

mb

re
de
joi
nt

So 399369 14
ud 080837172
age,00 ,00 ,00
(D
A)

Ra 7 8
dio 981201
gra ,60 ,70
phi
e
(D
A)

So 3 5
uffl152136
age,00 ,00
(D
A)

Pré 1 1
fab201014
ric 583930
ati ,26 ,75
on
de
tuy
aut
eri
e
en
ate
lier

Pré767646
fab126952
ric ,98 ,25
ati
on
de

tuy
aut
eri
e
sur
site

Pré184102
par735025
ati ,39 ,38
on
et
re
mp
li
des
sec
tio
ns

Im 61 34
pré578008
vue,46 ,46

Vi 36 20
da 944403
nge,45 ,63
et
séc
ha
ge

TO 2 2 14
TA662201172
L 182495,00
,14 ,17

T 4
O 87
T 7
A 84
L 9,3
(D 1
A)

Tableau 8.5 : Coûts des travaux de manutention et main d'œuvre

MaGr test
in- ue e
d' 70 de
œu ton dé
vre nes ma
éle rra
ctri ge
cité
&
ins
tru
me
nta
tio
n

Prix (DA)	10 882 560,00	3 320 000,00	945 000,00
TOTAL (DA)	15 147 560,00		

Pièces de rechanges:

Nous estimons les pièces de rechanges à 10% du coût d'investissement soit **1549346760 DA**. Le montant de l'investissement est estimé à **17042814356,02DA**.

Le prix de vente :

Dans notre cas l'installation de la nouvelle unité de production du CO₂ va se réaliser à partir d'un contrat entre le complexe GLIZ et les différentes usines consommatrices de CO₂ principalement l'ENGI (l'entreprise national de gaz industriel), cette entreprise qui est entrain de brûler du gaz naturel pour obtenir de CO₂ nous offre un prix d'achat de 18.5 DA/kg. Donc pour la production annuelle de 3269927232T/an, soit une recette de **60 493 653 792DA**

Les résumés des données et des résultats :

L'investissement : 17 MDA.

Les charges d'exploitations : 2.2 MDA.

Les recettes NETTE : **41 332 839 400 DA**

Une autre estimation selon les prix proposés par IFP

Tableau 8.6 : Coûts de capture du CO₂

	Avant capture	Après capture
--	---------------	---------------

Coût de production de l'électricité à partir de sources fossiles (en \$/MWh) en fonction du type de technologie et du niveau de captation du CO₂ (en %). Les données sont basées sur les estimations de l'Agence internationale de l'énergie (AIEA) pour l'année 2010.

Technologie fossile : 36 à 46 \$/MWh
 Technologie nucléaire : 25 à 35 \$/MWh
 Niveau de captation : 4 à 15 %
 Coût de captation : 2,9 à 8,2 \$/tonne de CO₂

Chauffage à l'électricité
 Chauffage au gaz
 Chauffage au bois
 Chauffage au solaire
 Chauffage géothermique

Technologie fossile : 36 à 46 \$/MWh
 Technologie nucléaire : 10 à 15 \$/MWh
 Niveau de captation : 10 à 15 %
 Coût de captation : 2,9 à 8,2 \$/tonne de CO₂

(GC
)

Gaz	Post-combustion (NGCC)	53 à 56	2,9 à 3,9	10 à 20	11 à 15	4,4 à 5,8	30 à 50
-----	------------------------	---------	-----------	---------	---------	-----------	---------

Source : <http://www.ifp.fr>

Si on prend le prix **maximum** c'est-à-dire 50\$ comme coût de capture pour une tonne on aura un prix de traitement globale= 163496361,6 \$ par an équivalent à 11675275182

DA, donc on aura approximativement un gain **48 818 378 610 DA** par an.

Nb : Le prix d'un dollar en date du 25/03/2010 étant égal à 71,41 DA.

Conclusion : Avec un prix maximum de coût de traitement, nous pouvons tirer profit de cette valorisation de CO₂, ceci dit sur le plan économique, le projet est peut être considéré très rentable. Le dioxyde de carbone capturé et valorisé peut être utilisé dans l'industrie agroalimentaire, gaz de synthèse dans la production d'urée, ou bien comme agent extincteur, par les différentes usines pétrochimiques avoisinantes.

Discussion générale

L'appréhension des événements non souhaités (ENS) générés par les chaudières 400 T/h, a été effectuée par la représentation des deux systèmes source et cible ainsi que l'identification de tous les scénarios de dangers qui peuvent être d'origine sûreté de fonctionnement, opérationnel et organisationnel en utilisant l'approche systémique, et comme outils d'analyse de risque (MADS MOSAR, APR, ADD).

Les résultats de cette identification, nous a permis de quantifier le débit important des fumées qui est de 19 500 kmol/hr émis de façon continue. Ce panache de pollution est transporté, transformé en polluants secondaires et enfin déposé à environ 2.5 kilomètres, ces dépôts secs ou bien humides (des pluies acides), contribuent à l'accroissement de l'effet de serre anthropogénique et peuvent être à l'origine de certaines maladies notamment celles respiratoires.

L'évaluation de l'impact sanitaire dans l'entreprise via l'enquête menée sur un échantillon de 50 travailleurs (opérateurs, tableautistes et polyvalents), ne laisse aucun doute sur la relation entre les émissions atmosphériques et maladies professionnelles, nous reproduisons les résultats de l'enquête ainsi que le rapport de maladies recensées par la médecine de travail du complexe GL1Z, dans les tableaux suivants successivement :

Tableau des résultats de l'enquête :

Qu Ré
esti po
on nse
ne s
me
nt

Niv- 6
eau He
dœ ur
xpo es
siti en
on m
par oy
rap en
por ne
t Po
au ur
pol les
lua tra
nt vai
lle
urs
po

sté
s
- 4
He
ur
es
po
ur
jo
ur
né
e
no
rm
ale

Niv 6
eau %
de
per
cep
tio
n
de
dan
ger

Po 50
urc %
ent
age
de
mal
adi
es
liée
s
au
pos
te

Ty Hy
pes per
de ten
malsio
adi n

es arté
riel
le,
ast
hm
e,
em
phy
sè
me,
mi
gra
ine,
rhi
nite
alle
rgi
que
,
ecz
ém
a,
SD
par
kin
son
ien

No 0
mb
re
de
for
mat
ion
de
sen
sibi
lisa
tio
n
sur
les
dan
ger
s

des
pol
lua
nts

Tableau des maladies professionnelles (Rapport de la médecine de travail) :

Pat No
holmb
ogi re
e de
chr cas
oni
qu
e

HTA (hypertension artérielle)	75
MALADIE VASCULAIRE	7
ASTHME	10
EMPHYSEME	3
RHINITE ALLERGIQUE	15
ECZEMA	5
MIGRAINE	5
SD PARKINSONIEN	3 cas dans de la zone chaudière

L'entretien avec les travailleurs nous a permis de constater que leurs degrés de perception des dangers liés à leurs postes de travail est relativement très faible, ceci est dû au manque de formation et sensibilisation sur les effets de pollution hydrique, sonore et atmosphérique.

Pour maîtriser le risque de pollution, et limiter son impact sur les travailleurs et riverains, nous avons suggérer quelques barrières de types organisationnelles et d'autres technologiques comme celui du captage sachant que la quantité annuelle de CO₂ est de 3 269 927.23 T, cette opération de réduction à la source en postcombustion consiste, à extraire le CO₂ des fumées de combustion à l'aide d'un solvant chimique liquide comme la Mono Ethanol Amine (MEA).

Les équipements de l'unité de prétraitement et de décarbonatation sont présentés dans le tableau suivant :

Unité de	Les équipements	Caractéristiques (les conditions opératoires)	
	Un refroidisseur E-100	160 C°	70 C°

Un sé
ball p
on a
de r

sép e
ara r
tio p
n e
V- a
100 u
c
o
n
d
e
n
sé
e

Un 1 1
co 2 0
mp 0 1
res K 0
seu p K
r a p
K- a
100 a

Un 2 2
con 9 5
den 6. C
seu 4 °
r C
E- °
101

U Un N
ni e o
té col m
de onn b
dé e re
ca d'a d'
rb bso d'
on rpti ét
at on a
ati (cir g
on cul es

atio =
n a 2
con 0
tre
cou
ran
t)

M 25
EAC°,
pa 99
uvr 5
e kp
en a
C
O₂

M 67,
EA 64
ric C°
he et
en 10
C 80
O₂ kp
a

Ec M 12
han EA 4.5
geu pa C°
r uvr -
de e 21
cha 0
leu kp
r a
E- jus
102 quø
(cir à
cul 80,
n a 56
con et
tre 16
cou

ran 0C
t) °

kp
a

M 67,

EA 64

ric C°

he -

10

80

kp

a

jus

quø

à1

11

C°

et

10

30

kp

a

Va 11

nne 1

de kp

dét a

ent et

e 22

VL 0

V- kp

100 a

Ré No

gén m

éra br

teu e

r d'é

(cir tag

cul

Un C 17
ball O₂ 09
on + km
de (M ole
sép EA s/h
ara +e r
tio au)
n V ent
- ent
101 rai
né

C 15
O₂ 86
km
ole
s/h
r

(M 12
EA 3,2
+e km
au) ole
ver s/h
s r
ap
poi
nt

Ec M 80.
han EA 56
geu pa C°
r uvr et
de e 16
cha ver 0
leu s kp
r E1 a
E- 03
104

M 25
EA C°
ver et

s 11
mé 0
lan kp
ge a
ur

Po 1
mp 0
e 0
de k
ME p
A a
et
3,
1
4
3
1
0
+4
k
m
ol
es
/h
r

Pour amortir le coût du captage, nous pouvons vendre le CO₂ capté à d'autres usines pétrochimiques spécialisées dans la fabrication de l'urée et proches du complexe GL1Z ou bien comme agent extincteur, l'étude économique effectuée confirme la rentabilité du projet. Ceci dit la valorisation n'est pas la seule solution de réduction de CO₂ et peut être génératrice de pollution. En effet la réutilisation de ce gaz dans le domaine pétrochimique et spécialement la fabrication de l'urée peut polluer davantage l'atmosphère, parallèlement le transport de ce gaz constitue un potentiel de danger qui peut se manifester sous forme de risque de fuite.

Il existe par ailleurs d'autres technique de réduction de CO₂, comme déjà présenté auparavant, les recherches dans le monde se poursuit pour opter pour une solution économique et sécurisée. Nous allons discuter des risques liés à d'autres techniques sachant que la société SONATRCH investit dans les recherches et développement de la technique de séquestration géologique au site gazier d'AN SALAH.

Comparaison entre différentes techniques de réduction de CO₂ :

Le stockage géologique du CO₂ est la seule façon de s'assurer, sans hypothèse hasardeuse sur l'action de l'homme dans des siècles, que ce carbone ne participera pas au réchauffement climatique. Quoique la capture et le stockage du CO₂ offrent un potentiel important de réduction des émissions de carbone, les formations géologiques telles que les aquifères salins profonds et les réservoirs pétroliers ou gaziers en voie d'épuisement offrent des solutions de stockage adaptées, tant sur le plan de la sûreté que sur le plan des volumes disponibles.

Les risques liés à ce type de technologie n'est pas encore connu donc la poursuite des recherches est toutefois nécessaire pour mieux comprendre l'interaction à long terme entre le CO₂ et les roches des différents types de réservoir, il est nécessaire d'évaluer les risques potentiels et définir les effets à long terme du CO₂ et ces impacts sanitaire et environnemental, notamment les situations d'exposition des populations au CO₂, mais surtout aux éventuels contaminants issus des perturbations géochimiques générées par le stockage, et les conséquences sur la qualité des eaux souterraines. Des exemples naturels laissent penser que la séquestration à longue durée est possible, mais non sans risques, certains gisements de gaz naturel contiennent une proportion importante de CO₂, conservé sous pression depuis des millions d'années. Néanmoins, des fuites naturelles existent, parfois mortellement brutales comme dans le lac Monoun (1984) ou le Lac Nyos où l'émission soudaine d'une énorme «bulle» de CO₂ a, en 1986, tué 1700 personnes et des milliers d'animaux.

Dans le cadre du protocole de Kyoto, les entreprises séquestrant le carbone éviteraient des taxes et pourraient vendre leurs droits d'émission, tout en bénéficiant de subventions et programmes de recherche. D'une manière ou d'une autre, personne n'est capable d'affirmer que le carbone, aujourd'hui présent sous forme de charbon dans le sous-sol, ne se retrouvera pas demain dans l'atmosphère sous forme de CO₂, participant ainsi à l'effet de serre.

Mesures de surveillance : Evolution du réservoir à moyen et long terme

La nécessité de stocker le CO₂ sans risques pour l'environnement durant de longues périodes de l'ordre de plusieurs siècles, voir un à deux millénaires impose de nouvelles contraintes en termes de surveillance.

Après injection, il est important d'assurer un suivi régulier et sur le long terme du site : possibilités de fuites, apparition de réactions géochimiques de dissolution ou de précipitation de minéraux (qui, selon les cas, peuvent être favorables ou dommageables au stockage), qualité des eaux dans les aquifères intermédiaires entre le stockage et la surface, qualité des couvertures.

Pour une évaluation environnementale complète, il convient également de surveiller l'injection et le devenir des impuretés éventuellement présentes dans le CO₂.

Les informations recueillies sur la nature d'un réservoir permettent sa modélisation informatique. On peut alors réaliser des prédictions à long terme sur le devenir du CO₂,

simuler différents scénarios et quantifier les risques potentiels (fuite par la couverture, rupture d'un puits). Il existe plusieurs types de modèles :

- ✓ **Les modèles d'ingénierie du réservoir en 3D.** Ils sont employés pour la connaissance des gisements d'hydrocarbures et donnent des informations sur l'écoulement des fluides et des échanges entre eau, gaz et pétrole.
- ✓ **Les modèles géochimiques** qui prennent en compte les interactions chimiques entre les eaux chargées en CO₂ dissous et les minéraux.
- ✓ **Les modèles de bassins sédimentaires** qui simulent un réservoir ou un stockage dans son environnement géologique à l'échelle régionale.

Pour être optimum, ces modèles doivent également intégrer des données relatives à la sismicité afin de surveiller dans le temps l'évolution géo-mécanique du réservoir et de cartographier les déplacements du CO₂.

Risques de stockage océanique sur l'écosystème : Le principal problème environnemental associé à cette technique concerne l'acidification des eaux, principalement en champ proche (le gaz carbonique est un acide faible) et l'impact néfaste de cet abaissement du pH sur les écosystèmes marins.

En effet, au voisinage du site d'injection (quelques centaines à quelques milliers de mètres selon les débits), le PH est susceptible de décroître de 8 (valeur océanique moyenne) à une valeur acide de 4.

Les principaux axes de recherche liés à l'injection artificielle de CO₂ dans les couches océaniques profondes concernent :

- ✓ les études en champ proche (quelques centaines de mètres autour du point d'injection), à savoir la mise au point des technologies d'injection, le comportement dynamique et thermodynamique d'un mélange eau-CO₂ supercritique et l'effet sur la dispersion du CO₂ en champ proche, l'impact sur la biologie marine au voisinage immédiat du site d'injection;
- ✓ les études en champ lointain, à savoir la dispersion à grande échelle et la durée effective du stockage du CO₂ sous la thermocline océanique ;
- ✓ En milieu marin, le stockage n'a pas le même caractère permanent, à l'échelle des siècles, que le stockage géologique. Les simulations menées à l'aide de modèles tridimensionnels de la circulation générale océanique indiquent qu'au bout de 500 ans, 50% du CO₂ injecté se retrouve à nouveau dans l'atmosphère.

De plus, il n'est pas démontré que l'impact environnemental soit négligeable vis-à-vis de l'écologie marine. De ce fait, le stockage océanique du CO₂ n'est pas acceptable dans l'état actuel des connaissances. Même si l'innocuité de cette option était avérée, celle-ci soulève des questions juridiques délicates vis-à-vis de la réglementation internationale sur le rejet des déchets en mer, ainsi que des problèmes d'acceptabilité par une opinion publique déjà très préoccupée par la préservation de l'environnement marin.

Pour notre cas d'étude, la question qui vient à l'esprit c'est : pouvons nous séquestrer le CO₂ dans les profondeurs de la zone pétrochimique d'Arzew ? Sachant que cette zone est limitrophe à des agglomérations et il y a présence des sources hydriques qui peuvent être contaminées, car comme déjà présenté auparavant, géologiquement les terrains du port d'Arzew sont des terrains d'âge secondaire à tertiaire, sous la forme de calcaire compact jaune, métamorphique et légèrement dolomitisé, parfois très fracturé et comprend quelques fissures remplies de silice. Parallèlement l'injection du CO₂ dans un aquifère profond pareil, peut déclencher une cascade de réactions chimiques qui pourraient mettre en cause l'étanchéité du stockage.

Comme retour expérience, nous avons l'opération d'injection de CO₂ dans le sous-sol, menée en 2006 sur le site de Frio, dans le golfe du Texas, en octobre 2004. Les scientifiques ont injecté 1 600 tonnes de gaz carbonique dans un puits creusé à 1 500 m de profondeur. Là, se trouve une couche de grès, perméable, poreuse, chargée en saumure. Puis ils ont mesuré, grâce à un puits d'observation distant de 30 m et par des prélèvements d'échantillons, les conséquences géochimiques de l'opération. En injectant ainsi du gaz carbonique, la saumure a vu son pH baisser drastiquement, de plus de 6, aux environs de 3. Cette acidification brutale contribue à une dissolution rapide des minéraux carbonatés et au largage d'ions métalliques ainsi que de molécules organiques.

Ces transformations géochimiques vont-elles se traduire par la formation de chemins vers la surface, permettant ainsi le retour du CO₂ à l'atmosphère ? Les métaux et composants organiques toxiques mobilisés peuvent ils se retrouver ailleurs, dans des nappes d'eau utilisées?». ».

Conclusion

La conciliation entre l'utilisation des énergies fossiles qui assure le développement industriel, et la protection de l'homme et son environnement, par la réduction des gaz à effet de serre additionnel qui accompagne ce développement, qui sont à l'origine de l'accélération du changement climatique, doit passer impérativement par l'utilisation des techniques de réduction de CO₂ principal gaz à effet de serre, à l'heure actuel, car nous sommes loin de pouvoir adopter un modèle économique basé sur l'utilisation des énergies propres. Le fait de ne pas freiner notre développement industriel et économique en utilisant les énergies fossiles d'une manière rationnelle afin d'assurer un développement durable sans obérer les besoins des générations futures est fonction de la maîtrise des risques qui accompagnent ce développement.

Nous ne pouvons pas donc dans le moyen terme, arrêter de produire et transformer le gaz naturel, ni d'utiliser les chaudières à vapeur, source de danger. Néanmoins nous pouvons identifier, évaluer, gérer et manager en d'autres termes **appréhender le risque**.

En effet le cadre d'étude utilisé dans ce mémoire qui est "les cindyniques", en utilisant comme modèle un des outils systémiques (MADS-MOSAR), a pris en compte la complexité du système considéré et son interaction avec d'autres systèmes ce qui a permis d'effectuer l'analyse des risques liés à l'exploitation de la chaudière, d'ordre organisationnels, opératoires ou de fonctionnement. Ceci par le fait de porter une vue globale sur cette installation d'ordre macroscopique dans une première étape par la genèse des scénarios courts de danger et d'autodestruction ainsi que les scénarios composés, tout en appréciant leurs acceptations (probabilités d'occurrence et gravité) et en visitant les barrières existantes qui servent au blocage de processus de manifestation des situations de danger (réduction de l'effet ou de la fréquence).

Dans la deuxième étape (module B), la vision microscopique a permis d'identifier les risques opératoires et de fonctionnement en utilisant l'outil APR (Analyse préliminaire des risques) et ADD (Arbre des défaillances) et en revisitant une seconde fois les barrières de type organisationnelles et technologiques existantes ce qui a servi le passage d'un certain nombre de scénarios à risques de la zone inacceptable vers la zone acceptable.

Cependant il y a des risques qui persistent dans la zone inacceptable, il s'agit des risques résiduels, qui sont dans notre cas le risque chimique et le risque de pollution atmosphérique, qui nécessitent d'autres barrières pour être maîtriser et gérer.

Nous nous sommes vocaliser dans ce mémoire -tout en proposant des barrières pour le risque chimique - sur le risque d'émission de pollution atmosphérique, vu l'ampleur de la gravité de son impact sur la santé de l'homme (travailleurs et riverains) et son environnement, effectivement cette étude a mis l'accent sur le phénomène sur la dispersion des émissions générées à partir des chaudières 400 T/h par la quantification des débits continu et l'additionnel dû au mauvaise maîtrise d'exploitation de la chaudière et par la modélisation de ce panache.

La lecture cindyniques prenant en compte l'hypermultiplicité -culturels, organisationnels, managériaux de gestion des risques systémiques cindynogènes- a décelée les déficits cindynogènes favorisant l'apparition de la situation de danger d'émission accidentel additionnel qu'il faut prendre en charge et y remédier, afin d'assurer une bonne gestion et maîtrise des risques. Par ailleurs nous pouvons réduire et même supprimer nos émissions par l'utilisation du procédé de captage de dioxyde de carbone proposé qui nous semble le plus approprié pour notre installation, et choisir ensuite entre la valorisation, la séquestration géologique ou bien océanique.

Nous pouvons conclure par dire que cette étude contribue à la prise de décision puisqu'elle porte une vue critique sur les différentes techniques de réduction existantes au

jour d'aujourd'hui. Il suffit d'informer, se concerter, apprécier et accepter (décider), cela va dépendre de l'objectif que nous voulons atteindre et la cible que nous voulons protéger.

Recommandations et perspectives :

Il est nécessaire d'intégrer les cinématiques dans notre système de management de sécurité, et d'adopter l'approche système dans l'analyse des risques de nos installations. Nous nous sommes contentés d'un seul espace de danger, mais pour compléter une étude du danger bien conçue, il faut associer à chaque réseau d'acteur, un état des lieux des 5 dimensions précédentes, en analysant la situation globale, prenant compte l'évolution de l'ensemble des systèmes dans le temps et l'espace. Nous recommandons aussi les points suivants :

- ✓ Puisque l'approche systémique est une approche itérative, il faut revisiter les barrières en analysant leur intégration dans le nouveau système c'est-à-dire analyser les risques liés au procédé de captage de CO₂ en postcombustion.
- ✓ Evaluer les risques liés à la valorisation et au transport du dioxyde de carbone.
- ✓ Etude de faisabilité d'autres procédés de captage (Oxycombustion et la précombustion).
- ✓ Développer d'autres recherches concernant la possibilité de séquestration géologique et océanique.
- ✓ Suivre l'évolution du panache de pollution de toutes les sources par imagerie satellitaire.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bibliographie

- [1] **AGHION J.** L'illettrisme scientifique, quelques réflexions sur ses dangers et sur son antidote, l'enseignement. Bulletin de la société Royale des sciences de Liège, Vol .67, 5, 1998, pp.231-234
- [2] **BLIEFERT C et PERRAUD R.** Chimie de l'environnement air, eau, sols, déchets.
- [3] **BOLDUC JP et LATEB M.** Couche Limite Micro-météorologique Sca7025. Dispersion des polluants atmosphériques-Université du Québec à Montréal, éd. 1 mai 2008,9 p.
- [4] **BONNARD N, BRONDEAU M T, FALCY M, JARGOT D, PERILHON P et LONDICHE H.** Proposition d'une méthode « générique » d'analyse de risques. Evolution d'une approche analytique déterministe et probabiliste vers une vision systémique, sociétale et réglementaire. Ecole des mines de Saint-Etienne.
- [5] **CAPTER ET STOCKER LE CO₂ POUR LUTTER CONTRE L'EFFET DE SERRE**
<http://www.ifp.fr>
- [6] **CHAUFFERIES AU GAZ.** Retour d'expérience sur l'accidentologie. ARIA-BARPI.
- [7] **CHAUFFERIES AU GAZ.** Retour d'expérience de l'accidentologie-février 1973 - juillet 2007, N° de requête : ed_10633-Base de données ARIA - Etat au 08/07/2008.
- [8] **CHIVAS C et CESCOON J.** Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (DRA-35). Toxicité et dispersion des fumées d'incendie, Phénoménologie et modélisation des effets à -16, Verneuil-en-Halatte.
- [9] **CONVENTION ANR-05-CO2-008-05,** Synthèse des travaux de l'INERIS 2006-2008 sur le thème : Monitoring géochimique en phase gazeuse à la surface et dans la couverture intermédiaire des sites de stockage.
- [10] **COUILLET JC.** Méthodes pour l'évaluation et la prévention des risques accidentels (DRA-006) . -12 Dispersion atmosphérique (Mécanismes et outils de calcul) INERIS, DIRECTION DES RISQUES ACCIDENTELS, Décembre 2002.(INERIS-DRA-2002-25427)
- [11] **COURONNEAU JC.** Mise en œuvre de la nouvelle approche d'analyse des risques dans les installations classées. Principes généraux pour l'élaboration des Études de dangers. Société Fluidyn
- [12] **DOCUMENT TECHNIQUE V du GIEC** (groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). Les changements climatiques et la biodiversité, Avril 2002

- [13] **DONNADIEU G, DURAND D, NEEL E, NUÑEZ D et SAINT-PAUL L.** Définition de la systémie, "Synthèse des travaux du Groupe AFSCET" Diffusion de la pensée systémique.
- [14] **ELICHEGARAY C.** Pollution atmosphérique. Technique d'ingénieur- G1 500 v2.
- [15] **ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET PLAN DE GESTION DE L'ENVIRONNEMENT** ó Projet Ammoniac/Urée à Arzew ó Algérie. Bureau d'étude ANTEA / A46166/A, Novembre 2007.
- [16] **FESTY B et DAB W.** Pollution atmosphérique. Encyclopédie Médico-chirurgicale (Elsevier, Paris), Toxicologie-Pathologie professionnelle, 16-001-C-10, 1999,12 p.
- [17] **FORMALISATION DU SAVOIR ET DES OUTILS DANS LE DOMAINE DES RISQUES MAJEURS (DRA-35),** -7-Outils d'analyse des risques générés par une installation industrielle, Direction des Risques Accidentels, Mai 2003.
- [18] **FORMATION D'INGENIEUR** - volume 2-Complexe GL1Z.
- [19] **FRAISSE M, D HAUDIN et KIPP JS.** Méthode MADS MOSAR appliquée au domaine maritime - Ecole nationale supérieure des mines Saint-Etienne en Rhône alpes.
- [20] **GUARNIERI F.** Acquis, tendances et perspectives d'une science des dangers, Ecole des Mines de Paris.
- [21] **HIGH LIGHTS KEY FIGURES ON CLIMATE FRANCE AND WORLDWIDE,** 2010 Edition, ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, service de l'Observation et des Statistiques et la Mission Climat ó Caisse des dépôts.
- [22] **INERIS – Associations .Compte-rendu débat.** Captage ó Transport ó Stockage du CO₂, Mercredi 17 septembre 2008.
- [23] **INERIS -Compte-rendu débat** ó Associations, Captage ó Transport ó Stockage du CO₂. Comprendre l'économie du changement climatique, www.caissedesdepots.fr
- [24] **INERIS,** Guide méthodologique Evaluation des risques sanitaires liés aux substances chimiques dans l'étude d'impact des installations classées pour la protection de l'environnement. Institut de veille sanitaire, guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact, février 2000.
- [25] **(JO) JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 43,** 20 Joumada El Oula 1424 correspondant 20 juillet 2003

- [26] **(JO) JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N°37, 8 Joumada El Oula 1427** correspondant au 4 juin 2006
- [27] **(JO) JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 24, 17 Rabie El Aouel 1427** correspondant au 16 avril 2006.
- [28] **(JO) JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 82, 14 Rajab 1419** correspondant au 04 Novembre 1998.
- [29] **KERVERN GY.** Emergence et histoire des Cindyniques déconstruction de la destruction, Colloque Intelligence de la complexité, Épistémologie et Pragmatique, Cerisy ,23-30 juin 2005.
- [30] **KERVERN GY.** Sur l'émergence d'une nouvelle science d'ingénierie: Les Cindyniques, Sciences du danger et des activités à risques. Documents de l'Atelier MCX 7. Gestion des activités à risques Mai 2005.
- [31] **KERVERN GY.** Une nouvelle approche des sciences du danger : le point sur les Cindyniques à l'été 2000.
- [32] **KOLLER E.** Traitement des pollutions industrielles (eau, air, déchets, sols, boues) L'Alsine nouvelle Série /environnement et sécurité, éd. Dunod.
- [33] **LACOME JM, VINCENT G, BAULIG A, KORDEK MA, FONTAINE F, TISSOT S.** Rapport d'étude DRA N°46053-Examen de l'utilisation du logiciel ALOHA-CAMEO en situation d'urgence-Direction des Risques Accidentels-INERIS.
- [34] **L'ANALYSE DE COMBUSTION SUR UNE CHAUDIERE** <http://www.nano-sense.com/articles/analyseCombustion/calculs.htm>
- [35] **LE CAPTAGE ET LE STOCKAGE DU CO2** -brochure IFP-Ademe-BRGM, copyright BRGM -im@gé)
- [36] **LEMOIGNE JL.** Théorie du système Général, théorie de la modélisation. ed.PUF.PARIS.
- [37] **MANUEL FORMATION CPE-EXPLOITATION DES FOURS ET CHAUDIERES.** L'analyse de combustion sur une chaudière.
- [38] **MANUEL OPERATOIRE ZONE CHAUDIERE,** complexe GL1Z.
- [39] **MIRAVAL, PROTOIS JC et SCHNEIDER O.** Fiche toxicologique de dioxyde de carbone- FT 238- INRS (Institut National de recherche et de la sécurité) - Edition 2005.
- [40] **NFPA 85.** Boiler and Combustion Systems Hazards Code, 2001 Edition.

- [41] **NGO C et REGENT A.** Déchet et pollution-Impact sur l'environnement et la santé.
- [42] **ORGANISATION MONDIALE DE SANTE (OMS).** Health Aspects of Air Pollution. Results from the WHO Project Systematic Review of Health Aspects of Air Pollution in Europe. WHO, Regional Office for Europe, 25 p. 2004.
- [43] **PERILHON P.** Barrières, MOSAR Cas industriel technique d'ingénieur SE 4 061.
- [44] **PERILHON P.** MADS MOSAR, Présentation de la méthode MOSAR. Technique d'ingénieur SE 4 060.
- [45] **PLANCHETTE G et HOMÈS B.** L'hyperespace du danger et son application aux risques logiciels. La Lettre des Cindyniques n° 39 - Juillet 2003, pp. 5-9.
- [46] **POKRYSZKA Z, CHARMOILLE A et BENTIVEGNA G.** Capture et Stockage du CO₂ - Géocarbonate Monitoring. Rapport d'étude Date 30/07/2008, DRS-08-71082-09108B, Programme ANR 2005.
- [47] **POPESCU M, BLANCHARD JM et CARRE J.** Émissions, fumées, odeurs et poussières. Analyse et traitement physicochimique des rejets atmosphérique industriels.
- [48] **PRESENTATION DES CINDYNIQUES SCIENCES DU DANGER-** l'outil cindynique peut-il servir de check-list pour un audit de risques en PME-PMI ? Préventica 2002/ 23-24 octobre 2002.
- [49] **Quatrième (4^{ÈME}) Rapport d'évaluation du climat,** Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2007.
- [50] **REBAÏ N.** Simulation des principaux procédés gaziers. (Formation IAP).
- [51] **RESUME A L'INTENTION DES DECIDEURS.** Contribution au quatrième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Novembre 2007. Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse
- [52] **ROUSSEL G et TERNISIEN E et BENJELLOUN M,** Estimation d'un modèle stationnaire de dispersion et localisation de source. Application à la surveillance de la pollution. Laboratoire d'analyse des systèmes du Littoral.
- [53] **SANTOS JD, LESBATS M et PERILHON P...** Groupe MADS. Sciences des dangers.
- [54] **SOFT CHAUDIERES IHI** ócomplexe GL1Z
- [55] **SUAREZ J et POURTIER L et LLONGARIO O.** Modélisation de la dispersion atmosphérique des odeurs. Techniques de l'Ingénieur, traité Environnement, G 2 960, 2 p

[56] **SYNTHESE DES SCENARIOS DU GIEC** proposée par le Centre d'analyse stratégique dans son rapport de juin 2008 sur la valeur tutélaire du carbone

[57] **THE COPENHAGEN DIAGNOSIS'**. www.copenhagendiagnosis.org

[58] **THOMAS C, SANDOUK P. GIRRE C et SCHERRMANN JM.** Toxicologie des substances chimiques óEditions techniques. Encyclopédie Médicoóchirurgicale. (Paris-France). Toxicologie-Pathologie professionnelle, 16-001-A-20.1995, 10 p.

[59] **VERDEL T.** Cindyniques ou Sciences du danger, Ecole des mines de Nancy, 2007.

[60] **VIALA A et GRIMALDI F.** Chapitre 23-Pollution atmosphérique. Toxicologie générale.

Sites internet :

http://www.total.com/dossier_environnement/captage/zapette.htm

<http://archive.orr.noaa.gov/cameo/aloha.htm>

<http://archive.orr.noaa.gov/cameo/alohafaq/history.html>

http://barpi_stats.gnc_fichiers\home.htm

<http://www.aria.environnement.gouv.fr>

<http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr>

<http://www.nano-sense.com/articles/analyseCombustion/calculs.htm>

<http://www.invs.sante.fr>

<http://www.ineris.fr>

www.copenhagendiagnosis.org

<http://imc-ccimp.grp-esim.imt-mrs.fr/pages/cindyniques%20preventica.htm>



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

GLOSSAIRE ET ACRONYMES

Glossaire et Acronymes

1/Acronymes :

Sonatrach : l'entreprise nationale de transport, canalisation et commercialisation des hydrocarbures (groupe SONATRACH)

GL1z : Complexe de liquéfaction du gaz naturel N°1.

GL2z : Complexe de liquéfaction du gaz naturel N 2.

QHSE : Système de management qualité, hygiène, sécurité et environnement

DCS : Data Control System

OAP : Port d'air supérieur

CO : Monoxyde de carbone

CO₂ : Dioxyde de carbone

COX: CO + CO₂

NO₂ : Dioxyde d'azote

NO: Monoxyde d'azote

NOx: NO+NO₂

A.P.C.I: American PetroChemical Industries

MCR : Multi Composants Réfrigérant

IHI : Société japonaise (Ishikawajima Harima Heavy Industries)

MHI : Société japonaise (Mitsubishi Heavy Industry)

J : Pompe

K : Compresseur

E : Echangeur

PSV: Soupape de sécurité

PSH: Switch de haute pression

PSL: Switch de baisse pression

PSHH: Switch de très très haute pression

PSLL: Switch de très très baisse pression

PAHH : Alarme très très haute pression

PAH : Alarme très haute pression

TV: Vanne de contrôle température

PV : Vanne de contrôle pression

LV : Vanne de contrôle de niveau

FT : Transmetteur de débit

AT : Analyseur de fumée

PIC : Boucle de contrôle pression

LIC : Boucle de contrôle de niveau

LI : Indicateur de niveau

LALL : Alarme de très très bas niveau

*PID : Diagramme d'instrumentation process (**P**rocess **I**nstrumentation **D**igram)*

TIC : Boucle de contrôle de température

TAL : Alarme de baisse température

TSH : Switch de haute température

FIC : Boucle de contrôle de débit

FSLL : Switch de très très bas débit

PALL : Alarme de très très baisse pression

XV : Vanne de sécurité

BE : Détecteur de flammes

PCS = Pouvoir Calorifique Supérieur

PCI = Pouvoir calorifique inférieur.

27 Glossaire

Ecosystème : Le complexe dynamique formé de communautés de plantes, d'animaux, de micro-organismes et de leur environnement non vivant, qui par leurs interactions forment une unité fonctionnelle.

Développement durable : Un concept qui vise la conciliation entre le développement socio-économique permanent et la protection de l'environnement, c'est-à-dire l'intégration de la dimension environnementale dans un développement qui vise à satisfaire les besoins des générations présentes et futures.

Objectif de qualité : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances sur la santé humaine et l'environnement, à atteindre dans une période donnée (base moyenne annuelle).

Valeur limite : niveau maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques (base moyenne annuelle).

Seuil d'information : niveau de concentration des substances polluantes dans l'atmosphère au delà duquel une exposition de courte durée a des effets limités et transitoires sur la santé de catégories de la population particulièrement sensibles (base moyenne horaire).

Seuil d'alerte : niveau de concentration des substances polluantes dans l'atmosphère au delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou pour l'environnement (base moyenne horaire).

(ERPG): Emergency Response Planning Guidelines; L'association américaine de l'hygiène industrielle (AIHA : The American Industrial Hygiene Association) a publié ces concentrations qui sont des limites maximales et qui délimitent les zones à risque lors de la modélisation d'une dispersion d'un nuage toxique, trois concentrations sont définies, elles correspondent aux effets suivants :

ERPG-1 : Concentration maximale d'une substance dangereuse dans l'air sous laquelle presque tous les individus peuvent être exposés jusqu'à une heure sans qu'il n'y ait d'effets sur la santé autres que des effets mineurs et transitoires ou sans que ces individus ne perçoivent une odeur clairement définie.

ERPG-2 : Concentration maximale d'une substance dangereuse dans l'air sous laquelle presque tous les individus peuvent être exposés jusqu'à une heure sans qu'il n'y ait d'effets

concernent et irréversibles sur la santé ou sans qu'ils éprouvent des symptômes qui pourraient les empêcher de se protéger.

ERPG-3 : Concentration maximale d'une substance dangereuse dans l'air sous laquelle presque tous les individus peuvent être exposés jusqu'à une heure sans qu'il n'y ait d'effets sur leur santé susceptibles de menacer leur vie.

TEEL: Temporary Emergency Exposure limit; IL s'agit des concentrations qui correspondent aux valeurs temporaires de niveaux d'exposition à des produits chimiques. Ces trois concentrations se définissent comme suit :

TEEL-1 : La concentration maximale dans l'air en-dessous de laquelle tous les individus exposés n'éprouvent que des effets sur la santé passagers et légers ou perçoivent une odeur légèrement clairement gênante.

TEEL-2 : La concentration maximale dans l'air en-dessous de laquelle presque tous les individus pourraient être exposés sans éprouver ou développer des effets de santé sérieux irréversibles ou des symptômes qui pourraient détériorer leurs capacités de se protéger.

TEEL-3 : La concentration maximale dans l'air en-dessous de laquelle presque tous les individus pourraient être exposés sans éprouver ou développer des effets de santé graves ou mortellement.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ANNEXES

Les définitions données par l'OHSAS 18001:2007

Quelques termes ont été modifiés par rapport OHSAS 18001:1999, Le terme « risque tolérable » a été remplacé par le terme « risque acceptable », Le terme « accident » est désormais inclus dans le terme « incident ». La définition du terme « danger » ne fait plus référence aux « dommages matériels ou dommages du lieu de travail ».

Risque : Combinaison de la probabilité de la survenue d'un ou plusieurs événements dangereux ou expositions à un ou à de tels événements et de la gravité du préjudice personnel ou de l'atteinte à la santé que cet événement ou cette/ces exposition (s) peuvent causer

Risque acceptable : Risque qui a été ramené à un niveau tolérable par l'organisme au regard de ses obligations légales et de sa politique de santé et de sécurité au travail.

Danger : Source, situation ou acte ayant un potentiel de nuisance en termes de préjudice personnel ou d'atteinte à la santé, ou une combinaison de ces éléments.

Incident : Tout événement professionnel lors duquel un préjudice personnel ou une atteinte à la santé (indépendamment de la gravité) ou un accident mortel s'est produit, ou aurait pu se produire.

Note 1: un accident est un incident qui a donné lieu à un préjudice corporel, une atteinte à la santé ou un accident mortel.

Note 2: un incident ou aucun préjudice corporel, atteinte à la santé ni accident mortel ne survient peut également être qualifié de « presque accident », « accident évité de justesse », ou « événement dangereux ».

Mauvaise communication DCS
Perte de l'énergie électrique
SONELGAZ
Perte de pression réseau vapeur
Obstruction par un corps étranger
Détérioration d'un composant interne
Vibration
Manque de maintenance préventive
Rupture d'un cordon de soudure
Choc (impact d'un projectile)
Entrainement des chlorures
Séisme
Cavitation des pompes
Suralimentation électrique
Suralimentation en eau

**SS1 : Bac de stockage
d'eau**

Déclenchement de chaudière
Cavitation
Surdébit
Blocage
Rupture
Eclatement
Fuite d'eau
Rupture de la virole
Reversement du bac
Risque électrique
Détérioration des équipements environnants
Implosion
Surpression interne

Blocage de l'agitateur
Mauvaise agitation
Manque de formation
Erreur de manipulation
Choc (impact d'un projectile)
Rupture des cordons de soudure
Erreur de remplissage
Non respect des aires de stockage
Flaque d'huile
Séisme
Mauvaise communication DCS
Usure
Vibration
Obstruction des pompes par un corps étranger
Détérioration d'un composant

**SS2: Bac des produits
chimiques**

Mauvais dégazage chimique
Mauvais dosage
Formation des dépôts
Fuite des produits chimiques
Chute de personnes
Formation des mélanges explosifs avec l'air
Explosion
Brûlures
Toxicité
Pollution aigue
Excès de produits
Blocage
Mauvais dégazage chimique
Corrosion
Cavitation des pompes

Identification des scénarios de danger (suite): Représentation des sous systèmes sous forme de boites noires

La perte du réseau Sonelgaz
Fermeture de la vanne d'admission de vapeur
Dénudement de câble
La mise à la terre non respectée
Court circuit
Foudre
Manque de maintenance préventive
Mauvaise fonctionnement des alarmes et détecteurs de gaz
Aspiration du gaz
Mauvais alignement
Arrêt de la pompe auxiliaire d'huile
Présence d'eau dans le circuit vapeur
Suralimentation électrique
Survitesse
Détérioration d'un composant du moteur électrique
Court-circuit
Déplacement axiale de l'arbre

SS3-Ventilateur à tirage forcé (FDF)

Combustion incomplète
Pollution aigue
Manque d'air barrage (des hublots de surveillance)
Vibration des chaudières
Déformation des tubes
Risque électrique
Erosion des ailettes
Arrêt de la Machine d'entraînement
Arrêt de ventilateur
Manque d'air
Excès d'air
Explosion
Déformation des ailettes

Panne du moteur électrique
Panne de la turbine
Perte de pression circuit vapeur
Perte de réseaux électrique
Survitesse
Fermeture de la PV 7XX653
Panne au niveau de la pompe doseuse
Mauvaise manipulation
Dysfonctionnement des analyseurs
Dysfonctionnement des soupapes de sécurité
Choc (impact d'un projectile)
Séisme
Pluie
Corrosion des caillebotis
Gel
Détérioration d'un composant interne.

SS4-Dégazeur

Cavitation des pompes
Baisse de niveau
Surpression
Sur-remplissage
Mauvais dégazage physique
Mauvais dégazage chimique
Corrosion des échangeurs de chaleur et tubes
Surpression interne
Fuite d'eau
Effondrement du ballon
Détérioration des équipements environnants
Accès en hauteur dangereux.

Identification des scénarios de danger (suite): Représentation des sous systèmes sous forme de boites noires

Accumulation des gaz de
Combustion
Défaut d'alimentation en eau
Excès de combustible
Excès d'air
Mauvaise communication DCS
Mauvais Traitement d'eau
Choc
Rupture des cordons de soudure
Usure
Corrosion
Mauvais échange thermique

SS5 -Economiseur

Détérioration des tubes
Surpression
Vibration de la chaudière
Déformation des tubes
Arrêt de la chaudière
Fuite
Pollution aigue
(Entrainement de l'eau avec les gaz de combustion)
Échappement des gaz chauds

Mauvais traitement d'eau
Bouchage de la ligne
d'injection de phosphate tri-sodique.
Manque de maintenance préventive
Bouchage de la ligne de purge
Usure du Collecteur d'eau
Usure du sécheur à chevron
Obstruction des lignes de sortie vapeur saturée
Dysfonctionnements des séparateurs
Mauvais tarage de la soupape de sécurité

SS6-Ballon de vapeur

Fuite
Extinction des brûleurs
Formation des dépôts
Détérioration d'équipement
d'entraînement
Détérioration des tubes et les échangeurs de chaleur
Pollution aigue
Passage d'eau au circuit vapeur
Arrêt des installations
Perte de pression dans le collecteur

Identification des scénarios de danger (suite): Représentation des sous systèmes sous forme de boites noires

Défaut de communication (système DCS)
 Détérioration de la brique réfractaire
 Choc par un projectile
 Manque maintenance préventive
 Maladresse
 Bas niveau au ballon
 Flux thermique
 Mauvais traitement chimique
 Haute pression combustible
 Non respect du manuel opératoire
 Malveillance
 Manque de formation
 Mauvais recrutement
 Stress
 Extinction des brûleurs avant l'arrêt des vannes combustible
 Allumage des brûleurs après l'ouverture des vannes d'admission gaz

 Vannes de gaz fuyards
 Difficulté au démarrage pour la mise en marche des allumeurs.
 Dysfonctionnement des détecteurs de flamme
 Dysfonctionnement de régulateur de registre d'air
 Mauvaise réponse des détecteurs de gaz
 Accumulation des gaz de fumée
 Fissuration
 Corrosion
 Excès d'air
 Usure
 Basse pression combustible
 Séisme
 Haut niveau d'eau au ballon vapeur
 Dysfonctionnement de la vanne de désurchauffe
 Usure du joint de la vanne de désurchauffe
 Blocage de la vanne de désurchauffe
 Obstruction de la ligne d'alimentation en eau
 Déclenchement des trains
 Mauvaise alimentation en eau
 Mauvais tarage de la soupape de Sécurité
 Accumulation es gaz chauds

SS7-Chambre de combustion

Excès de combustible
 Excès d'air
 Déformation des tubes
 Combustion incomplète
 Formation d'un mélange explosif
 Explosion
 Pollution aigue
 Extinction partiel ou totale des brûleurs
 Brulures
 Retour de flammes
 Mauvais échange thermique
 Arrêt des machines alternante
 Erosion des ailettes des turbomachines
 Extinction partiel ou total des bruleurs
 Vibration de la chaudière
 Nuisance sonore
 Détérioration des turbines
 Arrêt de production
 Déformation des tubes
 Désurchauffe de la vapeur
 Erosion des ailettes de turbine
 Entraînement de la vapeur insaturé dans le collecteur
 Chute de pression dans le collecteur 62 Bars

Représentation des scénarios de danger (suite): Représentation des sous systèmes sous forme de boites noires

Carence de conception
Manque d'air au niveau de l'OAP
Excès de combustible
Manque d'air de combustion
Excès d'air
Mauvaise communication DCS
Manque de maintenance préventive
Choc par projectile
Acte terroriste
Séisme
Pluie

SS8-Cheminée

Pollution chronique
Flux thermique
Surpression
Rupture et déformation
Pollution aigue
Entrainement de la vapeur avec les gaz de fumée vers cheminée
Mauvaise manipulation
Fuite des gaz chaud à basse altitude
Brûlures
Chute de hauteur

Manque de communication
Mauvaise information
Manque de concertation
Mauvaise organisation
Mauvaise compréhension
Mauvaise coordination
Fatigue
Manque de sensibilisation
Mauvais comportement
Inconscience
Contexte dangereux
Stress
Mauvais recrutement
Manque de formation
Malveillance

SS9-Sous système Hommes

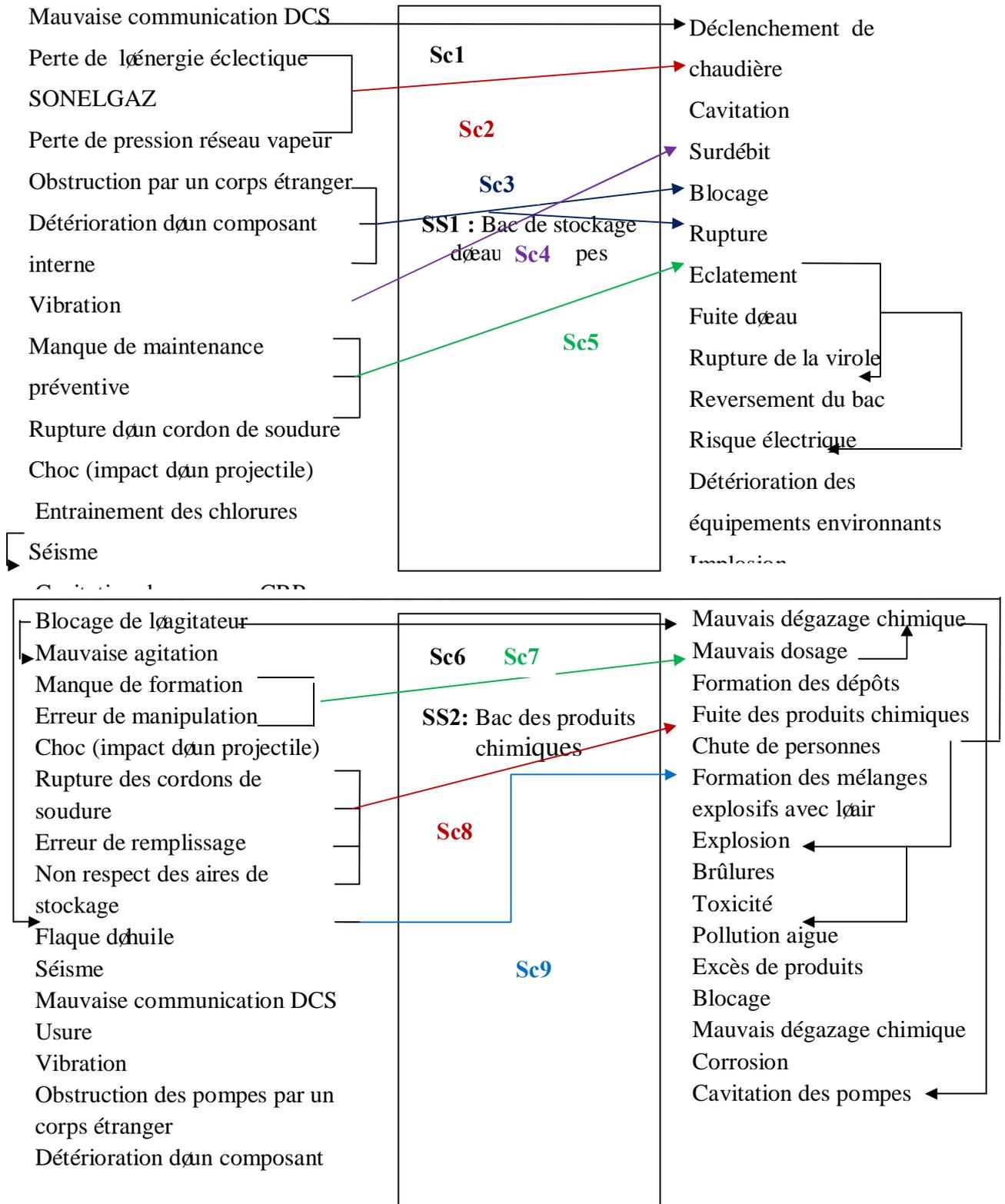
Mauvaise décision
Mauvaise manipulation
Accidents
Le non maîtrise en cas de crise
Insécurité
Panique
Blessures
Action non conforme
Fausse alerte
Geste maladroit
Blessures
Chute de hauteur

Séisme
Foudre
Échappement d'un gaz d'autres équipements
Mauvaise isolation d'équipement
Incendie dans les équipements avoisinant
Aires de stockage des produits chimiques non respecté
Flaques d'huile
Pluie
Gel
Mauvaise manipulation d'équipement de manutention
Non respect des aires de circulation
Déraillement du train de cargaison
Encombres des équipements
Acte terroriste
Baisse de la demande de GNL

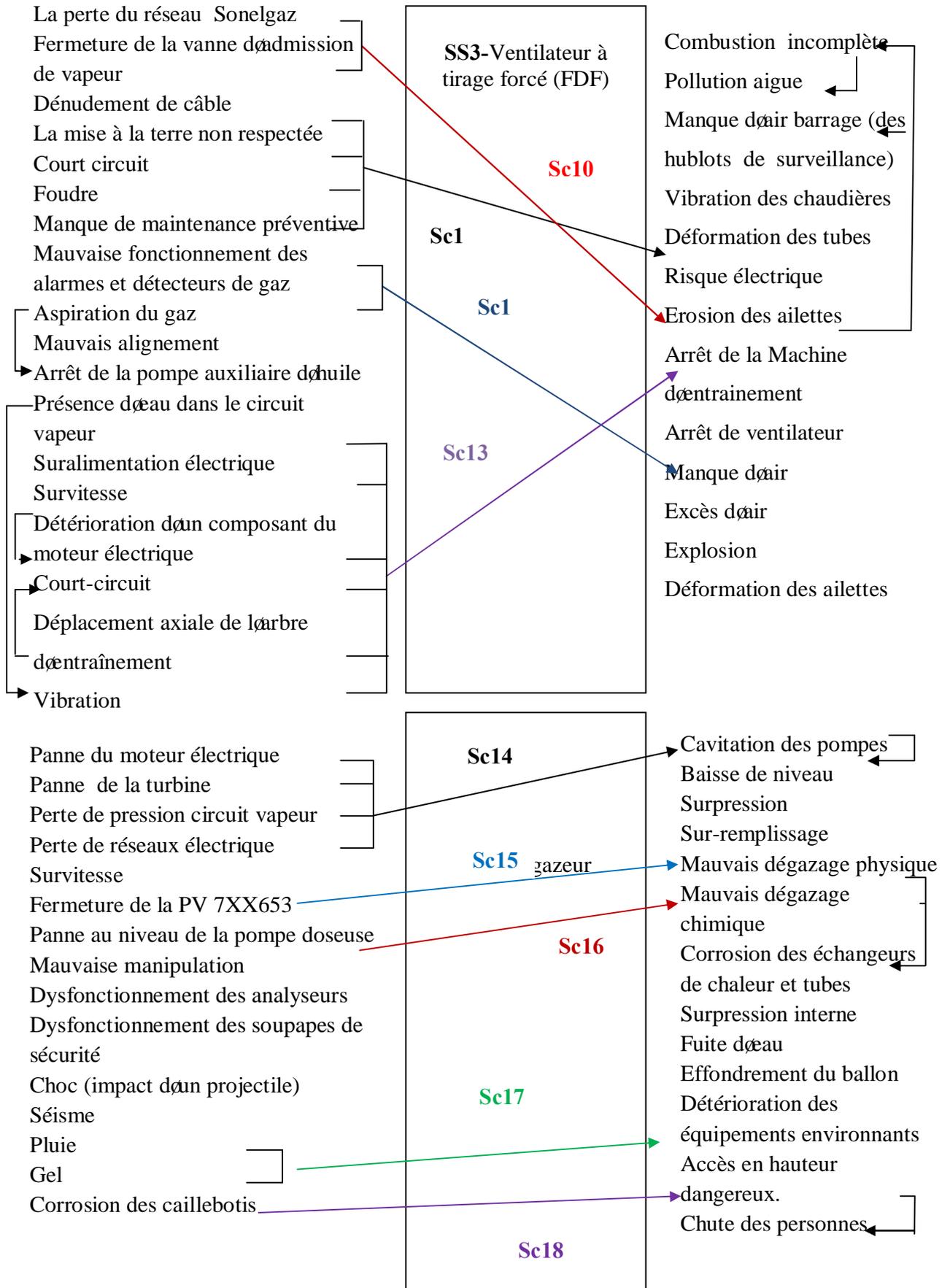
SS10- Environnement

Effondrement et renversement des équipements
Accident
Risque d'électrocution
Explosion par effet domino
Blessures
Détérioration du matériel
Formation des mélanges explosifs
Toxicité
Brûlures
Glissade
Détérioration d'équipement
Explosion
Arrêt de production
Baisse de production

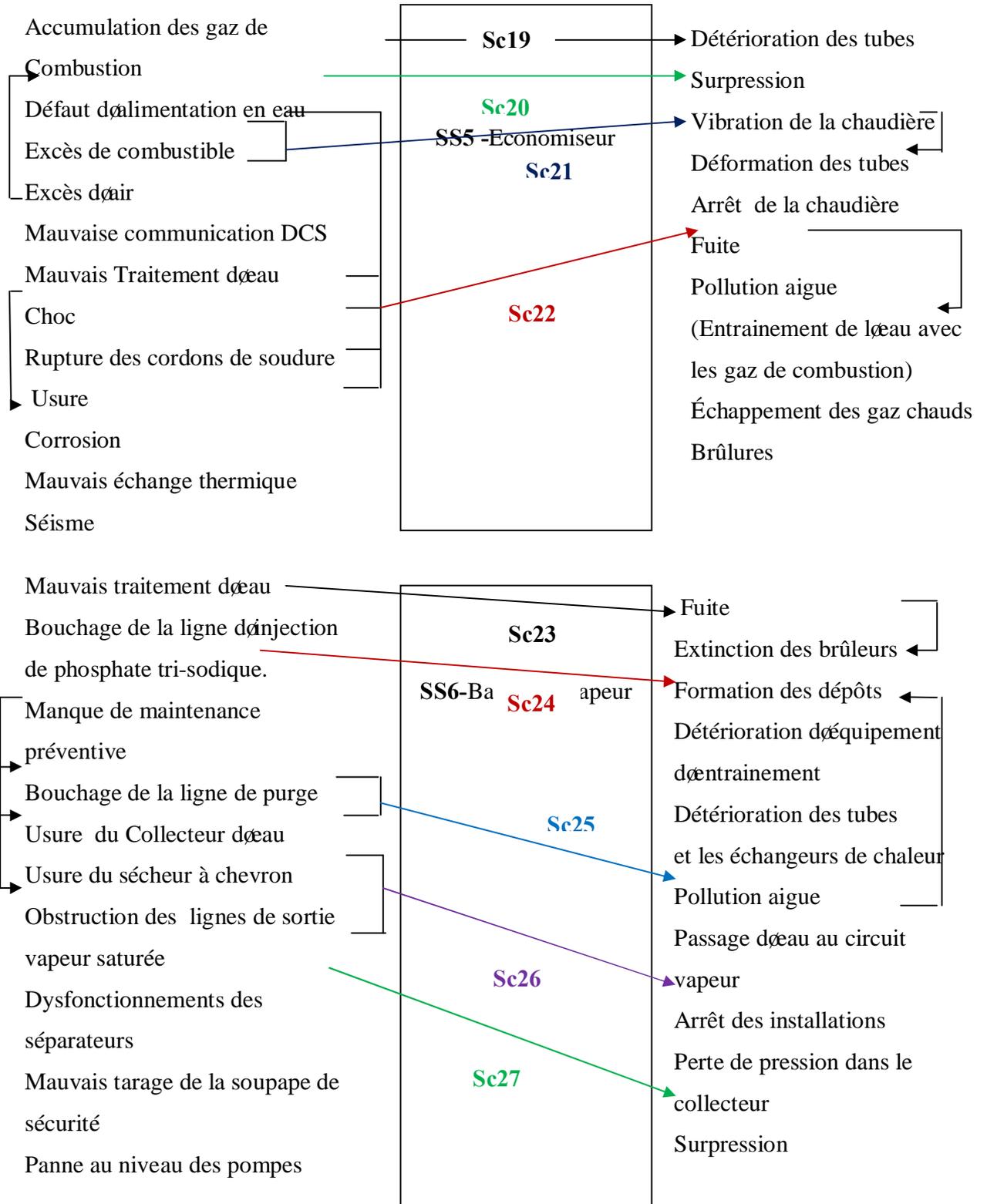
Il s'agit maintenant de s'occuper de la génération de scénarios courts et de scénarios d'autodestruction. En effet, pour l'instant nous n'avons, dans la génération du processus du tableau A, fait apparaître que les liaisons directes entre les événements d'entrée et de sortie des boîtes noires. Il faut maintenant combiner les événements d'entrée entre eux, les événements de sortie entre eux et identifier les retours en bouclage des événements de sortie et des événements d'entrée.



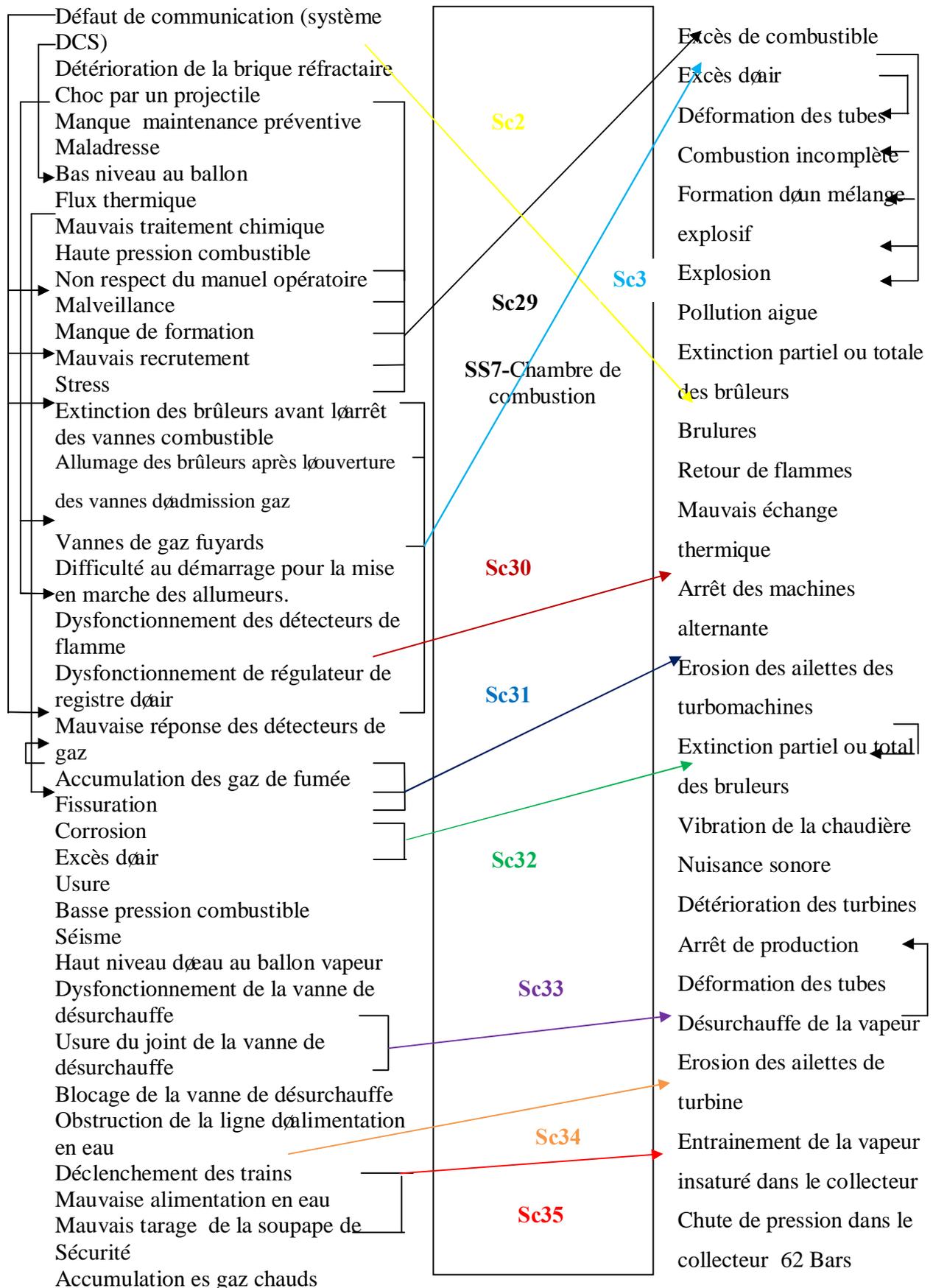
La génération des scénarios courts et des scénarios d'autodestruction



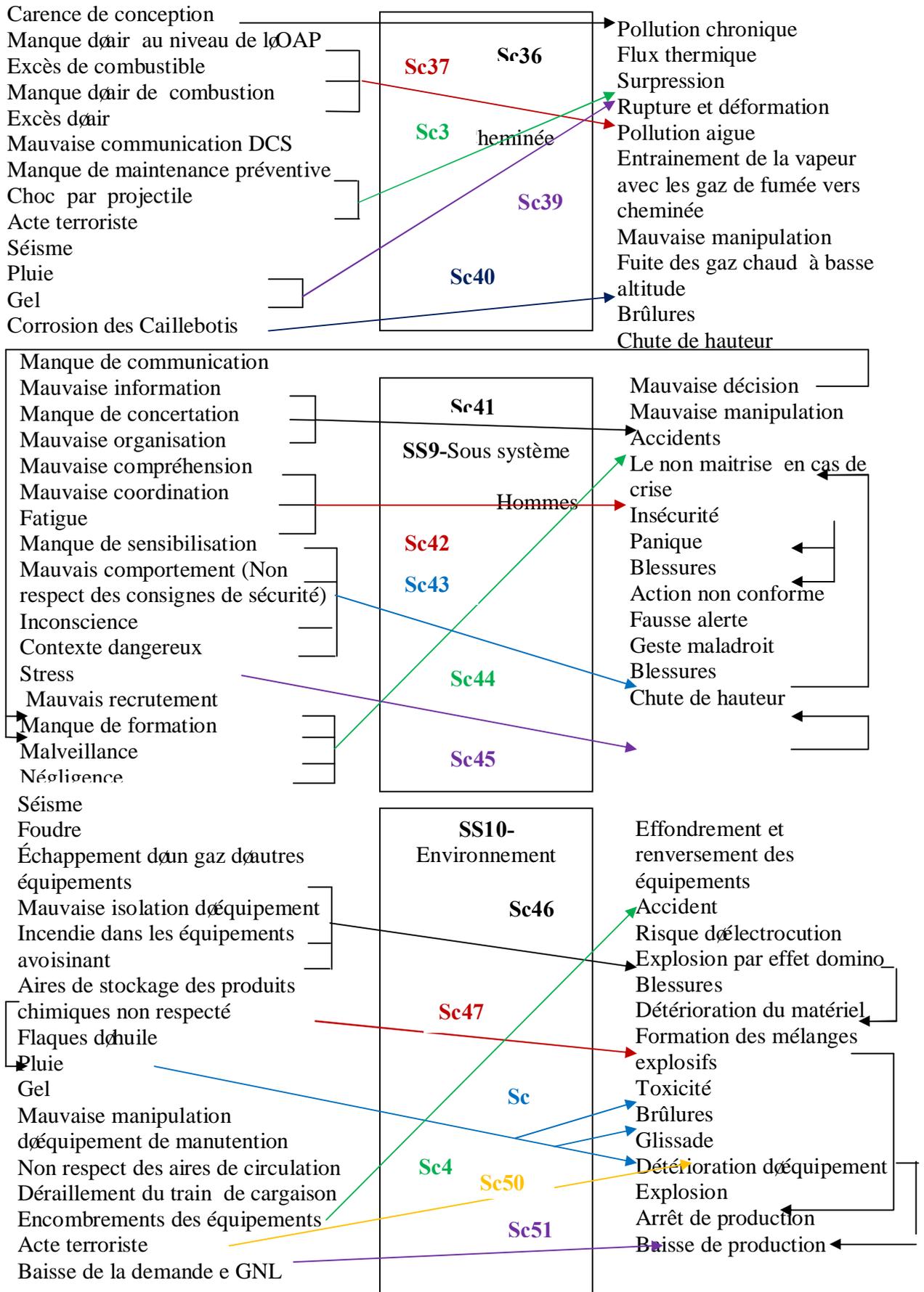
La génération des scénarios courts et des scénarios d'autodestruction



La génération des scénarios courts et des scénarios d'autodestruction



La génération de scénarios courts et de scénarios d'autodestruction



Questionnaire

Identification de l'entreprise : Complexe GL1Z/

Identification de la source du polluant : Chaudière 400 T/H

Identification des polluants : CO₂, CO, NO, NO₂, les imbrûlés (COV et COVNM).

Identification du (es) danger(s) : Irritation de l'appareil respiratoire, crises d'asthme et bronchiolite, atteinte du système nerveux central et des organes sensoriels

Identification de l'ouvrier : í ..

Nom : í ..

Age : í ...

Niveau d'instruction : í

Expérience professionnelle : í ..

Description du poste de travail : ...í í

í í

Analyse du niveau d'exposition du travailleur par rapport au polluant :

í ..

í ..

Avis du travailleur :

Par rapport au polluant : percevez-vous un danger ?.....í ..

Au poste de travail : sentez-vous exposer au danger liés à ce polluant ?.....í ..

Pour les moyens de protection sentez-vous protéger ?.....í ..

Avis du travailleur par rapport à son état de santé :

A t-øl été malade des suites de son travail ?.....í ..

Quel type de maladie ?.....í ..

Est-øil guéri ?.....í ..

De quoi se plaint -il actuellement ?.....í ..

Autres observations du travailleur : í