



*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique*

Université M'hamad Bouguerra Boumerdes

Faculté des hydrocarbures et de la chimie



Mémoire de fin d'étude

Pour l'Obtention du Diplôme de master en génie des procédés.

Option : sécurité industrielle

Thème

***Analyse des scénarios de dangers d'un réacteur
chimique par la méthode MADS-MOSAR au niveau
de l'entreprise LINDE-GAS unité de REGHAIA***

Réalisée par :
M^{elle} TAHNI DJAWHAR.
M^{elle} REBIBI IMANE

Encadrée par :
M^{me} BENRAHOU.F

2015-2016

A decorative border surrounds the page, featuring a variety of colorful flowers including purple, pink, orange, and blue blossoms, interspersed with green leaves and several butterflies in various colors and patterns.

DEDICACE

*Nous dédions ce modeste travail à nos chers
parents pour leurs soutiens durant toutes ces
années d'études.*

A nos frères et nos sœurs.

*A nos amis : RAHMA, LILYA, IMANE,
ASSOUMA et DOUDOU*

A mon futur homme WAHID

*Ainsi que : A toutes les familles : TAHNI et
REBIBI*

*Tous nos amis(es) de la promotion, avec
lesquels nous gardons*

Les meilleurs souvenirs de notre vie universitaire

SOMMAIRE

Remerciment

Dédicace

Abriviation

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction général..... 1

Chapitre I: PRESENTATION DE L'ENTREPRISE LINDE GAZ-UNITE DE REGHAIA

Introduction.....2

I.1.Historique2

I.2. Situation géographique3

I.3.Plan de masse4

I.4. Activités et champ d'intervention5

I.5. les systèmes de management8

Conclusion.....8

Chapitre II: L'UNITE DE PRODUCTION DE PROTOXYDE D'AZOTE

Introduction.....9

II.1.Matière première9

II.2.L'installation de production de protoxyde d'azote10

II.3. Caractéristiques du protoxyde d'azote14

II.4.Processus de production de protoxyde d'azote16

Conclusion..18

**Chapitre III: DEMARCHE D'ANALYSE DES RISQUES PAR LA METHODE MADS-
MOSAR**

Introduction.....	19
III.1.Méthode d'étude de danger retenu ..	19
III.2. MADS MOSAR	21
Conclusion.....	33

CHAPITRE IV:ANALYSE DES RISQUES

Introduction	34
IV.1.APR	34
IV.2.MADS	39
IV.3.MOSAR	42
IV.4.CALCUL: LA SECURITE DES REACTEUR	77
Conclusion.....	80

Conclusion générale.....	81
---------------------------------	-----------

Références bibliographiques

Annexes

La liste des figures

Figure	Signification
FigI.01	Situation géographique
FigI.02	Plan de masse
FigI.03	Organigramme des unités de l'entreprise
FigII.04	Présentation de l'atelier de protoxyde d'azote
FigII.05	Modèle systémique de l'installation de production de protoxyde d'azote
FigIII.06	Méthodologie MADS/ MOSAR
FigIII.07	Le module MADS
FigIII.08	Principe d'identification des EVN par MADS/MOSAR
FigIII.09	Représentation l'enchaînement des événements conduisant à l'ENS
FigIII.10	Structure de la méthode MADS/MOSAR
FigIII.11	Structure du modèle A
FigIII.12	La grille de typologie des systèmes sources de danger
FigIII.13	La génération des scénarios de dangers
FigIII.14	Les déférentes barrières
FigIII.15	Structure du modèle B
FigIV.16	Démarche de l'APR
FigIV.17	Modèle MADS appliqué sur le système <<le réacteur>>
FigIV.18	Modèle MADS appliqué sur le système << l'armoire électrique>>
FigIV.19	Réacteur et ses équipements
FigIV.20	La boîte noire de réacteur et ses équipements
FigIV.21	La boîte noire de pompe pneumatique
FigIV.22	La boîte noire de résistance électrique du réacteur
FigIV.23	La boîte noire de l'opérateur humain
FigIV.24	La boîte noire de l'environnement

FigIV.25	Génération des scénarios
FigIV.26	Scenario de l'explosion de réacteur
FigIV.27	Scenario de l'incendie
FigIV.28	Diagramme de Semenov

La liste des tableaux

Figure	Signification
Tableau N°01	Propriétés de nitrate d'azote
Tableau N°02	Tableau comparatif des principales méthodes des risques de la courante « sûreté de fonctionnement ».
Tableau N°03	Analyse préliminaire des risques
Tableau N°04	Identification des sources de danger pour le réacteur et ses équipements
Tableau N°05	Identification des sources de danger pour l'environnement spécifique
Tableau N°06	L'identification des barrières
Tableau N°07	Qualification des barrières

INTRODUCTION GENERALE

Problématique

Les accidents industriels majeurs et les catastrophes menacent de plus en plus le monde industriel. Pour cela des efforts considérables sont fournis pour maîtriser la sécurité des installations industrielles qui est obtenue généralement grâce à un certain nombre de systèmes de protection fondés sur diverses technologies. En conséquence, il faut que toute stratégie de sécurité prenne non seulement en compte tous les éléments d'un système, mais qu'elle considère aussi tous les systèmes relatifs à la sécurité comme des éléments individuels d'un ensemble complexe.

Il est indispensable de connaître le système de sécurité qui contribue à assurer la sûreté de fonctionnement des installations afin d'installer les barrières de sécurité comme les moyens importants de prévention et pour maîtriser autant que possible les déviations des paramètres de fonctionnement des procédés industriels.

La question au quelle répond ce mémoire est comment aborder l'évaluation de ces barrières de sécurité en vérifiant leurs performances ?

Afin d'arriver à l'évaluation des barrières de sécurité, la méthode MADS - MOSAR fait l'objet de cette étude. Cet outil d'analyse des risques, nous permis à prévoir la réduction nécessaire des risques à travers l'instauration de ces barrières. L'utilisation de telle méthode est longue mais très adaptée pour toutes les installations et tous systèmes industriels.

Objectif

L'objectif de ce mémoire est l'analyse des risques par l'utilisation de la méthode MADS- MOSAR et la détermination de l'énergie d'accumulation et celle de refroidissement dans le cas d'un emballement au niveau du réacteur.

Organisation du mémoire

Ce mémoire comprend deux parties principales :

Une partie théorique, elle-même composée de trois chapitres. Le premier chapitre est consacré pour la présentation de l'entreprise, le deuxième chapitre est consacré à la présentation de l'unité de production de protoxyde d'azote, et le troisième chapitre comprend à la démarche de la méthode MADS MOSAR pour l'analyse des risques.

Une partie pratique, ayant pour but l'application de cette méthode pour l'analyse des risques et de calculer l'efficacité de système de refroidissent en cas d'un emballement de réacteur.

INTRODUCTION

Pour vivre, le monde actuel à besoin de plus en plus d'énergie, et une partie importante de celle-ci est utilisée sous forme d'énergie gazeuse.

La plupart des gaz utilisés dans l'industrie, l'agro-alimentaire, pharmaceutique et dans le domaine médical sont également disponibles à l'état de liquides cryogéniques.

Parmi les plus communs, on retrouve l'oxygène, l'azote, l'argon, l'hélium, l'hydrogène et le protoxyde d'azote. La fabrication de ces gaz en Algérie a connu des évolutions remarquables ces dernières années.

L'économie est la clé de l'utilisation croissante des liquides cryogéniques. Les coûts de livraison et de stockage du liquide sont souvent inférieurs au coût d'achat du même gaz comprimé en bouteilles.

Cependant, manipuler des gaz liquides stockés et utilisés à de très basses températures demande quelques connaissances spéciales et précautions particulières.

I.1.HISTORIQUE

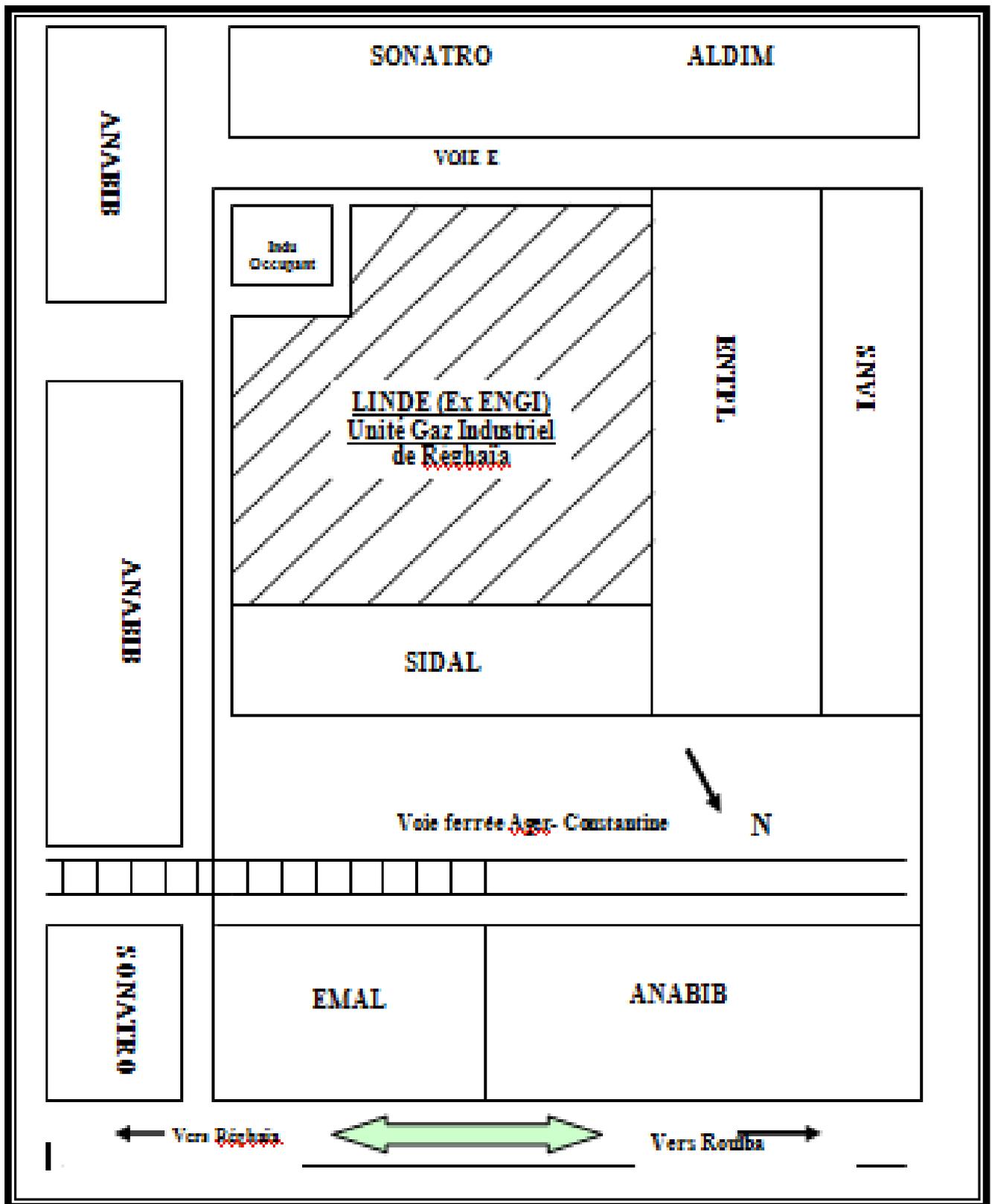
Linde GAS Algérie c'est une filiale de l'entreprise multi nationale, allemande « Linde » qui est la plus dominante dans l'industrie des gaz industriels, médicales, agroalimentaire.

Linde GAS Algérie se divise en unités qui sont localisés dans des différentes régions du territoire algériens, neuf unités de production :ALGER,,ANNABA,CONSTANTINE,OUARGLA, REGHAIA ORAN,BOUIRA ,SIDI BELABBES,ARZEW,SKIKDA.

L'unité de REGHAIA est entrée en production en 1977, elle a été réalisée par la SNS puis versée dans le patrimoine de l'ENGI. En juillet 2007 Linde groupe a acquis 66% des actions du capital de l'entreprise publique qui deviendra une société par action et portera le nom de Linde GAS Algérie.

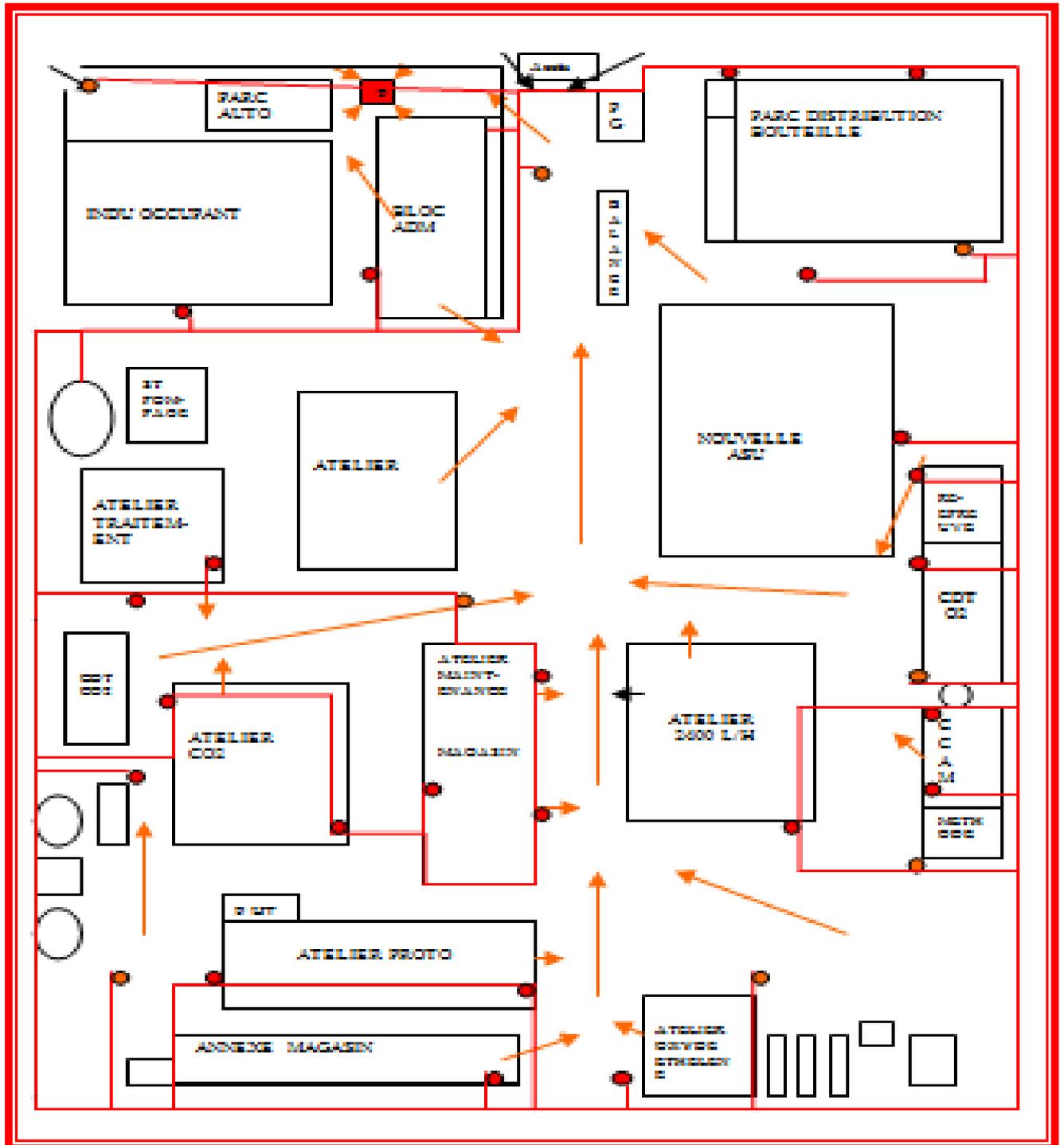
La stratégie du groupe est basée sur une croissance durable, dynamique et profitable avec des produits respectueux de l'environnement.

I.2.SITUATION GEOGRAPHIQUE :



FigI.01 : SITUATION GEOGRAPHIQUE

I.3.PLAN DE MASSE :



FigI.02 : PLAN DE MASSE

I.4. ACTIVITES ET CHAMP D'INTERVENTION

ACTIVITE PRINCIPALE :

- **Activité principale** : production et commercialisation de gaz industriels et médicaux.
- **Activité secondaire** : commercialisation de produits et équipements de soudage et matériel médicale.

CHAMP D'INTERVENTION:

Alimentation en gaz industriels et médicaux d'une partie des wilayas du centre de pays.

IMPLANTATION :

Localisation : zone industrielle de REGHAIA, Daïra de Reghaia Wilaya d'Alger.

L'unité occupe une superficielle totale de 35 000 M² dont 6 271 M² sont couverts.

Adresse : B.P 2/2 Zone industrielle de Reghaia.

EFFECTIF DE L'UNITE :

L'effectif de l'unité est de:

Exécution : 55 Maitrise : 52 Cadre : 30 Totale : 137

Ce qui donne un taux d'encadrement appréciable.

CAPACITE DE PRODUCTION :

Gaz carbonique : 2 tonnes /heure pour les deux lignes,

Oxygène : 4275 litres/ heure ;

Azote : 1695 litres/ heure ;

Protoxyde d'azote : 100Kg/heure ;

CAPACITES DE CONDITIONNEMENT :

Gaz carbonique : Bouteille : 400 Kg/heure ;

Pellette : 100 Kg/heure ;

Oxygène : 400M³/heure (industrielle et médical);

Azote : 400M³/heure ;

Protoxyde d'azote : 200kg/heure ;

Air reconstitué : 100M³/heure ;

Argon : 400M³/heure ;

Traitement de bouteille: 200 b/jour;

LES INSTALLATIONS ET LES EQUIPENT AUXILIAIRES DESTINENT AU STOCKAGE :

Il s'agit essentiellement d'équipements destinés au stockage

Les capacités de stockage sont de :

- ✓ Oxygène : 2X250 000 litre + 1X1 000000 lites
- ✓ Azote : 250 000 litre + 100 000 litre +500 00 litre
- ✓ Gaz carbonique : 4X100 tonnes + 5 tonnes + 30tonnes
- ✓ Protoxyde d'azote : 7 tonnes

Les tanks et /ou citernes sont étudiés pour l'usage qu'on en fait, ils sont conformes a la réglementation en vigueur et font l'objet d'un suivi

AIRES DE STOCKAGE :

➤ COUVERTES :

Magasin central de pièces de rechange : construction en charpente métallique.

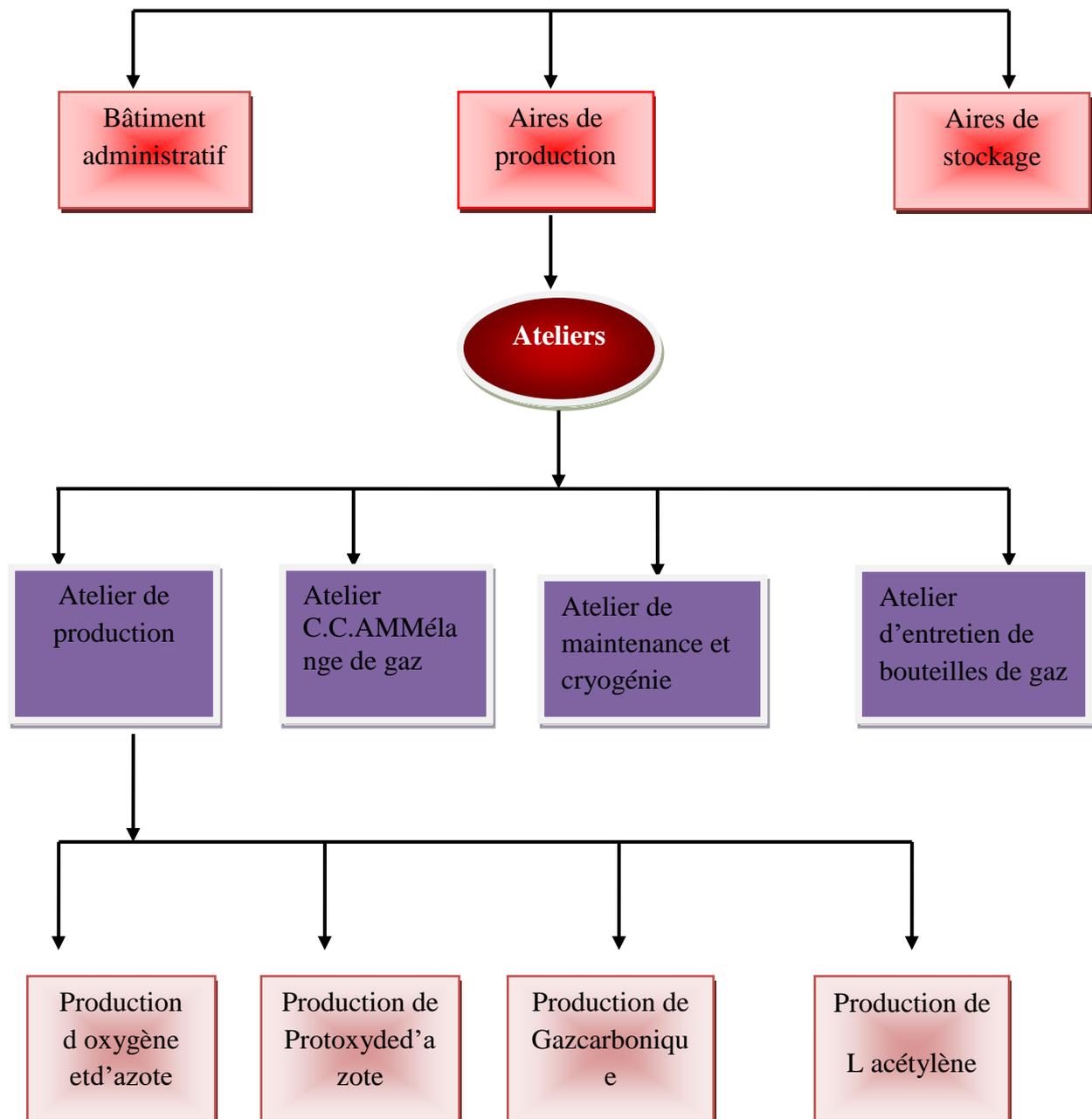
Magasin de nitrate d'ammonium : construction parois en dur toiture en charpente métallique.

Aire de stockage de permanganate de potassium : partiellement couvert par une charpente métallique.

Local de stockage de gaz toxiques : construction en charpente métallique.

Local de stockage de bouteilles de gaz : construction en charpente métallique➤ NON COUVERTES :

Stockage des Bouteilles de gaz industriel.

**FigI.03: Organigramme des unités de l'entreprise**

I.5.LES SYSTEMES DE MANAGEMENT

- Conformément à l'article 23 de la loi 88-07, une commission d'hygiène et sécurité est installée au niveau de l'unité
- Un responsable hygiène, sécurité et environnement
- La médecine de travail est confiée au secteur public : une convention à été signée avec l'établissement public de santé de proximité de REGHAIA
- LINDE GAS ALGERIE est certifiée ISO 9001 version 2008
- LINDE GAS ALGERIE est certifié OHSAS 18001 version 2007.

CONCLUSION

Ce chapitre a été consacré à la description générale de l'entreprise Linde Gas, nous avons présenté ses activités et ses ateliers de production de gaz à savoir le dioxyde de carbone, et l'acétylène et le protoxyde d'azote. Pour notre étude nous avons choisis l'atelier de protoxyde d'azote, ce dernier sera détaillé dans le chapitre qui suit.

INTRODUCTION

La production de protoxyde d'azote nécessite une matière première qui est « le nitrate d'ammonium « NH_4NO_3 ». Cette dernière doit être analysé avant qu'elle soit utilisé à l'atelier, se forme des particules solides et nécessite au préalable une fusion à une température de 125°C dans l'eau pour faciliter le déplacement dans les appareils de processus.

II.1.MATIÈRE PREMIÈRE :

Le nitrate d'ammonium est un corps chimique composé ionique du cation ammonium et de l'anion nitrate de formule NH_4NO_3 . Il correspond au corps minéral anhydre naturel, de maille orthorhombique, nommé par les minéralogistes ; nitrammite.

PROPRIÉTÉS :

Le nitrate d'ammonium		
Propriétés chimiques	Formule brute	NH_4NO_3
	Masse molaire	$80,0434 \pm 0,0016 \text{ g/mol}$
Propriétés physiques	T° de fusion	170°C
	T° d'ébullition	210°C
	Masse volumique	1.7 g/cm^3
	Solubilité	$1\,900 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1} (20^\circ\text{C})$ $2\,860 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1} (40^\circ\text{C})$ $4\,210 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1} (60^\circ\text{C})$ $6300 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1} (80^\circ\text{C})$ $10240 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1} (100^\circ\text{C})$
	Vitesse de détonation	5170 m/s

Tableau N°01: propriétés de nitrate d'azote

TOXICITE :

Le nitrate d'ammonium est irritant et toxique pour l'homme, la toxicité est jugée faible d'une manière aiguë selon les modèles en vigueur, mais elle reste bien plus efficace de manière chronique et ciblée. L'inhalation de ses poussières cause une irritation vive des voies respiratoires ; le contact avec la peau et les muqueuses peut entraîner des irritations sévères. Par exposition chronique et prolongée, il provoque faiblesses, fatigues et céphalées fréquentes.

Il n'est pas évident que l'homme ait toujours absorbé une quantité non négligeable de nitrates, via certains légumes ou salades gorgés d'engrais nitrates notamment. Il en consomme aujourd'hui environ 50 à 100 mg (de 200 à 400 mg pour les végétariens) via les légumes, l'eau (ou d'autres boissons en contenant) et enfin via les viandes et les poissons.

II.2.L'INSTALLATION DE PRODUCTION DE PROTOXYDE D'AZOTE :

L'installation est composée de :

Un bassin de fusion :

Ce bassin sert à préparer le mélange ($H_2O + NH_4NO_3$), et constitue de :

- un bassin de remplissage (la température est de 125°C)
- un bassin de consommation (la température est de 135°C)
- Chaque bassin est mené d'une hotte de protection

Un réacteur :

Qui est un volume fermé, sous une pression de service de 2 bars, équipés de deux circuits de chauffage, soupape hydraulique et disque de rupture.

Un condenseur :

Qui est un échangeur de chaleur tubulaire refroidi à contre-courant par un circuit d'eau recyclée.

Un refroidisseur

Construit de la même façon que le condenseur, a pour fonction de condenser les restes d'eau que le condenseur n'aurait pas séparée et abaisser la température du gaz.

Un groupe de purification :

Composé de quatre (04) tours :

- tour (1) : 150 litres d'eau
- tour (2) : 140 litres d'eau + 15 kg NaOH + 1.5 kg $KMnO_4$
- tour (3) : 140 litres d'eau + 15 kg NaOH + 1.5 kg $KMnO_4$
- tour (4) : 150 litres d'eau + 15 kg H_2SO_4

Un gazomètre

Agit comme compensateur entre la production du réacteur qui est variable et la constante consommation du compresseur.

Un compresseur :**Un groupe de séchage (deux batteries de dessiccation) :**

Le groupe consiste en deux récipients à haute pression remplis de 1/5 du volume de gel d'alumine et 4/5 de diamant gel.

Un liquéfacteur :

C'est un échangeur de chaleur contre-courant refroidi par eau à une température ne dépasse pas 20°C pour éviter les hautes pressions

Mieux la température est basse, mieux la liquéfaction se réalise par détente.

Un groupe de réservoirs de stockage haute pression :

Il constitue de quatre (04) réservoirs cylindriques disposés verticalement de capacité de 7001 assurant un stockage d'environ 1000 kg d' N_2O liquide par groupes de deux équipés d'une série de vannes pour l'entrée et la sortie du gaz.

Un manomètre, soupape de sécurité tarée à 80 bars et un dégazeur, qui est utilisé pour l'évacuation de N_2 et O_2 formées par la réaction (gaz non condensable), le débit doit régler à 1-3 bars.

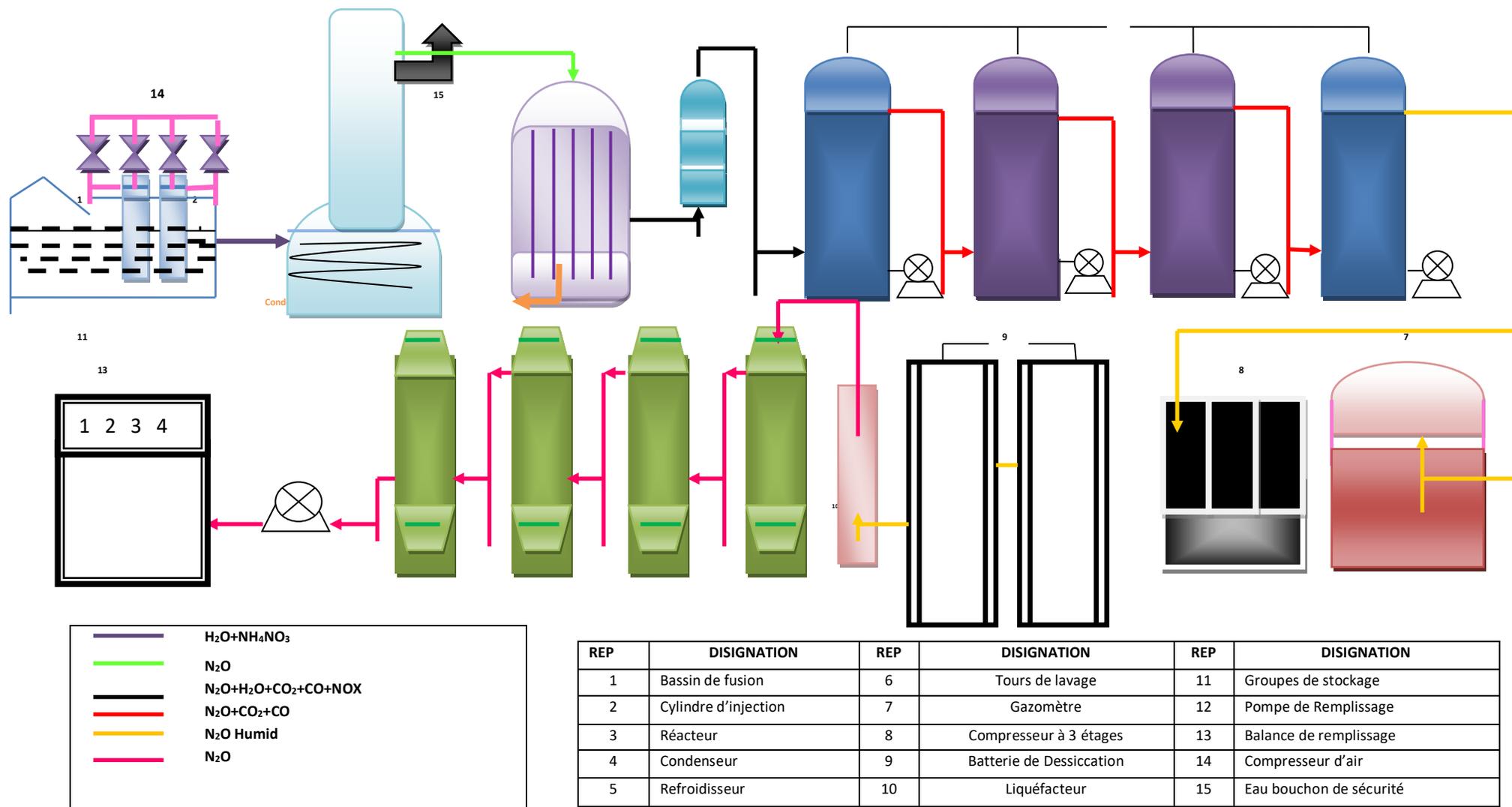
Un groupe de remplissage :

Le système de remplissage est équipé de deux pompes à piston (60 bars) indépendante l'une de l'autre et permet le remplissage de protoxyde d'azote liquide dans les bouteilles dans des différentes capacités. Le remplissage des bouteilles est effectué en grande partie par gravité et pour

obtenir le poids exact de remplissage, une pompe pour gaz liquide est prévue le poids de remplissage est indiquée par un manomètre.

En générale, la programmation par clavier nous assure le remplissage dans les bouteilles et l'arrêt automatiquement dans des pompes. La pompe est munie d'une soupape de sécurité dont la pression maximale est de 100 atm.

La température et la pression de gaz dans les bouteilles sont respectivement -88°C et 70 bars.



FigII.04 : Présentation de l'atelier de protoxyde d'azote

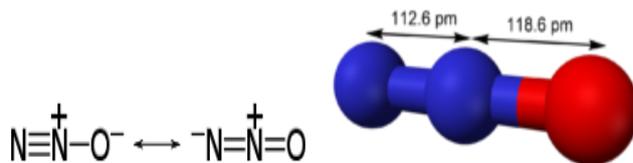
II. CARACTERISTIQUES DU PROTOXYDE D'AZOTE :

Le protoxyde d'azote, est un composé chimique de formule N_2O . C'est un gaz incolore à l'odeur et au goût légèrement sucré. Il est utilisé en chirurgie et en odontologie pour ses propriétés anesthésiques et analgésiques. On l'appelle « gaz hilarant » en raison de son effet euphorisant à l'inhalation, d'où son usage récréatif comme hallucinogène. Il est également utilisé comme comburant pour accroître la puissance des moteurs en compétition automobile, ainsi qu'avec l'acétylène $H-C\equiv C-H$ pour certains appareils d'analyse spectrométrie d'absorption atomique.

PROPRIETES :

PROPRIETES CHIMIQUES :

- ✓ Masse molaire : 44 .012 g /mol
- ✓ Moment dipolaire : 0.16083D
- ✓ Structure chimique :



PROPRIETES PHYSIQUES :

- ✓ Température de fusion : $-90.8^\circ C$
- ✓ Température d'ébullition : $300^\circ C$
- ✓ Pression de vapeur : 51.7mmHgà $21^\circ C$
- ✓ Solubilité : 0.112 g dans 100 g d'eau

EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT :

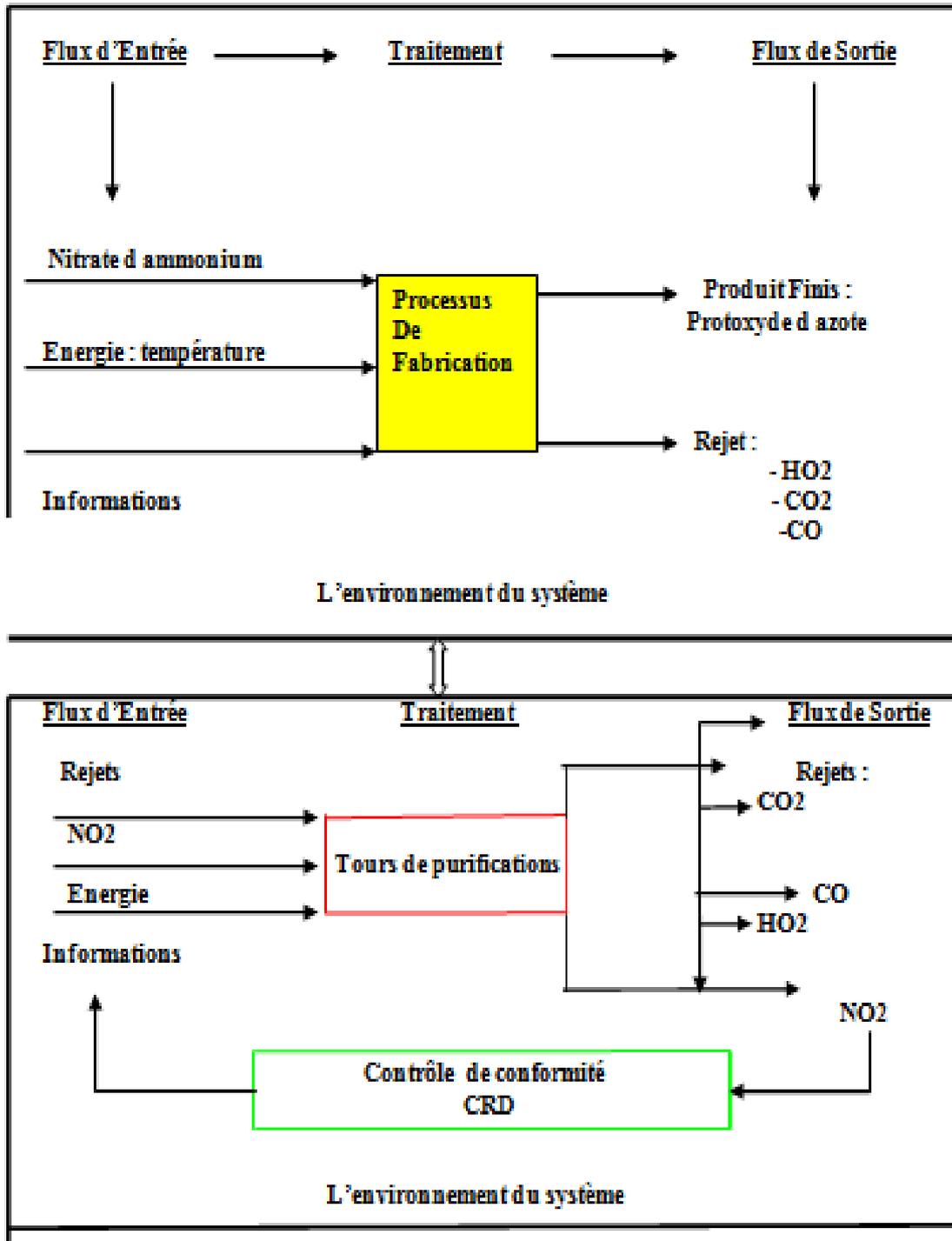
Il est classifié comme polluant par le protocole de Kyoto. C'est le quatrième plus important gaz à effet de serre à contribuer au réchauffement de la planète après vapeur d'eau, le dioxyde de carbone et le méthane .Son potentiel de réchauffement global à 100 ans correspondant à 298 fois celui du CO_2

EFFET SUR SANTE :

- ✓ Le protoxyde d azote oxyde de la vitamine B12 : d'ou une répercussion dure la synthèse de myéline, et ADN maladie de bierme.
- ✓ Neuropsychologique : troubles de l'humeur, fatigue, céphalées.
- ✓ Psychomoteurs : troubles de la mémoire, de l'attention et de l'exécution motrice, même à faible concentration.

II.4.PROCESSUS DE PRODUCTION DE PROTOXYDE D'AZOTE :

Modèle systémique de l'installation de production de protoxyde d'azote:



FigII.05 : Modèle systémique de l'installation de production de protoxyde d'azote

La production du protoxyde d'azote se fait en sept (07) étapes :**1^{ère} Etape : Fondre les cristaux de nitrate d'ammonium NH_4NO_3 :**

- Ce fait au niveau de deux bassins, pour un sac de 100 Kg de NH_4NO_3 on met 10 litres d'eau ;
- Le premier bassin est de remplissage à une température de 125°C et le deuxième bassin de consommation est à une température de 135°C.

2^{ème} Etape : Réaction de décomposition du nitrate d'ammonium NH_4NO_3 :

- Ce fait au niveau du réacteur à 250°C selon la réaction suivante :



- Elle permet l'obtention sous forme de vapeur le protoxyde d'azote « N_2O », l'eau et des impuretés « CO , CO_2 et NO_x » et dégagement d'énergie (sous forme de chaleur)

3^{ème} Etape : La purification:

Se fait à deux niveaux :

- **Le Condenseur et le Refroidisseur :**

Séparation des vapeurs d'eau produite par la réaction du gaz par condensation et refroidissement.

L'eau sortant à l'état liquide sera récupéré par un circuit dans le premier bassin de remplissage.

- **Le groupe de purification**

Se fait par le lavage dans quatre tours remplis d'anneaux raschig. Pour chaque tour, une pompe fait recirculer les solutions à contre-courant dans un système clos

A la sortie des quatre tours de purification :

- Le gaz du protoxyde d'azote
- Les impuretés mélangé avec la soude et les permanganates seront récoltés dans des fus et recyclé (par un organisme externe)

4^{ème} Etape : la compression du gaz :

Se fait au niveau du compresseur à une pression de 50 bars

5^{ème} Etape : Enlèvement de l'humidité :

Se fait au niveau du groupe de séchage (les batteries de dessiccations), l'eau présente dans le gaz comprimé est retiré par absorption

6^{ème} Etape : La liquéfaction (se fait à une température de 20°C) :**CONCLUSION**

En guise de conclusion partielle, nous pouvons dire qu'au fil de ce chapitre, une description détaillée de l'installation choisie a été donnée afin de bien comprendre le fonctionnement et les différents flux entrants et sortants. Ceci permettra une application aisée de la méthode qui fera l'objet du troisième et quatrième chapitre.

INTRODUCTION

A priori toutes les analyses des risques visent à identifier, présenté par un système en vue de pouvoirs ensuite agir pour réduire la probabilité et la gravité, ces objectifs se traduisent dans les méthodes d'analyses des risques par des étapes plus en mois formalisés visant :

- 1**-la définition du système auquel la méthode va être appliquée ;
- 2**-l'identification des risques ;
- 3**-l'identification des mécanismes générateurs des risques ;
- 4**-l'évaluation des scénarios de réalisation de ces risques ;
- 5**-la hiérarchisation de ces mêmes scénarios ;
- 6**-l'identification des solutions ;

Toute les méthodes d'analyses contiennent implicitement l'ensemble de ces étapes (exceptée pour certaines l'étape « 5 » de hiérarchisation

Critères		Méthodes couramment utilisées					
		APR	AMDEC	ADD	AdE	Diagramme cause-effet	MADS MOSAR
Etapas	Définition du système	Non	Oui	Non	Non	Non	Oui
	Identification des risques	Non	Oui	Oui	Non	Non	Oui
	Evaluation	Non	Oui	Oui	Non	Non	Oui
De	hiérarchisation	Non	Oui	Non	Non	Non	Oui
	Identification des solutions	Oui	Oui	Non	Non	Non	Oui
Formalisation	Identification des mécanismes générateurs de risque	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Victime prise en compte	Installation	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
	Homme au travail	Oui	Possible	Oui		Oui	Oui
	Ecosystème	Oui	Possible	Oui		Oui	Oui
Type de facteurs de risque	technologiques	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
	humains	Oui	Possible	Oui			Oui
	organisationnels	Possible	Possible				Possible
Modèle d'accident		Oui	Oui (faible)	Oui (faible)	Non	Implicite	Oui
Sens l'investigation		Inductif	Inductif	Déductif	Inductif	Inductif et Déductif	Inductif et déductif possible

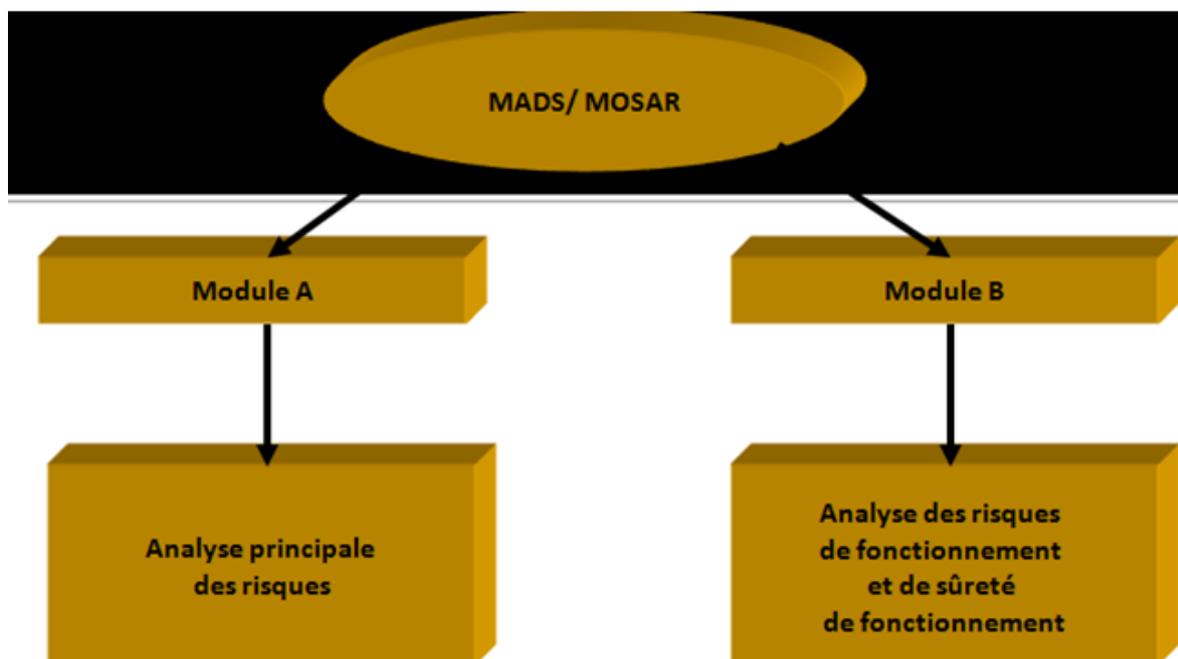
Tableau N°02: Tableau comparatif des principales méthodes des risques de la courante « sûreté de fonctionnement ».

Après cette description (tableau ci-dessus) se pose alors le choix de la méthode que l'on va utiliser et appliquer dans notre étude.

Les méthodes de sécurité des systèmes remplissant le mieux ces contraintes sont l'APR et MADS-MOSAR, la méthode MOSAR offre l'avantage d'avoir une formalisation des étapes de hiérarchisation et d'évaluation pour lesquelles L'APR ne propose pas d'outils.

La méthode MADS-MOSAR soit la méthode la plus proche de nos attentes, c'est donc celle que nous emploierons au cours de cette étude.

La méthodologie MADS-MOSAR se présente bien comme une méthode apparemment complète et son application dans notre étude mérite d'être testée, ce que nous ferons dans ce chapitre.



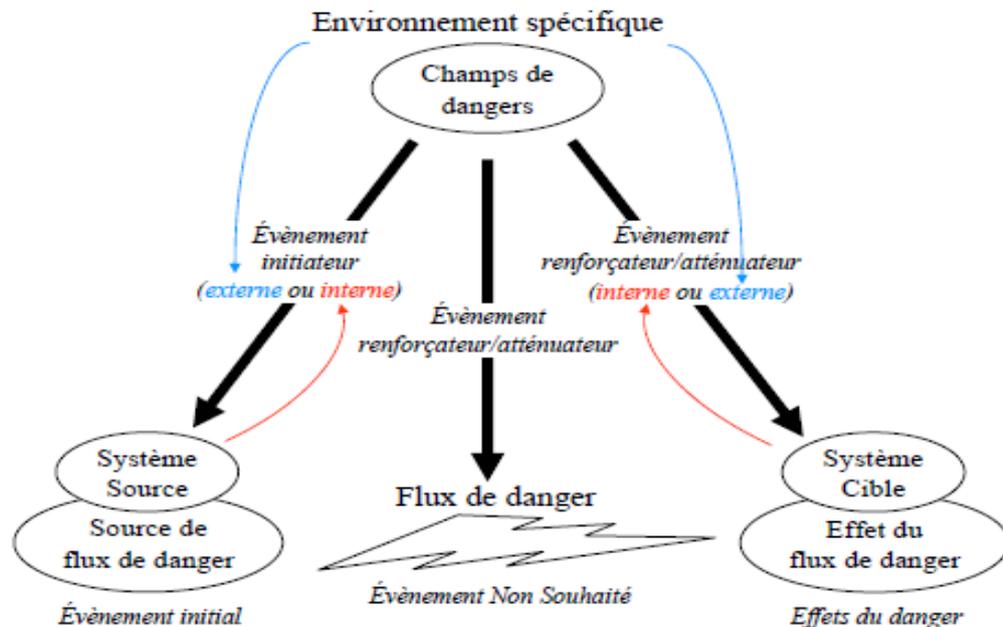
FigIII.06 : Méthodologie MADS/ MOSAR

III.2.MADS MOSAR

LE MODEL A : MADS

Le modèle MADS modélise le danger et donc le risque comme un ensemble de processus au sens systémique du terme.

Modèle MADS
Enchaînement des évènements menant au dysfonctionnement



FigIII.07 : Le module MADS

DEFINITION :

Le danger :

Le danger est l'ensemble des processus qui conduisent à un processus principal pouvant être généré par un système source de danger.

Système source :

Le flux de danger est généré par une source de flux de danger à partir du système source de danger et il est constitué de matière, énergie, information

Système cible :

Si ce flux peut atteindre un système cible et avoir des effets sur ce dernier on parle alors de risque.

- Un ou des individus,
- Une ou des populations (ensembles d'individus de même espèce),

- Un ou des écosystèmes (association d'individus ou de populations d'espèces différentes ou de même espèce),
- Un ou des systèmes matériels ou symboliques (savoirs et savoir-faire),

L'environnement spécifique :

L'ensemble des processus est situé dans un environnement spécifique (partie de l'environnement qui le concerne) générateur de champs processant des effets sur ces processus.

Processus initiateur :

La source de flux de danger est générée par un processus initiateur d'origine interne ou externe (et donc provenant de l'environnement spécifique).

Processus renforçateur :

Symétriquement, il peut y avoir un processus renforçateur du flux sur la cible, d'origine interne ou externe (et donc provenant de l'environnement spécifique).

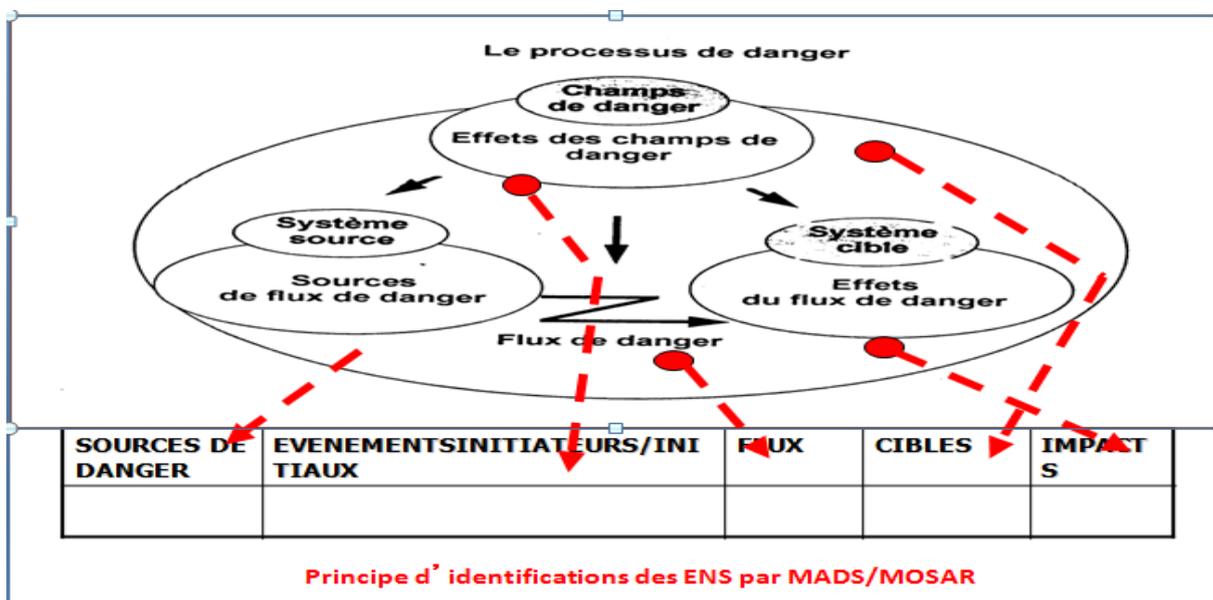
Événement Principal, le Flux :

Le danger étant modélisé comme un processus, le flux sera de la *matière, de l'énergie et de l'information*. Cette dernière dans sa caractérisation, dépend des capteurs, les capteurs humains permettant notamment de caractériser des bruits, odeurs, flux thermiques.....

- Dans l'espace le flux sera ponctuel ou diffus.
- Dans le temps, il sera chronique ou à effet limité.

Les étapes :

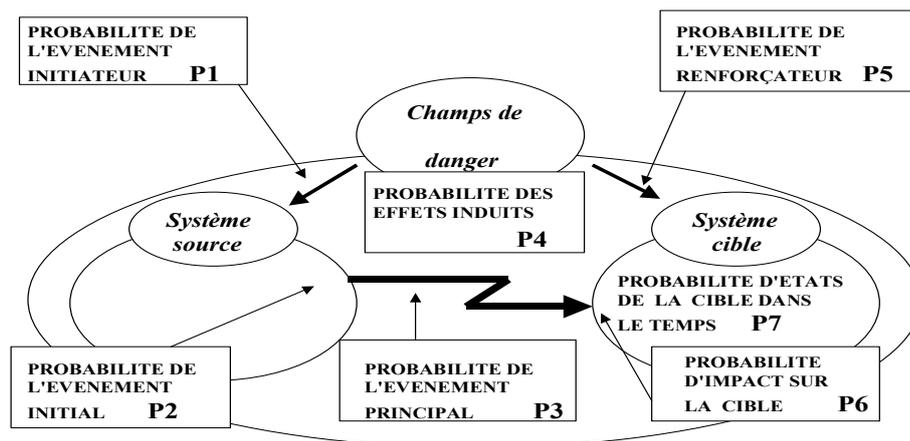
Etape1: Identification des sources de dangers



FigIII.08 : Principe d'identification des EVN par MADS/MOSAR

Etape2 : Construire et représenter l'enchaînement des événements conduisant à l'ENS.

Ceci nécessite l'élaboration de scénarios pour laquelle nous utiliserons aussi la démarche systémique. La probabilité d'enchaînement des événements est une probabilité composée comme le montre le schéma ci-dessous.



$$P \text{ évènement non souhaité} = P1 \times P2 \times P3 \times P4 \times P5 \times P6 \times P7$$

APPROCHE PROBABILISTE

FigIII.09 : Représentation l'enchaînement des événements conduisant à l'ENS

Etape 3 : Evaluer l'effet des ENS sur les cibles

Qui se traduira par un *impact immédiat* et parfois par un *impact différé*. Ces impacts induisent *des états* de la cible dont certains seront donc différés et difficiles à prévoir.

Etape4 : La détermination de l'acceptabilité se fait par négociation de tous les acteurs.**Etape 5 : La recherche des moyens de neutraliser les événements conduisant à l'ENS constitue la prévention des risques et consiste à identifier:**

Les barrières de prévention au niveau du système source, de l'événement principal et des effets induits,

Les barrières de protection au niveau des systèmes cibles.

LE MODEL B : MOSAR

Est une méthode d'analyse des risques prenant en compte l'identification exhaustive ou non des risques encourus par le système à étudier, l'évaluation du niveau de danger de ceux-ci, la mise en place de barrières et enfin l'impact de ces barrières sur le niveau du risque.

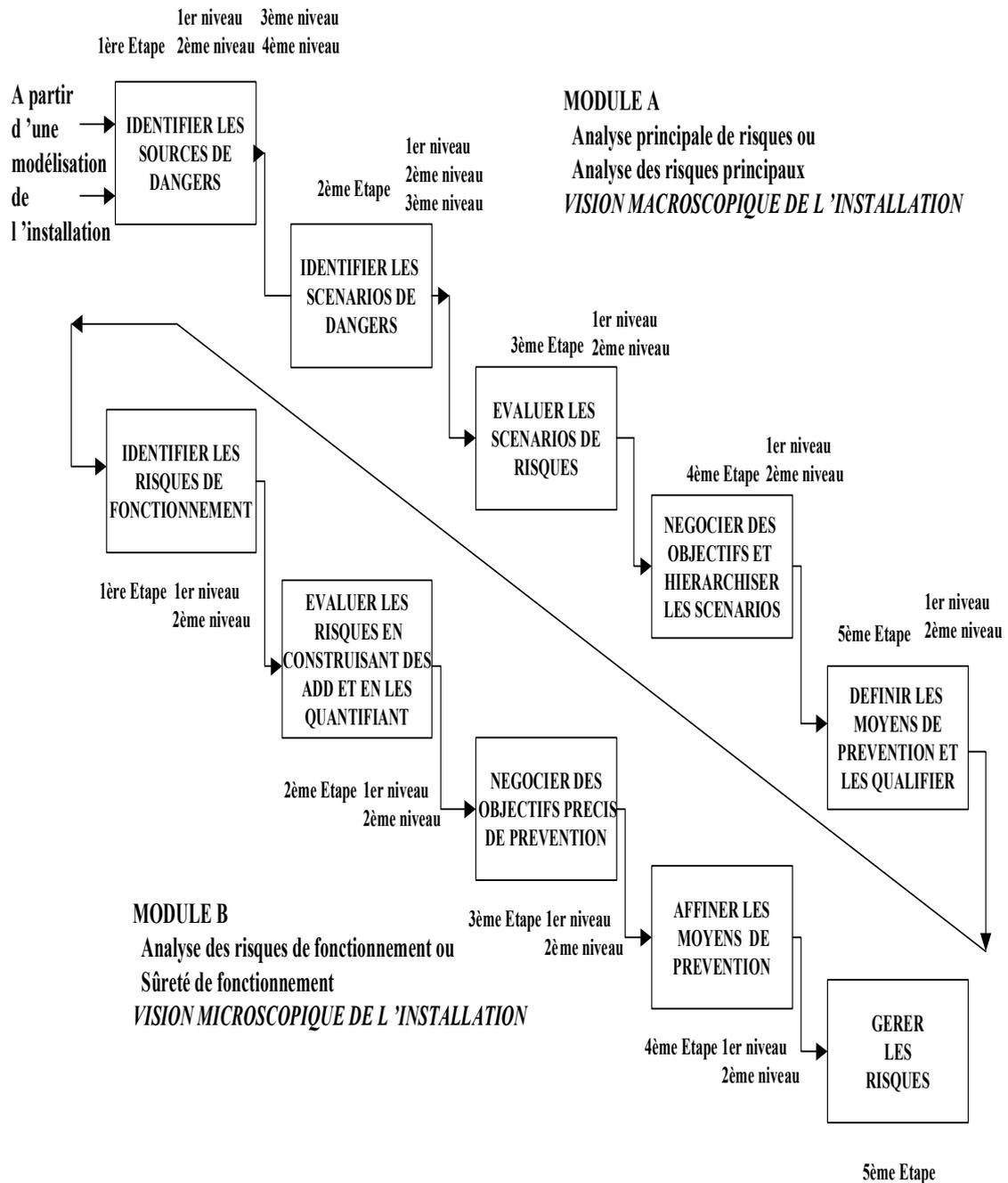
Les objectifs de cette méthode sont :

- ❖ Identifier et évaluer les risques du système à étudier,
- ❖ Négocier les objectifs et l'acceptabilité du risque par les acteurs concernés,
- ❖ Intégrer les réglementations spécifiques,
- ❖ Mettre en œuvre de concepts logiques,
- ❖ Mettre en œuvre de concepts systémiques,
- ❖ Avoir une vision macroscopique et microscopique du système.

La méthode s'articule autour de deux visions, d'où les deux modules (A et B) qui la composent. (**Voir la figure III.10**)

STRUCTURE DE LA METHODE :

Mise en œuvre complète avec ses étapes et ses niveaux



FigIII.10: Structure de la méthode MADS MOSAR

Une vision *macroscopique* conduisant à un module A qui consiste à faire une analyse des risques de proximité (analyse des risques principaux). Les éléments de l'installation sont modélisés sous forme de systèmes ce qui va permettre d'identifier en quoi ils peuvent être sources de danger, l'interaction entre eux et avec leur environnement pour générer des scénarios d'accidents.

Une vision *microscopique* conduisant à un module B qui consiste à faire une analyse détaillée et complète des dysfonctionnements techniques et opératoires identifiés dans le module A. C'est en fait une approche de type « sûreté de fonctionnement ». Dans les scénarios établis dans le premier module, on va développer les dysfonctionnements de nature opératoire et ceux de nature technique.

LES ETAPES:

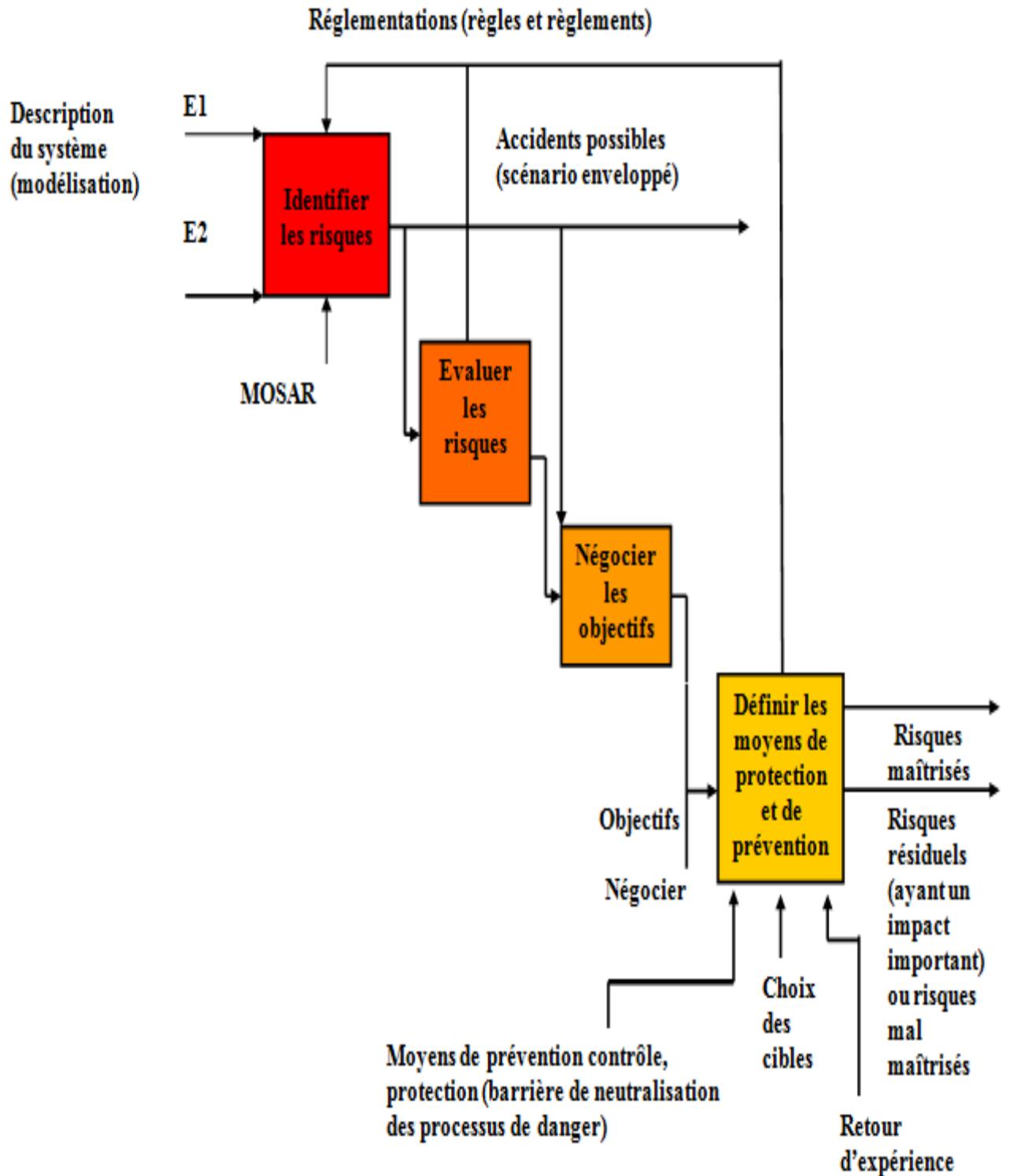
Le déroulement complet de la démarche consiste ainsi à parcourir les étapes suivantes, d'une part pour l'approche macroscopique :

- ❖ Identification des sources de danger,
- ❖ Identification des scénarios de risques,
- ❖ Evaluation des scénarios de risques,
- ❖ Négociation des objectifs et hiérarchisation des scénarios,
- ❖ Définition des moyens de prévention et leur qualification.

Puis pour l'approche microscopique :

- ❖ Identification des risques de fonctionnement,
- ❖ Evaluation des risques à partir d'arbres,
- ❖ Négociation des objectifs précis de prévention,
- ❖ Affinement des moyens de prévention,
- ❖ Gestion des risques.

➤ MODULA



FigIII.11: Structure du modèle A

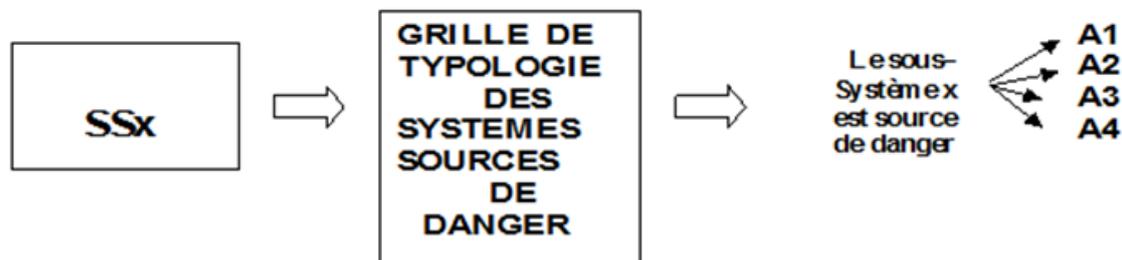
➤ **Les étapes de module A :**

Etape1: Identification des sources de danger

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. 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).

Le deuxième travail est l'identification des processus de danger. Ligne par ligne, on va rechercher les événements qui constituent les processus de danger pour aboutir à un ou plusieurs événements principaux.

Pour effectuer ce travail, on lit chaque sous- système à travers la grille de typologie des systèmes sources de danger.



FigIII.12: La grille de typologie des systèmes sources de danger

Etape2 : Identification des scénarios de dangers

La première partie de ce travail consiste à isoler chaque sous-système. En reprenant chaque sous-système et on les représente sous forme de boîtes noires dont les entrées sont les événements initiateurs d'origine externe ou interne et les sorties sont les événements principaux. Ensuite, il s'agit de s'occuper de la génération des scénarios courts et des scénarios longs.



FigIII.13: La génération des scénarios de dangers

Etape3 : Evaluation des scénarios de risques

Cette étape permet d'évaluer les risques quantitativement ou qualitativement.

On évalue tout d'abord la gravité d'un scénario en jugeant l'impact des conséquences de l'événement final. Il est aussi nécessaire d'évaluer quelles cibles les événements principaux vont pouvoir atteindre et quel sera leur impact sur ces cibles.

Etape4 : Négociation des objectifs et hiérarchisation des scénarios

Négociation de grilles gravité x probabilités :

Dans un premier temps, il est nécessaire de construire un outil qui permettra de concrétiser ces objectifs. Celui choisi est la grille gravité x probabilités. On peut en construire une par cible

Etape5 : Définition des moyens de prévention et leur quantification

Cette étape permet d'identifier des barrières de prévention et de protection. Ces barrières vont permettre de neutraliser les scénarios de risque, de les réduire en terme de gravité ou de fréquence ou des deux de manière à les rendre acceptables. Elles sont de deux ordres :

❖ Barrières technologiques (BT) :

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

❖ **Barrières opératoires ou d'utilisation (BU) :**

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

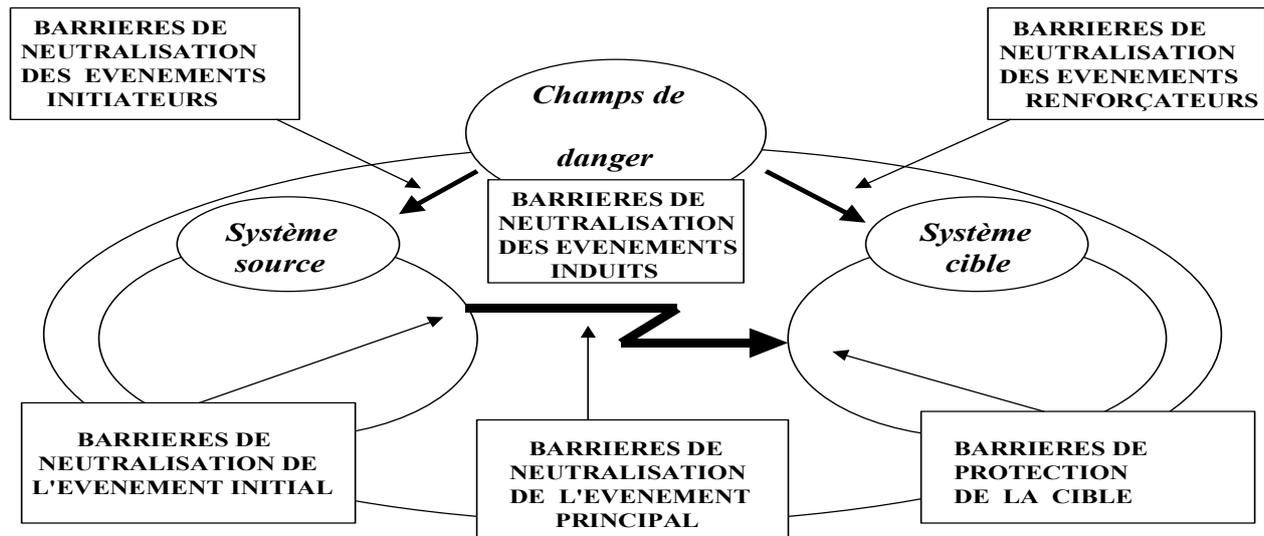


Fig.III.14: Les différentes barrières

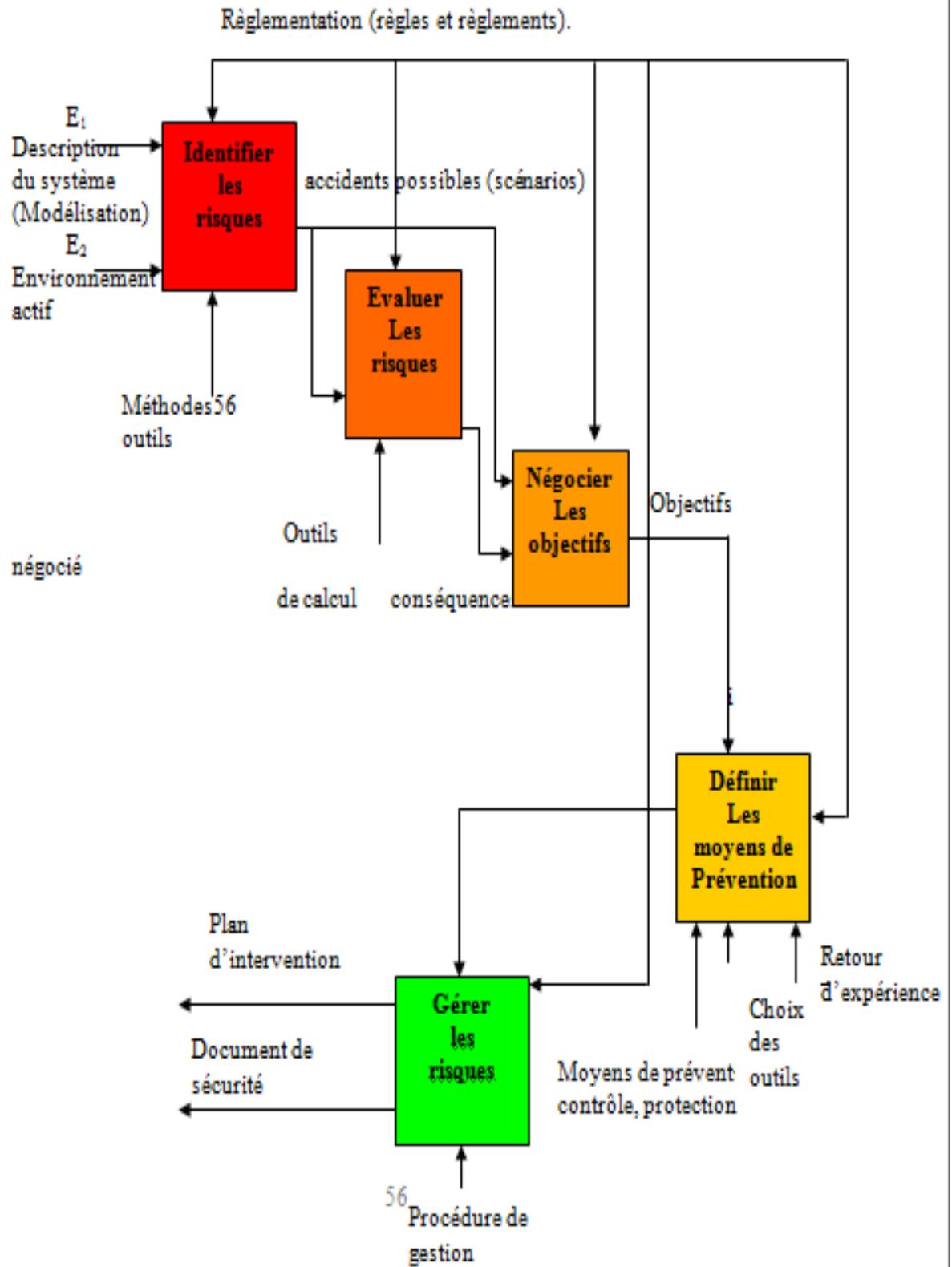
Le schéma montre bien les différentes barrières nécessaires pour neutraliser l'enchaînement des événements et donc des scénarios. *L'arbre logique* montre, lui, qu'en principe il suffit de neutraliser les événements primaires (ceux qui apparaissent les premiers) pour que le scénario correspondant n'ait pas lieu

NB : ce module peut être considéré comme analyse préliminaire des risques.

➤ **Module B :**

Ce module suit (une deuxième fois) la démarche générale d'analyse des risques d'un système.

Des objectifs plus précis pourront être définis sous forme d'un nombre de barrières de prévention et de protection, et traité dans les arbres logiques



FigIII.15 : Structure du modèle B

CONCLUSION

L'objectif de ce chapitre était de présenter la démarche d'analyse des risques proposée, en définissant les méthodes et les outils utilisés. Notre démarche propose une méthodologie dont MADS- MOSAR est une application concernant l'analyse des risques d'une installation. Cette méthode fait appel à divers outils permettant de mener une analyse plus ou moins exhaustive. Si l'ossature de la démarche est classique, la nouveauté vient du fait que cette démarche repose en réalité, sur une double dimension technique et humaine.

L'ensemble de méthodes proposées au niveau de cette démarche, doit permettre de recueillir toute l'information nécessaires pour aboutir à un classement des niveaux de risque permettant, à partir des objectifs fixés, l'identification des types d'accidents avec leur fréquence, et les scénarios d'accidents, de faire des choix avec des priorités sur les efforts à faire pour diminuer les risques et leurs effets

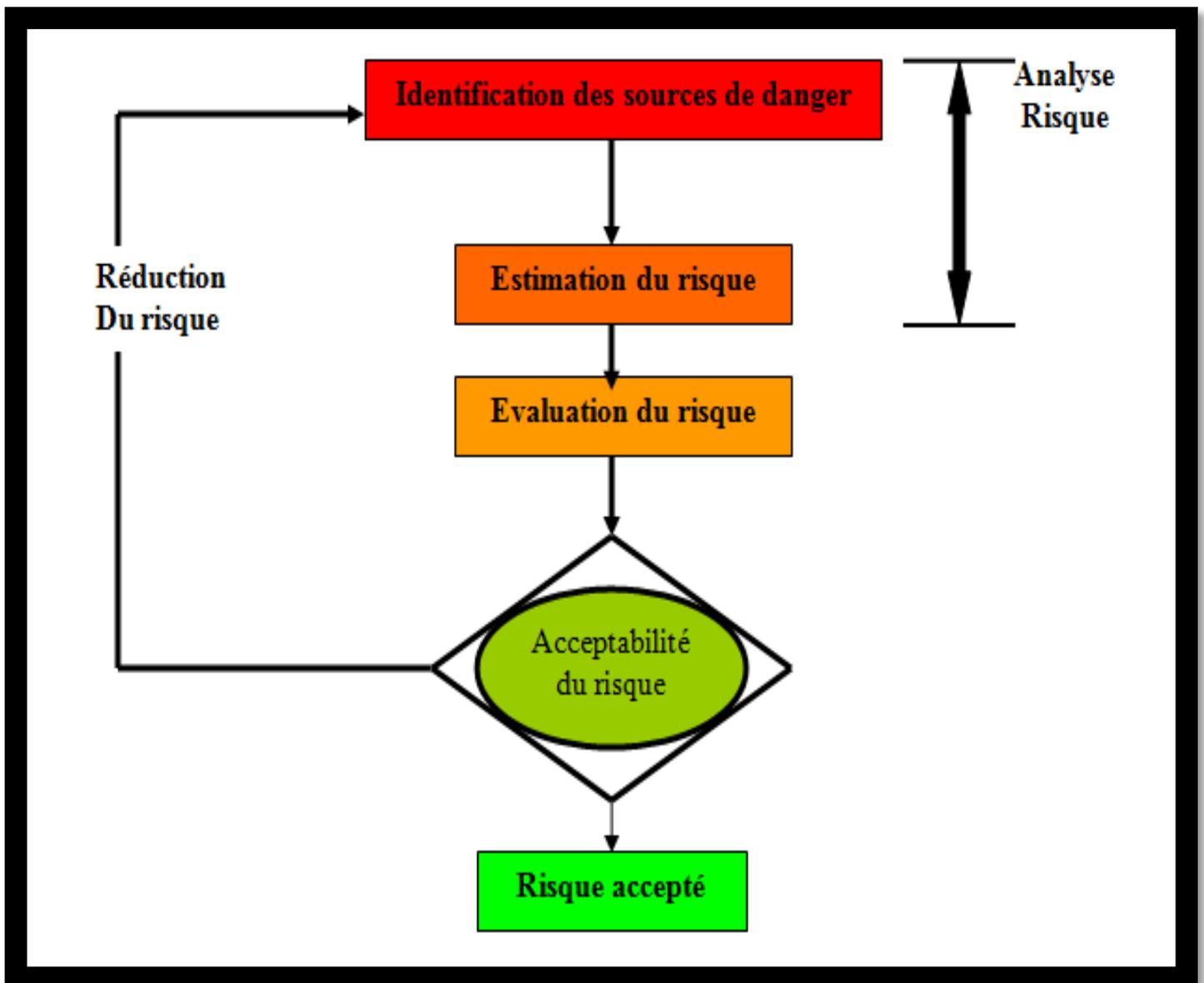
INTRODUCTION

Le but de ce chapitre est d'appliquer un outil d'analyse des risques suivant la méthode MADS-MOSAR.

En premier lieu nous allons appliquer une méthode inductive comme analyse préliminaire des risques pour la priorisation des risques selon que le risque soit acceptable ou pas, c'est l'analyse préliminaire des risques.

La démarche de l'APR est démontrée sur le schéma ci-dessous

IV.1.APR :



FigIV.16 : Démarche de l'APR

Situation dangereux			Identification de risque		Estimation			Acceptabilité	Mesure de prévention
activité	causes	Phénomène dangereux	Evènement déclencheur	dommage	G	P	C		
Magasin de stockage	-Sac de nitrate mal stocké. -Présence des de matière combustible -non respect de l'interdiction de fumer.	incendie		-blessures -morts -dégât des matériels	3	1	3	Acceptable	-Interdire toutes sources de chaleur dans le magasin (signalisation et sensibilisation) -Restreindre l'accès et respecter l'émargement sur le registre
Remplissage du Bassin	-remplissage du bassin avec le nitrate manuellement -la hotte d'aspiration des vapeurs en arrêt	-Dégagement de poussières irritantes et de vapeurs nocives	-Absence des moyens de protection	Maladies du système respiratoires	3	3	9	Inacceptable	-Acquisition d'un masque adéquat selon les spécifications du groupe -Sensibilisation des opérateurs sur les risques encourus et le port des EPI -maintenance de la hotte et du système d'extraction

	Quantité d'eau insuffisante dans les bassins et Solidification des nitrates sur les parois	-Bouchage	Pas de nettoyage du bassin	corrosion	3	1	3	Acceptable	
Réacteur	Perte de contrôle de la soupape hydraulique et augmentation de température	-Explosion (des dégâts jusqu' à 200 m)	-augmentation de quantité de vapeur de N ₂ O ₄	-Effet thermique -Effet de surpression -Asphyxie	4	3	12	Inacceptable	Contrôle Réglementaire des IEM
	La présence des câbles dénudés et désordre sous le réacteur.	incendie	présence d'eau	-Electrocution -augmentation de la température de réacteur	3	3	9	Inacceptable	
condensateur	corrosion au niveau du condensateur pouvant provoquer une rupture	Fuite de protoxyde d'azote		-Asphyxie -effet de serre	3 3	2 2	6 6	Acceptable	Porter les EPI

compresseur	piston en mouvement	incendie	-énergie cinétique - manque des EPI -étincelle	-blessure -surdité	4	1	4	Acceptable	-training et évaluation des operateurs au dit safety process -Check-list d'inspection
	augmentation de température et surchauffe du compresseur	incendie	Présence de graisses	Effet thermique	3	3	9	inacceptable	
Dessiccateur	perte de contrôle de la pression	éclatement de l'appareil	augmentation de température	-Effet de surpression -Effet missile	3	1	3	Acceptable	Nanomètre
Liquéfacteur Le gaz (N ₂ O)	corrosion	éclatement	diminution de la résistance		3	1	3	Acceptable	test hydraulique
Conditionnement	Port de bouteilles de gaz de 70Kg (>50Kg selon les normes)		Durée de travail 8h/j	TMS	4	2	8	inacceptable	-formation et Sensibilisation -Installer un système de contrôle de la charge de la bouteille (pompe)
	dégradation des parois des bouteilles	éclatement	augmentation de pression du gaz		3	3	9	inacceptable	Inspection des bouteilles

Armoire	installation vétuste et câbles dénudés	Incendie d'origine électrique	étincelle		3	3	9	inacceptable	-diagnostique et changement des composants défailants -installation d'un système d'alarme
----------------	--	-------------------------------------	-----------	--	---	---	---	--------------	---

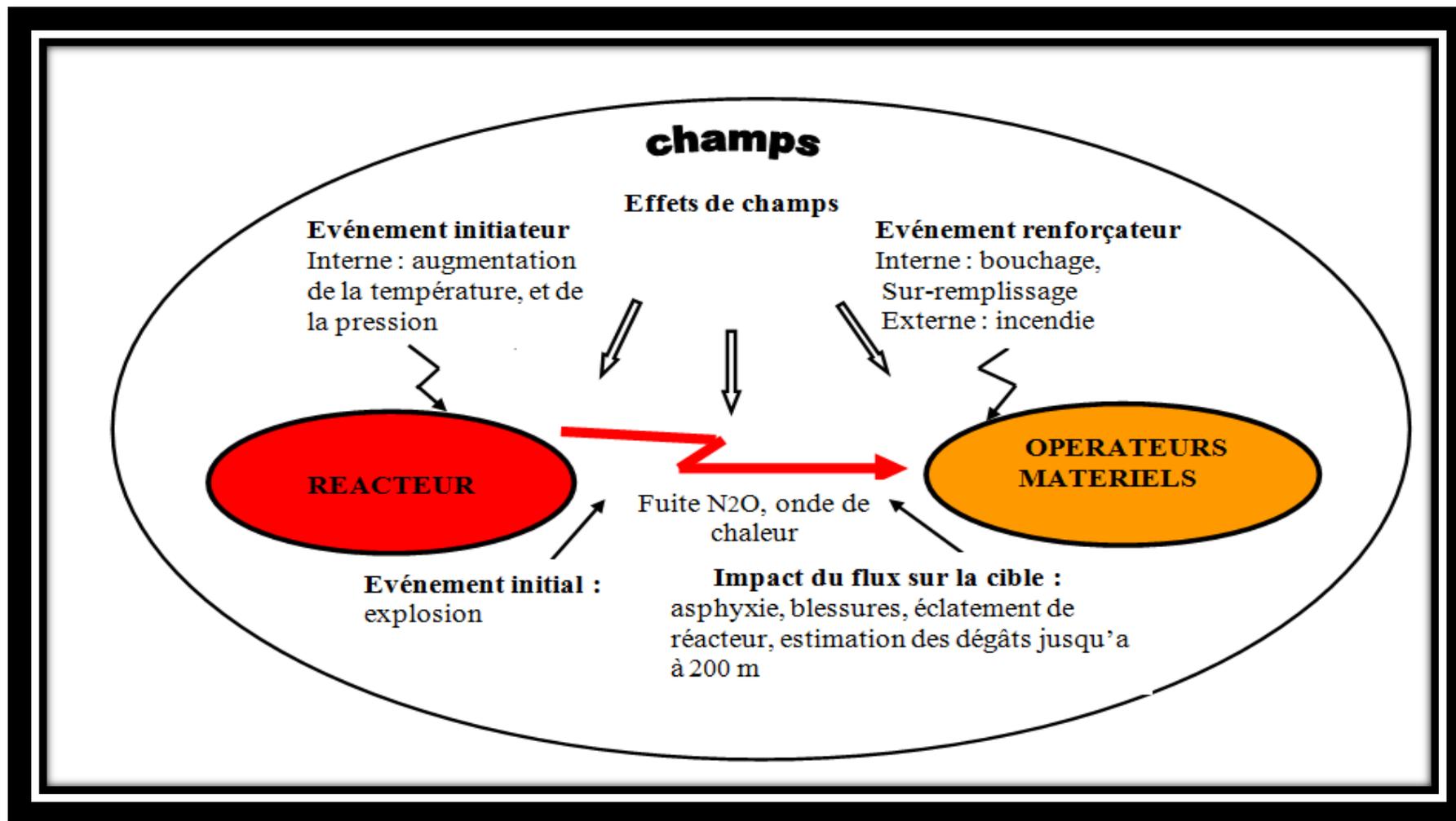
Tableau N°03 : Analyse préliminaire des risques

IV.2.MADS

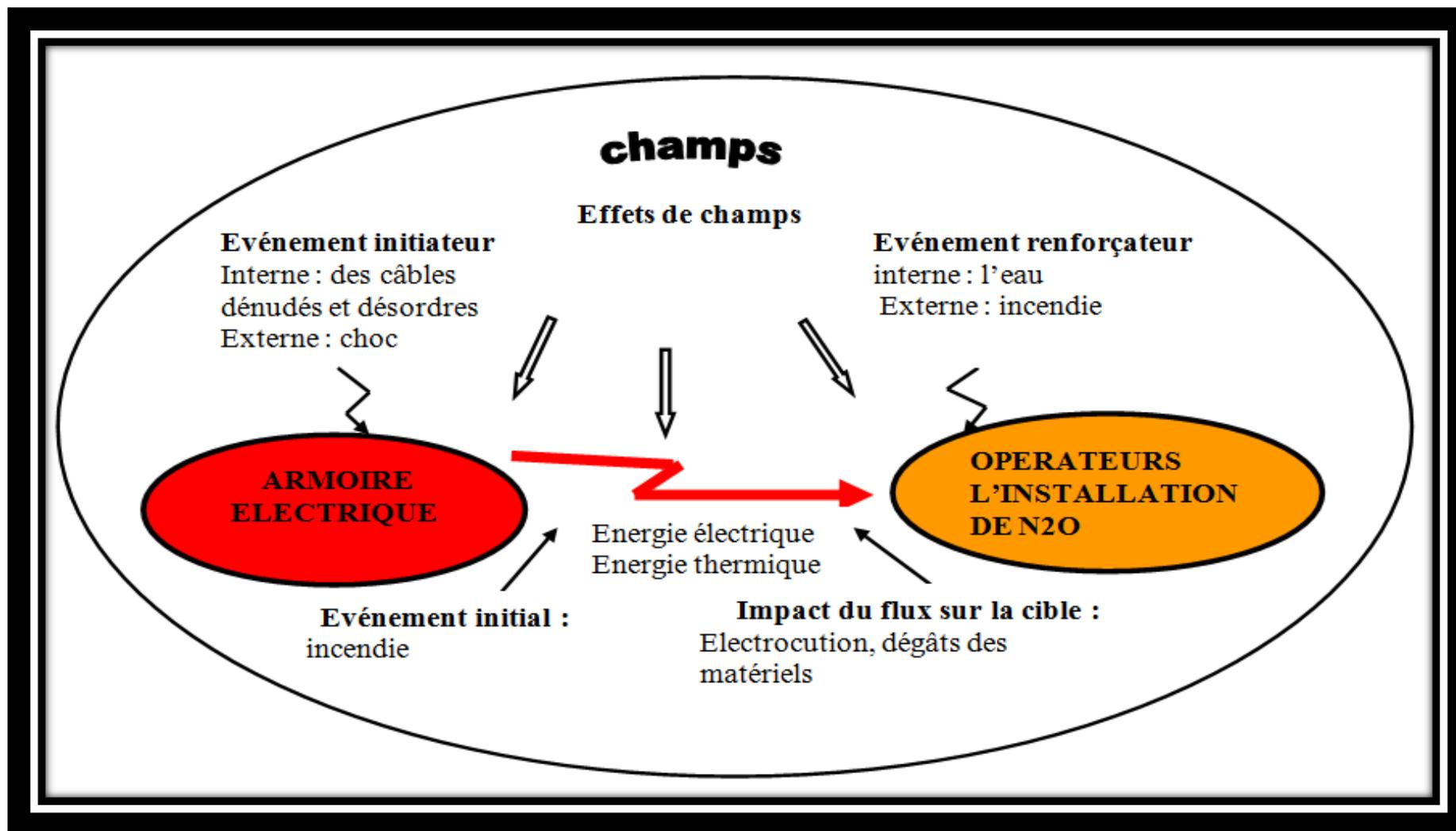
Dans cette installation plusieurs systèmes peuvent en effet faire l'objet d'une analyse des risques, dans notre cas, nous avons utilisé les résultats de l'APR.

Les scénarios les plus critiques selon l'APR surviennent au niveau du réacteur et de l'armoire électrique.

Pour analyser ces deux systèmes, le modèle général de la méthode MADS sera appliqué.



FigIV.17 : Modèle MADS appliqué sur le système <<le réacteur>>



FigIV.18: Modèle MADS appliqué sur le système << l'armoire électrique >>

IV.3.MOSAR :**PRESENTATION DE SYSTEME :****CHOISIR LE SYSTEME A ETUDIE :**

Dans cette installation plusieurs systèmes peuvent en effet faire l'objet d'une analyse de risques :

- Le réacteur et ces équipements ;
- Compresseur ;
- Condensateur ;
- Gazomètre ;
- Dessiccateur ;
- Liquéfacteur ;

Mais le système le plus dangereux dans ce contexte est le réacteur et ces équipements. Il sera donc le système sur lequel va porter l'analyse.

ETAPE PRELIMINAIRE : Modélisation du système et sa décomposition en sous-systèmes

Dans le cas de réacteur nous avons les sous-systèmes suivants :

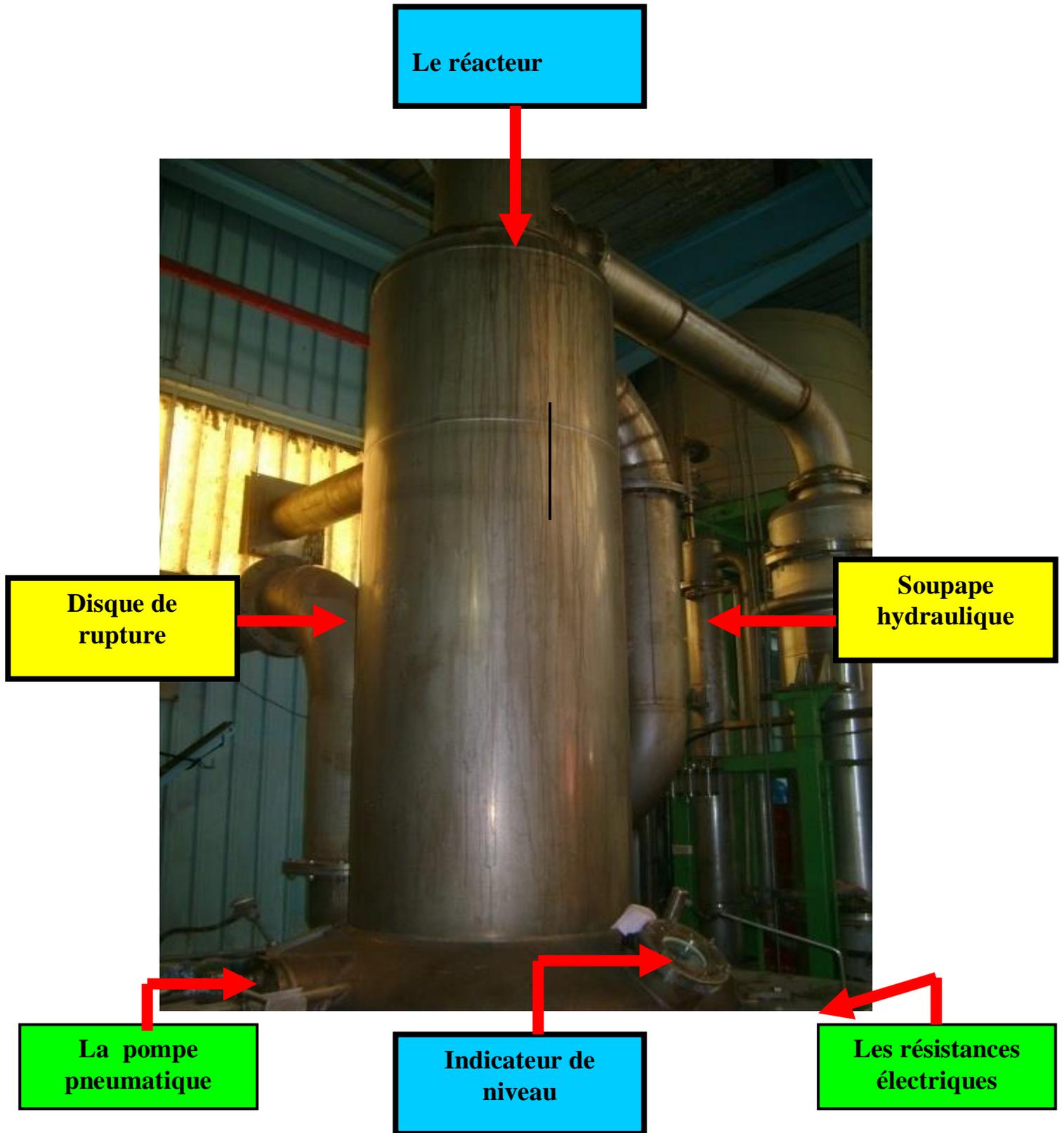
SS₁: réacteur et ses équipements ;

SS₂: résistance électrique ;

SS₃: pompe pneumatique ;

SS₄: opérateur humain ;

SS₅: environnement ;



FigIV.19: Réacteur et ses équipements

Environnement :

L'environnement est constitué d'une zone de Conditionnement de CO₂, d'un atelier de fabrication de CO₂, d'un atelier de stockage de l'oxyde d'acétylène et d'une voie de circulation des camions citerne

MODELISER L'INSTALLATION :

Pour modéliser l'installation:

On choisit dans le contexte de départ le système sur lequel on va faire porter l'analyse. Celui-ci devient le système principal. En principe on prend le système le plus dangereux à priori. Par exemple dans l'installation on sélectionne le réacteur. Tout le reste devient son environnement. On considère que l'on a alors trois sous-systèmes en interaction:

- 1 - les opérateurs, que l'on globalise en un sous-système
- 2 - l'environnement
- 3 - le système principal retenu.

On décompose alors le système principal en X sous-systèmes. On obtient ainsi X sous-systèmes plus le sous-système opérateurs plus le sous-système environnement.

MODULE A**1^{ère} ETAPE : IDENTIFICATION DES SOURCES DE DANGER :**

Réacteur et ses équipements							
Dangers existants	composant	Phase de vie	Evénements initiateurs		Evénements initiaux		Evénements principaux
			externes	internes	Liées au contenant	Liée au contenu	
A-3	Pompe pneumatique	Ex	-Pas d'alimentation pneumatique ou moins de débit d'aspiration -Commutateur défectueux -Suralimentation en air.	-Pompe défectueuse. -Le filtre est défectueux -La vanne d'aspiration est défectueuse -Plus de débit d'aspiration	-Pas de refoulement d'une solution de nitrate par la pompe pneumatique -Faible débit de refoulement d'une solution de nitrate - Chute de pression dans la pompe -Refoulement très intense	-Pas d'aspiration d'une solution de nitrate.	-Arrêt de production (solidification de nitrate) -Sur-remplissage de réacteur
B-1	Réacteur	Ex	-Choc - Energie thermique	-Bouchage -Augmentation de la température	-Réduction de la résistance mécanique -rupture -fissuration	-Surpression -surchauffe	-Explosion -fuite de gaz
A-1	Soupape hydraulique	Ex	-Corrosion	-manque d'eau de refroidissement - corrosion	-Rupture -fissuration	-Moins de pression	-Arrêt de fonctionnement

	Indicateur de niveau et de la température	ex	-Corrosion -choc	-Disfonctionnement	-Blocage		-Indication des valeurs erronées
A-1	Disque de rupture	Ex	-Corrosion -choc		-Fissuration	-Trop de flux	-Fuite -asphyxie -blessure
B-3	Protoxyde d'azote	Ex		Electricité statique		-Fuite	-Fuite
	Nitrate d'ammonium en solution	Ex		Solidification		-Réduction de température	-Bouchage
C-1	Résistance électrique de réacteur	EX	-Présence d'eau	-Alimentation électrique insuffisante -Fluctuation d'alimentation		-Câbles désordres et dénudés	-Feu électrique
C-2	Electricité statique	Ex		-Mauvaise mise à la terre		-Déplacement de protoxyde d'azote	-Electricité statique

Tableau N°04 : Identification des sources de danger pour le réacteur et ses équipements

Opérateur humain					
Dangers existants	Composant	Phase de vie	Evènements initiateurs		Evènements principaux
			externes	Internes	
I	L'opérateur humain	ES, MO, EN, EX.	-Contraintes physique et mentale -Défaut de Communication -Cadence de travail -Ambiance de travail -Mauvais étalonnage des manomètres. - Mauvais nettoyage des filtres -Mauvais contrôle des vannes -Mauvaise programme de maintenance préventive -Mauvaise contrôle de commutateur	-Fatigue -Stress -Inconscience -Etat physique et mentale -Inattention Monotonie -Manque de formation.	-maladresse -Lecture erronée -Pas de refoulement d'une solution de nitrate -Chute de pression au niveau des accumulateurs

Tableau N°05 : Identification des sources de danger pour l'opérateur humain

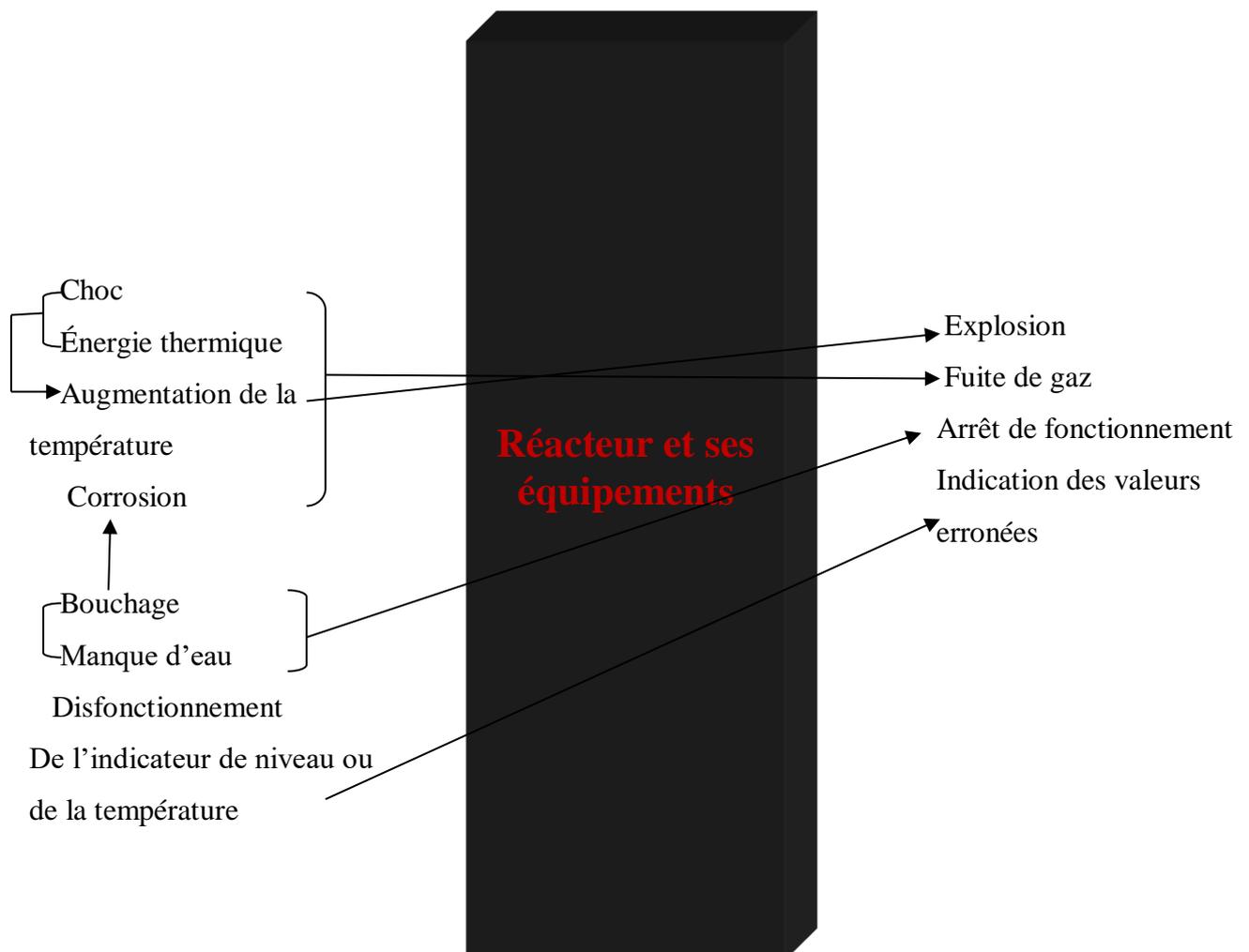
Environnement spécifique							
Dangers existants	Composant	Phase de vie	Evènements initiateurs		Evènements initiaux		Evènements principaux
			Externes	Internes	Liées au contenant	Liées au contenu	
C-1	Armoire électrique	EX	-Foudre	-Court-circuit	-Installation étant ancienne	-Câbles désordres et dénudés -Certains composants défectueux -Défaut de fonctionnement	-Feu électrique -Explosion
B-2	compresseur	Ex	-Séisme	-Projection de gaz. -Manutention -Etincelle	-Surchauffe du compresseur -contrainte thermique -Contrainte mécanique -Corrosion	-Gaz comprimé -Bruit -Corrosion	-Incendie
H-1	Magasin de stockage	Ex	-Choc -Etincelle	-Déversement de produit			-Incendie
H-1	Atelier de dioxyde de carbone	Ex		-Incidents dans l'atelier de dioxyde de carbone			-Incendie - explosion -déversement de dioxyde de carbone

H-1	Conditionnement de dioxyde de carbone	Ex	-Démarrage de camion plutôt que la fin de l'opération de dépotage	-Plus de pression dans le réservoir			-rupture la liaison de flexible -Eclatement de camion ou réservoir - déversement de produit
H-1	Magasin de nitrate	Ex	-Incendie -Présence d'un gaz combustible	-Fumée -présence de graisse -humidité			-Explosion de magasin
H-1	Atelier de l'oxyde éthylène	Ex	-incendie	-fuite		-Augmentation de la pression et de la température, et la concentration	- Explosion -dégagement de chaleur -Asphyxie
H-1	La route	Ex	-Collision sur route				-Accidents des camions et des chariots

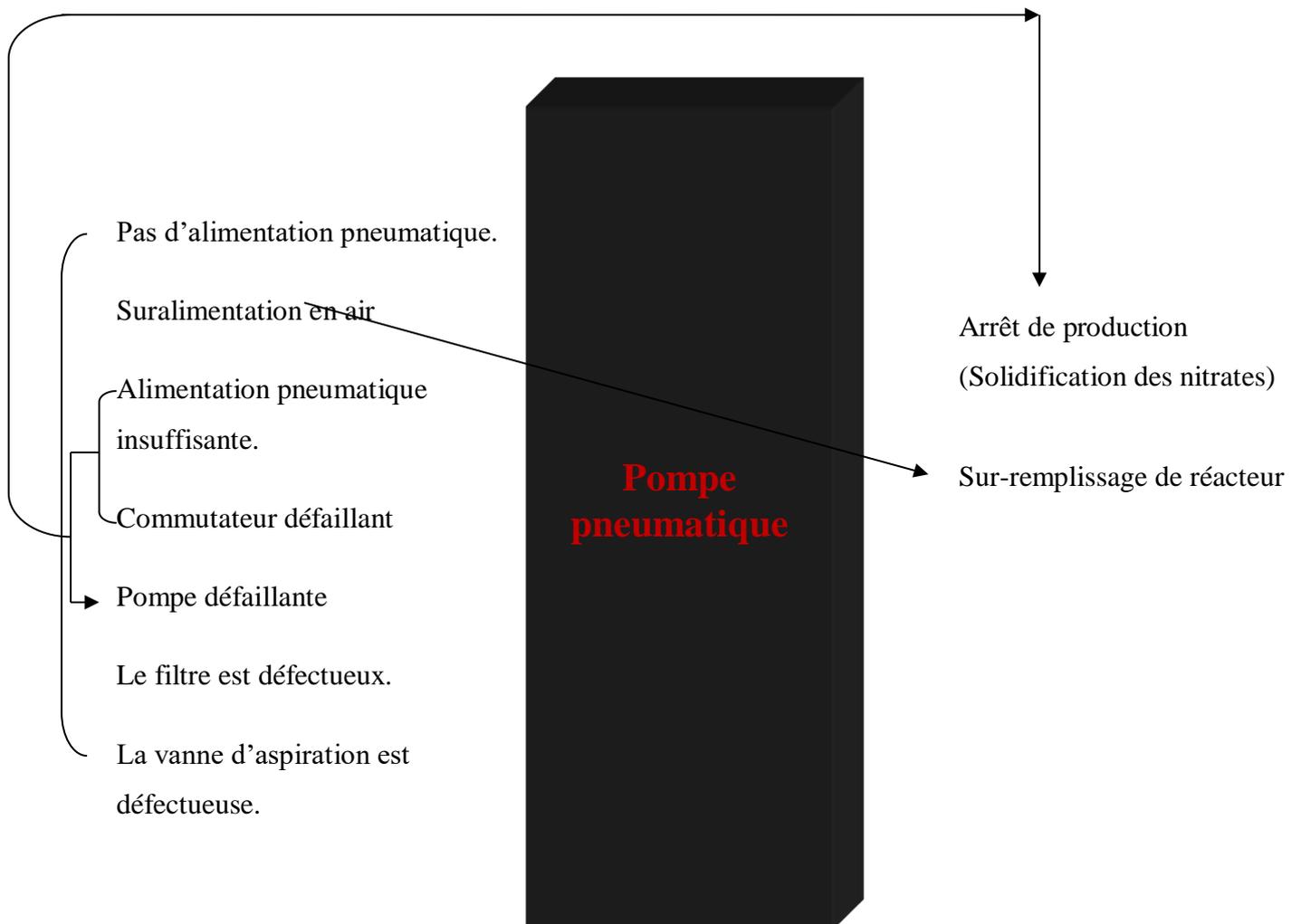
Tableau N°06 : Identification des sources de danger pour l'environnement spécifique

2^{ème} ETAPE : IDENTIFIER LES SCENARIOS DE DANGERS

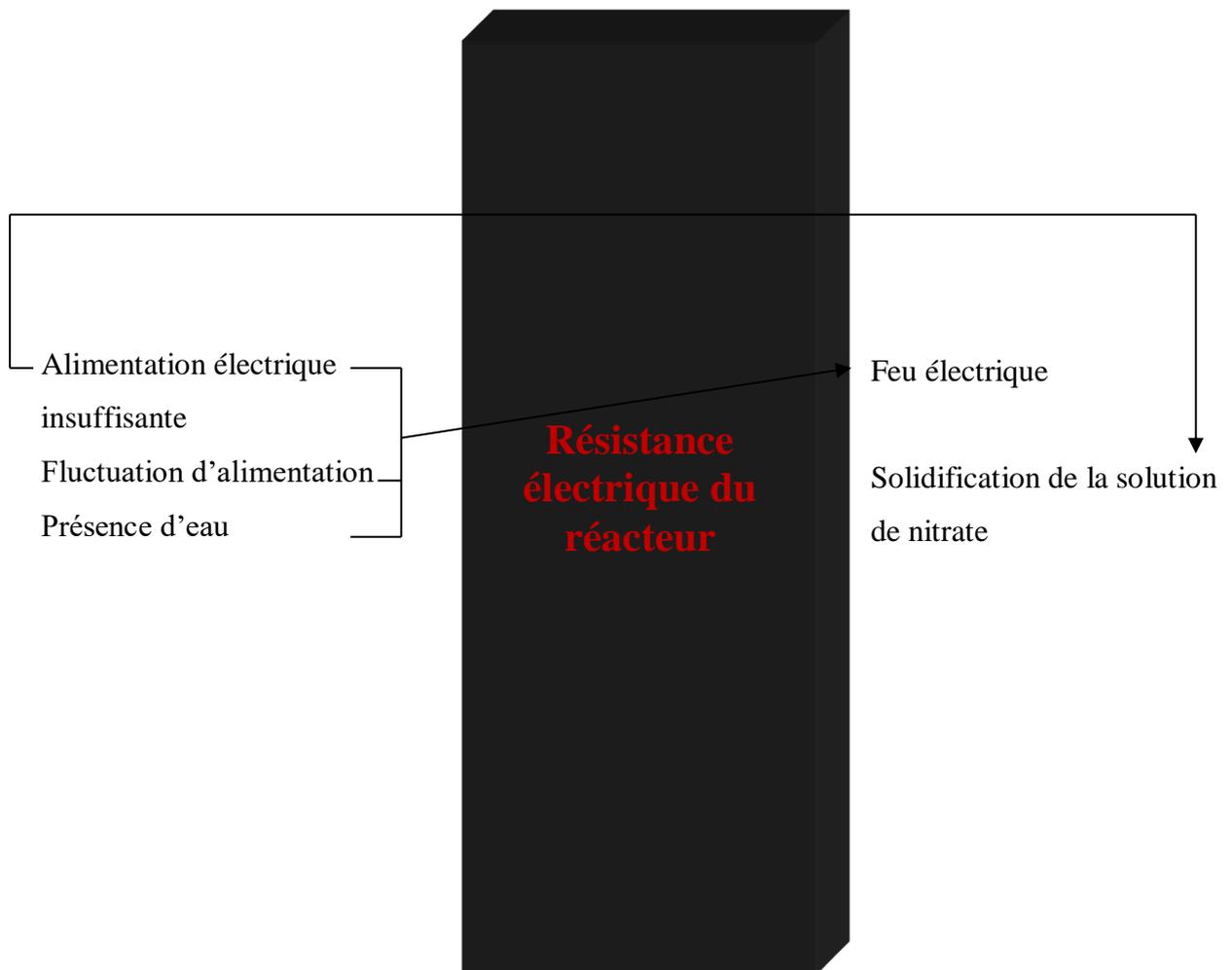
On met chaque sous-système sous forme d'une boîte noire, en reprenant chaque sous système dans les tableaux A on les représente sous forme de boîtes noires dont les entrées sont les événements initiateurs d'origine interne ou externe et les sorties sont les événements principaux.



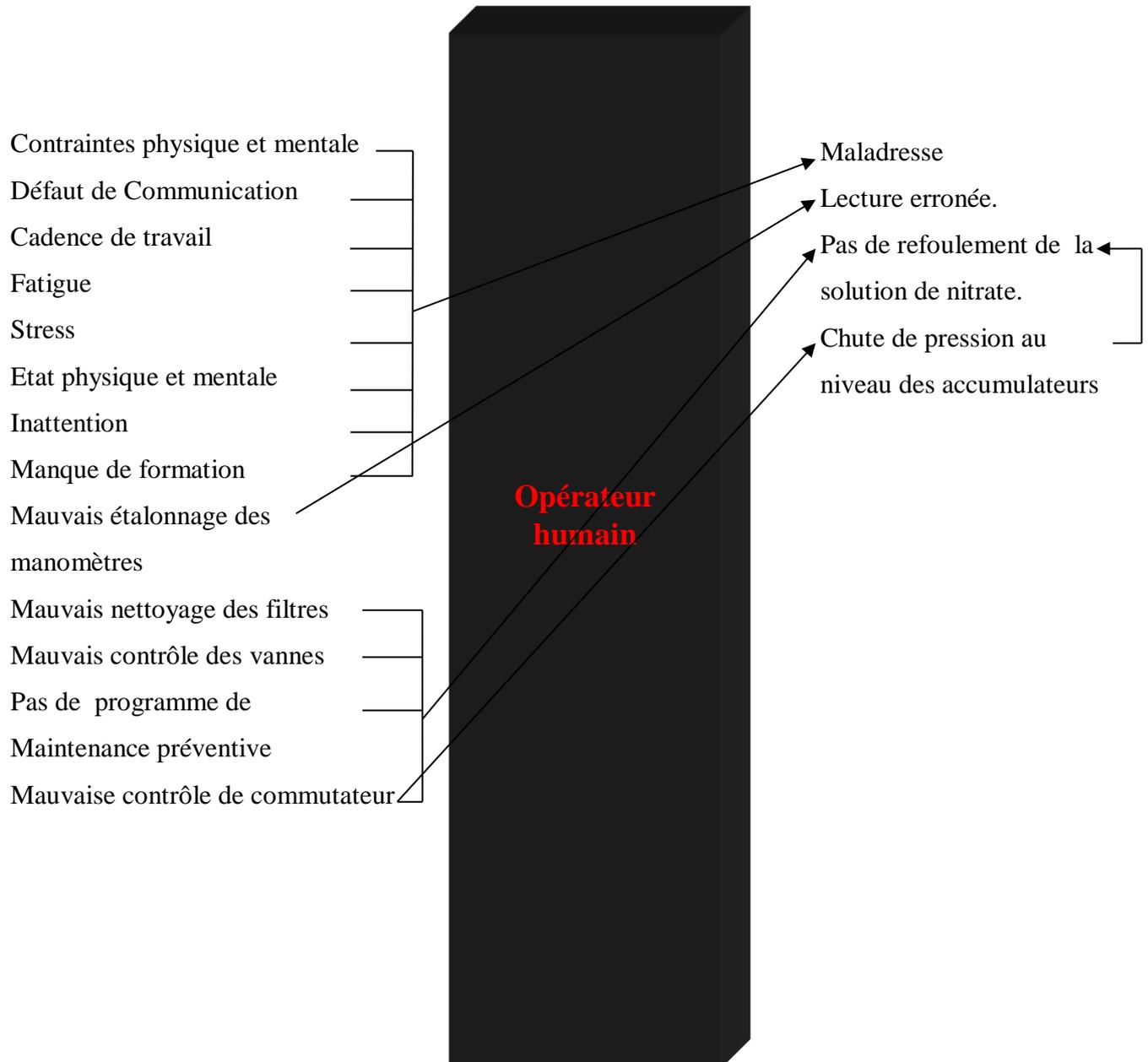
FigIV.20 : La boîte noire de réacteur et ses équipements



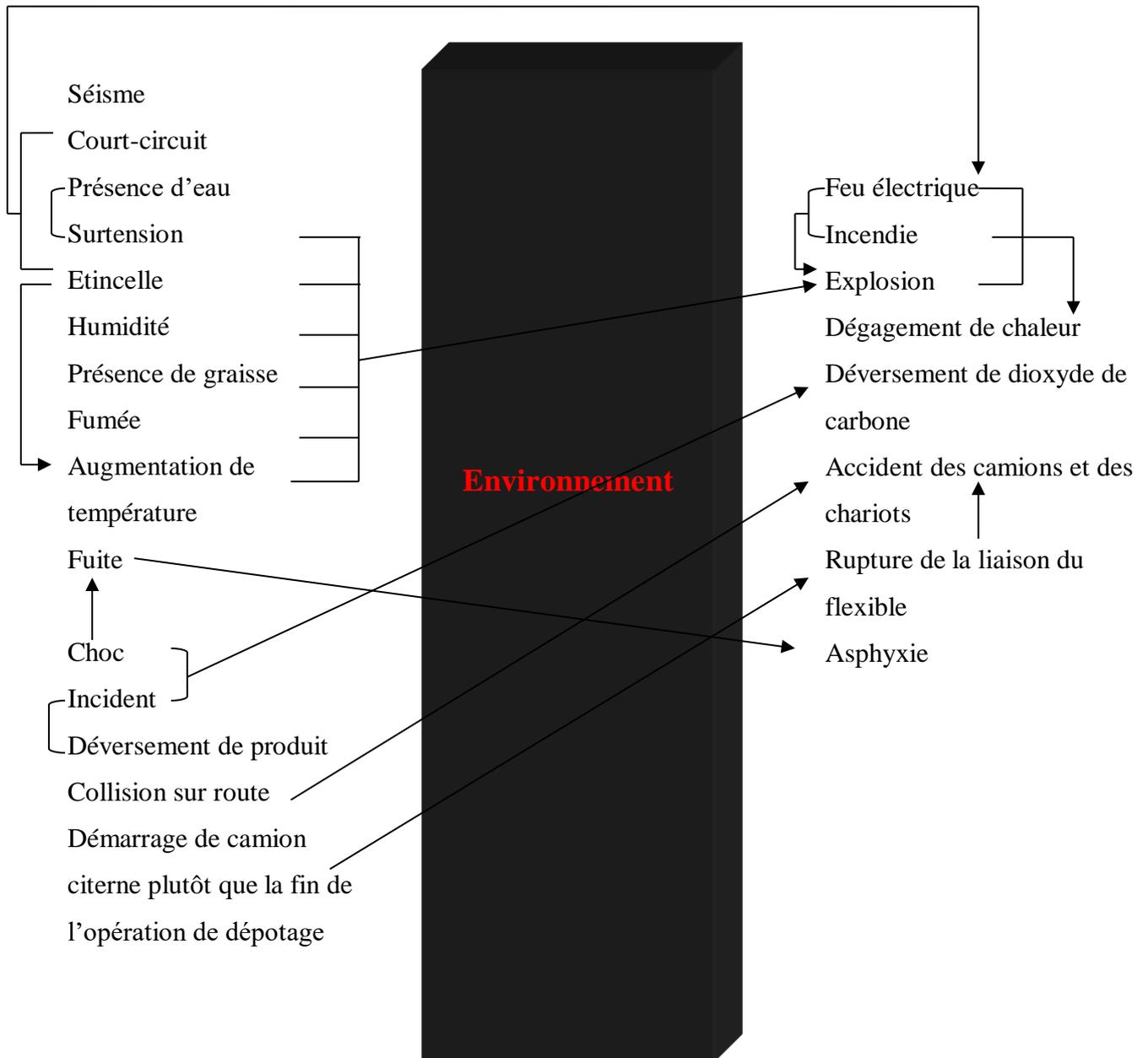
FigIV.21 : La boîte noire de pompe pneumatique



FigIV.22 : La boîte noire de résistance électrique du réacteur



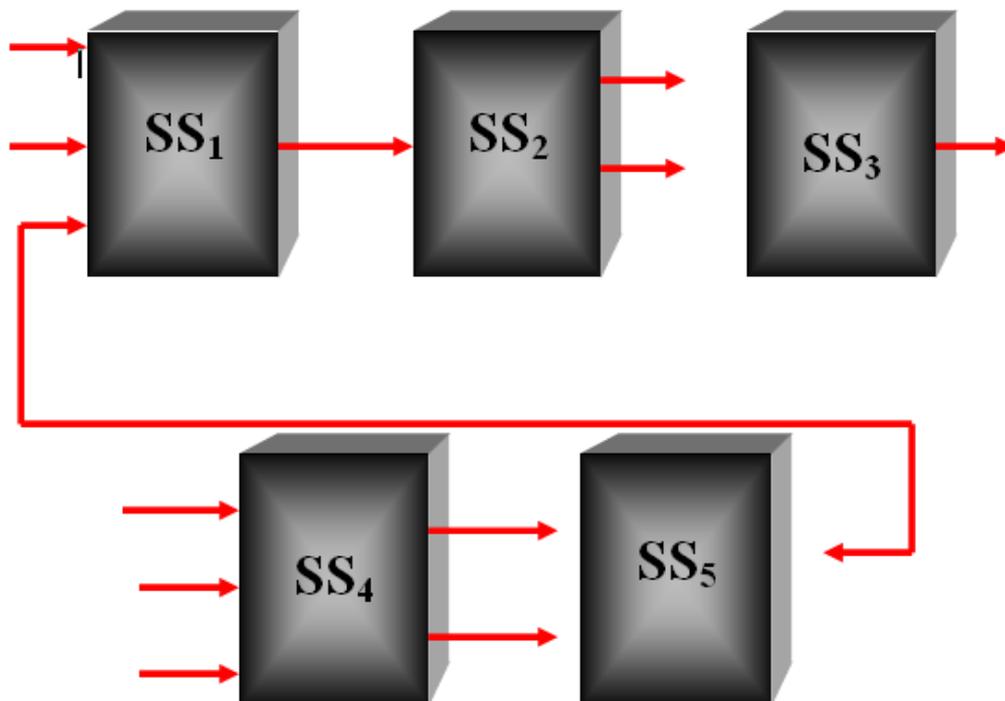
FigIV.23 : La boîte noire de l'opérateur humain



FigIV.24 : La boîte noire de l'environnement

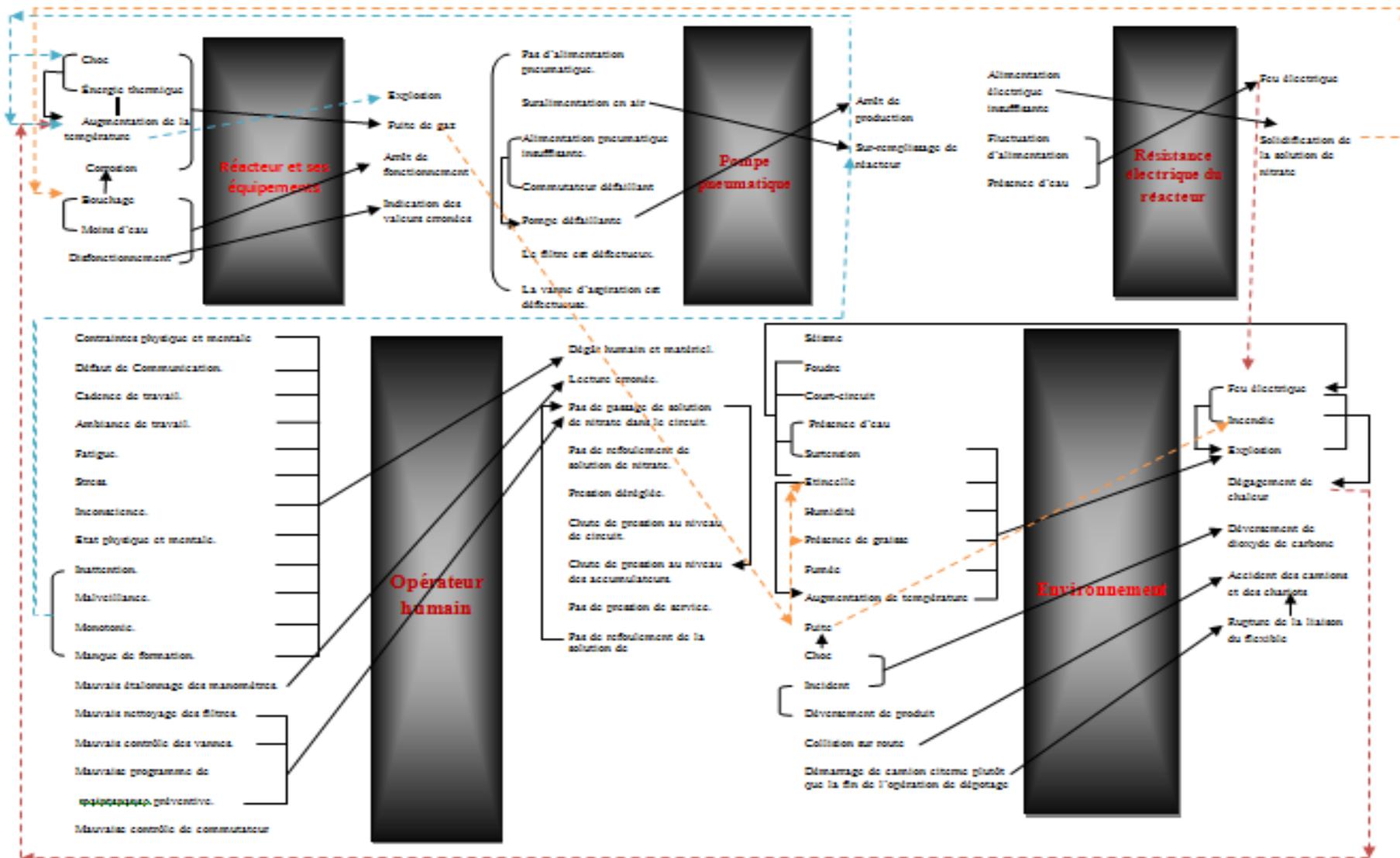
Génération de scénarios courts et de scénarios d'autodestruction

Il faut maintenant combiner les événements d'entrée entre eux (scénarios courts), les événements de sortie entre eux (scénarios courts) et identifier les retours en bouclage des événements de sortie et des événements d'entrée (Scénario d'autodestruction).

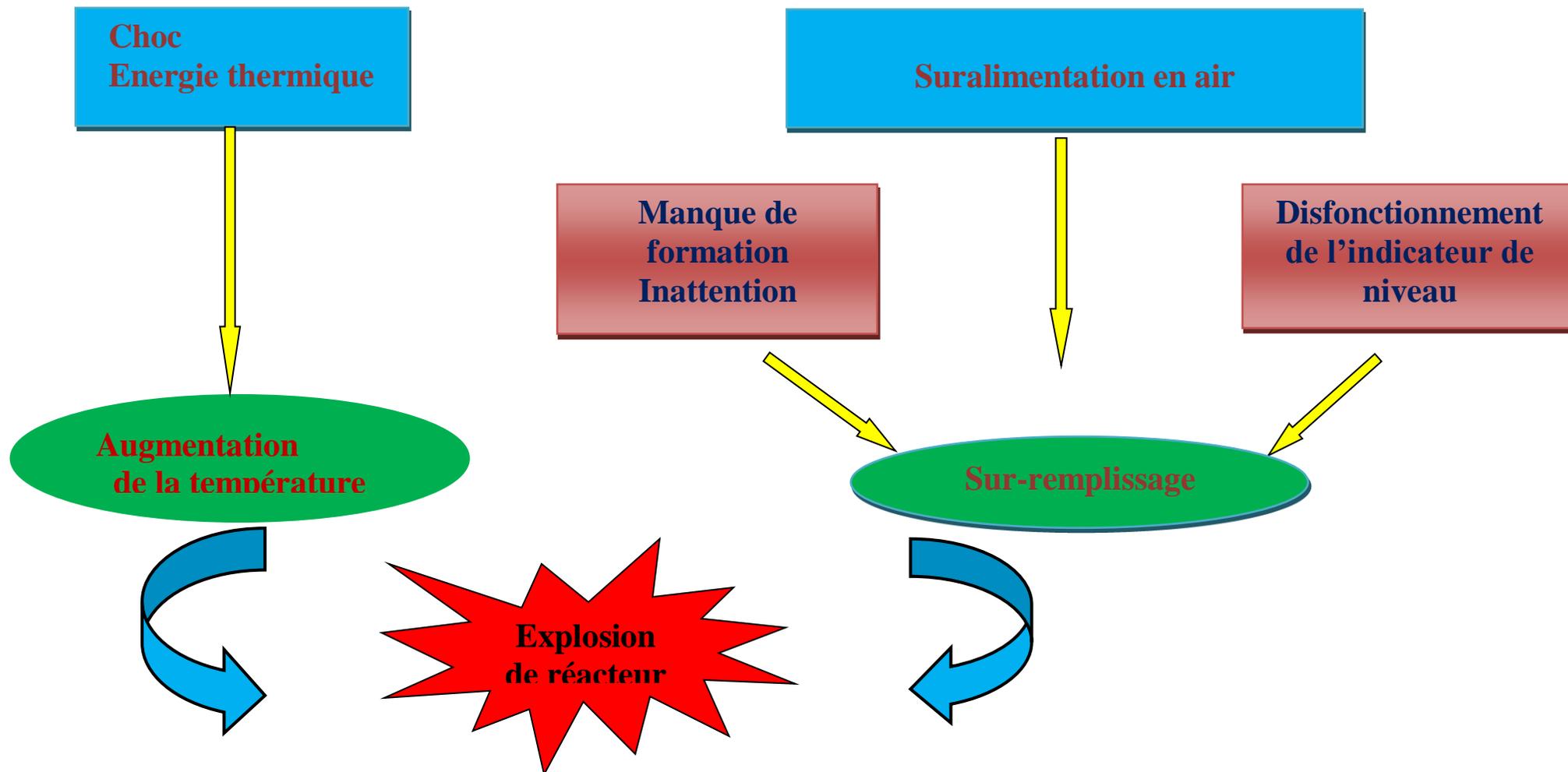


FigIV.25 : Génération des scénarios

A partir des scénarios longs et des scénarios courts on peut construire, en les concaténant (rassemblant) sur un même événement, un arbre logique qui est la première représentation des événements s'enchaînant pour générer un ENS.

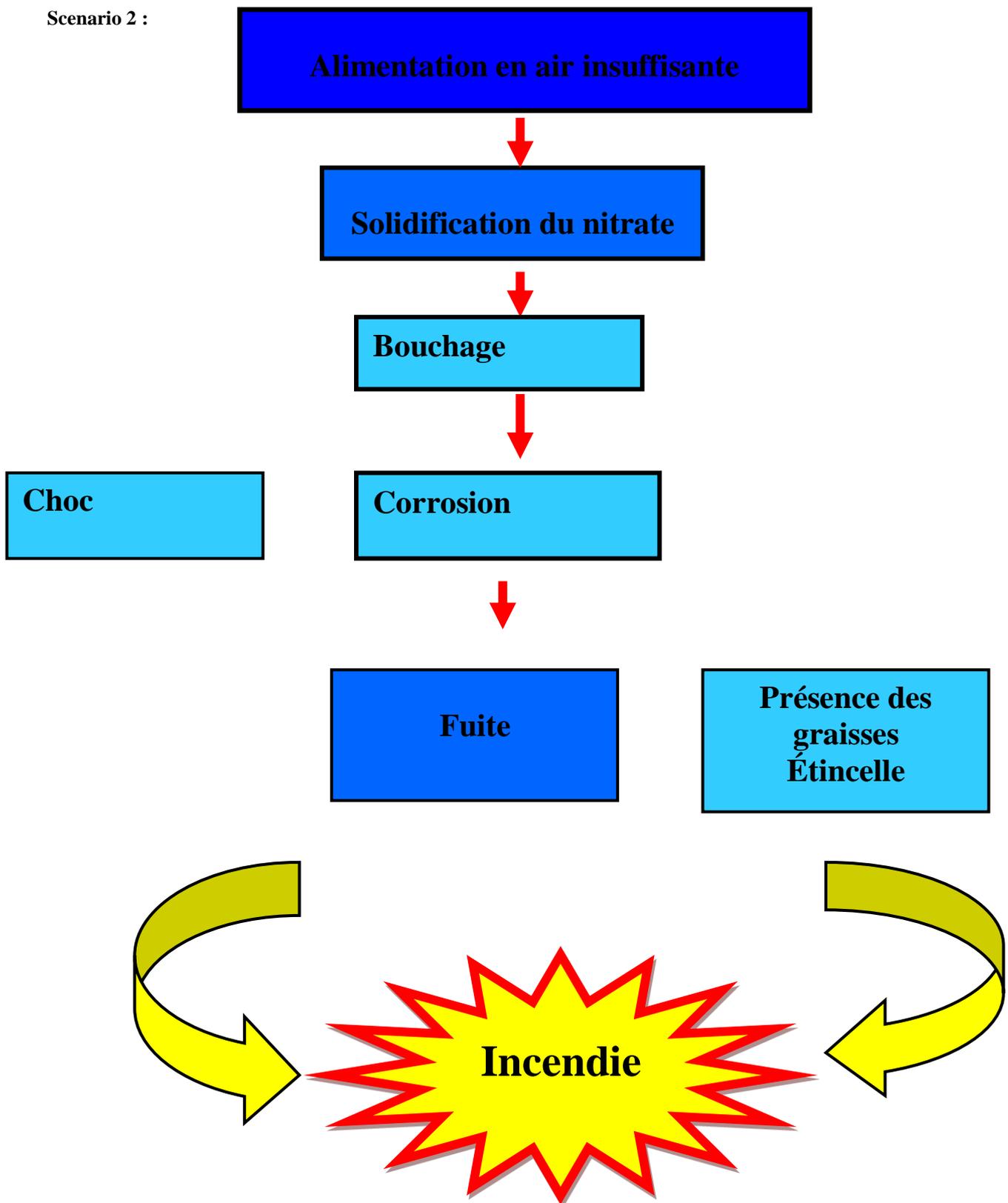


Scenario 1 :



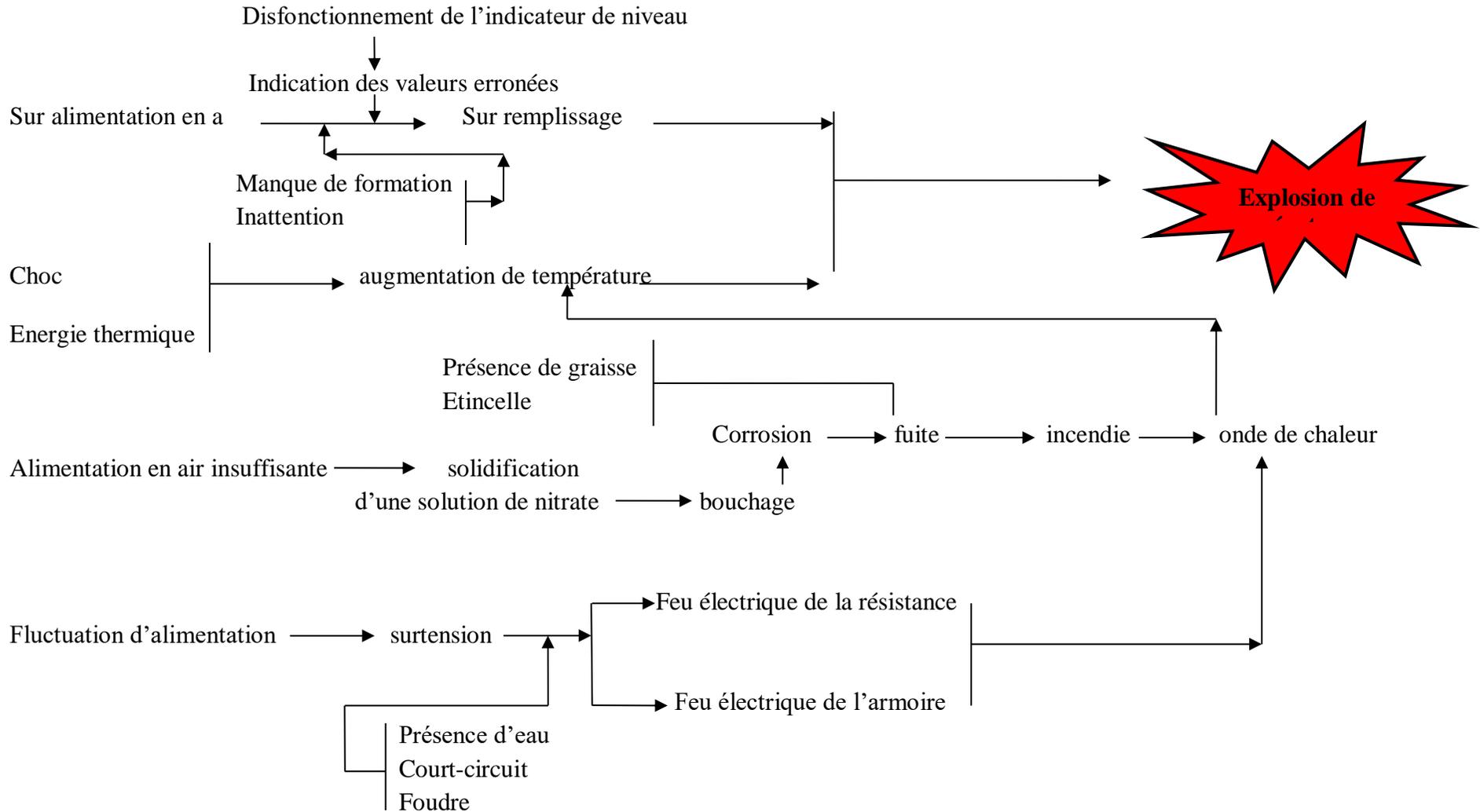
FigIV.26 : Scenario de l'explosion de réacteur

Scenario 2 :



FigIV.27 : Scenario de l'incendie

On obtient l'arbre logique suivant



3^{ème} Etape : Evaluation des scénarios de risques

L'étude de dangers doit évaluer :

- La probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux et accidents.
- La cinétique des phénomènes dangereux et accidents.
- L'intensité des effets des phénomènes dangereux.
- La gravité des conséquences potentielles des accidents.

Les conséquences de l'explosion et de l'incendie sur l'homme, l'environnement et sur les matériels doit être inspirée des guides de la littérature et des statistiques scientologiques

Donc on a d'après ces statistiques :

Environnement

Pollution majeur et durable externe au site (3000Kg de rejet par an)

La gravité dépend :**1 - l'ampleur du phénomène (Intensité)**

C'est la concentration du nuage toxique à un endroit précis :

Les effets	Toxique
Explosion	3%
Incendie	3%

2 - la vitesse du phénomène (Cinétique)

Le temps de nuage toxique qui va atteindre cet endroit est de 2 à 3 min

3 - la présence de cibles (Vulnérabilité)

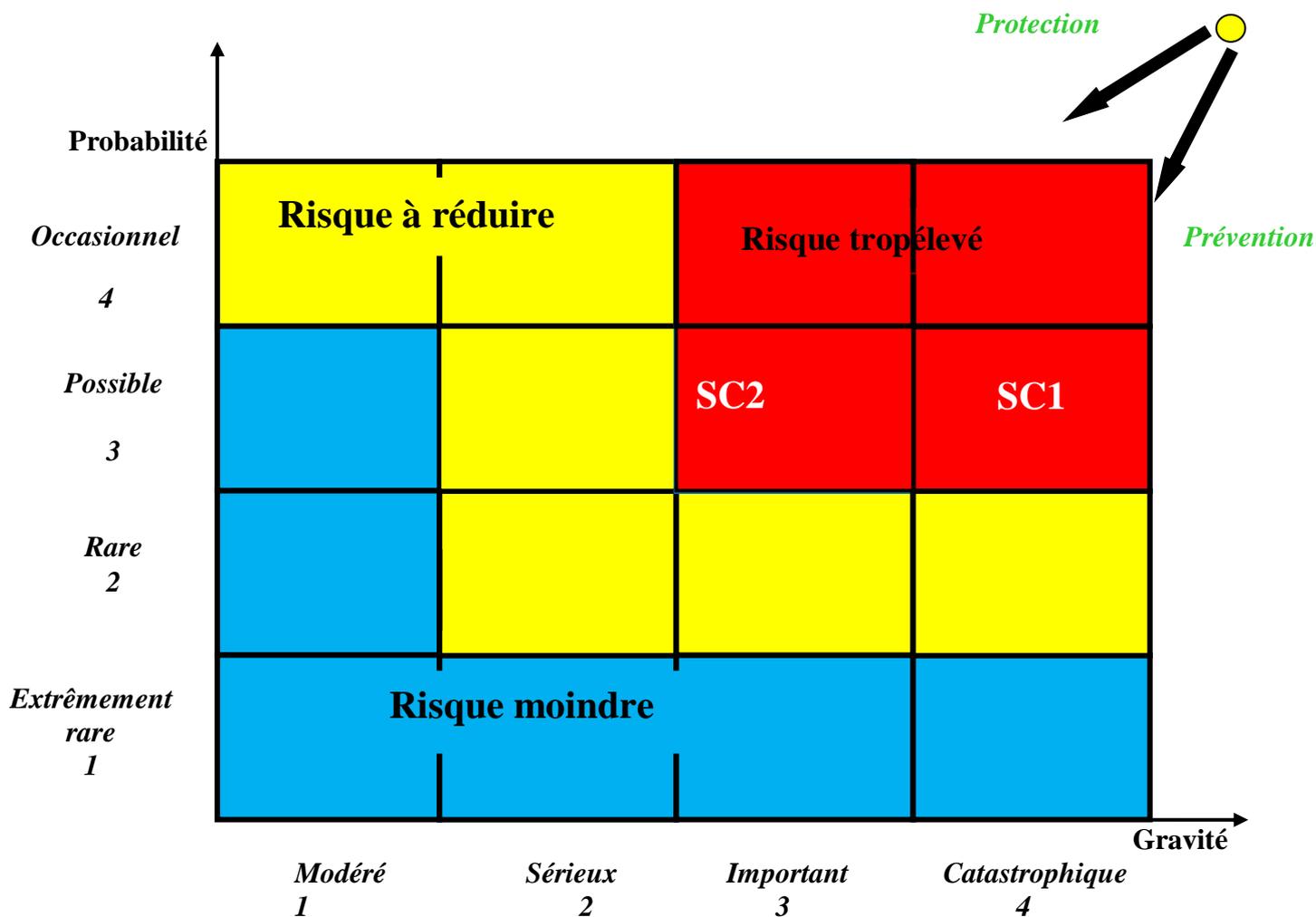
C'est les riverains qui seront exposés au nuage.

Le nombre de personnes qui seront effectivement présentes sur les zones d'effets est 6 d'après la revue des aspects et impacts environnementaux en cas de l'emballement de réacteur donc si le cas de l'explosion du réacteur plus de 137 personnes. Et pour l'incendie plus de 10 personnes exposées.

Echelle de fréquence ou de probabilité :

D'après les statistiques des accidents passés ; la fréquence est produit 1 cas par 10 an

Situation des scénarios dans les grilles GxP:



4^{ème} Etape : Négociation des objectifs et hiérarchisation des scénarios

La grille de criticité (matrice de risque) que nous avons tracé permet en groupe de définir les couples (probabilité/ gravité) correspondant à des risques jugé inacceptables.

L'objet de cet outil est bien entendu de mettre en lumière ces risques jugés inacceptables à fin d'envisager des actions prioritaires pour réduire leur probabilité ou leur gravité, donc on recherche les barrières possibles tout le long du scénario.

5^{ème} Etape : Définition des moyens de prévention et leur quantification

L'identification des barrières fait à l'aide d'un tableau qui facilite le travail et peut être construit en fonction du contexte, nommé le tableau B :

Tableau B

Scénario	1-1 conception	1-2 ventilation	2-1 Protection individuelle du personnel	2-2 surveillances médicales
SC ₁	<ul style="list-style-type: none"> - conception correcte de la pompe et réacteur (surface, hauteur, volume....) -revêtement anticorrosion -la mise à la terre 	<ul style="list-style-type: none"> -assurer une bonne ventilation du magasin de stockage 	EPI (ATEX) (combinaison, chaussures de sécurité, les gants)	
SC ₂	<ul style="list-style-type: none"> -revêtement thermique -la mise à la terre -Conception sure de la pompe 		EPI (combinaison, chaussures de sécurité, les gants)	

scénario	2-3 formations du personnel	2-4 identifications des facteurs d'ambiance	2-5 comportements humains	3-1 consignes
SC ₁	-Formation du personnel au risque d'incendie et d'explosion	-éclairage selon les normes	-perfectionnement	-Consigne en cas d'incendie -Formation du personnel pour le procédé de fabrication de protoxyde d'azote
SC ₂	-Formation du personnel au risque d'incendie		-perfectionnement	Consigne en cas d'incendie

scénario	3-2 contrôles et vérification technique	3-3 télésurveillances	3-4 maintenance	3-5 influences sur l'environnement
SC ₁	-vérification de débit d'air -contrôle de niveau de remplissage du réacteur -vérification de l'état de l'indicateur de niveau, des soupapes de sécurités, du manomètre et du thermomètre.	-indicateur de température différentielle -détecteur de gaz	maintenance préventive	effet de serre (fuite de protoxyde d'azote)
SC ₂	-vérification de l'état des câbles électriques -inspection périodique de l'armoire et de la résistance électrique -contrôle de magasin de stockage de nitrate d'ammonium	Détecteurs de flamme	maintenance préventive	

Tableau N°07 : Identification des barrières

Une fois les barrières définies, il faut s'assurer qu'elles ne présentent ou ne génèrent pas de risques, et il faut les qualifier dans le temps c'est-à-dire s'assurer leur pérennité. Pour cela on introduit chaque barrière dans le tableau B (baptisé alors tableau C)

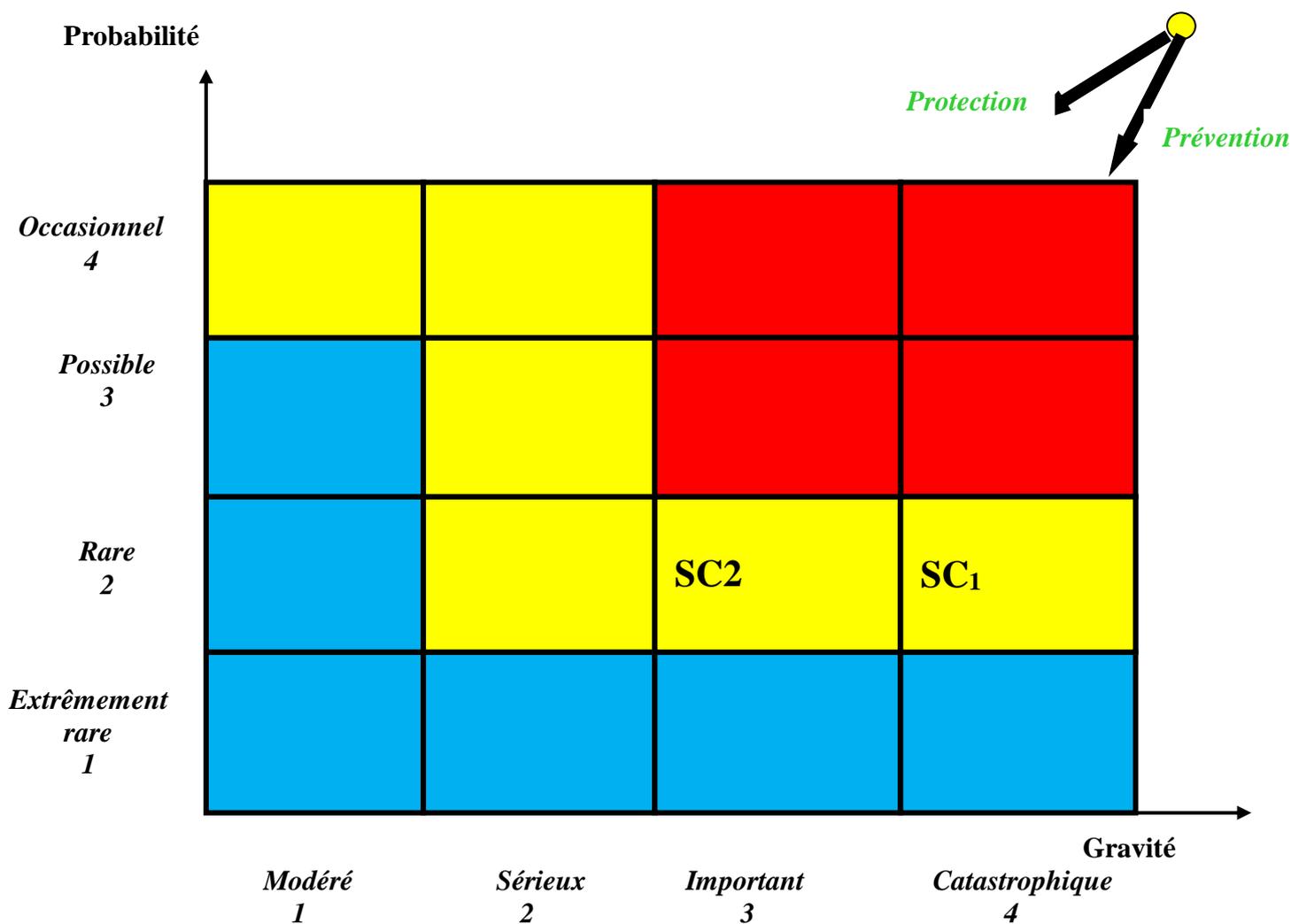
TABLEAU C					
Barrières de: 1-1 conception	Scénario	Type	Eléments de conception de ces barrières (grille 1)	Contrôles et vérifications techniques	Maintenance
revêtement anticorrosion	1	BT	Bonne résistance contre la corrosion	Vérification périodique de l'état de revêtement anticorrosion	Préventive
revêtement thermique	2	BT	Bonne isolation thermique	Vérification périodique de l'état de revêtement thermique	Préventive
Disque de rupture	1	BT	calcul de température	Vérification périodique du bon fonctionnement	Préventive
détecteur de gaz	1	BT	Seuil de détection	Vérification périodique du bon fonctionnement	Préventive
la mise à la terre	1, 2	BU	-Bonne continuité électrique -Résistance de terre adaptée	Vérification périodique de la résistance de terre	Préventive (corrosion)

Tableau N°08 : Qualification des barrières

Le tableau montre que la colonne conception, combinée à la grille 1 permet de vérifier que les barrières n'introduisent pas de nouveau risques et les autres colonnes permettent de les qualifier dans le temps

Avec ces barrières on a diminué la probabilité des deux scénarios.

Nouvelle situation des scénarios dans les grilles G x P:



CONCLUSION GENERALE

Le stage que nous avons effectué à l'entreprise LINDE GAS, nous a été d'une grande utilité sur le plan de la mise en application de nos connaissances théoriques acquises tout le long de notre formation.

En effet cette étude nous a permis d'approfondir nos connaissances théoriques on les appliquant dans l'industrie.

Pour l'étude fonctionnelle (l'étape la plus importante dans n'importe quelle étude du risque), nous avons utilisé la méthode MADS-MOSAR, qui nous a permis de comprendre le fonctionnement du système choisit ainsi que l'identification des fonctions principales, et détermination de toutes les déviations possibles du système, et enfin, un arbre logique de tout les événements a été établir de base conduisant à l'apparition de l'événement redouté (explosion et incendie)

Vu l'importance de réacteur, et de l'armoire électrique,... dans l'industrie de protoxyde d'azote, ces dernières une bonne maintenance est nécessaire, dans le but de les maintenir en bonne état de fonctionnement et d'augmenter le coefficient d'utilisation technique des équipements par l'augmentation de la qualité de réparation.

Une série de proposition est présentée dans les tableaux de l'APR afin de renforcer la prévention et de réduire le risque dans le système choisit.

Le manque des données des films d'interfaces entre les phases, a limité notre travail pour le calcul l'efficacité de système de refroidissement en cas d'emballement de réacteur.

De plus, nous avons constaté que la formation et l'inattention des opérateurs travaillant sur le système permettent d'augmenter d'une manière appréciable le niveau de sécurité du système.

Bibliographie

- Notice d'exploitation de l'atelier protoxyde d'azote 100 KG/H
- Plan de sureté interne ,2010
- Les documents d'évaluation des risques de LINDE GAS
- Mémoire de fin de formation superviseur HSE« Evaluation et prévention des risques professionnels LINDE GAS Algérie»
- Site internet :
 - [http://www.univ-brest.fr/departement chimie/menu/ACCUEIL/annuaire/liquifacteur_d_azote](http://www.univ-brest.fr/departement_chimie/menu/ACCUEIL/annuaire/liquifacteur_d_azote)
 - INRS

ANNEXE

ANNEXE 01 :

LEGISLATION ALGERIENNE

- Décret exécutif N° 84-206 du 03 mars 1984 ; relatif à l'administration des zones industrielles
- Arrêté interministériel du 05 mars 1984 ; portant cahier des charges – type relatif à l'administration des zones industrielles
- Décret N°84-105 du 12 mai 1984 portant institution d'un périmètre de protection des installations et infrastructures
- Ordonnance N 76-4 du 20 février 1976 relative aux règles applicables en matière de sécurité contre les risques d'incendie et panique et à la création de commission de prévention et protection civile
- Décret Exécutif N° 84-358 du 22 décembre 1948 ; fixant les mesures destinées à protéger les installations, ouvrage et moyens.
- Décret Exécutif N° 84-386 du 22 décembre 1948 ; portant création de la commission nationale de classification des points sensibles et fixant ses missions.
- Décret exécutif N°85-231 du 25 aout 1985 ; fixant les conditions et les modalités d'organisation et de mise en œuvre des interventions et secoures en cas de catastrophes.
- Décret exécutif N°85-232 du 25 aout 1985 ; relatif à la prévention des risques et des catastrophes.
- Loi 88-07 du 26/01/1988 : relative à l'hygiène, la sécurité et la médecine de travail.
- Décret Exécutif N° 90-245 du 18 aout 1990 : portant réglementation des appareils à pression de gaz
- Décret exécutif N° 90-246 du 18 aout 1990 ; portant réglementation des appareils à pression de vapeur.
- Décret exécutif N° 91-05 du 19 janvier 1991 ; relative aux prescriptions générales de protection applicables en matière d'hygiène et de sécurité en milieu de travail.
- Décret exécutif N° 93-120 du 15 mai 1993 ; relatif à l'organisation de la médecine de travail

- Arrête interministériel du 02 mars 1996 ; fixant les mesures sécuritaires régissant l'importation, la fabrication, la détention, et le transport et la commercialisation du nitrate d'ammonium et des bouteilles de propane et de gaz industriels.
- Décret exécutif N° 98-339 du 03 novembre 1998 ; définissant la réglementation applicables aux installations classées et fixant leur nomenclature.
- Décret exécutif N°02-427 du 07 décembre 2002 ; relatif à l'obligation de la formation des travailleurs dans le domaine de la prévention des risques professionnels
- Décret Exécutif N°03-451 du 08 décembre 2003 ; définissant les règles de sécurité applicables aux activités portant sur les matières et produits chimiques dangereux ainsi que les récipients de gaz sous pression.
- Loi 04-20 du 25 décembre 2004 ; relative à la prévention des risques majeures et la gestion des risques dans le cadre de développement durable.
- Décret exécutif N° 05-09 du 08 janvier 2005 ; relatif aux commissions paritaires et aux préposés à l'hygiène et à la sécurité

Annexe 02 :

A - Systèmes sources de dangers d'origine mécanique

A - 1 - systèmes sous pression

- de gaz ou vapeur
- hydraulique

A - 3 - systèmes en mouvement

- solide
- liquides
- gaz

B - Systèmes sources de danger d'origine chimique (produits utilisés, produits de réaction, contacts avec matériaux)

B - 1 - systèmes sources de réactions chimiques

B - 2 - systèmes sources d'explosions

- en milieu condensé
- en phase gazeuse

B - 3 - systèmes sources de toxicité et d'agressivité

C - Systèmes sources de danger d'origine électrique

C - 1 - système mettant en œuvre de l'électricité à courant continu ou alternatif

C - 2 - systèmes sources d'électricité statique

F - systèmes sources de danger de nature biologique

F - 5 - systèmes sources de danger liés au comportement humain

H - systèmes sources de danger liés à l'environnement Actif

h - 1 - systèmes sources de danger liés à l'environnement actif artificiel

- modes de transports
- installations industrielles
- barrages

ANNEX 03 :

1- ECHELLE DE GRAVITE

<i>Niveau de gravité</i>	personnes	Pollution
4. Désastreux	Interne : nombreux décès Externe : plusieurs décès	Pollution majeure et durable externe au site et /ou pertes importantes de vies aquatiques
3. Catastrophique	Interne : plusieurs décès Externe : un décès-nombreux dommage corporel	Pollution importante externe au site avec conséquences environnementales réversibles
2. Important	Interne : effet léthal sur une personne et plusieurs invalidités permanentes Externe : effets irréversibles	Pollution significative externe au site- Evacuation des personnes
1. Sérieux	Interne : effets irréversibles Externe : effets réversibles	Pollution modérée limitée au site

2- SEUIL DES EFFETS SUR L'HOMME

Seuil des effets sur l'homme	thermiques	toxique	surpression
LETAUX SIGNIFICATIFS (SELS)	8 KW/m² ou (1800KW/m²)^{4/3}.s	CL5%	200mbar
LETAUX (SEL)	5 KW/m² ou (1000KW/m²)^{4/3}.s	CL1%	140 mbar
IRREVERSIBLES (SEI)	3 KW/m² ou (600KW/m²)^{4/3}.s	SEI	50 mbar
INDIRECTS (BRIS DE VITRES)			20 mbar

3- ZONES D'EFFETS



	Létaux significatifs (SELS)	Létaux significatifs (SEL)	Irréversibles (SEI)
CATASTROPHIQUE	1 à 10	10 à 100	100 à 1000
IMPORTANTE	1	1 à 10	10 à 100
SERIEUSE	0	1	1 à 10
MODEREE	0	0	< 1

4- ECHELLE DE FREQUENCE OU DE PROBABILITE

Niveau de probabilité	types	description	Fréquences des causes
4	occasionnel	Susceptible de se produire fréquemment 1 cas/an à plusieurs cas/an	$\Lambda \geq 1$
3	possible	Susceptible de se produire plusieurs fois dans la vie de l'installation et/ou s'est déjà produit dans une installation similaire Moins d'1 cas/an à 1 cas tous les 10 ans	$10^{-1} \leq \Lambda > 1$
2	rare	Susceptible de se produire dans la vie de l'installation Moins d'un cas tous les 10 ans	$10^{-2} \leq \Lambda > 10^{-1}$
1	Extrêmement rare	Susceptible de se produire au cours de la vie de l'installation mais pas impossible	$10^{-5} \leq \Lambda > 10^{-2}$

