



**Mémoire de master en QHSE-GRI**

Intitulé

**L'UTILISATION DE L'ARBRE D'EVENEMENT DANS  
LA DETERMINATION DES CONSEQUENCES :  
CAS DE LA CIMENTERIE DE M'SILA**

Etudié par : **Mr. Amine Hichem LEFKIR**

Proposé par : **Mr. M. Chergui**

Encadré par : **Mme. O. HAOUCHINE**

**Mr. A. BENMOKHTAR**

**Manager (LAFARGE)**

**Maître de conférences B ENP**

**Maître-Assistant ENP**

Promotion Juin 2015

# DÉDICACE

A mes parents,

A ma grand-mère,

Et à tous ceux que je garde dans mon cœur.

## REMERCIEMENTS

Le présent rapport n'aurait pas pu voir le jour sans la contribution de nombreuses personnes à qui j'aimerais adresser mes vifs remerciements :

A Mr Chergui M. « Manager HSE pays » à LAFARGE Algérie pour m'avoir donné la chance d'effectuer mon projet au sein de LAFARGE et m'avoir accompagné tout le long de son déroulement.

A Mme Haouchine, O. Maître de conférences à l'ENP et à Mr Benmokhtar, A. Maître-Assistant à l'ENP pour leur disponibilité, leur présence et leurs conseils qui ont contribué à l'exceptionnel encadrement dont j'ai eu l'occasion de bénéficier.

A Mme HARIK, D. Professeur à l'ENP, en qualité de présidente du jury, Mr Namane, A. Maître de conférences à l'ENP et Mr Kertous, A. Maître-Assistant à l'ENP en tant qu'examineurs pour l'effort prodigué afin de corriger et d'apporter la touche finale au projet.

Je remercie également les employés de l'usine de M'Sila qui ont contribué de près ou de loin à mon intégration au niveau de l'usine et à la réalisation de ce projet.

Je tiens aussi à adresser mes remerciements les plus sincères à toute l'équipe pédagogique qui nous a accompagnés tout au long de notre formation à l'École Nationale Polytechnique pour la qualité d'enseignement prodigué et l'engagement dont ils ont fait preuve.

Et enfin, j'adresse mes remerciements à l'ensemble du personnel de l'École Nationale Polytechnique pour leur aide, leur sympathie et le travail qu'ils fournissent chaque jour pour que l'on puisse étudier dans les meilleures conditions.

## ملخص

متجذر هذا العمل في المقام الأول على ضرورة ترسيم العواقب المحتملة الحدث غير مرغوب فيها . لهذا ، تم تطبيق طريقة شجرة الحدث ل أحداث غير مرغوب فيها في مصنع مسيلة . ساعد هذا، الخروج بخمسة سيناريوهات حوادث رئيسية التي تصف تسلسل الأحداث في مرافق مصنع أسمنت المسيلة.

**الكلمات الأساسية:** أشجار الحدث ، حدث غير مرغوب فيه ،الاسمنت.

## Résumé

Le présent travail trouve son origine principalement dans le besoin de délimitation des conséquences que pourrait avoir un événement non souhaité. Pour cela, la méthode des arbres d'événements a été appliquée sur des événements redoutés au niveau de l'usine de M'Sila. Cela a permis de ressortir avec cinq scénarios d'accidents majeurs décrivant l'enchaînement d'évènements au niveau des installations de la cimenterie de M'Sila.

**Mots-clés :** Arbres d'évènement, évènement non souhaité, cimenterie, accident majeur.

## Abstract

This work is rooted primarily in the need for delineation of potential consequences of undesired events. For this, the event tree method was applied to unwanted events at the plant M'Sila. This helped out with five major accident scenarios describing the sequence of events at the facilities of the M'Sila's cement plant.

**Keywords:** event trees, undesired event, cement, major accident.

# TABLE DES MATIÈRES

<b>LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX .....</b>	<b>V</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE 1 ARBRE DES EVENEMENTS.....</b>	<b>2</b>
1.1 Principes, caractéristiques et Objectifs .....	2
1.2 Construction de l'arbre d'événement .....	3
1.2.1 Point de départ et points d'arrivée .....	3
1.2.2 Cheminement.....	4
1.2.3 Probabilités .....	6
1.3 Exploitation de l'arbre d'événement .....	6
1.3.1 Approche qualitative.....	6
1.3.2 Approche quantitative.....	7
<b>CHAPITRE 2 Identification des évènements non souhaités.....</b>	<b>9</b>
2.1 L'Analyse Préliminaire des Risques (APR) .....	9
2.1.1 Identification des systèmes .....	9
2.1.2 Déploiement de l'analyse .....	9
2.1 Événements non souhaités retenus .....	12
<b>CHAPITRE 3 Application de l'arbre d'évènements .....</b>	<b>14</b>
3.1 Arbres d'évènements initiaux .....	14
3.1.1 ENS-I.....	14
3.1.2 ENS-II.....	15
3.2 Arbres d'événement hypothétiques .....	18
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>21</b>
<b>RÉFÉRENCES .....</b>	<b>22</b>

## LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Figure 1-1 : Exemple d'AD sans quantification .....	7
Figure 1-2 : Exemple d'AD avec quantification .....	8
Figure 2-1 : Déroulement de la méthode APR .....	10
Figure 3-1 : Arbre d'événement initial pour l'ENS-I.....	16
Figure 3-2 : Arbre d'événement initial pour l'ENS-I.....	17
Figure 3-3 : AE hypothétique de l'ENS-I .....	19
Figure 3-4 : AE hypothétique de l'ENS-II .....	20
Tableau 1-1 : Découpage du système N°1.....	18
Tableau 1-2 : Découpage du système N°2.....	19
Tableau 2-3 : Évènements non souhaités retenus.....	13

# INTRODUCTION

Le risque est une notion complexe, souvent explicitée sous la forme du couple probabilité et gravité. Dans de nombreux secteurs d'activité, tels que l'aéronautique, l'industrie chimique, l'industrie pétrolière, le nucléaire, il est nécessaire d'évaluer les risques afin de pouvoir se prononcer sur leurs acceptabilités.

Depuis une trentaine d'années, la succession d'accidents significatifs en termes de dommages matériels et humains, majoritairement liés à l'expansion de l'activité industrielle vient mettre en lumière la question primordiale de la sécurité et de la capacité à anticiper les scénarios de catastrophes.

Pour cela, nous avons adopté la méthode de l'arbre des événements pour faire ressortir les éventuelles conséquences découlant d'évènements non souhaités au niveau de la cimenterie de M'Sila. Cela s'avère d'autant plus pertinent pour l'adoption de mesures de protection et d'intervention adaptées lors du déroulement d'accidents plausibles.

Dans le déroulement de notre travail, nous nous sommes appuyés sur l'identification des évènements redoutés à travers une analyse des risques, pour pouvoir développer l'arbre d'évènement des évènements redouté préalablement identifiés.

## CHAPITRE 1 ARBRE DES EVENEMENTS

L'arbre d'évènements (AE) matérialise une démarche naturelle que chacun pratique de façon moins formalisée : « si tel événement arrive, que se passet-il ? », « ça dépend si... », Etc. Contrairement aux arbres de défaillance (AD) un arbre d'événement reste généralement assez simple et, si des logiciels peuvent aider à le présenter correctement et à faire les calculs, ils peuvent être traités « à la main ».

### 1.1 Principes, caractéristiques et Objectifs

L'arbre d'événement suit le cheminement logique inverse des précédents: il vise à représenter les différentes conséquences auxquelles peut conduire un événement initiateur en fonction des conditions dans lesquelles il se produit.

Le point de départ est donc un événement initiateur. Généralement, on étudie une déviation ou une agression : une défaillance d'un composant ou d'un sous-système, une action humaine non prescrite (erreur, utilisation abusive, agression, sabotage...) ou une agression de l'environnement (foudre, champ électromagnétique, choc, gel, tremblement de terre, etc.).

On ne peut produire d'arbre d'événement que pour un système bien connu et dont la réponse à ces agressions a été prévue. L'arbre d'événement n'est pas une méthode d'investigation pour deviner, tester, découvrir les réactions d'un système aux agressions. C'est une méthode de représentation des chemins qui peuvent conduire d'une agression aux fonctionnements prévus en pareils cas (nominaux ou dégradés) ou à des fonctionnements non prévus (accidents). La logique de l'arbre est de se demander ce qui doit se passer et d'envisager que ça se produise ou que ça ne se produise pas.

L'objectif est de bien prendre en compte les divers éléments qui influent sur le cours des choses à partir d'un événement initiateur (une panne, une erreur, une agression en général). Si on sait chiffrer la probabilité des divers événements ou conditions qui rentrent en ligne de compte, on pourra aussi évaluer les probabilités respectives des diverses conséquences trouvées [1].

## 1.2 Construction de l'arbre d'événement

L'arbre d'évènement part d'un événement redouté et aboutit à la fin aux conséquences de cet événement en adoptant une démarche qui obéit à certaines règles pour l'obtention de résultats cohérents.

### 1.2.1 Point de départ et points d'arrivée

Le point de départ est donc l'événement initial. Il faut aussi avoir une idée de la précision des conséquences qu'il faut atteindre.

On se demande alors ce qui doit se produire en premier lieu et l'on trace les deux branches de l'alternative : cet événement se produit ou ne se produit pas. La logique du développement d'un arbre d'événement est à chaque étape de répondre à la question « que se passe-t-il si... ? ». Il y a arbre parce qu'en général on répond « ça dépend : si..., alors... sinon..., alors... ». C'est cette alternative qui se traduit par un embranchement. C'est là que l'objectif en termes de finesse du niveau de conséquences intervient [1]:

- On peut avoir un objectif limité aux questions de sécurité : possibilité d'accident grave (explosion par exemple) ou non ? ;
- ou bien un objectif un peu plus détaillé : possibilité d'accident grave, production dégradée, production nominale et sans accident ;
- ou bien un objectif beaucoup plus détaillé : possibilité d'accident grave, possibilité d'accident bénin, arrêt de la production, perte de plus de 80 % de la production, perte de 30 à 80 % de la production, perte de production inférieure à 30%, retard supérieur à la journée, retard inférieur à la journée, production nominale, par exemple.

Au moment de répondre à une question comme « donc, si le disjoncteur d'alimentation générale est hors service et que nous ne recevons plus l'électricité du réseau EDF, que se passe-t-il ? », il est essentiel d'être clairs et en accord sur l'objectif poursuivi.

On peut imaginer que dans le premier cas (objectif sécurité binaire), il y ait une réponse unique (pas d'alternative), que dans le deuxième cas (objectif sécurité et production ternaire),

il y ait une alternative à créer (démarrage du groupe électrogène par exemple) et que, pour atteindre le troisième objectif (multi-niveaux), il faille enchaîner plusieurs alternatives prenant en compte divers dispositifs, les temps de démarrage des secours, etc.

Le « ça dépend » de la réponse-type à la question-type de la construction d'un arbre d'événement est conditionné par la précision recherchée dans les conséquences.

### **1.2.2 Cheminement**

Après avoir posée une alternative, on réitère la question pour chaque branche de l'alternative. On développe ainsi les branches jusqu'à arriver aux conséquences.

Traditionnellement, l'événement initial est à gauche et l'arbre se développe de la gauche vers la droite et la branche supérieure de chaque alternative représente le fonctionnement souhaité et la branche inférieure le fonctionnement non souhaité.

A priori l'arbre peut avoir un développement parfaitement symétrique : le fonctionnement et le non-fonctionnement du dispositif considéré en deuxième rang doivent l'un et l'autre être considérés dans chacune des branches de la première alternative (fonctionnement/non-fonctionnement du dispositif considéré en premier rang) et ainsi de suite.

En général, certaines branches ne demandent pas à être développées parce que les conséquences (bonnes ou mauvaises) ne dépendent plus du bon ou mauvais fonctionnement d'autres dispositifs.

Cela se produit dans deux cas de figures :

- Le fonctionnement d'un dispositif suffit à écarter les conséquences négatives visées par l'étude (explosion par exemple) quels que soient les comportements des autres dispositifs ;
- le non-fonctionnement du dispositif considéré à un certain niveau suffit à déterminer les conséquences négatives recherchées (arrêt de production par exemple) quels que soient les comportements des autres dispositifs.

Le premier cas est celui d'un système de sécurité sain : les conséquences sur lesquelles on s'interroge sont des accidents. Le système est conçu pour les éviter et le fonctionnement d'un système de sécurité doit suffire à écarter les conséquences les plus graves, c'est-à-dire qu'il faudrait cumuler le non-fonctionnement de tous les systèmes de sécurité pour avoir l'accident. Le second cas est celui, fréquent, où les conséquences sont acceptables et où elles peuvent donc résulter d'une seule défaillance. Un arbre d'événement peut combiner les deux cas dans la mesure où on envisage une certaine finesse dans la gradation des conséquences possibles de l'événement initial [1].

Les hésitations dans la construction d'un arbre d'événement portent sur les événements qu'il faut considérer pour créer les fourches et l'ordre dans lequel il faut les prendre. La liste des événements pris en compte est déterminante pour la valeur des conclusions qui seront tirées de l'arbre. D'une part, il importe de laisser s'exprimer les compétences et noter les éléments, conditions, événements qui sont cités comme influençant la nature des conséquences de l'événement étudié même si ils ne sont pas cités à un moment opportun de la construction de l'arbre pour les intégrer. Avant de conclure on reprendra la liste de ces informations pour examiner si elles sont présentes dans l'analyse représentée par l'arbre ; si non, il faudra les introduire. Le niveau de détail de l'élément du système à prendre en compte est celui pour lequel on dispose de meilleures informations [1].

Le niveau le moins détaillé serait un arbre à une seule alternative : le système de sécurité a joué son rôle OUI/NON. À ce niveau l'analyse par arbre d'événement est peut-être une présentation séduisante mais ne fait pas progresser. Inversement un niveau où chaque composant apparaît comme ayant accompli sa fonction ou non est peut-être inutilement lourd.

Une décomposition en sous-systèmes dont on connaît les probabilités de ne pas être en état de remplir leurs fonctions est judicieuse.

Il est intéressant de noter que cette façon de construire les arbres d'événement conduit naturellement à prendre en compte les possibilités de récupération (rattrapage d'erreurs, détection et compensation de défaillances, réduction des conséquences par mesures de protection, de repli) [2].

### **1.2.3 Probabilités**

On peut ajouter un aspect quantitatif à l'arbre d'événement en indiquant les probabilités des événements pris en compte. À chaque alternative on indique la probabilité de la branche supérieure (l'autre étant son complément à 1). Le produit des probabilités à chaque embranchement permet de calculer la probabilité de chacune des conséquences trouvées (à partir de l'événement étudié) [2].

## **1.3 Exploitation de l'arbre d'événement**

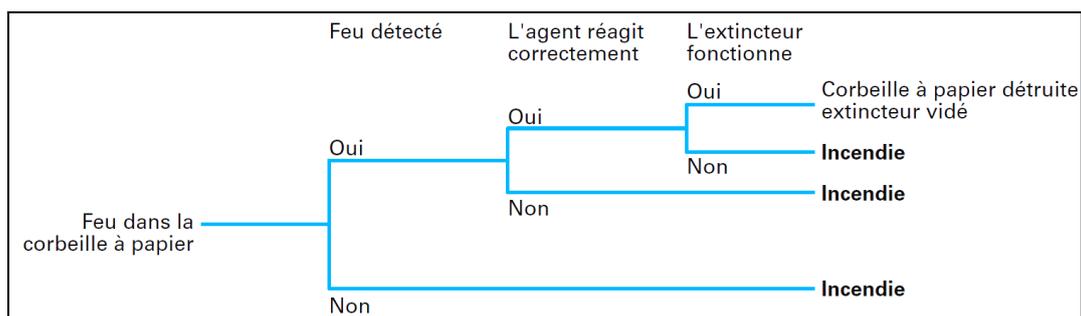
En fonction des données dont nous disposons, nous pouvons aborder l'exploitation de l'arbre d'événement avec deux approches.

### **1.3.1 Approche qualitative**

Un arbre qui présente des branches conduisant à l'échec et ne passant que par une branche inférieure (défaillance) d'une alternative révèle un système fragile à l'événement étudié (une seule défaillance ou condition défavorable suffit à provoquer l'échec).

Une solide défense en profondeur (vis-à-vis de l'événement étudié) se traduit par le fait que les seules branches conduisant aux conséquences non acceptées passent toutes par la branche inférieure de plusieurs alternatives (autrement dit qu'il faut la conjonction de plusieurs non-fonctionnements pour produire les conséquences redoutées) [3].

L'observation directe des extrémités de l'arbre qui présentent des conséquences négatives aux fréquences trop élevées permet en remontant ces branches d'identifier les points sur lesquels il faut agir pour améliorer cet aspect. Un exemple d'arbre d'événement est donné dans figure 1-1.



**Figure 1-1 : Exemple d'AD sans quantification [1]**

### 1.3.2 Approche quantitative

Si on a pu attribuer une probabilité à chaque alternative (probabilité de succès et complément à 1 pour l'échec), on peut calculer, pour chacune des conséquences envisagées la probabilité qu'elle se produise, l'événement initial étant advenu (figure 1-2).

Chaque extrémité de l'arbre a une probabilité égale au produit des probabilités des branches d'alternatives empruntées pour y arriver. Chaque conséquence possible a donc comme probabilité la somme des probabilités des extrémités où elle figure. On doit pouvoir vérifier que la somme des probabilités de toutes les conséquences est de 1 (figure 1-2).

Ce résultat brut permet d'évaluer l'impact, donc l'intérêt d'une réduction de la probabilité de l'événement initiateur. On peut aussi évaluer l'importance réelle de chaque dispositif en reprenant les calculs avec une autre valeur pour la probabilité de fonctionnement de ce dispositif (sensibilité du résultat final à la fiabilité de chaque dispositif). On peut découvrir ainsi qu'un dispositif auquel on accorde beaucoup d'importance n'en a guère, masqué par d'autres dont le fonctionnement fait qu'il n'est quasiment pas sollicité [4].

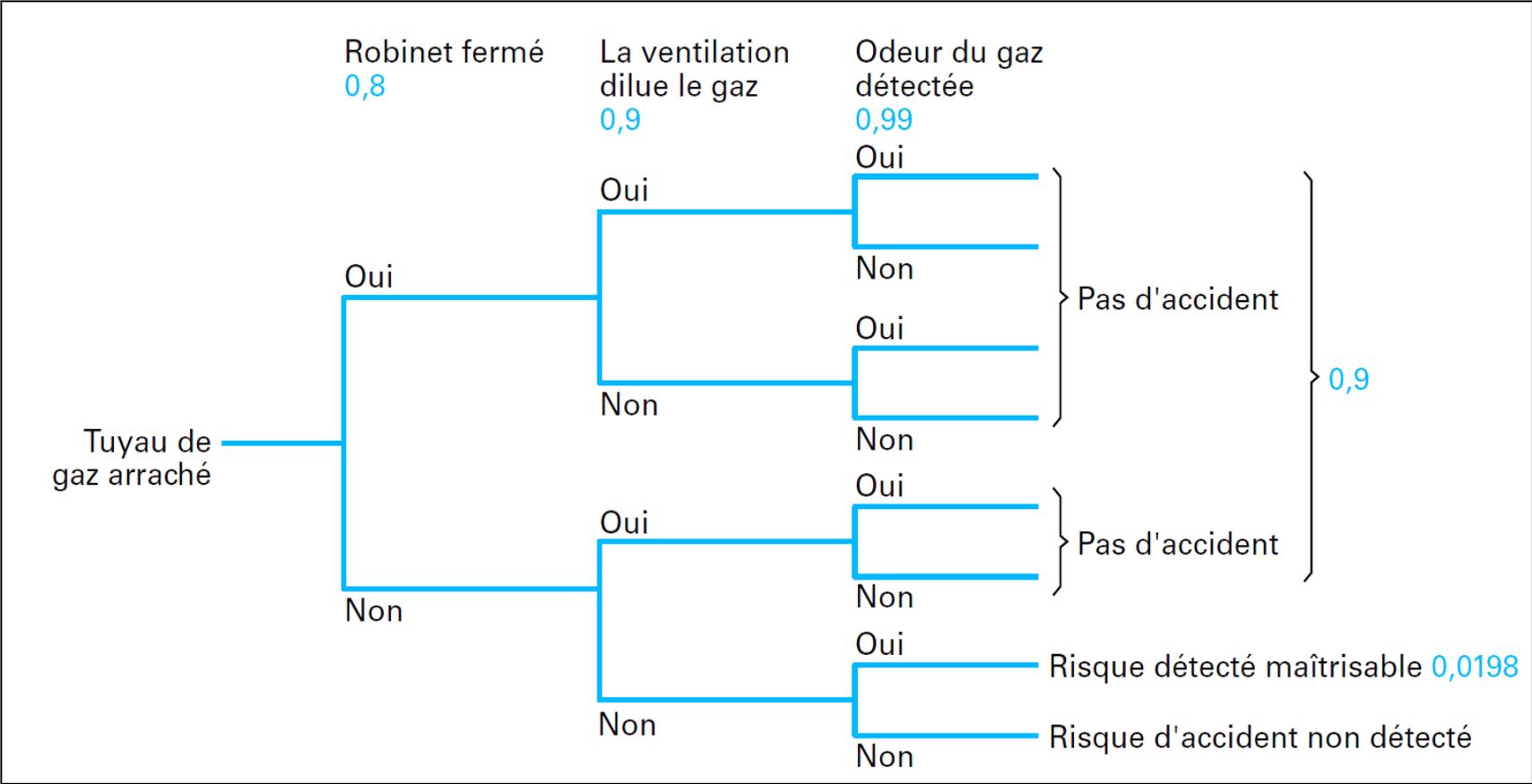


Figure 1-2 : Exemple d'AD avec quantification [1]

## **CHAPITRE 2 Identification des évènements non souhaités**

Le déploiement de l'Analyse préliminaire des risques à l'atelier de cuisson de la matière au niveau de la cimenterie de M'Sila constitue l'étape qui nous permet de ressortir avec des évènements redoutés qui selon certains cas ont des conséquences graves.

### **2.1 L'Analyse Préliminaire des Risques (APR)**

Lors du déploiement, nous faisons appel à des critères d'évaluation établis en concertation avec les acteurs du projet. En fonction des résultats obtenus lors de l'évaluation de la criticité des risques, des recommandations seront émises pour la réduction de celle-ci.

#### **2.1.1 Identification des systèmes**

L'APR a été déployée sur deux systèmes : la tour de préchauffage (tableau 2-1) et le refroidisseur (tableau 2-2).

#### **2.1.2 Déploiement de l'analyse**

La figure 2-1 schématise l'agencement des étapes de la démarche adoptée [5].

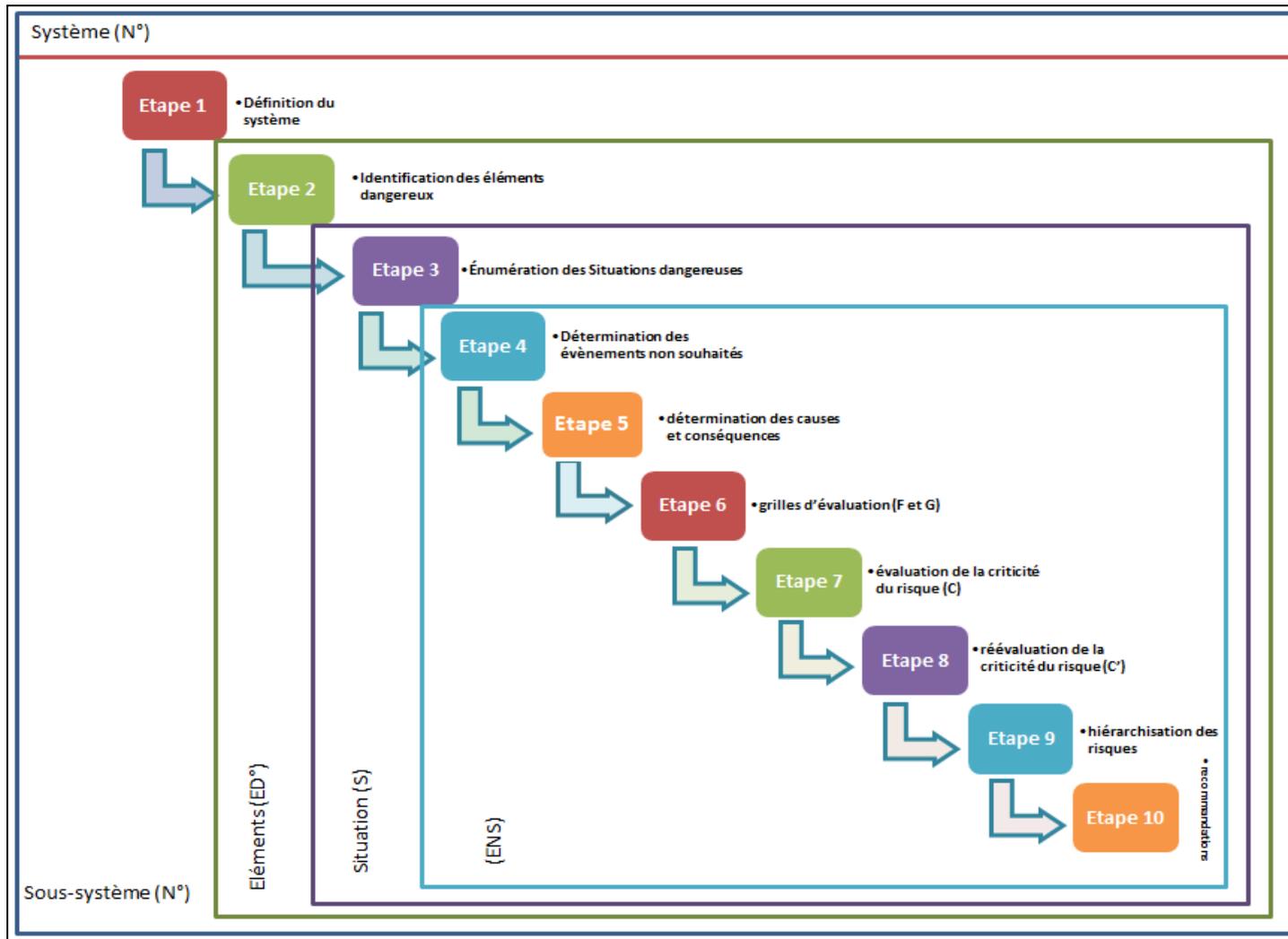


Figure 2-1 : Déroulement de la méthode APR

Tableau 2-1 : Découpage du système N°1

Systèmes				Sous-systèmes				
S-N°	Nom	Entrés	Sorties	Ss-N°	Nom	Entrées	Sorties	Équipements
I	Tour de préchauffage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matière provenant du silo de farine</li> <li>• Gaz chaud du four</li> <li>• Air tertiaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gaz vers électro filtre</li> <li>• Matière vers le four</li> </ul>	1	Cyclone (A et B)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gaz/matière de S-2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gaz</li> <li>• Matière</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cyclone A</li> <li>• Cyclone B</li> <li>• Analyser de gaz</li> <li>• Matériel de mesure</li> </ul>
				2	Cyclone 102	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gaz/matière de S-3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gaz</li> <li>• Matière</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cyclone 2</li> <li>• Matériel de mesure</li> <li>• Clapet</li> </ul>
				3	Cyclone 103	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gaz/matière de S-4</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gaz</li> <li>• Matière</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cyclone 3</li> <li>• Matériel de mesure</li> <li>• Rayon gamma conne</li> <li>• Clapet</li> </ul>
				4	Cyclone 104	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gaz/matière de S-5</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gaz</li> <li>• Matière</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cyclone 4</li> <li>• Air chocs</li> <li>• Matériel de mesure</li> <li>• Rayon gamma conne</li> <li>• Clapet</li> </ul>
				5	Cyclone 105	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gaz/matière du calcinateur</li> <li>• Matière de S-3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gaz</li> <li>• Matière</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cyclone 5</li> <li>• Air chocs</li> <li>• Matériel de mesure</li> <li>• clapet</li> <li>• Rayon gamma conne</li> </ul>
				6	Calcinateur, riser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gaz du four</li> <li>• Matière S-4</li> <li>• Gaz naturel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gaz</li> <li>• Matière</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brûleurs</li> <li>• Air choc</li> <li>• Analyser de gaz</li> <li>• Air chocs</li> <li>• Matériel de mesure</li> </ul>

Tableau 2-2 : Découpage du système N°2

Systèmes				Sous-systèmes				
S-N°	Nom	Entrés	Sorties	Ss-N°	Nom	Entrées	Sorties	Équipements
II	Refroidissement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matière cuite du four (clinker) à environ 1400 C°, qui se verse dans le puis d'entrée.</li> <li>• Station d'Alimentation en gaz naturel pour le brûleur du four.</li> <li>• Air à température ambiante, pour le refroidissement et l'alimentation du brûleur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Air secondaire qui alimente le four.</li> <li>• Air tertiaire qui alimente le calcinateur.</li> <li>• Clinker vers le silo de stockage qui sera transporté par une bande transporteuse vers le silo de stockage clinker.</li> </ul>	1	Refroidisseur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matière en fusion</li> <li>• Gaz du brûleur</li> <li>• Air ambiant des ventilateurs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• clinker vers les bandes transporteuses vers le silo de stockage</li> <li>• Air secondaire vers four</li> <li>• Air chaud vers l'électrofiltre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 7 ventilateurs d'extraction d'air</li> <li>• Concasseur à marteaux</li> <li>• Tables glissantes</li> <li>• Air chocs</li> <li>• Équipements de mesure</li> <li>• Atumat</li> </ul>
				2	Brûleur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gaz naturel</li> <li>• Air primaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flamme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brûleur</li> <li>• Équipement de régulation</li> <li>• Station d'arrivée de gaz</li> <li>• Équipement de mesure</li> </ul>
				3	Station de pompage d'huile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Système fermé assure la lubrification des ventilateurs à air, les grilles et les roulements du concasseur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 pompes à huile</li> </ul>	

### 2.1 Événements non souhaités retenus

Les Évènements Non Souhaités (ENS) qui sont ressortis de notre analyse au niveau de la tour de préchauffage et du refroidisseur de la cimenterie de M'Sila, qui présente un niveau de risque inacceptable, sont résumés dans le tableau 2-3. Le tableau représente le fruit de la méthode d'Analyse Préliminaire des Risques (APR).

Nous noterons l'événement non souhaité qui est préconisé pour la tour de préchauffage : ENS-I et le deuxième ENS situé au niveau de la sortie du four : ENS-II.

Les arbres d'évènements développés pour chaque ENS sont à caractère qualitatif. Il n'intègre pas de quantification quant aux probabilités reliées à chaque évènement.

Tableau 2-3 : Évènements non souhaités retenus

Localisation	Élément dangereux	Situation dangereuse	ENS	Causes	Conséquences	P	G	C	Mesures de prévention	P'	Mesures de protection	G'	C'	Catégorie
Calcinateur (tour de préchauffage)	Gaz	Fuite	Incendie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usure du joint de l'injecteur</li> <li>• Détérioration de la conduite arrivé gaz due à une fuite de matière chaude</li> </ul>	Feux alimenté	4	4	16	/	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Système de coupure d'arrivée gaz</li> <li>• Equipe d'intervention</li> </ul>	3	12	Risque inacceptable
Bruleur principal du four	Gaz	Retour de gaz	Explosion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Défaillance de l'ID FAN (tirage)</li> <li>• Encrassage du bruleur</li> <li>• Arrêt bruleur</li> <li>• Dépression</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Détérioration des revêtements internes</li> <li>• Destruction de l'équipement</li> </ul>	4	4	16	Système de coupure de l'arrivée gaz automatisé	3	/	4	12	Risque inacceptable

## **CHAPITRE 3 Application de l'arbre d'évènements**

Dans le but de caractériser les éventuelles conséquences d'un incident au niveau de la cimenterie de M'Sila. Mais aussi pour anticiper certains scénarios imaginés. Nous avons choisis d'appliquer l'AE sur les évènements non souhaités qui ont été soulignés lors de l'analyse des risques. Par la suite montrer l'importance des arrières de sécurité et leur intervention dans les scénarios de catastrophe abordés.

### **3.1 Arbres d'évènements initiaux**

En fonction des données dont nous disposons, les arbres d'évènements développés pour chaque ENS sont à caractère qualitatif. Ils n'intègrent pas de quantification quant aux probabilités reliées à chaque évènement.

#### **3.1.1 ENS-I**

L'arbre d'évènement représenté dans la figure 2-1 représente les conséquences de l'ENS-I. Cela en prenant en compte l'état actuel de la cimenterie. Par la suite nous reprendrons l'arbre initial et nous préciserons l'action des recommandations sur les conséquences dans le cas où elles seraient effectives.

#### **✓ Interprétation**

Nous remarquons que sur les cinq scénarios qui ressortent de l'arbre, trois ont pour conséquence un accident majeur, les deux restants présentent des conséquences moindres.

### 3.1.2 ENS-II

L'arbre d'évènement représenté dans la figure 2-2 représente les conséquences de l'ENS-II. Cela en prenant en compte l'état actuel de la cimenterie. Par la suite nous reprendrons l'arbre initial et nous préciserons l'action des recommandations sur les conséquences dans le cas où elles seraient effectives.

#### ✓ **Interprétation**

Nous remarquons que sur les huit scénarios qui ressortent de l'arbre, deux ont pour conséquence un accident majeur, les six restants présentent des conséquences moindres.

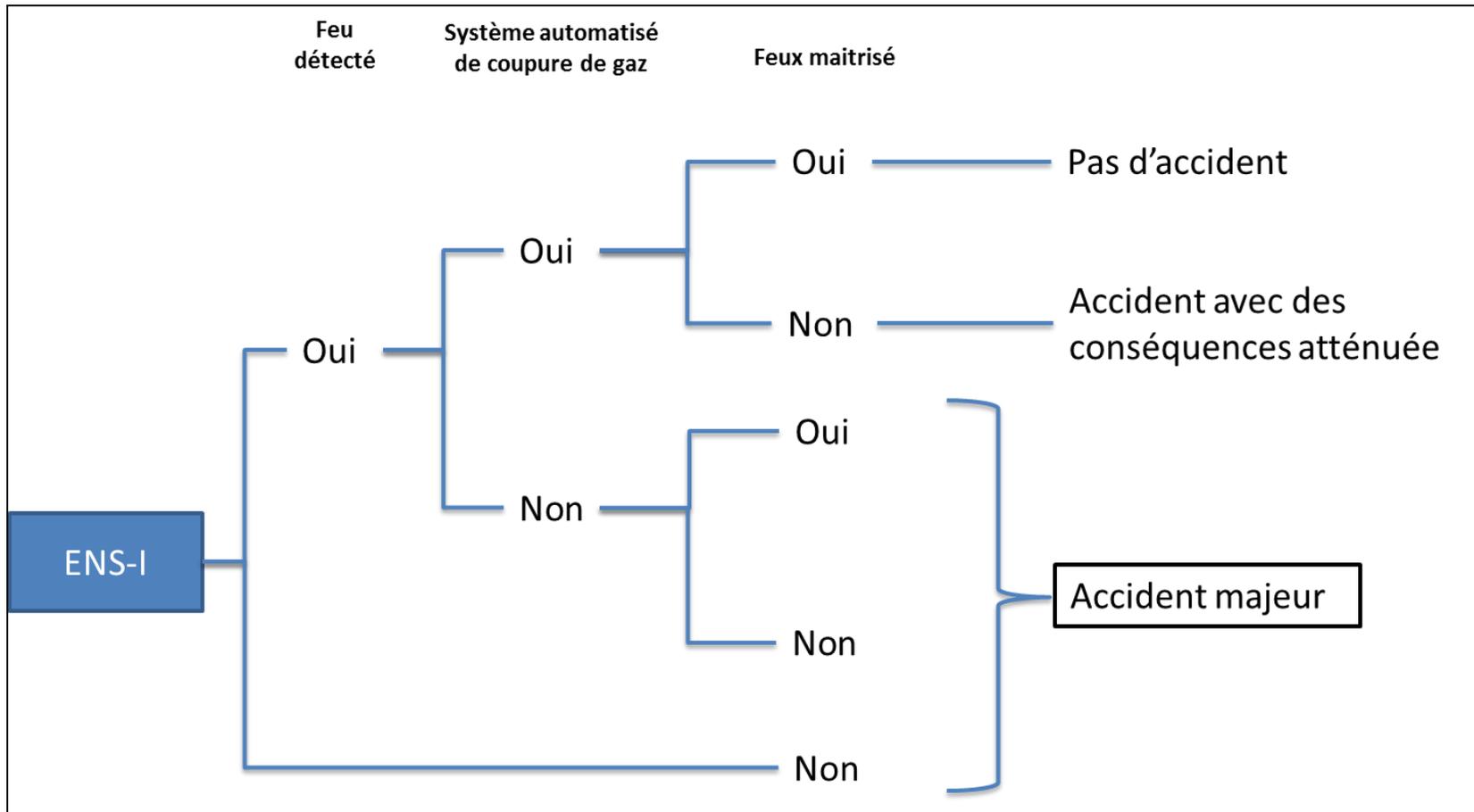


Figure 3-1 : Arbre d'événement initial pour l'ENS-I

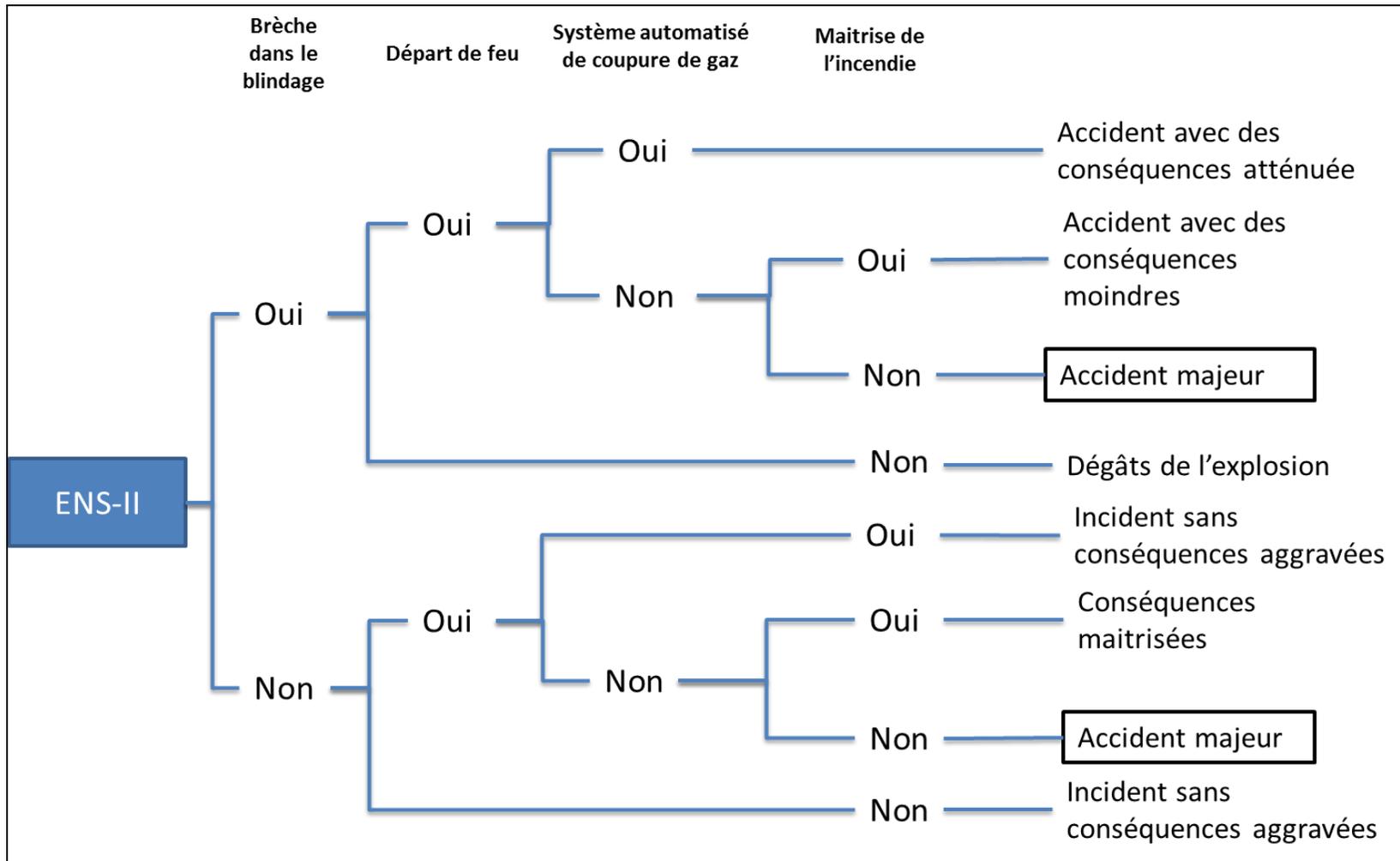


Figure 3-2 : Arbre d'événement initial pour l'ENS-I

### **3.2 Arbres d'événement hypothétiques**

Les arbres qui sont présentés dans cette partie comportent les mesures de protection adaptées pour atténuer les conséquences des scénarios qui ont été relevées dans les AE initiaux.

Les segments de scénarios en couleur rouge sur les figures 3-3 et 3-4 expriment l'influence de la solution de protection explorée lors du projet de fin d'étude ayant pour intitulé la maîtrise des risques technologiques majeurs au niveau de la cimenterie de M'Sila. Cette solution est l'implantation d'un système anti incendie qui impacterait considérablement comme les scénarios d'accident majeur établis. Le chemin en rouge exprimant la quasi impossibilité de la réalisation des évènements qui en découlent.

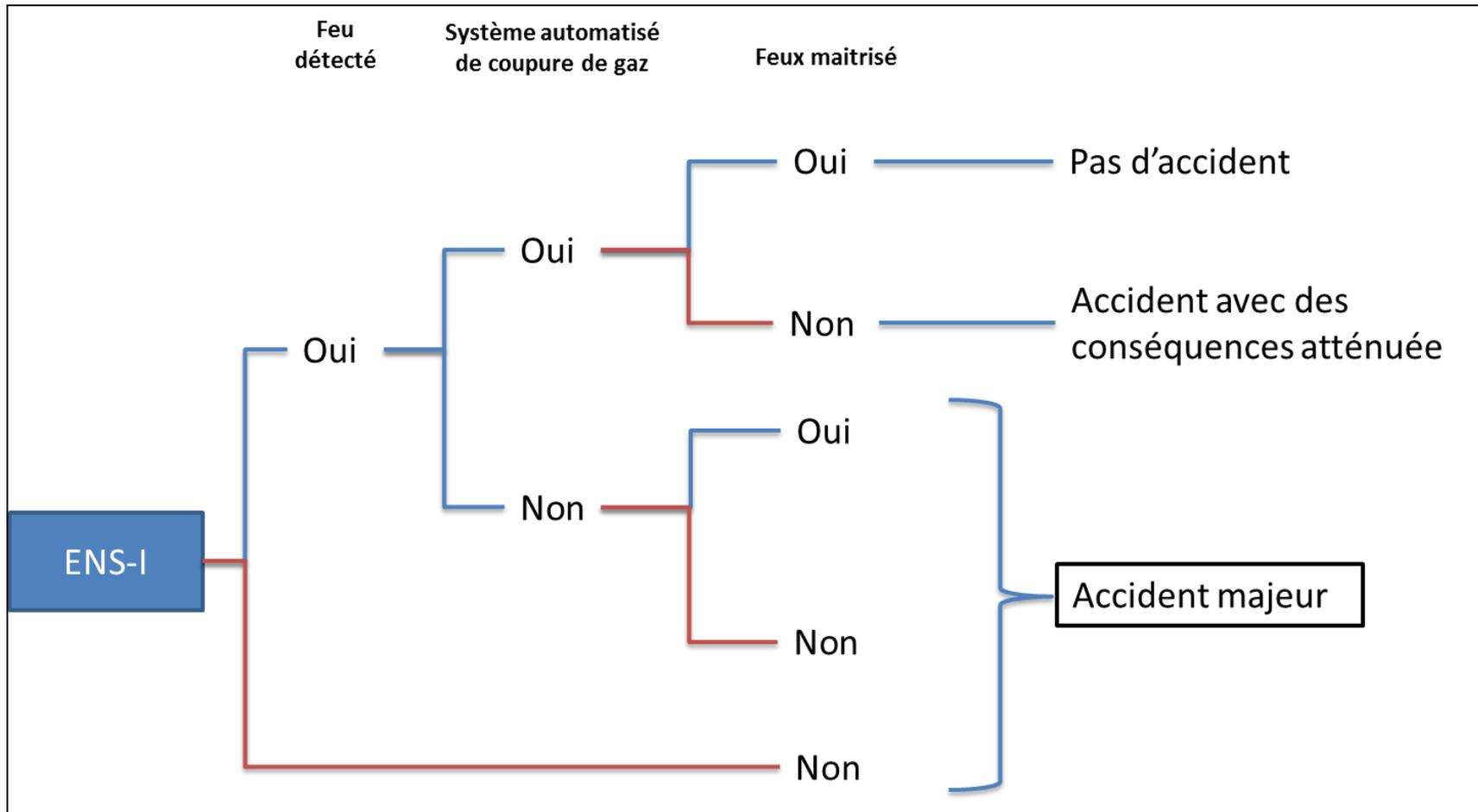


Figure 3-3 : AE hypothétique de l'ENS-I

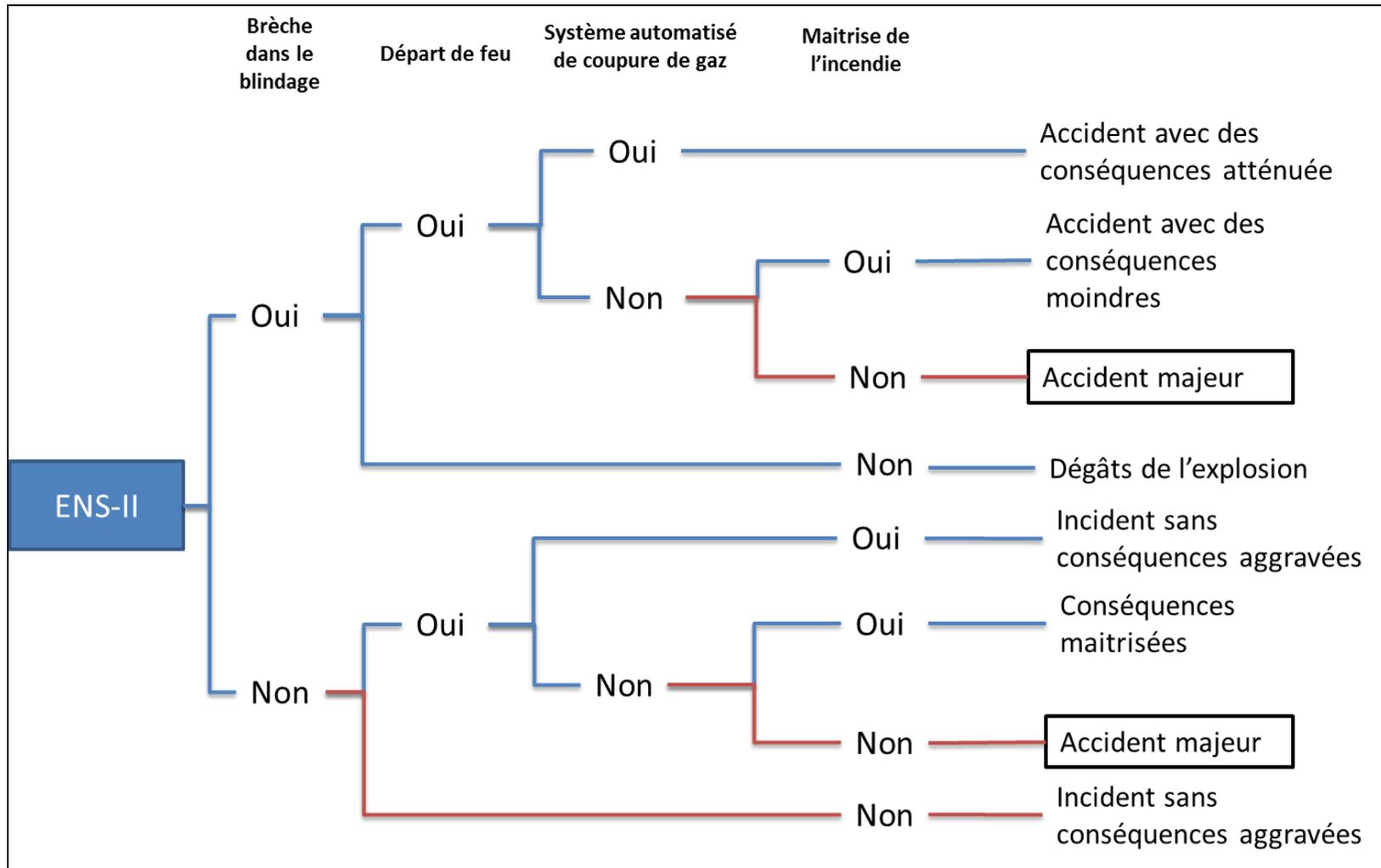


Figure 3-4 : AE hypothétique de l'ENS-II

## CONCLUSION

Le présent travail nous a permis de mettre en avant l'enchaînement des évènements pour la détermination d'éventuelles conséquences peuvent en découler au niveau des installations de l'usine de M'Sila.

La méthode de l'arbre des évènements nous a permis d'atteindre un niveau d'interprétation en profondeur des évènements redoutés en discrétisant l'enchaînement des évènements et les effets qui en découlent. Et cela à travers les résultats suivants sur les deux évènements redoutés identifiés :

- Un total de 13 scénarios dont cinq mènent à des accidents majeur.
- Une inhibition des scénarios majeurs avec les mesures de protections mises en place pour la maîtrise des risques.

La quantification des arbres étant conditionnée par les données disponibles (probabilité de défaillance), elle reste néanmoins théorique et rarement représentative de la réalité du terrain.

## RÉFÉRENCES

1. Yves, M., Arbres de défaillance, des causes et d'événement. Techniques de l'ingénieur Méthodes d'analyse des risques, 2002. base documentaire : TIB155DUO (ref. article : se4050).
2. Olivier, I., Le nœud papillon : une méthode de quantification du risque majeur. Techniques de l'ingénieur Méthodes d'analyse des risques, 2008. base documentaire : TIB155DUO (ref. article : se4055).
3. Gilles, Z., Évaluation de la criticité des équipements Méthodes d'exploitation des jugements d'experts. Techniques de l'ingénieur Méthodes d'analyse des risques, 2014. base documentaire : TIB155DUO (ref. article : se4004).
4. Daniel, N. and P. François, Analyse des systèmes Sûreté de fonctionnement. Techniques de l'ingénieur Méthodes de production, 2007. base documentaire : TIB521DUO (ref. article : ag3520).
5. Yves, M., Analyse préliminaire de risques. Techniques de l'ingénieur Méthodes d'analyse des risques, 2002. base documentaire : TIB155DUO (ref. article : se4010).