



**HAL**  
open science

# Méthodologie d'analyse des dysfonctionnements des systèmes pour une meilleure maîtrise des risques industriels dans les PME : application au secteur du traitement de surface

Laurence Gardes

► **To cite this version:**

Laurence Gardes. Méthodologie d'analyse des dysfonctionnements des systèmes pour une meilleure maîtrise des risques industriels dans les PME : application au secteur du traitement de surface. Sciences de l'environnement. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne; INSA de Lyon, 2001. Français. NNT : 2001ISAL0080 . tel-00806215

**HAL Id: tel-00806215**

**<https://theses.hal.science/tel-00806215>**

Submitted on 29 Mar 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**THESE**

**présentée devant**

**L'INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES DE LYON**

**et**

**L'ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES MINES DE SAINT-ETIENNE**

**pour obtenir**

**LE GRADE DE DOCTEUR**

**FORMATION DOCTORALE : SCIENCES ET TECHNIQUES DU DECHET**

**par**

**LAURENCE GARDES**

**METHODOLOGIE D'ANALYSE DES DYSFONCTIONNEMENTS DES  
SYSTEMES POUR UNE MEILLEURE MAITRISE DES RISQUES  
INDUSTRIELS DANS LES PME : APPLICATION AU SECTEUR DU  
TRAITEMENT DE SURFACE**

Composition du jury :

M. André Laurent	ENSIC Nancy, Professeur, <u>Rapporteur</u>
M. Henri Arbey	INRS Vandoeuvre, Docteur ès Sciences, <u>Rapporteur</u>
M. Jean-Marie Blanchard	INSA Lyon, Professeur
M. Pierre Périlhon	Grenoble, Ingénieur ENSAM
M. Michel Charles	INSTN, CEA Grenoble, Docteur ès Sciences
M. Henry Londiche	ENSM/SE, Docteur ès Sciences, Directeur de thèse
M. Bruno Debray	ENSM/SE, Docteur

A Vincent, l'inoubliable

## REMERCIEMENTS

---

Ce travail a été effectué au sein du centre SITE (Sciences Informations et Techniques pour l'Environnement) de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, et je tiens à remercier vivement son Directeur, Monsieur Didier Graillot pour m'avoir accueillie dans son équipe.

Pour leur aide et leur confiance, toute ma reconnaissance à Monsieur Henry Londiche, directeur de cette thèse et à Messieurs André Laurent et Henri Arbey, rapporteurs.

Je remercie Messieurs Jean-Marie Blanchard, Michel Charles et Pierre Périlhon pour avoir accepté de faire partie du jury.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à Monsieur Bruno Debray, directeur de recherche, pour son aide, sa patience et son soutien tout au long de ce travail, à Monsieur Pascal Perrin, ingénieur conseil à la CRAM Rhône-Alpes, sans qui ce travail n'aurait pas été possible, et à Monsieur Marc Favaro, chercheur à l'INRS de Vandoeuvre, pour sa collaboration.

Ce travail a pu être mené à bien dans la bonne humeur grâce à la collaboration de Madame Laurence Tardy, Messieurs Laurent Frydlender, Bertrand Chêne et Laurent Chêne mes interlocuteurs dans les entreprises Mithieux, Graphocolor et Poli-Chrome, et à leurs collaborateurs ou chefs : Mrs Georges, Guy et Jean-Pierre Mithieux, Michel Morin, Pierre Chafardon, Madame Marie-Pierre Lepage, et tous les autres...

Une agréable et chaleureuse ambiance de travail m'a été offerte par Antoine, Valérie, Frédérique, Natacha, Mireille, Alicja, Folco, Diane, Franck, Konrad, Gilbert etc, membres du SITE à qui j'adresse toutes mes amitiés.

Enfin, une pensée affective toute particulière et un grand merci à mes amis dans le désordre bien évidemment, (Vérane, Olivier, Bruno, Bénédicte, Aude, François, Nicolas, Lionel, Moerell, Pascale, Isabelle, Séverine, Ludovic, Benoît, Florence, Axelle, Bob, Samuel, Cédric, Céline, ...), à ma famille (mes parents, ma grand-mère, Robert, Simone, Naëlle, Lucie, Brigitte, Jean et Marion), à toutes ces personnes qui m'ont aidé à franchir une difficile épreuve qui aurait bien pu me faire échouer dans ce travail.

Merci à tous ...

## RESUME

---

En application des principes généraux de prévention, développés dans le cadre législatif de la protection des travailleurs, une analyse des risques doit être effectuée dans l'ensemble des installations industrielles.

Dans les entreprises de petites et moyennes tailles (PME), ce principe de prévention est très peu appliqué et on peut attribuer en partie cette absence d'application au fait que les méthodes d'analyse proposées aux PME ne leur sont pas adaptées.

Afin d'évaluer le degré d'adaptation ou d'inadaptation des méthodes existantes, nous avons étudié les caractéristiques des PME puis décidé de tester sur le terrain une méthode d'analyse des risques afin d'observer les blocages survenant à cette occasion.

Dans ce but, nous avons alors mis en place dans trois PME de traitement de surface une méthode classique d'analyse des risques (MOSAR), choisie parmi les méthodes issues du mouvement de la sûreté de fonctionnement.

Lors de cette phase expérimentale, de nombreux blocages sont apparus à chacune des étapes de l'analyse que sont la modélisation du système à étudier, l'identification des scénarios d'accidents, l'évaluation des risques, leur hiérarchisation et la mise en place de barrières de protection et de prévention. Nous avons analysé alors ces blocages d'apparence disparate et pu attribuer principalement leurs causes à un conflit de valeurs entre PME et institutions de prévention, à l'absence de connaissances de la part des PME des modèles d'apparition et de représentation des risques, et aux problèmes de définition par les institutions de modèles de représentation du risque en adéquation avec ceux des PME.

Les pistes d'évolution que nous proposons suite à ces constats permettraient à l'entreprise de mener à bien, dans de meilleures conditions, une démarche complète d'analyse des risques dont le résultat se traduirait par une réduction pérenne de la fréquence et de la gravité des accidents qui la touchent.

Mots clés : analyse des risques, risques, PME, traitement de surface, MOSAR

## ABSTRACT

---

According to the general principles of prevention such as they are defined by the legislative code concerning the workers' protection, a safety risks analysis must be done in all the industrial facilities.

In small and medium-sized firms, this principle of prevention is rarely respected and we may think that it is partly because the methods of risks analysis which are proposed to these firms are not well adapted.

In order to measure the level of adaptability or inadaptability of the existings methods, the characteristics of these small and medium-sized firms were studied, then the decision was taken to test a method of risks analysis in real conditions so as to study the obstacles which could appear in this situation.

A classical method of risks analysis (MOSAR) was used in three small and medium-sized metal finishing firms. This method was chosen among several methods from the system safety movement.

During this experimental work, numerous obstacles appeared at each step of the analysis i.e. : the modelisation of the system, the identification of the various possibilities of accidents, the definition of a hierarchy and choice of protection and prevention measures.

These obstacles were studied and were found to be the result of a difference of values between the small and medium-sized firms and the prevention institutions and of a lack of model for the occurrence and representation of risk in these firms, as, in the institutions.

Eventually various improvements were proposed that could help increasing the application of successful risk analysis in small and medium sized firms.

Keywords : risks analysis, risks, small and medium sized firms, metal finishing industries, MOSAR

## TABLE DES MATIERES

---

---

<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	<b>7</b>
<b>CHAPITRE 1 : ANALYSE DES RISQUES ET ETAT DE L'ART</b>	<b>10</b>
<b>1 LES RISQUES</b>	<b>11</b>
1.1 DEFINITION	11
1.2 LES MECANISMES SIMPLIFIES DU RISQUE	12
1.3 LES "VICTIMES" DU RISQUE ENVISAGEES : FORMALISATION PAR LE BIAIS DE LA SYSTEMIQUE	13
<b>2 L'ANALYSE DES RISQUES : DEFINITION</b>	<b>15</b>
<b>3 LES TROIS MOUVEMENTS DE L'ANALYSE DES RISQUES A PRIORI</b>	<b>16</b>
3.1 METHODES DU TYPE "AUDIT"	16
3.2 METHODES DU TYPE "ERGONOMIE"	17
3.3 METHODES DU TYPE "SURETE DE FONCTIONNEMENT"	19
<b>4 LES CRITERES</b>	<b>20</b>
4.1 LA FORMALISATION DES ETAPES DE L'ANALYSE DES RISQUES	21
4.2 L'UTILISATION D'UN MODELE D'ACCIDENT	21
4.3 LE SENS DE RAISONNEMENT	22
<b>5 METHODES PRINCIPALES DU COURANT DE LA SURETE DE FONCTIONNEMENT</b>	<b>23</b>
5.1 ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	23
5.2 ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE ET DE LEURS EFFETS	25
5.3 ANALYSE PAR ARBRE DES DEFAUTS (OU DES CAUSES, DES DEFAILLANCES, DES FAUTES)	27
5.4 ANALYSE PAR ARBRE D'EVENEMENTS OU ARBRE DES CONSEQUENCES (EVENT TREE)	29
5.5 DIAGRAMME CAUSES - CONSEQUENCES	30
5.6 METHODE MOSAR (METHODE ORGANISEE ET SYSTEMIQUE D'ANALYSE DES RISQUES) [PERILHON 2000]33	
5.7 TABLEAU RECAPITULATIF	35
<b>CHAPITRE 2 : LES PME</b>	<b>37</b>
<b>1 INTRODUCTION</b>	<b>38</b>
<b>2 DEFINITION QUANTITATIVE D'UNE PME</b>	<b>38</b>
<b>3 APPROCHE QUALITATIVE D'UNE PME</b>	<b>40</b>
3.1 OBJECTIFS	41
3.2 TYPE DE PROPRIETE ET STRUCTURE	42

3.3	NIVEAU TECHNOLOGIQUE	47
3.4	CRITERES DE SITUATION	47
<b>4</b>	<b>CHOIX DU DOMAINE D'INVESTIGATION</b>	<b>48</b>
<b>CHAPITRE 3 : PRESENTATION DU TERRAIN D'EXPERIMENTATION</b>		<b>51</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b>	<b>52</b>
1.1	BUTS DES PARTIES CONCERNEES	52
1.2	OU ET COMMENT INTERVIENT NOTRE EXPERIMENTATION	52
<b>2</b>	<b>PRESENTATION RAPIDE DE L'ACTIVITE DU TRAITEMENT DE SURFACE</b>	<b>54</b>
2.1	DEFINITION	54
<b>3</b>	<b>PRESENTATION DES ENTREPRISES ET DE L'EXPERIMENTATION</b>	<b>61</b>
3.1	INTRODUCTION	61
3.2	ENTREPRISE A	65
3.3	ENTREPRISE B	69
3.4	ENTREPRISE C	75
<b>4</b>	<b>SYNTHESE</b>	<b>82</b>
<b>CHAPITRE 4 : RESULTATS</b>		<b>84</b>
<b>1</b>	<b>DESCRIPTION GENERALE DES ACTIONS MISES EN ŒUVRE</b>	<b>85</b>
1.1	METHODE MOSAR : DEMARCHE DE REFERENCE	85
1.2	APPLICATION	99
<b>2</b>	<b>ETAPES PAR ETAPES : RESULTATS</b>	<b>100</b>
2.1	ETAPE 1 : REPRESENTER L'INSTALLATION	100
2.2	ETAPE 2 : IDENTIFIER LES DANGERS ET LES SCENARIOS DE RISQUES PRINCIPAUX	106
2.3	ETAPE 3 : EVALUER LES RISQUES PRINCIPAUX	119
2.4	ETAPE 4 : NEGOCIER LES OBJECTIFS GLOBAUX	125
2.5	ETAPE 5 : DEFINIR LES MOYENS DE PREVENTION DES RISQUES PRINCIPAUX ET LES QUALIFIER	130
<b>3</b>	<b>CONCLUSION</b>	<b>137</b>
3.1	POINTS POSITIFS	137
3.2	REVUE DES DETAILS DE L'APPLICATION : COMPARAISON ENTRE LES TROIS ENTREPRISES	137
3.3	DIFFICULTES	139
<b>CHAPITRE 5 : ANALYSE DES RESULTATS ET PROPOSITIONS</b>		<b>141</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b>	<b>142</b>



<b>2</b>	<b>OUTILS D'ANALYSE DES RESULTATS : LE MODELE DE KERVERN [KERVERN 1999 ET KERVERN 2000]</b>	<b>143</b>
2.1	PRINCIPE DE L'HYPERESPACE DES DANGERS	143
2.2	DETAILS DES CINQ DIMENSIONS	144
<b>3</b>	<b>ACTEURS</b>	<b>145</b>
3.1	PME	145
3.2	INSTITUTIONS	147
3.3	CONCLUSION	148
<b>4</b>	<b>ANALYSE DES RESULTATS A L'AIDE DES NOTIONS DE VALEURS, REGLES, OBJECTIFS, MODELES, DONNEES</b>	<b>149</b>
4.1	INTRODUCTION	149
4.2	INITIATION DE LA METHODE : UN CONFLIT DE VALEURS	149
4.3	DEFINITION DES OBJECTIFS : INTERACTION DES VALEURS ET DES MODELES	151
4.4	MISE EN ŒUVRE : BESOIN DE MODELES ET DE DONNEES	153
4.5	PERENNISATION DES CONCLUSIONS DE L'ANALYSE DES RISQUES : PENURIE DE REGLES INTERNES POUR L'ACQUISITION DE DONNEES	154
4.6	PERENNISATION DANS LE TEMPS ET OBTENTION DE RESULTATS : CARENCE DE REGLES OU DE MODELES	155
4.7	CONCLUSION	155
<b>5</b>	<b>PROPOSITIONS, PISTES D'EVOLUTION</b>	<b>156</b>
5.1	SENSIBILISATION ET DIALOGUE SUR LE PLAN DES VALEURS	156
5.2	SENSIBILISATION ET FORMATION SUR LE PLAN DES MODELES	158
5.3	RECHERCHE SUR LE PLAN DES MODELES (HORMIS LE MODELE CAUSES / EFFETS DEJA CITE)	158
5.4	APPORTS SUR LE PLAN DES MODELES (ET DES DONNEES)	159
<b>6</b>	<b>CONCLUSION</b>	<b>160</b>
	<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES</b>	<b>161</b>
	<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>165</b>
	<b>ANNEXES</b>	<b>171</b>

## TABLE DES FIGURES

FIGURE 1 : PARTIES INTERESSEES EN RELATION AVEC L'ENTREPRISE [PERSONNE 1998] .....	14
FIGURE 2 : PRINCIPE D'UNE ETUDE DE SECURITE BASEE SUR LES PRINCIPES DE L'ACTION DANGEREUSE D'APRES HEINRICH EN 1957, FAVARO ET MONTEAU 1990 [INRS 1990-1] .....	18
FIGURE 3 : MODE DE RECHERCHE DEDUCTIF, INVERSE AU SENS DE DEROULEMENT DES DYSFONCTIONNEMENTS ..	22
FIGURE 4: MODE DE RECHERCHE INDUCTIF, IDENTIQUE AU SENS DE DEROULEMENT DES DYSFONCTIONNEMENTS	22
FIGURE 5: DEMARCHE DE FONCTIONNEMENT DE L'APR CONTENANT LE MODELE IMPLICITE DE L'ACCIDENT.....	24
FIGURE 6 : DEMARCHE DE FONCTIONNEMENT D'UNE AMDE OU D'UNE AMDEC .....	25
FIGURE 7 : EXEMPLE D'UNE GRILLE DE CRITICITE REALISEE DANS LE CADRE D'UNE AMDEC.....	26
FIGURE 8 : SCHEMATISATION DE L'ELABORATION DE L'ARBRE DES CAUSES [VILLEMEUR 1988].....	28
FIGURE 9 : PRINCIPE D'UN ARBRE D'EVENEMENTS .....	30
FIGURE 10 : ETAPES DE L'ELABORATION DU DIAGRAMME CAUSES – CONSEQUENCES ET OUTILS POUVANT Y ETRE ASSOCIES EVENTUELLEMENT [VILLEMEUR 1988] .....	31
FIGURE 11 : STRUCTURE D'UN DIAGRAMME CAUSES – CONSEQUENCES [VILLEMEUR 1988] .....	32
FIGURE 12 : LE MODELE D'ACCIDENT SELON P. PERILHON : MADS [PERILHON 2000] .....	33
FIGURE 13 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE DE LA STRUCTURATION SIMPLE [MAHE 1988] .....	43
FIGURE 14 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE DE LA STRUCTURATION MECANISTE [MAHE 1988] .....	44
FIGURE 15 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE DE LA STRUCTURATION PAR CHANTIER [MAHE 1988] .....	45
FIGURE 16 : EXEMPLE DE STRUCTURATION PAR PROJET [MAHE 1988] .....	46
FIGURE 17 : SCHEMA ET PRINCIPE DES DEPOTS ELECTROLYTIQUES .....	56
FIGURE 18 : SCHEMA ET PRINCIPE DE L'OXYDATION ANODIQUE .....	56
FIGURE 19 : SCHEMA D'UNE INSTALLATION DE TRAITEMENT DE SURFACE ELECTROLYTIQUE (TYPE ZINCAGE) EN TONNEAUX (MANUTENTION AUTOMATIQUE) .....	57
FIGURE 20 : SCHEMA SIMPLIFIE D'UNE USINE "TYPE" DE TRAITEMENT DE SURFACE PAR VOIE HUMIDE .....	61
FIGURE 21 : ORGANIGRAMME DE L'ENTREPRISE A .....	65
FIGURE 22 : ORGANIGRAMME DE L'ENTREPRISE B .....	70
FIGURE 23: ORGANIGRAMME DE L'ENTREPRISE C .....	76
FIGURE 24 : MODELE MADS .....	87
FIGURE 25 : STRUCTURE SIMPLIFIEE DE MOSAR MODULE A .....	88
FIGURE 26 : STRUCTURE SIMPLIFIEE DE MOSAR MODULE B .....	89
FIGURE 27: GENERATION DE SCENARIOS COURTS PAR LE SCHEMA DES BOITES NOIRES [PERILHON 2000] .....	92
FIGURE 28: GENERATION DE SCENARIOS LONGS PAR LE SCHEMA DES BOITES NOIRES [PERILHON 2000] .....	93
FIGURE 29 : PRINCIPES DE LA GRILLE GRAVITE / PROBABILITE ET DE LA GRILLE D'ACCEPTABILITE (G/P/A) .....	94
FIGURE 30: SCHEMA DE LA DETERMINATION DE L'ACCEPTABILITE D'UN SCENARIO.....	95
FIGURE 31 : SCHEMA DE PRINCIPE POUR LA MISE EN PLACE DES BARRIERES D'APRES P.PERILHON .....	96
FIGURE 32 : EXEMPLE DE SCENARIOS LONGS PROVENANT DU TABLEAU A (SCENARIO [1 + 2] ET SCENARIO [9 + 10]) DE L'ENTREPRISE B .....	116
FIGURE 33 : GRILLE GRAVITE/PROBABILITE/ACCEPTABILITE (HOMME) .....	127
FIGURE 34 : GRILLE GRAVITE/PROBABILITE/ACCEPTABILITE (INSTALLATION) .....	128

FIGURE 35 : EXEMPLE REFLEXION SUR LA MISE EN PLACE DE BARRIERES (SCENARIO 12) .....	134
FIGURE 36 : EXEMPLE REFLEXION SUR LA MISE EN PLACE DE BARRIERES (SCENARIO 13) .....	135
FIGURE 37 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DE L'HYPERESPACE DU DANGER SUIVANT LES CINQ DIMENSIONS [CINDYNICS 1994] .....	143
FIGURE 38 : SCHEMATISATION DU PROCESSUS CONDUISANT A LA MOTIVATION DE L'ENTREPRISE POUR L'APPLICATION DE REGLES .....	150

## LISTE DES TABLEAUX

---

TABLEAU 1 : EXEMPLE DE TABLEAU UTILISABLE POUR L'APR.....	24
TABLEAU 2 : EXEMPLE DE LA PRESENTATION D'UNE AMDE OU D'UNE AMDEC [LIEVENS 1976 ET VILLEMEUR 1988] .....	26
TABLEAU 3 : TABLEAU COMPARATIF DES PRINCIPALES METHODES D'ANALYSE DE RISQUES DU COURANT "SURETE DE FONCTIONNEMENT" .....	35
TABLEAU 4 : REPARTITION DES TAILLES DES ENTREPRISES SELON LE NOMBRE D'EMPLOYES [JULIEN 1998].....	38
TABLEAU 5 : CLASSIFICATION DES FIRMES SELON LEUR TAILLE (NOMBRE D'EMPLOYES) DANS QUELQUES PAYS [JULIEN 1998] D'APRES L'OCDE (1994).....	39
TABLEAU 6 : SITUATION DE L'ACTIVITE DU TRAITEMENT DE SURFACE EN TAUX DE FREQUENCE ET EN TAUX DE GRAVITE DES ACCIDENTS DU TRAVAIL [CNAM 2000 ET CRAM 1996].....	49
TABLEAU 7 : PRINCIPALES CARACTERISTIQUES INTERNES DES PME CHOISIES POUR NOTRE EXPERIMENTATION ...	50
TABLEAU 8 : SEGMENTATION PAR TAILLE DES ATELIERS (ETUDE EFFECTUEE SUR 2150 ATELIERS) .....	54
TABLEAU 9 : REPARTITION REGIONALE DES ATELIERS [SATS].....	55
TABLEAU 10 : PRINCIPAUX TRAITEMENTS ET PRETRAITEMENTS INTERVENANT DANS LES INDUSTRIES DU TRAITEMENT DE SURFACE PAR VOIE AQUEUSE. ....	59
TABLEAU 11 : SITUATION DES ENTREPRISES A, B ET C (TAUX DE GRAVITE, DE FREQUENCE ET DE TARIFICATION CRAM) POUR L'ANNEE 1996 .....	64
TABLEAU 12 : CARACTERISTIQUES ADMINISTRATIVES DES ENTREPRISES A, B ET C .....	64
TABLEAU 13 : RESUME DES PRINCIPAUX ATTRIBUTS DES TROIS ENTREPRISES INTERVENANT DANS LA GESTION DES RISQUES (DONC DANS L'ANALYSE DES RISQUES) .....	82
TABLEAU 14 : CANEVAS DU TABLEAU A REPRENANT LE PROCESSUS DE DANGER MADS [EDF 1998] .....	91
TABLEAU 15 : EXEMPLE DE DECOMPOSITION EN SOUS-SYSTEMES (ENTREPRISE B).....	103
TABLEAU 16 : BILAN DES POINTS POSITIFS DE L'ETAPE 1 .....	105
TABLEAU 17 : SYNTHESE DES RESULTATS DE L'ETAPE 1 .....	105
TABLEAU 18 : EXTRAIT DU TABLEAU A ETABLI POUR L'ENTREPRISE B .....	116
TABLEAU 19 : SYNTHESE DES POINTS POSITIFS DE L'ETAPE 2 .....	117
TABLEAU 20 : SYNTHESE DES DIFFICULTES DE L'ETAPE 2.....	118
TABLEAU 21 : SYNTHESE DES POINTS POSITIFS DE L'ETAPE 3 .....	123
TABLEAU 22 : SYNTHESE DES DIFFICULTES DE L'ETAPE 3 .....	124
TABLEAU 23 : EXTRAIT DES RESULTATS SUR L'EVALUATION ET LA HIERARCHISATION DES SCENARIOS DE L'ENTREPRISE B (REPRISE DES SCENARIOS VUS POUR LE TABLEAU A).....	129
TABLEAU 24 : SYNTHESE DES POINTS POSITIFS DE L'ETAPE 4 .....	129
TABLEAU 25 : SYNTHESE DES DIFFICULTES DE L'ETAPE 4.....	130
TABLEAU 26 : SYNTHESE DES POINTS POSITIFS DE L'ETAPE 5 .....	136
TABLEAU 27 : SYNTHESE DES DIFFICULTES DE L'ETAPE 5.....	136
TABLEAU 29 : PRESENTATION DES PRINCIPALES DIFFERENCES DANS L'APPLICATION CONCRETE DE MOSAR .....	138
TABLEAU 31 : RAPPEL DES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES ENTREPRISES DE L'ECHANTILLON .....	139

## GLOSSAIRE ET LISTE DES ACRONYMES

---

**AMDE(C)** : Analyse des Modes des Défaillances, de leurs Effets (et de leur Criticité)

**APR** : Analyse Préliminaire des Risques

**CEA** : Commissariat à l'Energie Atomique

**CRAM**: Caisse Régionale d'Assurance Maladie

**DRIRE** : Direction Régionale de l'Industrie, la recherche et de l'Environnement

**EDF** : Electricité De France

**FAFR** : Fatal Accident Frequency Rate

**G/P**: Gravité/Probabilité

**G/P/A** : Gravité/Probabilité/Acceptabilité

**INRS** : Institut Nationale de Recherche et de Sécurité

**INS**: Immédiat(es), Nécessaire(s) et Suffisant(es)

**MOSAR** : Méthode Organisée et Systémique d'Analyse des Risques

**MADS** : Modèle d'Analyse des Dysfonctionnements des Systèmes

**SIES** : Système International d'Intégration de la Sécurité

**INTRODUCTION GENERALE**  
PROBLEMATIQUE

Depuis l'avènement de l'industrie au XIX<sup>ème</sup> siècle, la société par le biais du législateur s'est préoccupée de plus en plus de la santé et de la sécurité de l'homme au travail. Dans ce but, ont alors été créées les lois pour la protection des travailleurs et les institutions de prévention pour la vérification de la bonne application de ces lois dans les entreprises.

En France et en Europe, cette protection des travailleurs passe par les principes de prévention des risques, énoncés par la directive européenne cadre n°89/391 du 12 juin 1989 et transcrite en droit français par, entre autres, la loi n°1414 du 31 décembre 1991 (cette loi est intégrée au code du travail : Article L 230-2, voir Annexe 9).

Cette loi introduit l'obligation pour le chef d'entreprise d'élaborer et de mettre en place une démarche globale de prévention fondée sur l'application des principes généraux de prévention.

Bien que ces principes soient obligatoires pour l'ensemble des établissements (industriels, agricoles, commerciaux,... voir Annexe 9), les institutions de prévention (CRAM<sup>1</sup>, INRS<sup>2</sup>, etc : voir Annexe 1) remarquent que les entreprises du type PME (petites et moyennes entreprises), où les organismes de prévention sont peu présents du fait du nombre très important de ce type d'entreprises, sont le lieu de nombreux accidents du travail et de maladies professionnelles, et, qu'elles appliquent très peu les principes généraux de prévention de l'article L 230-2. Parmi ces principes de prévention, figure l'analyse des risques qui peut être considérée comme une des bases du développement d'une démarche de prévention dans une entreprise.

A partir de ce constat de non application des principes généraux de prévention et de l'analyse des risques en particulier, les institutions se sont alors demandées si les moyens mis à la disposition des PME en matière de méthodes d'analyse correspondaient à leurs besoins. En effet, la plupart de ces méthodes a été conçue pour les grands groupes (du type EDF) et est possiblement inadaptée à des petits établissements n'ayant pas forcément les mêmes préoccupations

C'est donc la recherche du degré d'adaptation ou d'inadaptation des méthodes existantes, qui nous a conduit à entreprendre ce travail.

---

<sup>1</sup> CRAM : Caisse Régionale d'Assurance Maladie

<sup>2</sup> INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité

Pour cette étude, nous considérerons comme hypothèse de départ, que les blocages qui surviennent lors de la mise en place d'une méthode d'analyse des risques sont révélateurs de ce degré d'adaptation.

Le but de cette recherche est donc, à travers l'étude des blocages apparaissant lors de cette analyse dans un contexte de PME, de proposer des pistes pour la construction d'une méthode et d'une démarche méthodologique qui permettraient aux PME d'entreprendre et de réussir presque à coup sûr une analyse de risques.

Ce travail se présentera en cinq parties.

La première partie consistera à présenter les différents types d'analyse de risques que l'on peut envisager pour détecter et évaluer les risques dans une entreprise industrielle. Nous concluons cette partie par la présentation de la méthode d'analyse qui a semblé la plus intéressante à tester dans ce contexte pour en tirer le maximum d'enseignements, la méthode<sup>3</sup> MOSAR<sup>4</sup> développée par le CEA<sup>5</sup>.

Dans la deuxième partie nous aborderons l'étude du champ des PME, en abordant leur définition et leurs caractéristiques principales.

La troisième partie visera à définir plus précisément notre terrain d'essai, constitué de PME qui ont accepté la mise en œuvre expérimentale de la méthode choisie dans la première partie et dans lesquelles l'expérimentation devrait apporter une information pertinente.

Dans la quatrième partie seront inventoriés les résultats de la phase expérimentale, desquels nous extrairons les points positifs et négatifs observés lors de la mise en œuvre de l'analyse. Les points négatifs, les blocages, seront considérés comme l'expression des inadaptations de la méthode testée.

Ensuite la cinquième et dernière partie présentera le mode d'analyse qui permettra d'interpréter les écueils répertoriés et les résultats de cette analyse. Enfin seront exposées des propositions d'amélioration de la méthode et de la démarche méthodologique d'analyse des risques qui découlent de nos résultats.

---

<sup>3</sup> Méthode : ensemble ordonné de manière logique de principes, règles, étapes permettant de parvenir à un résultat. [LAROUSSE 1999]

<sup>4</sup> MOSAR : Méthode Organisée et Systémique d'Analyse des Risques

<sup>5</sup> CEA : Commissariat à l'Energie Atomique



## **CHAPITRE 1 : ANALYSE DES RISQUES ET ETAT DE L'ART**

Dans notre projet de recherche des blocages apparaissant lors de la mise en œuvre des analyses de risques dans les petites entreprises, la première étape consiste à mettre en place les définitions et concepts reliés à l'analyse des risques tels qu'ils sont vus et reconnus par les institutions de prévention.

Ce chapitre expose donc les définitions du risque et de l'analyse des risques (et ses composantes fondamentales), précise les domaines de notre action, les contraintes prises en compte et les critères de choix d'une méthode d'analyse plutôt qu'une autre. Ces critères seront sélectionnés pour définir et choisir la méthode devant s'avérer le meilleur outil de détection des blocages des petites entreprises face à l'analyse des risques.

La deuxième partie du chapitre propose de présenter les trois courants méthodologiques principaux de l'analyse des risques à travers des exemples de méthodes considérées comme représentatives de chacun de ces courants. Pour cette étude, un des courants a été privilégié, et les principales méthodes qui y sont reliées, sont donc décrites, plus précisément.

Les institutions investies dans la prévention des risques dans les PME ayant émis également une préférence pour une des méthodes de ce courant, celles-ci ont ensuite subi une petite étude comparative (avec les critères définis précédemment) pour vérifier la pertinence de la méthode proposée et pour la situer par rapport aux autres.

## **1 Les risques**

Avant d'arriver au concept d'analyse des risques, il faut définir la notion de risque et ce que nous allons y inclure lors de notre étude pour obtenir un champ d'investigation suffisamment limité assurant aussi une bonne cohérence dans les risques que nous allons prendre en compte. Cette cohérence réside dans la nature et dans le nombre de risques envisagés, pour effectuer un travail réalisable dans un temps limité mais cette cohérence garantit également que les risques étudiés correspondent prioritairement aux objectifs des organismes de prévention.

### **1.1 Définition**

Une des définitions du risque est donnée par Alain Villemeur, cette définition certain consensus dans le domaine de la sécurité.

## RISQUE

*Mesure d'un danger associant une mesure de l'occurrence d'un événement indésirable et une mesure de ses effets ou conséquences [VILLEMEUR 1998].*

Cependant il existe des définitions légèrement plus complexes que celle d'Alain Villemeur dans lesquelles apparaît une troisième dimension : l'acceptabilité du risque, seuil en dessous duquel on accepte l'existence du danger bien que sa gravité et sa probabilité d'occurrence ne soient pas nulles. C'est par exemple la définition de P.Périllon : "le risque est la mesure du niveau de danger : le risque est une grandeur à trois dimensions au minimum associée à une phase précise du système et caractérisant un événement non souhaité par sa probabilité d'occurrence, sa gravité et son acceptabilité [EDF 1998]. Cependant la notion d'acceptabilité laisse en suspend plusieurs questions. Est-ce une grandeur de mesure du risque ? Peut-on considérer que l'acceptabilité d'un risque en change la nature ?

Enfin, nous verrons par la suite que cette définition du risque, faisant appel aux notions de gravité et de probabilité, n'est pas sans poser de problèmes. Ces deux notions sont, en particulier, très mal prises en compte au niveau de la législation qui utilise plutôt le concept de danger. Ceci se traduit notamment par des difficultés pour la définition des objectifs de l'analyse des risques et pour l'exploitation des résultats qui découlent de cette analyse.

### **1.2 Les mécanismes simplifiés du risque**

Sans rentrer dans le vocabulaire et le formalisme du risque proposés par chaque méthode explicitée ci-après, nous allons définir succinctement ce qui amène à envisager l'existence d'un risque et la potentialité de production d'un accident dans certaines conditions, dans notre cas dans une entreprise. Ces notions nous permettront de pouvoir avancer des critères de comparaison des différentes méthodes existantes d'analyse des risques.

Le risque est un accident potentiel qui pourra se transformer en accident réel dans certaines conditions à définir pour chaque risque. Cet accident aura des causes susceptibles d'être de natures différentes (matériel défectueux, erreur humaine, réglementation non respectée,...) et pourra occasionner des dommages à une "victime" elle aussi pouvant être de nature variée (homme, poissons, machines,...). Cette représentation intuitive nous permet alors d'étudier les différentes victimes (et leurs natures) et les différentes causes (et leurs natures) que l'on peut rencontrer. Ces éléments vont permettre d'établir certains des critères utilisés pour le choix d'une méthode "test" d'analyse des risques, méthode que nous mettrons en œuvre tout au long de nos expérimentations.

### **1.3 Les "victimes" du risque envisagées : formalisation par le biais de la systémique**

Les victimes que nous allons prendre en compte avec les méthodes d'analyse des risques sont certes un des critères pour la comparaison des méthodes, mais elles sont d'abord les éléments à protéger (en partie par le biais d'une gestion des risques).

Les victimes qui préoccupent les organismes de prévention (comme les CRAM) sont les hommes dans le contexte de leur travail. Les victimes auxquelles s'intéressent aussi les pouvoirs publics (comme les DRIRE<sup>6</sup>) sont les écosystèmes et les hommes situés hors des "installations de travail". Nous avons donc retenu ces deux types de victimes, les hommes et les écosystèmes, pour y ajouter celles plus ciblées qui concernent tout particulièrement les entreprises et que nous découvrirons dans le chapitre qui leur est consacré.

Pour les entreprises et surtout à l'échelle des PME, les préoccupations essentielles sont dictées par leur survie et leurs performances qui sont le résultat de relations entre l'entreprise, l'environnement, la vie sociale et le contexte économique (voir Figure 1).

Notre domaine d'investigation est ainsi plus étendu que celui des analyses classiques de risques (qui prennent dans la plupart des cas en compte un seul type de victimes), car nous voulons être en mesure de dire non seulement quels sont les facteurs de réussite d'une analyse de risques dans une PME, mais de dire aussi si cette analyse peut intégrer plusieurs victimes. Cette vision est caractéristique d'une approche globale ou systémique de notre étude.

---

<sup>6</sup> DRIRE : Direction Régionale de l'Industrie, la Recherche et l'Environnement

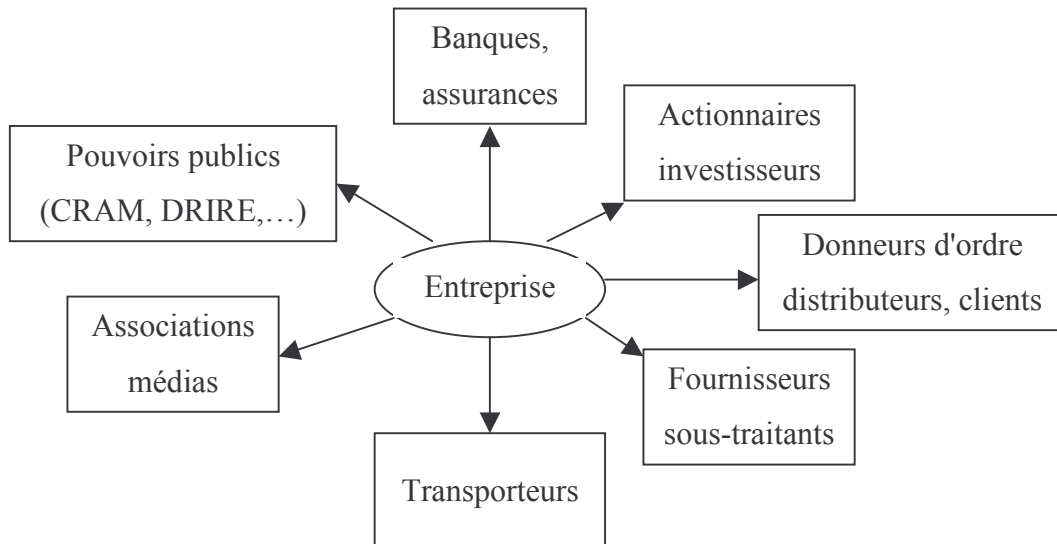


Figure 1 : Parties intéressées en relation avec l'entreprise [PERSONNE 1998]

La survie de l'entreprise et ses performances se manifestent par des sources de revenus et de dépenses, mais dépendent aussi du bon fonctionnement de ce réseau mettant en son centre l'entreprise (en excluant le cas de spéculations sur des capitaux uniquement). Ce contexte amène l'entreprise manufacturière à considérer comme victimes potentielles à protéger :

- son système de production pour satisfaire ses clients, maintenir ses sources de revenus et répondre aux attentes des banques et des investisseurs
- son système humain pour faire fonctionner son système de production et satisfaire les exigences des organismes institutionnels que nous avons exposées ainsi que celles des associations et médias qui ont un impact de moins en moins négligeable.
- les écosystèmes entourant l'entreprise, dont la protection devient, elle aussi, une inquiétude croissante des pouvoirs publics, des médias et des associations.

Ce bilan nous conduit à envisager les "victimes potentielles" suivantes :

- les hommes au travail
- l'environnement (appelé aussi les écosystèmes extérieurs à l'entreprise), et les populations susceptibles d'être touchées par cet intermédiaire
- le système de production de l'entreprise (matériel et organisation).

Cette détection de la ou des victimes des dangers potentiels, est un point essentiel à définir pour chaque méthode d'analyse des risques. Cela deviendra un de nos critères de comparaison des méthodes.

Une fois que l'on peut décrire intuitivement les mécanismes du risque et les éléments importants qui apparaissent primordiaux à nos interlocuteurs (organismes de prévention et petites entreprises), on découvre l'intérêt que peut avoir l'analyse des risques pour préserver ces éléments importants dénommés ci-dessus les victimes potentielles d'un danger.

## **2 L'analyse des risques : Définition**

### ANALYSE

*Etude faite en vue de discerner les différentes parties d'un tout, de déterminer ou d'expliquer les rapports qu'elles entretiennent les unes avec les autres [LAROUSSE 1999].*

Nous prendrons comme définition de l'analyse du risque celle donnée par Pierre Périlhon, la plus complète. Cependant il en existe d'autres (au bureau Véritas, dans la norme X 60 510, à l'INRS) qui sont surtout basées sur l'énumération des étapes de l'analyse.

### ANALYSE DES RISQUES

*L'analyse des risques consiste à les identifier et à comprendre les mécanismes conduisant à leur concrétisation dans le but de réduire leur probabilité d'occurrence et / ou leur gravité. Cette étude doit aboutir à la mise en place de mesures permettant de réduire leur apparition ou leurs conséquences sur l'homme au travail, les matériels de production, les produits, les populations extérieures à notre domaine d'étude ainsi que les écosystèmes pour tendre le plus possible à une maîtrise des risques. [PÉRILHON 1998]*

Afin de pouvoir atteindre notre but : analyser les blocages qui surviennent lors d'une analyse des risques dans une PME, il faut en premier lieu choisir une méthode puisqu'il n'en existe pas une, mais une multitude classable toutefois en trois courants principaux.

Dans les paragraphes qui suivent, nous proposons de décrire dans un premier temps les trois courants méthodologiques d'analyse des risques existants (en les illustrant par quelques exemples de méthodes), pour reprendre ensuite celui intéressant plus particulièrement les institutions de prévention. Ensuite nous comparerons la méthode proposée par les institutions aux autres méthodes disponibles (du même courant) à travers cinq critères. Par le biais de cette comparaison nous allons vérifier si cette méthode proposée remplit une majorité des critères et si une autre méthode ne les remplit pas mieux. Nous situerons ainsi cette méthode par rapport aux autres tout en vérifiant sa pertinence pour son application dans ce travail.

### **3 Les trois mouvements de l'analyse des risques a priori**

#### **3.1 Méthodes du type "Audit"**

Les méthodes "d'audit" constituent les pratiques les plus anciennes de diagnostic a priori des risques. Leur objet est clair : il s'agit de repérer, dans une situation de travail existante, des manques, des anomalies ou des insuffisances concernant en particulier les dispositifs techniques des installations ou des modes opératoires par rapport aux dispositions réglementaires ou aux règles de l'art.

Elles consistent donc à observer un écart par rapport à un référentiel préalablement défini.

Pour certaines, le risque est équivalent à un défaut d'application de la réglementation susceptible de provoquer, souvent très directement, un accident. Dans ce cas, la notion de risque est souvent très proche de celle de "danger", le danger étant ce qui s'avère (dans ce cas) par nature incompatible avec une présence humaine, de telle sorte que le dommage naîtra nécessairement de sa rencontre avec l'homme.

Ces méthodes se matérialisent par une check-list ou un questionnaire. Le référentiel qui lui est adjoint est quant à lui issu de pré-analyses dans lesquelles on a identifié des conjonctions particulières entre un homme et un objet (machines, moyens techniques) provoquant dans un grand nombre de cas des blessures. Ce référentiel peut être la réglementation, mais certains cabinets d'audit développent leur propre référentiel enrichissant la réglementation (ex : le système SIES de la société DNV [DNV 1998]).

Selon cette logique, le souci d'améliorer la prévention conduit à renouveler et à développer les aspects réglementés.

Ces méthodes ont confirmé leur efficacité par la rareté observée des accidents uniquement matériels (lorsque la réglementation est respectée) [INRS 1990-1]. Mais elles montrent, selon les experts, une efficacité maximale dans deux cas extrêmes où il faut :

- baisser rapidement un niveau de risque trop élevé dans des situations de travail très précaires (le secteur du bâtiment appartient souvent à cette catégorie)
- maintenir un niveau de risque faible en évitant les dérives dans l'application des procédures et l'utilisation du matériel par exemple. On peut alors à partir de ces constats mieux cibler les programmes de formations dites d'entretien ou "piqûres de rappel".

Mais leur efficacité est moindre dans les situations intermédiaires à ces deux cas. [INRS 1990-1]

Pour résumer, on peut penser que les méthodes d'audit sont plutôt destinées aux entreprises à hauts risques ou fortement automatisées. Dans les autres entreprises l'utilisation en tant qu'indicateurs de suivi reste possible, mais pour ces dernières, les accidents sont principalement dus à des conditions épisodiques où l'observation de la réglementation se révèle insuffisante. La complexité d'une installation est aussi l'un des paramètres influençant négativement les résultats, la prise en compte des risques non listés étant impossible.

### **3.2 Méthodes du type "ergonomie"**

Une autre approche consiste à s'intéresser à l'analyse des conditions de travail. Cette vision du risque consiste à considérer l'homme comme élément fondamental. Le risque devient le symptôme de dysfonctionnements dans l'entreprise (conditions de travail, absence de marge de manœuvre, systèmes de contraintes organisationnelles,...).

Nous proposons de décrire deux méthodes issues de ce courant, la première proche des méthodes d'audit mais pour laquelle les éléments et écarts à détecter sont à composantes principalement humaines et applicables dans le champ du poste de travail, la deuxième quant à elle est plus large, sans référentiel et basée sur l'inadéquation du couple homme-machine.

#### **3.2.1 Analyses des risques en termes de conditions dangereuses et d'actions dangereuses**

Dans cette méthode proche d'une démarche d'audit, l'accident découle d'actions dangereuses qui peuvent elles-mêmes provenir, soit d'une condition dangereuse, soit d'une déficience humaine (voir Figure 2). Cette vision du risque établit une distinction entre le domaine technique et le domaine humain. La mise en pratique de cette méthode passe souvent par des outils de type check-list.



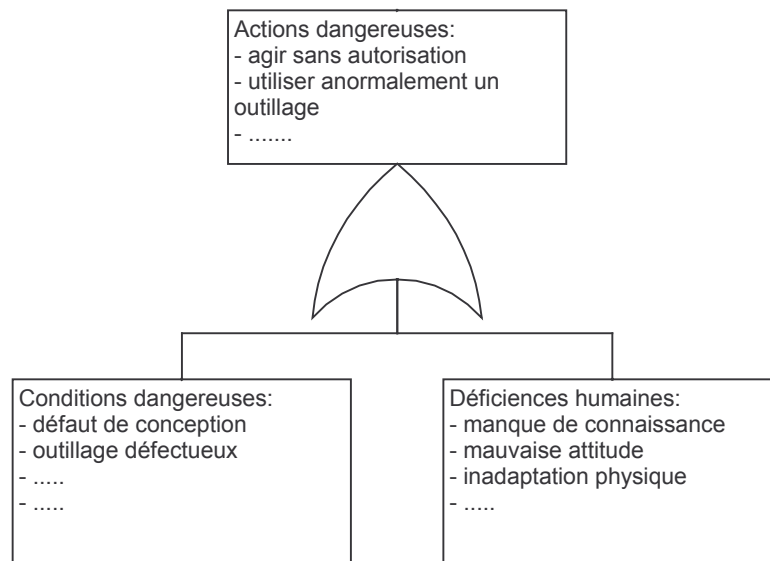


Figure 2 : Principe d'une étude de sécurité basée sur les principes de l'action dangereuse d'après Heinrich en 1957, Favaro et Monteau 1990 [INRS 1990-1]

### 3.2.2 Approche ergonomique du système homme - machine

Dans les méthodes ergonomiques actuelles, l'accident est considéré comme la conséquence de l'inadaptation du couple homme - machine. L'adaptation de l'homme à la machine pouvant se traduire par le fait que ce couple assure une fonction requise sans nuire à l'une ou l'autre de ses composantes :

- humaines : absence de fatigue, de stress, d'accidents corporels,...
- techniques : absence d'incidents, de pannes, de casse,...

On ne considérera pas ici l'événement dangereux comme la résultante d'un simple écart entre l'action prescrite et l'action réelle. Le fait de prendre en compte toutes les inadaptations possibles entre l'homme et la machine fait que la sécurité n'est qu'un des objectifs de l'approche ergonomique. Cela comprend la prise en compte des aspects techniques, organisationnels, des facteurs d'ambiance, etc... considérés comme facteurs accidentogènes.

On utilise toutefois dans l'industrie des outils plus précis pour optimiser le rapport amélioration / coût (des analyses standardisées pour des postes de travail évoluant peu, des guides construits par des institutions spécialistes des conditions de travail, des groupes de travail, des grilles d'analyse pour sélectionner les postes à problèmes, etc.) [INRS 1990-1] :

Ces méthodes ont l'avantage de ne pas restreindre l'accident à des composantes techniques, cependant leur vision très large de l'accident est difficile à mettre en œuvre dans un temps réduit pour une installation complexe comme une entreprise prise dans sa totalité, (c'est pour cela que des outils basés sur des check-list ou grilles d'évaluation par exemple ont été développés afin de réduire le temps de mise en œuvre).

### **3.3 Méthodes du type "sûreté de fonctionnement"**

Les méthodes du type "sûreté de fonctionnement", regroupées également sous la dénomination "sécurité des systèmes" font partie des approches à dominante technique du risque industriel, mais elles peuvent dans certains cas intégrer le facteur humain. Ces méthodes utilisent en principe pour la définition du risque les notions de gravité et de probabilité d'apparition d'un événement indésirable.

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

Les interrogations des institutions concernent également une méthode particulière de ce courant, la méthode MOSAR<sup>7</sup> qui a conduit à de bons résultats dans le contexte de "grands groupes" (EDF, CEA).

Nous allons donc dans les parties suivantes fixer tout d'abord des critères pour pouvoir caractériser les méthodes principales de ce courant d'analyse, puis nous définirons parmi les critères retenus ceux qui semblent indispensables pour notre travail (afin par exemple d'assurer une reproductibilité de l'analyse et de prendre en compte les victimes définies dans le chapitre I, etc). Ensuite nous décrirons les principales méthodes de ce courant d'analyse des risques (dont MOSAR), nous les comparerons suivant les critères établis afin de vérifier si MOSAR est la méthode qui correspond le mieux à nos besoins. Dans le cas contraire, nous choisirons la méthode s'en rapprochant le plus.

---

<sup>7</sup> MOSAR : Méthode Organisée et Systémique d'Analyse des Risques

## 4 Les critères

La méthode d'analyse que nous recherchons doit remplir un certain nombre de conditions pour nous permettre d'étudier les blocages développés par les PME. On caractérise donc les méthodes par les critères principaux suivants :

- 1- Le degré de formalisation des étapes de l'analyse des risques : Sachant qu'une analyse classique comporte toujours les mêmes étapes types, ce degré de formalisation permet d'assurer une analyse plus complète et facilement reproductible, qualité indispensable pour mener une même expérimentation dans différentes entreprises.
- 2- L'utilisation et la formalisation d'un modèle d'accident : Un modèle du processus de danger permet d'avoir la garantie d'une approche cohérente et complète du phénomène tenant compte aussi bien des mécanismes initiateurs et de leurs causes que des conséquences de l'accident.
- 3- La nature des "victimes" envisagées. La typologie retenue a fait l'objet d'une explication auparavant (§ 1.3).

Cependant chaque méthode comporte d'autres caractéristiques moins fondamentales pour notre étude mais qu'il faut néanmoins connaître comme :

- 4- Le sens du raisonnement permettant d'appréhender les risques : part-on des causes des risques pour en déduire les dangers résultants (démarche inductive), ou part-on des dangers que l'on redoute pour remonter vers les causes possibles de ces dangers (démarche déductive)?

La méthode que nous allons choisir doit garantir une grande exhaustivité dans l'identification des risques potentiels, et permettre la recherche des scénarios d'accidents en s'appuyant sur un modèle d'accident simple et intuitif et en faisant appel au retour d'expérience (utilisation indispensable des connaissances déjà disponibles dans l'entreprise qui restent trop souvent inexploitées).

La recherche des risques potentiels doit évidemment prendre en compte les risques touchant les victimes définies précédemment (§1.3). Par conséquent le type d'approche (déductive ou inductive) qu'empruntera la méthode d'analyse est important à connaître pour pouvoir, si nécessaire, le modifier mais, il ne sera pas un critère éliminatoire pour une méthode.

Afin de pouvoir mettre en œuvre la même méthode dans des contextes différents il est important et appréciable que les étapes de l'analyse des risques soient formalisées. Ceci doit permettre d'exploiter plus facilement les résultats de l'expérimentation, et plus facilement donc de les comparer. Plus le nombre d'étapes formalisées sera important, plus la méthode qui les contient sera susceptible d'être privilégiée.

#### **4.1 La formalisation des étapes de l'analyse des risques**

A priori toutes les analyses des risques visent à identifier les risques présentés par un système en vue de pouvoir ensuite agir pour en réduire la gravité et la probabilité. Ces objectifs se traduisent dans les méthodes d'analyse de risques par des étapes plus ou moins formalisées visant :

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

Toutes les méthodes d'analyse contiennent implicitement l'ensemble de ces étapes (exceptée pour certaines l'étape 5 de hiérarchisation). Notre choix de méthode sera tourné vers une méthode où, si possible, la plupart de ces étapes sont décrites précisément dans leurs buts et dans leur mise en œuvre.

#### **4.2 l'utilisation d'un modèle d'accident**

Le modèle d'accident est une représentation visant à formaliser le processus de déroulement de l'accident. Ce modèle constitue l'élément structurant de la méthode qui dans l'application se voit comme le guide de la réflexion lors de l'identification des risques. Les méthodes d'analyse des risques utilisent ou non un modèle, qui peut différer d'une méthode à l'autre. Cela a une influence sur l'efficacité de l'analyse qui passe, entre autres, par le degré d'approfondissement possible dans les recherches des causes du risque, des aspects abordés, par les modèles et outils employés,...

Pour notre expérimentation, la présence d'un modèle d'accident simple pouvant être aisément expliqué à l'entreprise et intégré par celle-ci afin de faciliter l'analyse des risques est un critère très important.

### 4.3 le sens de raisonnement

Il existe deux grands types de démarches d'investigation pour l'analyse des risques, inductive et déductive. Les démarches inductives procèdent des causes vers les effets, et celles déductives des effets vers les causes.

Ce sens de raisonnement intervient dans l'analyse des risques lors de l'étape de recherche des scénarios d'accidents potentiels, sous la forme de deux questions possibles à se poser :

- Quels événements peuvent produire un accident redouté (mode déductif)? (voir Figure 3)
- Quelles conséquences graves (accident) peut avoir un incident (pannes,...) (mode inductif)? (voir Figure 4 )

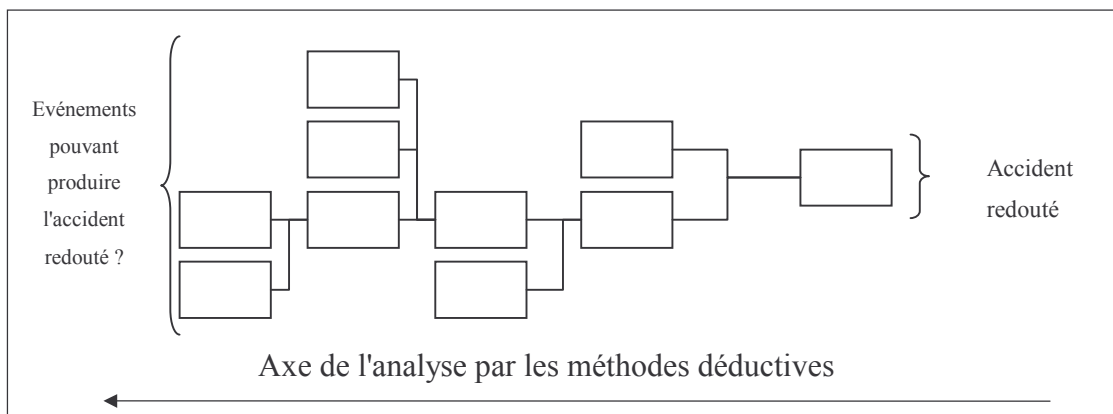


Figure 3 : Mode de recherche déductif, inverse au sens de déroulement des dysfonctionnements

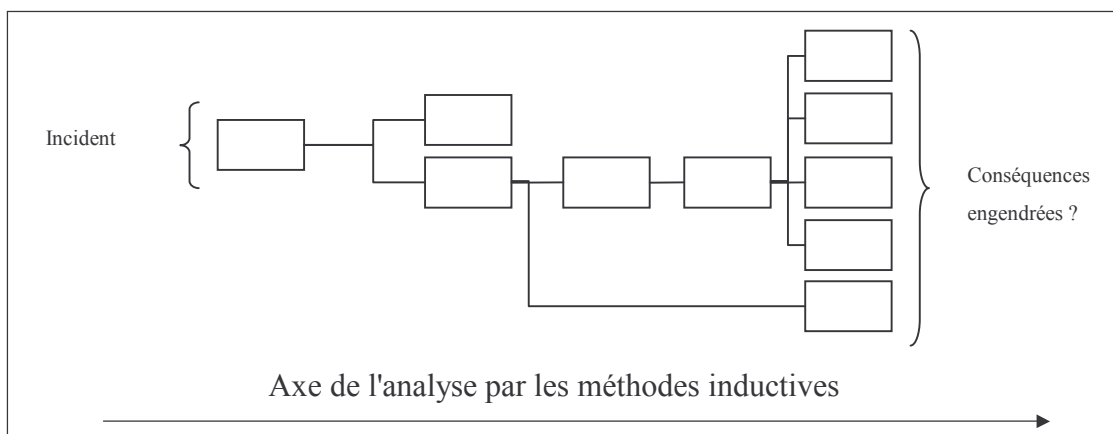


Figure 4: Mode de recherche inductif, identique au sens de déroulement des dysfonctionnements

On peut classer les études de danger suivant le sens de la démarche mais elles associent souvent les deux modes de réflexion (inductif et déductif) considérés comme complémentaires, en faisant appel à plusieurs méthodes d'analyse (par exemple : AMDEC et arbres de défaillances).

Ces critères de comparaison et de choix étant posés, il s'avère nécessaire maintenant de décrire chaque méthode dans son fonctionnement et de voir où elle se situe en fonction des critères établis. Il est très peu probable qu'une méthode corresponde au "choix idéal", nous choisirons donc celle qui s'en rapproche le plus.

## **5 Méthodes principales du courant de la sûreté de fonctionnement**

Sont présentées ici succinctement les principales méthodes de sécurité des systèmes. Dans le paragraphe §5.7 sera exposée, dans un tableau récapitulatif, la situation de ces méthodes selon les critères préalablement définis (§4).

### **5.1 Analyse préliminaire des risques**

L'APR a pour objet d'identifier les risques d'un système et par la suite de définir des règles de conception et des procédures afin de maîtriser les situations dangereuses. Elle intervient le plus efficacement au stade de la conception et doit être remise à jour dès qu'un nouveau matériel est ajouté mais aussi lors du développement et de l'exploitation.

Pour déceler les risques et leurs causes, on recherche [LIEVENS 1976]:

- les éléments pouvant être dangereux,
- ce qui transforme les éléments dangereux en situations dangereuses
- les situations dangereuses
- les éléments transformant ces situations en accidents potentiels
- les accidents potentiels et leurs conséquences en terme de gravité.

Ensuite on cherche des mesures préventives comme des règles de conception ou des procédures afin d'éliminer ou de maîtriser les situations dangereuses et les accidents potentiels mis en évidence. On doit aussi vérifier que les mesures sont efficaces.

On peut schématiser l'APR par son modèle d'accident (voir Figure 5). Pour la mettre en œuvre, et représenter les résultats, on se servira d'un tableau (voir Tableau 1) ou d'un arbre logique.

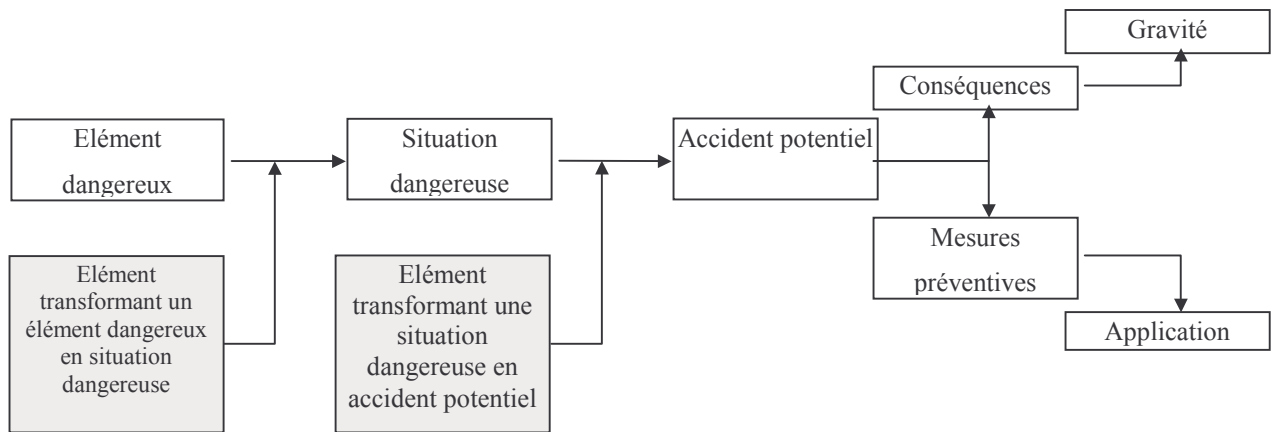


Figure 5: Démarche de fonctionnement de l'APR contenant le modèle implicite de l'accident.8

1	2	3	4	5	6
Sous-système ou fonction	Phase	Elément dangereux	Elément transformant un élément dangereux en situation dangereuse	Situation dangereuse	Elément transformant une situation dangereuse en accident potentiel
7	8	9	10	11	
Accident	Conséquences	Classification par gravité	Mesures préventives	Application des mesures	

Tableau 1 : Exemple de tableau utilisable pour l'APR

Pour cette méthode, il peut être utile de construire et d'utiliser des check-lists d'éléments et de situations dangereuses, il en existe déjà pour certains domaines d'activité (industrie chimique, industrie aéronautique) [LIEVENS 1976 et VILLEMEUR 1988].

## 5.2 Analyse des modes de défaillance et de leurs effets

Il s'agit d'une des méthodes très utilisée en fiabilité technique, en particulier dans les domaines de l'aéronautique, du nucléaire, du spatial,...

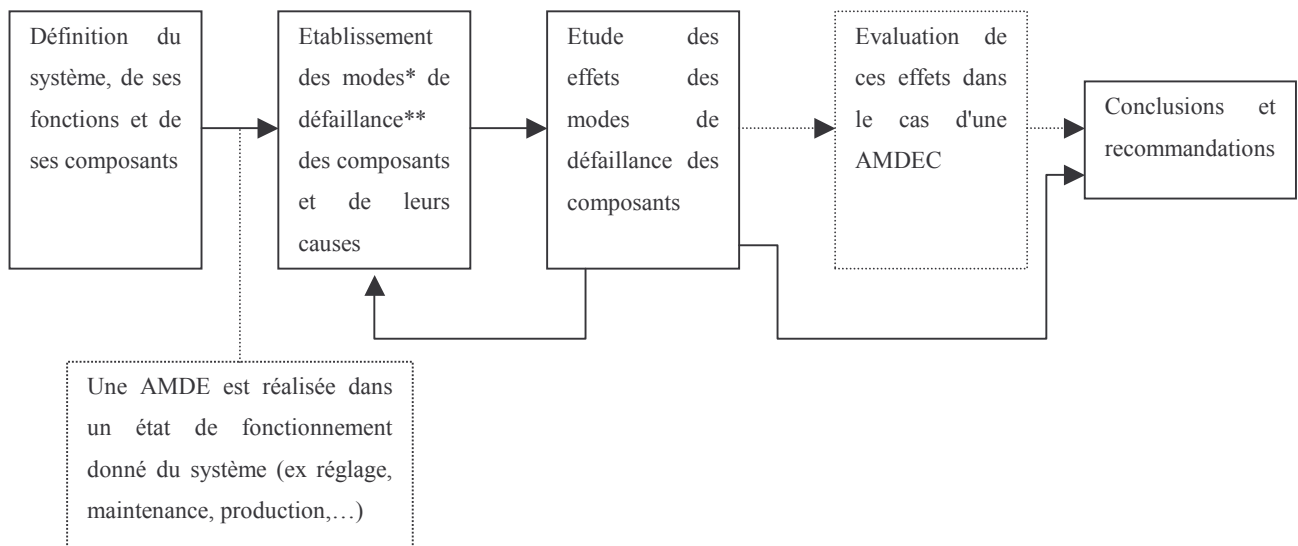


Figure 6 : Démarche de fonctionnement d'une AMDE ou d'une AMDEC

*\*Mode de défaillance d'un composant : effet par lequel une défaillance de ce composant est observé [VILLEMEUR 1998]*

*\*\*Défaillance : cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise [VILLEMEUR 1998]*

On emploie cette méthode a priori en exploitation mais surtout en phase de conception.

Cette AMDE ou FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) consiste à identifier les modes de défaillance et chercher leurs causes et leurs effets qui affecteraient les composants du système étudié (voir Figure 6). Plus généralement on emploie l'AMDE pour identifier les modes de défaillance ayant d'importants effets sur la fiabilité, la maintenabilité, ou la sécurité du système.

<sup>8</sup> Adaptation venant des schémas du [LIEVENS 1976] et de [INRS 1990-1]



1	2	3	4	5 et 6		7	8	9	10
Identification du composant	Mode de défaillance	Causes possibles	phases	Conséquences		Probabilité de la défaillance	criticité	Actions correctives	Recommandations applications
				local es	Sur l'ensemble du système				

Pour l'AMDEC

Tableau 2 : Exemple de la présentation d'une AMDE ou d'une AMDEC [LIEVENS 1976 et VILLEMEUR 1988]

L'AMDE peut utiliser le Tableau 2 pour être menée à bien. Ce tableau que l'on commence à remplir par la colonne de gauche, permet de décrire le fonctionnement de l'AMDE. On définit le système en déterminant ses principales fonctions, ses limites fonctionnelles et celles de ses composants. On s'intéresse ensuite aux spécifications relatives au fonctionnement, aux composants de ce système et à l'environnement de ce système. Le repérage des phases de vie les plus critiques se fait à ce moment là, par le biais d'une APR par exemple. La deuxième étape est l'établissement des modes de défaillance du système. On recense pour chacun des composants, dans une phase de vie donnée, ses modes de défaillance qui se définissent par l'effet par lequel une défaillance de ce composant est observée. Cette étape peut être facilitée par l'utilisation de check-list de modes génériques de défaillance (fonctionnement intempestif ou prématuré, non fonctionnement au moment prévu, non arrêt au moment prévu,...). On examinera ensuite les effets de ces modes sur les fonctions du système ainsi que sur chacun des composants. On peut étendre cette AMDE en s'intéressant à la probabilité et à la criticité des effets, on fait alors une AMDEC (Analyse des modes de défaillance, leurs effets et de leur criticité). On construit, dans ce cas, une grille de criticité (voir Figure 7).

Probabilité	Très faible	faible	moyenne	forte
Gravité				
Effets mineurs				
Effets significatifs				
Effets critiques				
Effets catastrophiques				

 zone de criticité

Figure 7 : Exemple d'une grille de criticité réalisée dans le cadre d'une AMDEC

L'évaluation de la probabilité et de la criticité des événements redoutés permet de les comparer.

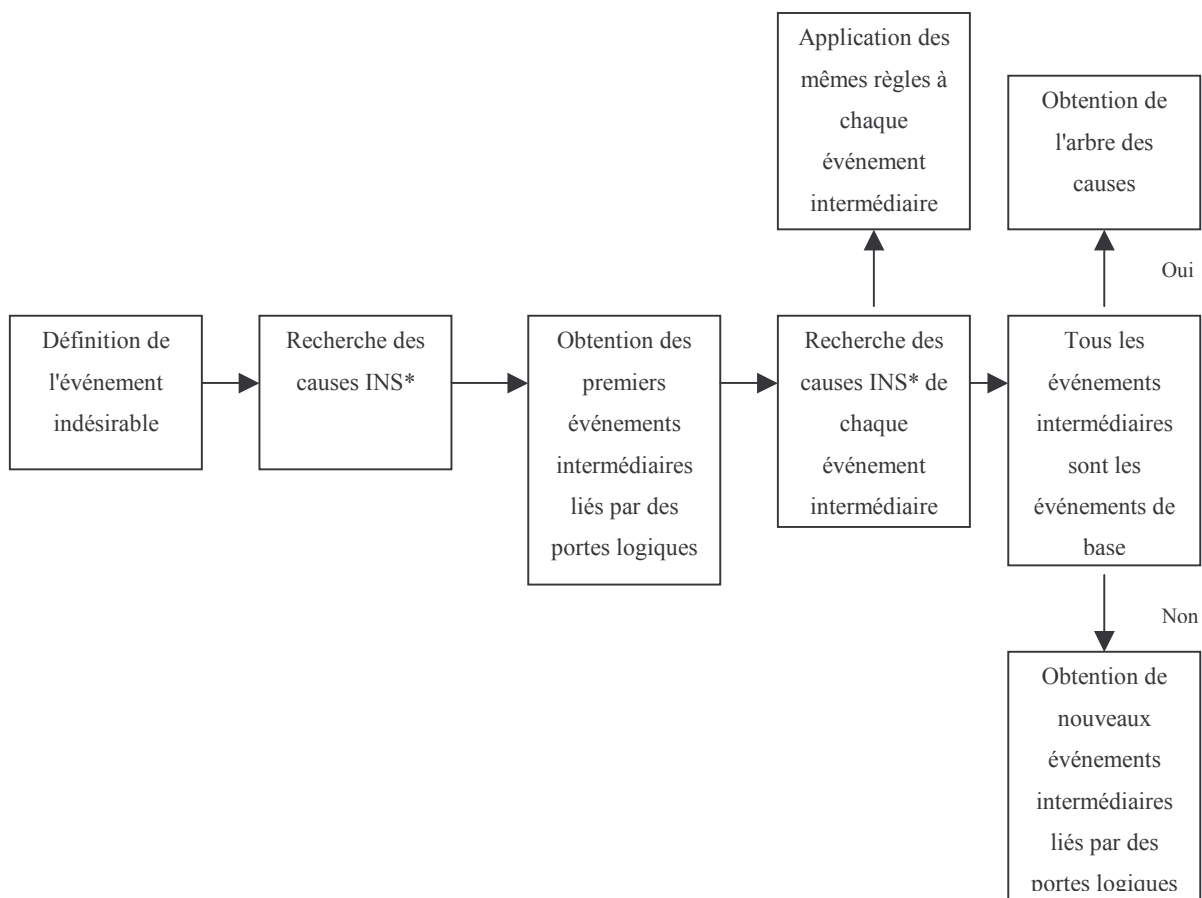
Si on veut connaître les risques inhérents à l'activité d'un ensemble de systèmes, on fait alors l'AMDE(C) de chaque sous-système et on étudie en plus leurs interactions.

Afin de faciliter des étapes de l'AMDE et de mieux les formaliser, on emploie parfois des outils tels que l'APR (pour déterminer les phases de fonctionnement les plus critiques mais aussi pour élargir le champ de l'AMDE en intégrant le facteur humain), ou l'arbre des causes pour recenser les causes des modes de défaillance et bien distinguer modes de défaillance, causes de défaillance et effets de la défaillance. D'autres outils tels que la méthode des pannes résumées peuvent aussi être utilisés [VILLEMEUR 1988].

### **5.3 Analyse par arbre des défauts (ou des causes, des défaillances, des fautes)**

Il s'agit d'un arbre logique représentant les combinaisons d'événements élémentaires qui conduisent à la réalisation d'un événement jugé indésirable. Il est formé de niveaux successifs tels que chaque événement intermédiaire soit généré par des événements du niveau inférieur. L'arbre se développe grâce au processus déductif en partant de l'événement indésirable jusqu'aux événements de base (événements dits élémentaires). Ceux-ci doivent être indépendants entre eux, leur probabilité d'occurrence doit pouvoir être estimée. Par ailleurs on considère que l'on a atteint un événement de base lorsqu'il devient inutile de le décomposer. Ce critère, relativement subjectif, nécessite de la part de l'utilisateur un certain niveau d'expertise. Contrairement à l'AMDE, on n'examine pas les pannes ou les dysfonctionnements qui n'auraient pas de conséquences significatives.

L'arbre des causes est donc une représentation graphique formée d'événements et de portes logiques reliant les événements entre eux. [LEES 1986].



\*Causes INS : causes immédiates, nécessaires et suffisantes

Figure 8 : Schématisation de l'élaboration de l'arbre des causes [VILLEMEUR 1988]

Pour la mise en œuvre de l'arbre des causes, on peut définir 5 étapes [INRS 1990-1] (voir Figure 8):

- 1- la connaissance du système : la méthode n'explique pas les critères de définition du système mais préconise néanmoins que l'analyste en ait une bonne connaissance.
- 2- la définition des événements indésirables : c'est une étape peu formalisée qui doit faire appel à d'autres outils tels que l'APR, l'AMDE,...
- 3- la construction des arbres de défaillances utilise un formalisme précis (portes ET et OU, rectangles pour les événements finaux et intermédiaires, ronds pour les événements élémentaires,...)

- 4- l'évaluation de la probabilité d'apparition de l'événement indésirable : C'est une évaluation quantitative qui est prévue. Pour l'exploitation quantitative, on cherche à relier les événements de base avec celui de tête par le chemin le plus direct (notion de coupe minimale). D'autre part la structure logique permet d'utiliser l'algèbre de Boole pour simplifier l'arbre (par exemple, réduction des fausses redondances).
- 5- l'exploitation des résultats : à partir des événements de base, on calcule la probabilité de l'événement redouté et les chemins les plus probables

#### **5.4 Analyse par arbre d'événements ou arbre des conséquences (event tree)**

Il s'agit également d'une méthode probabiliste qui se prête à la quantification [LEES 1986], comme l'arbre des causes. C'est une forme dérivée de l'analyse de la décision que nous n'aborderons pas [VILLEMEUR 1988].

Le principe consiste à partir d'un événement élémentaire susceptible d'être à l'origine d'une séquence accidentelle puis de déduire les conséquences possibles de cet événement. L'arbre se développe à partir d'un événement initiateur et progresse surtout dans le cas où des systèmes de sécurité sont mis en place pour enrayer le déroulement des événements menant à l'accident. On part d'un événement initiateur considéré comme un événement conduisant à un événement indésirable. On élabore alors une séquence d'événements qui est une combinaison temporelle (fonctionnement ou panne de systèmes élémentaires) conduisant à des événements indésirables. On ne prend généralement en compte que les événements (pannes,...) de probabilités jugées suffisantes pour rendre le scénario plausible (voir Figure 9). Ce processus peut amener à un nombre considérable de séquences, son originalité réside donc dans les processus utilisés pour réduire ce nombre. Cependant pour que ces réductions n'amènent pas à des représentations fausses des séquences accidentelles, cette méthode nécessite de connaître parfaitement et complètement le système. Ce n'est possible que pour des systèmes relativement réduits. Lorsqu'on connaît les fonctions dont les échecs mènent à l'accident, on emploie l'arbre des causes pour envisager les causes conduisant à l'échec de ces fonctions. Cet arbre se prête assez bien à l'analyse quantitative.

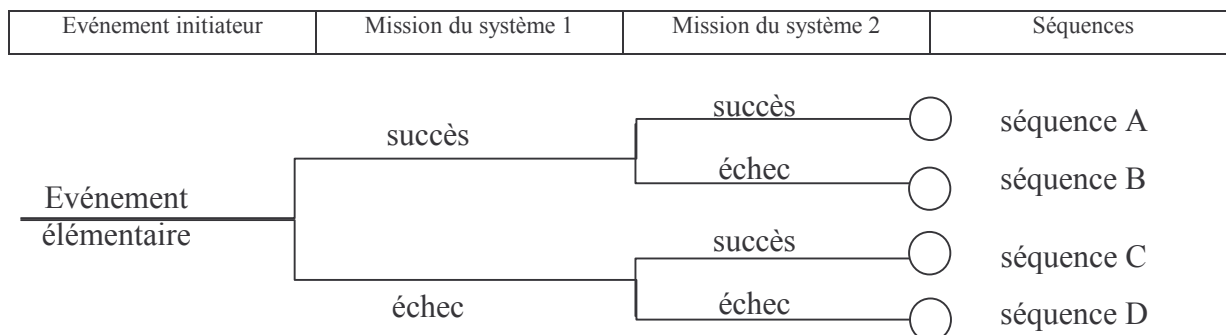


Figure 9 : Principe d'un arbre d'événements<sup>9</sup>

On peut alors mener une analyse systématique des conséquences potentielles d'un événement ou d'une séquence d'événements. Si on prend  $n$  événements initiateurs, on a alors  $2^n$  chemins possibles et autant d'événements finaux et ainsi de suite. Par exemple, en exploitation, on peut faire une analyse quantitative des probabilités de défaillance et / ou de bon fonctionnement pour chaque événement initiateur [INRS 1990-1].

Surtout utilisée de manière probabiliste (mais pas seulement), en particulier dans le domaine du nucléaire, elle est généralement employée avec l'arbre des causes. Son utilisation est donc de prime abord inductive mais peut aussi conduire à une démarche déductive en l'associant à un arbre de défaillances.

Il est difficile d'étudier une installation importante avec l'arbre des conséquences (pas seulement du fait de la taille importante mais surtout à cause du grand nombre d'arbres engendrés) - on peut limiter la taille en limitant le niveau de détail, comme pour l'arbre des causes - en revanche on ne peut pas représenter et être sûr d'avoir pris en compte les interactions entre chaque sous-système étudié.

### 5.5 Diagramme causes - conséquences

Utilisé en premier lieu dans le domaine du nucléaire par le biais de la fiabilité, ce diagramme est une combinaison de l'arbre des causes et de celui des conséquences. Cette méthode n'a été mise en application que dans un champ limité. On associe les deux démarches inductive et déductive, c'est donc une démarche qui se fait en deux temps :

- ☒ La partie "causes" représentant un ou plusieurs événements "sommet" (comme la défaillance d'un composant ou d'un sous-système), conduisant à des conséquences non souhaitées.

<sup>9</sup> Figure élaborée à partir du document bilan des méthodes d'analyse des risques a priori de MONTEAU et FAVARO [INRS 1990-2]

- ☒ La partie "conséquences" donnant les conséquences envisageables lorsque se réalisent les événements "sommet" en tenant compte des conditions de fonctionnement ou de défaillance de composants ou d'autres sous-systèmes (par exemple le sous-système de protection). [VILLEMEUR 1988]

Les principales étapes de l'élaboration du diagramme causes – conséquences sont (principe Figure 10) :

- ☒ la sélection de l'événement initiateur parfois nommé événement critique lié à des défaillances de composants ou de sous-systèmes et qui est a priori susceptible d'engendrer des conséquences redoutées que l'on cherchera à préciser. Cette sélection peut se faire par la méthode AMDE (analyse des modes de défaillances et de leurs effets).
- ☒ la recherche des causes de cet événement initiateur par la méthode de l'arbre des causes. L'événement initiateur équivaut alors à l'événement indésirable défini dans cette méthode.
- ☒ la recherche des conséquences de l'événement initiateur par la méthode de l'arbre des conséquences généralement.

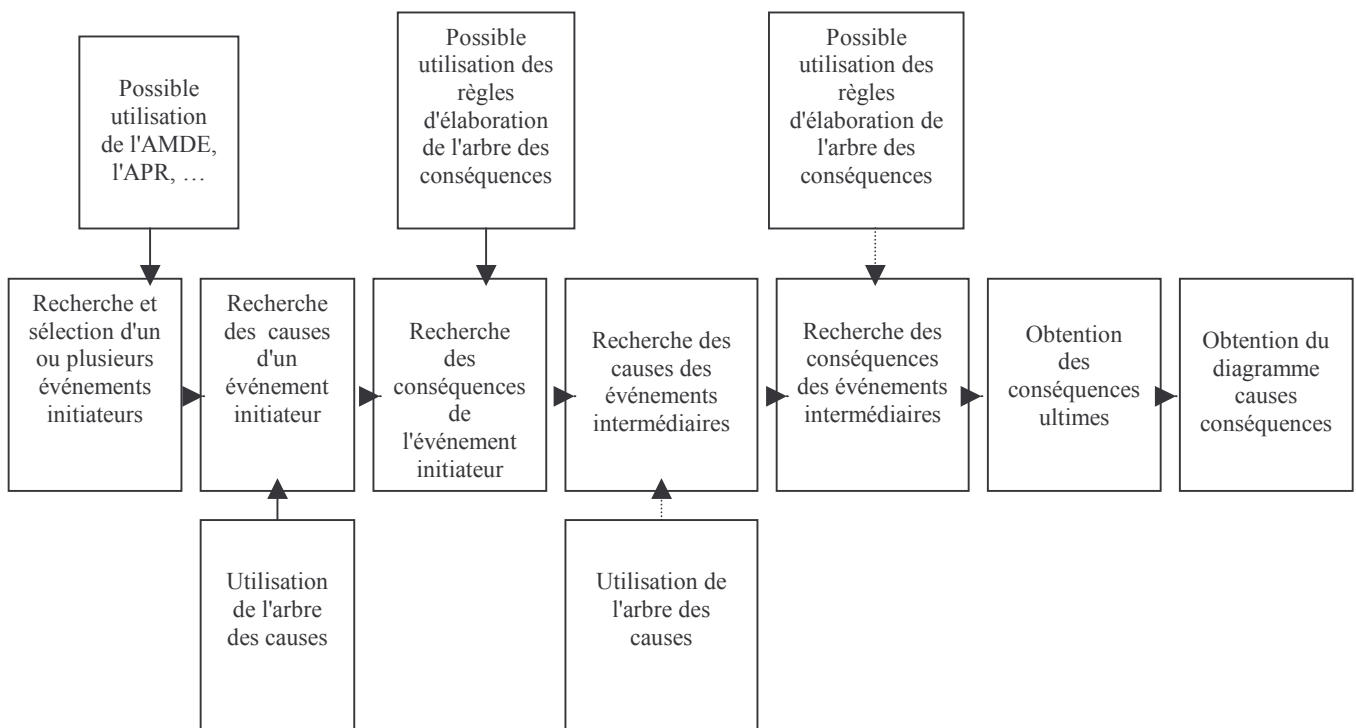


Figure 10 : Etapes de l'élaboration du diagramme causes – conséquences et outils pouvant y être associés éventuellement [VILLEMEUR 1988]

On obtient alors par développements successifs un diagramme causes – conséquences représentant les chemins partant des causes de défaillances et aboutissant à des conséquences. En analysant ce diagramme, on obtient la liste des combinaisons d'événements qui peuvent conduire aux événements indésirables ou non souhaités (voir Figure 11). Ce processus doit être généralisé à tous les événements pouvant être considérés comme événements "sommet". On se trouve alors avec un ensemble de diagrammes représentant une grande partie des combinaisons possibles allant des événements initiateurs aux événements non souhaités (ou ENS). On utilise alors les outils des arbres des causes et des conséquences pour réduire ce diagramme. Ce diagramme ouvre une possibilité d'analyse quantitative de la probabilité des événements finaux ou événements redoutés.

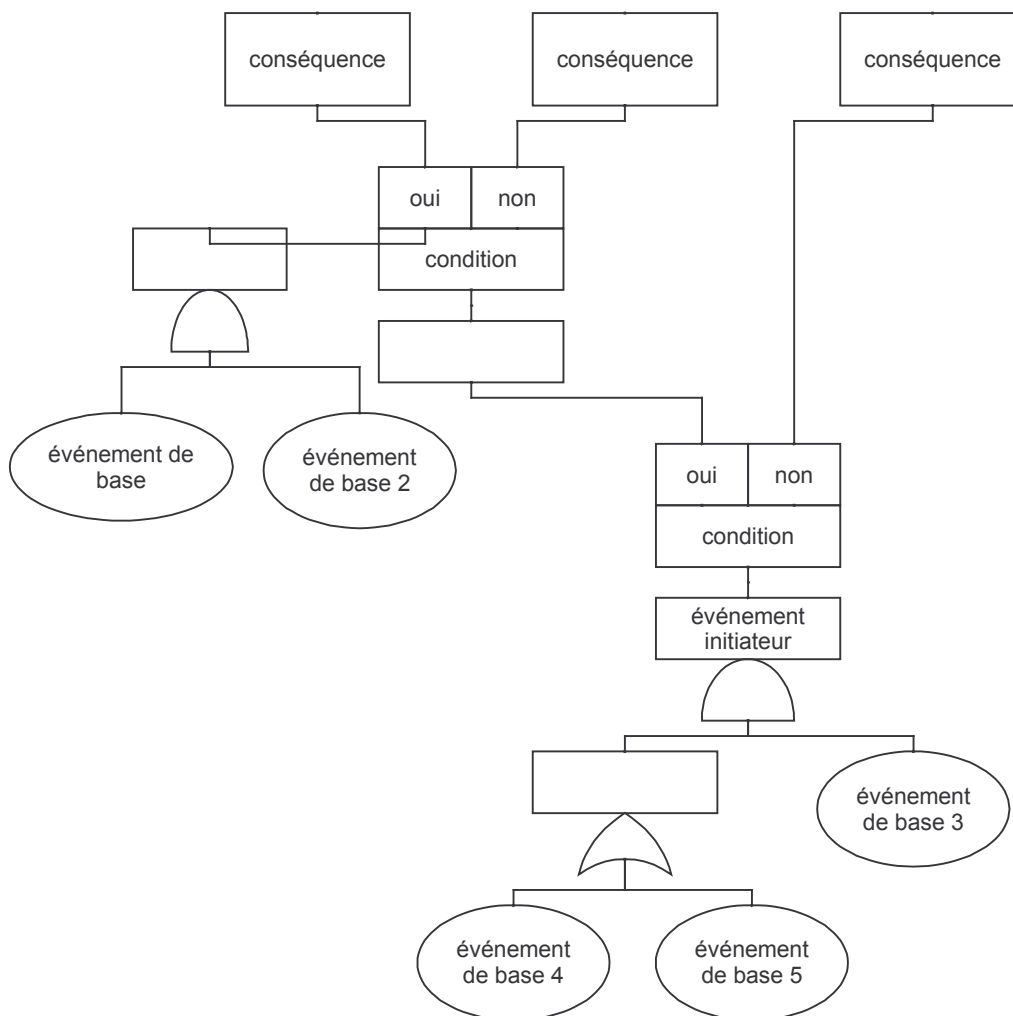


Figure 11 : Structure d'un diagramme causes – conséquences [VILLEMEUR 1988]

## 5.6 Méthode MOSAR (Méthode Organisée et Systémique d'Analyse des Risques) [PERILHON 2000]

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

Le modèle d'accident nommé MADS (Modèle d'Analyse des Dysfonctionnements des Systèmes) définit l'accident comme un événement non souhaité résultat de l'atteinte d'une ou plusieurs cibles du danger par un flux de danger lui-même issu d'une source de danger (voir Figure 12). Des événements internes ou non au système étudié peuvent aggraver la situation.

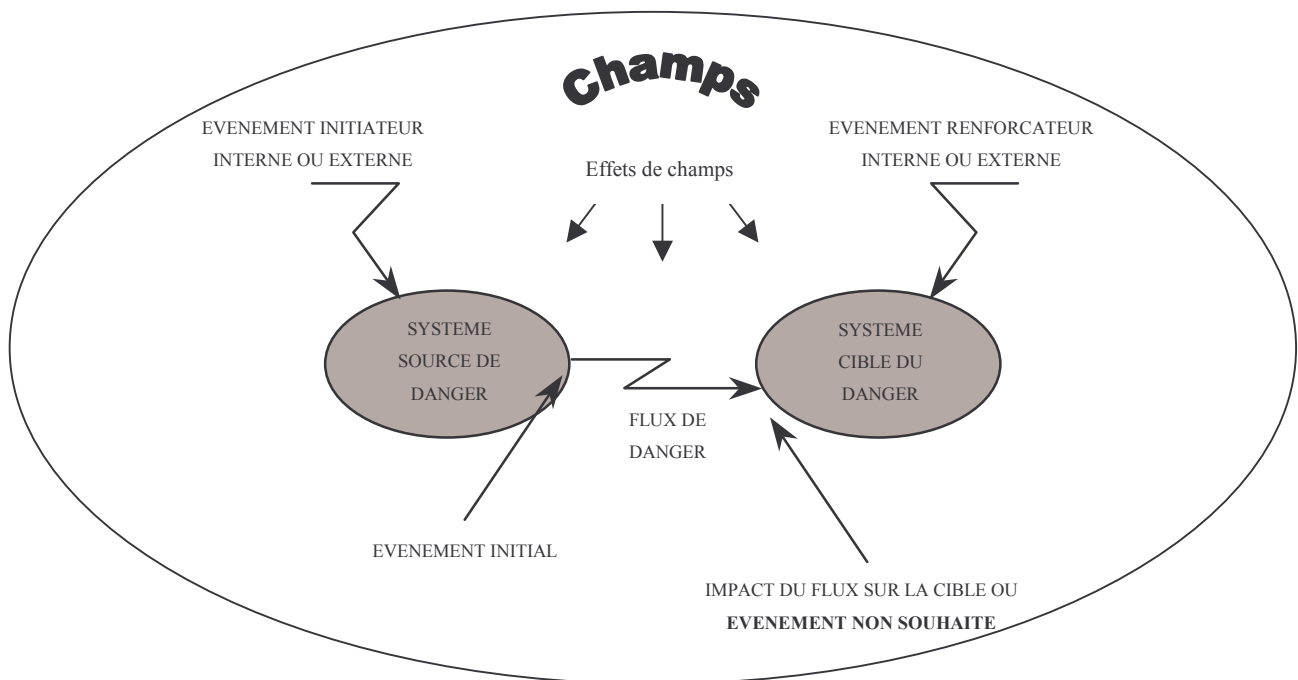


Figure 12 : Le modèle d'accident selon P. Périlhon : MADS [PERILHON 2000]

Ce modèle repose sur les notions :

- de système(s) source : système(s) à l'origine des flux de danger donc des événements non souhaités.
- de système(s) cible : système(s) sensible(s) aux flux de danger et subissant des dommages. Il existe quatre types de cibles déjà citées.
- d'événement initial : événement qui caractérise le changement d'un système qui passe d'un état ou d'une situation normale à un état ou une situation défailante.



- d'événement non souhaité : ensemble de dysfonctionnements susceptibles de provoquer des effets non souhaités sur des systèmes cibles.
- de flux de danger : vecteur du danger déclenché par l'événement initiateur.
- d'événement initiateur qui va déclencher l'événement initial.
- d'événement renforçateur qui accroît la vulnérabilité de la cible ou augmente les effets.

Cette méthode a priori, développée au CEA<sup>10</sup> et dans les installations d'EDF<sup>11</sup> intègre l'approche déterministe du risque et l'approche probabiliste lorsque cela est possible. On peut considérer un grand nombre de types d'accident puisque l'on applique ce modèle d'accident (basé sur le processus de danger) sur le ou les champs d'application qui nous intéressent. On aboutit à la construction de scénarios dans lesquels on peut ensuite mettre en place des mesures de prévention ou de protection en les définissant précisément dans la durée et dans leur action sur le système.

Les étapes principales de la méthode sont caractérisées par:

- un module de définition du système s'appuyant sur les principes de la systémique [LE MOIGNE 1977]. On considère alors le système à étudier, son environnement extérieur et ses interactions avec les autres systèmes. Si le système est trop important, on le décompose alors rigoureusement en sous-systèmes ayant les mêmes propriétés.
- un module d'identification des risques qui passe par l'identification des sources et des cibles du danger. On peut utiliser les arbres logiques pour représenter les processus d'accident (cf. l'AMDE).
- un module d'évaluation des risques qui utilise la même grille gravité / probabilité que l'AMDEC à laquelle on associe la limite d'acceptabilité de Farmer permettant de distinguer les risques acceptables des risques inacceptables. Les risques inacceptables feront alors l'objet d'actions prioritaires de prévention.
- un module de proposition de solutions pour rendre les risques inacceptables acceptables. On sort alors du domaine de l'audit. On définit (et caractérise) ensuite les solutions choisies (quoi, par qui, comment, fréquence des vérifications,...).
- un module de vérification de l'efficacité et donc de validation des solutions choisies.

Si ces solutions ne sont pas satisfaisantes, on relance alors la méthode.

---

<sup>10</sup> Commissariat à l'énergie atomique

Cette méthode contient une deuxième partie, la partie B, qui utilise les outils de la sûreté de fonctionnement tels que l'arbre des causes afin de rentrer dans le détail des scénarios inacceptables établis précédemment. Cela est indispensable lorsque le degré de décomposition de l'accident n'a pas été suffisant pour définir la ou les mesures de prévention à mettre en place qui répondent aux exigences que l'on s'est fixées (niveau de sécurité, coût).

### 5.7 Tableau récapitulatif

Le tableau suivant présente pour chacune des méthodes de sécurité des systèmes décrites, leur positionnement par rapport aux critères de comparaison énoncés antérieurement.

CRITERES		METHODE					
		APR	AMDEC	Arbre des défaillances	Event tree	Diag. Causes-csq	MOSAR
<b>ETAPES : formalisation</b>	<b>Définition du système</b>	Non	Oui	Non	Non	Non	Oui
	<b>Identification des risques</b>	Oui	Oui	Non	Non	Non	Oui
	<b>Identifications des mécanismes générateurs de risques</b>	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
	<b>Evaluation</b>	Non	Oui	Oui	Non	Non	Oui
	<b>Hierarchisation</b>	Non	Oui	Non	Non	Non	Oui
	<b>Identification des solutions</b>	Oui	Oui	Non	Non	Non	Oui
<b>Victimes prises en compte</b>	Installation	X	X	X	X	X	X
	Homme au travail	X	possible	X		X	X
	Ecosystèmes	X	possible	X		X	X
<b>Types de facteurs de risques envisagés</b>	Technologiques	X	X	X	X	X	X
	Humains	X	possible	X			X
	Organisationnels	possible	possible				possible
<b>Modèle d'accident</b>		Oui	Oui (faible)	Oui (faible)	Non	Implicite	Oui
<b>Sens d'investigation</b>		Inductif	Inductif	Déductif	Inductif	Inductif et déductif	Inductif (et déductif possible)

Tableau 3 : tableau comparatif des principales méthodes d'analyse de risques du courant "sûreté de fonctionnement"

Après cette description (Tableau 3) se pose alors le choix de la méthode que l'on va utiliser lors de notre expérimentation, c'est à dire la méthode que l'on va mettre en œuvre dans plusieurs PME pour être ensuite capable de décrire les blocages apparaissant lors de son application.

<sup>11</sup> Electricité de France

Ce choix consiste en premier lieu à vérifier l'adéquation de la méthode MOSAR proposée par les institutions aux besoins de notre expérimentation caractérisée par la présence nécessaire de quatre critères principaux :

- la formalisation des étapes de l'analyse des risques.
- la considération simultanée de l'installation, de l'homme au travail et des écosystèmes comme victimes potentielles du risque.
- l'utilisation formelle d'un modèle d'accident.
- la prise en compte des facteurs de risque technologiques, humains et organisationnels.

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

L'AMDEC quant à elle, regroupe un grand nombre des critères que l'on s'était fixés mais, même si a priori cette méthode est capable d'intégrer les facteurs humains et organisationnels de risques, elle ne définit pas les outils qui permettront cette intégration. Cela constitue une difficulté de mise en œuvre supplémentaire pour l'analyse des risques.

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

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

## **CHAPITRE 2 : LES PME**

## 1 Introduction

L'analyse des risques, quelle que soit la méthode, est très rarement mise en œuvre dans les petites et moyennes entreprises. Notre objectif est de définir quels sont les blocages à cette mise en œuvre provenant des méthodes d'analyse des risques elles-mêmes afin de pouvoir ensuite proposer des améliorations.

Pour cela, il est indispensable de connaître le milieu auquel nous nous intéressons. De nombreux ouvrages et articles scientifiques ont déjà été consacrés aux PME, à leur modélisation, à leurs caractéristiques communes, à leurs comportements communs, etc. Il en ressort, notamment, que les PME ne répondent à aucune règle de fonctionnement, il est d'ailleurs très difficile même d'en élaborer une définition [JULIEN 1997 et JULIEN-MARCHESNAY 1987].

Dans ce chapitre, nous allons d'abord tenter, dans un premier temps, de donner une définition des PME qui ne peut naturellement être que très générale. Dans un second temps, nous essaierons d'identifier dans la littérature les quatre ou cinq critères significatifs permettant de qualifier le comportement des PME.

## 2 Définition quantitative d'une PME

L'hétérogénéité de ce milieu n'autorise qu'une définition très générale et macroscopique des PME.

C'est l'effectif qui est le principal critère quantitatif définissant une PME, notamment en France. Il permet de déterminer deux ou trois familles qui vont ensuite servir de base pour l'application de certaines règles (la taxe sur les accidents du travail par exemple) (voir Tableau 4).

	<b>Artisanales</b>	<b>Petites</b>	<b>Moyennes</b>
<b>FRANCE</b>			
<b>Industries</b>	0 à 9	10 à 49	50 à 499
<b>Services</b>	0 à 4	5 à 19	20 à 199
<b>QUEBEC</b>			
<b>Industries</b>	0 à 4	5 à 49	50 à 249
<b>Services</b>	0 à 4	5 à 19	20 à 99

Tableau 4 : Répartition des tailles des entreprises selon le nombre d'employés [JULIEN 1998]

Ce tableau montre aussi que les institutions ne peuvent se satisfaire des seuls critères quantitatifs et leur ajoutent des critères qualitatifs pour les enrichir. En France, ces catégories basées sur l'effectif sont au nombre de trois : les très petites entreprises, les petites entreprises, les entreprises moyennes. Cependant la limite souvent primordiale est celle qui sépare les PME des grandes, elle varie significativement d'un pays à l'autre (voir Tableau 5).

Pays	Petites firmes	Moyennes firmes	Grandes firmes
France	1 à 49	50 à 499	500
Finlande	1 à 50	51 à 200	201
Suisse	1 à 20	21 à 100	101
Etats-Unis	1 à 250	251 à 500	501
Japon	1 à 49	50 à 500	501

Tableau 5 : Classification des firmes selon leur taille (nombre d'employés) dans quelques pays [JULIEN 1998] d'après l'OCDE (1994)

En utilisant la distinction française, les PME représentent 75% des employés du régime général [INRS 1996-134] et 95% des entreprises (dont 93,5% de micro entreprises de 0 à 9 employés et 6,4% d'entreprises de 10 à 499 employés en pourcentage en 1986 [JULIEN 1997 d'après la revue Problèmes Economiques de janvier 1992]). Les PME sont le principal employeur dans le tissu industriel. Ceci est également valable dans de nombreux pays européens (Espagne, Royaume-Uni, Italie,...).

Bien que les institutions aient besoin de définitions les plus simples et objectives possibles, des organismes tels que la communauté européenne ont ajouté d'autres critères à la définition de la PME [PAPOUTSIS 1996, JULIEN 1998] :

- le chiffre d'affaire assorti d'une limite pour l'assimilation d'une entreprise à une "PME européenne".
- l'indépendance juridique de l'entreprise (elle ne doit pas appartenir à un ou plusieurs grands groupes).

Cette nouvelle définition, bien que semblant plus nuancée n'est en aucun cas "modélisante" pour le milieu hétéroclite des PME. Cette généralisation paraît excessive compte tenu que la taille des entreprises est nettement influencée par le secteur économique dans lequel elles exercent leur activité. L'effectif n'aura pas la même signification quels que soient les types

d'organisation. Par exemple une boucherie de 100 employés peut vraisemblablement être considérée comme "grande", alors qu'une usine de construction automobile de même effectif serait plutôt petite (Kimberley cité par Favaro [INRS 1996-134]).

Des critères nous renseignant sur le fonctionnement, la structure, l'activité,... nous apparaissent indispensables dans la mise en œuvre d'une analyse des risques qui dépend en grande partie des caractéristiques microscopiques de l'entreprise. Ils viennent compléter les seuls critères d'effectif et d'indépendance économique dont l'intérêt est limité et contestable. Par exemple, le chiffre de l'effectif est peu significatif lorsque l'entreprise emploie beaucoup d'intérimaires, et l'indépendance économique est discutable lorsque celle-ci ne possède qu'un seul client dont elle devient le sous-traitant.

### **3 Approche qualitative d'une PME**

Au delà des critères d'effectif et d'indépendance qui définissent d'une manière théorique ce que sont les PME, il est intéressant d'identifier les caractéristiques communes éventuelles que peuvent avoir les PME ou certains groupes de PME. L'identification de ces caractéristiques apporte des informations utiles sur les difficultés de mise en œuvre d'une analyse de risques. Elles constituent aussi des critères de classification des PME entre elles.

Les principales caractéristiques auxquelles nous nous intéressons sont :

- les objectifs de la direction
- le type de propriété
- la structure
- le niveau technologique
- les critères de situation : vulnérabilité et dépendance

Nous allons détailler ces divers critères de classification des PME. Ceci doit permettre de constituer des sous-groupes d'entreprises moins hétérogènes et plus propices à l'expérimentation.

D'après Torrès [TORRES 1999], la PME n'est pas une réduction de la grande entreprise mais une entité dotée d'attributs fonctionnels et théoriques bien spécifiques. Notre but dans les parties suivantes est de clarifier ce domaine complexe étonnant de diversité. Cette

clarification se fait par le dégagement de grands traits communs, en commençant par la description des objectifs de ces entreprises.

### **3.1 Objectifs**

Les objectifs, dans une PME, sont essentiellement ceux du dirigeant et mettent en jeu différentes combinaisons de buts fondamentaux qui sont :

- la pérennité
- l'indépendance
- la croissance
- l'autonomie

Ces buts ne sont pas envisagés totalement séparément par les entrepreneurs, ils les combinent. Cela permet d'observer alors deux principaux types d'entrepreneurs [MARCHESNAY, JULIEN 1987]:

- le PIC (pérennité, indépendance, croissance) : Ce chef d'entreprise, analogue à l'entrepreneur artisan utilise des capitaux d'origine familiale car il craint l'endettement. Il maîtrise un métier et a pu suivre les turbulences technologiques et commerciales et s'y adapter. Le développement de l'affaire est soumis aux conditions de pérennisation et d'indépendance, c'est à dire au réinvestissement systématique des revenus familiaux dans l'affaire. Ce n'est possible qu'au prix d'une logique familiale très forte. Le problème alors posé est celui de la transmission du savoir-faire plus ou moins complexe dans les mains des héritiers. Ces entreprises, bien que généralement discrètes s'avèrent souvent efficaces et efficientes. Le domaine d'activité est bien délimité, le leadership plutôt autocratique et la structure où les rôles sont assez bien différenciés présente une relation stable avec son environnement.
- le CAP (croissance, autonomie, pérennité) : C'est un entrepreneur cherchant à jouer des turbulences de l'environnement, dont la volonté de puissance se manifeste par la recherche de développement des activités et des ventes selon différents modes de développement (diversification ou spécification de l'activité) et de financement. Le deuxième but quant à lui est plus la recherche d'autonomie sans l'exclusion de collaboration avec d'autres. Cet entrepreneur peut, à la fois, être



réactif par rapport à son environnement comme le PIC, ou davantage proactif. La formation initiale du CAP est plus importante et le CAP s'avère souvent plus performant que le PIC.

Cette typologie pourrait évidemment être enrichie par des profils, par exemple privilégiant avant tout l'autonomie, mais les PIC et les CAP constituent tout de même les principaux types recensés [MARCHESNAY, JULIEN 1987].

Dans ce début de typologie axée sur les entrepreneurs, on voit que la PME est très dépendante de son environnement dont elle cherche à maîtriser les turbulences et les dépendances. Plus l'environnement est turbulent et instable, plus la structure doit être flexible, et plus celui-ci est paisible, plus la division des tâches dans l'entreprise doit être claire. Le fonctionnement de la firme variera donc aussi suivant cet environnement, sa structure, le type de marché dans lequel elle se glisse, son domaine d'activité et son niveau technologique.

### **3.2 Type de propriété et structure**

Le type de propriété est un critère qualitatif de classification des PME. Toutefois, il ne peut être considéré de manière isolée mais doit être relié à d'autres critères tels que les objectifs de l'entrepreneur ou la structure de l'entreprise. Il est particulièrement important dans ces petites structures où le chef d'entreprise a un rôle prépondérant.

Les types de propriété courant sont :

- la propriété oligarchique avec plus d'un propriétaire, pouvant ou non être familiale.
- la propriété plus centrée sur un seul gérant mais pouvant aussi être familiale.
- la propriété monocratique où un actionnaire détient l'entreprise (remarque : ce type de propriété entraîne l'exclusion du domaine des PME selon la communauté européenne).

En ce qui concerne la structure, H. Mahe de Boislandelle [MAHE 1988], propose pour la PME cinq formes différentes :

- la structure simple
- la structure mécaniste
- la structure d'expertise professionnelle
- la structure par chantier
- la structure par projet

### 3.2.1 la structure simple

Cette structure se caractérise par un sommet hiérarchique réduit souvent limité à une seule personne (le dirigeant), une ligne hiérarchique très courte, une technostructure<sup>12</sup> souvent confondue avec la ligne hiérarchique<sup>13</sup> et un soutien logistique<sup>14</sup> inexistant ou extérieur. Le mécanisme de coordination principal de ce type d'entreprise est la supervision directe, et son principe est la centralisation en son sommet stratégique : le dirigeant.

Cette structure est surtout observée dans des entreprises où le dirigeant s'identifie à l'entreprise. On peut la représenter sous les schémas suivants (Figure 13):

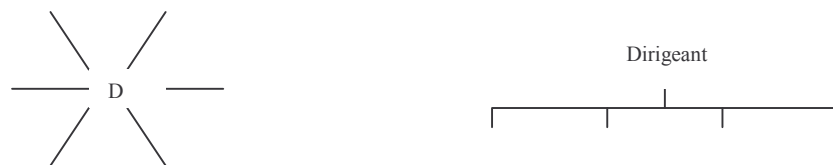


Figure 13 : Représentation schématique de la structuration simple [MAHE 1988]

Le risque principal lié à cette structure est la dépendance très forte à un seul individu.

Cet individu devant prendre l'ensemble des décisions peut se retrouver devant un problème de hiérarchisation de celles-ci, ce qui peut entraîner des confusions entre les décisions opérationnelles et les décisions stratégiques (c'est à dire entre les questions quotidiennes et les questions clefs). Les avantages de cette structure a priori plus fréquente dans les petites et très petites entreprises sont : une résistance accrue en temps de crise, l'efficacité et la cohésion du personnel derrière son dirigeant [MAHE 1988].

### 3.2.2 la structure mécaniste

Cette structure, comme son nom l'indique, se retrouve surtout dans les entreprises fortement mécanisées ayant un processus de production assez stable, souvent traditionnel. Elle est dérivée de la structure simple, on y ajoute juste une technostructure (ex : équipe de maintenance) amenant un fonctionnement légèrement plus procédurier. On observe toujours

---

<sup>12</sup> Technostructure : structure de planification ou tout au moins de programmation qui préside à la production et/ou à la distribution accompagnée de procédures strictes de réalisation et de contrôle.

<sup>13</sup> Ligne hiérarchique : arborescence d'encadrement

<sup>14</sup> Soutien logistique : fonction d'appui indirect au flux de travail (recherche et développement, service des ressources humaines, réception,...)

un sommet hiérarchique réduit, une ligne hiérarchique courte, un soutien logistique faible avec l'apparition d'un centre opérationnel<sup>15</sup>. Le nouveau pôle technique peut être confondu avec la ligne hiérarchique.

Cette structure a l'avantage d'amener une différenciation plus précise entre les unités, une formalisation plus claire de certaines activités relevant du centre opérationnel, une décentralisation partielle des décisions opérationnelles, une communication plus formelle, et l'apparition de procédures de contrôle. La transmission de la culture d'entreprise est moins dictée par le dirigeant, plus formalisée et plus orientée vers la performance (productivité, qualité,..). Toutefois la communication est moins directe (avec l'intermédiaire de la technostructure) que dans une entreprise du premier type. On peut la schématiser de la façon suivante (Figure 14):

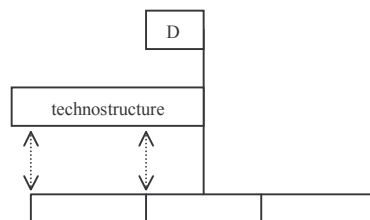


Figure 14 : Représentation schématique de la structuration mécaniste [MAHE 1988]

### 3.2.3 la structure d'expertise professionnelle

Cette structure est caractérisée par le haut niveau de qualification de ses opérateurs, son fonctionnement se rencontre dans les cabinets d'experts, les agences de publicité, etc. Son type est résolument différent des deux premiers types, il contient un sommet stratégique réduit, une ligne hiérarchique courte, une technostructure faible, un soutien logistique et un centre opérationnel conséquent. Ce sont les opérateurs eux-mêmes qui détiennent une grande partie du pouvoir. Les fonctions sont différenciées, les activités peu formalisées mais la communication l'est et on observe une décentralisation qui induit une communication du bas vers le haut. La formation dans ce type d'entreprise est importante et induit une bonne transmission du système de valeurs de l'entreprise. Les aspects négatifs résident dans le fait que le pouvoir important et l'autonomie des opérateurs entraînent des difficultés pour leur évaluation et leur contrôle.

---

<sup>15</sup> centre opérationnel : opérateurs dont le travail est directement lié à la production de biens ou de services (opérateurs, vendeurs,...)

### 3.2.4 la structure "chantier"

Cette structure que l'on retrouve souvent dans le bâtiment et dans certains travaux d'ingénierie se distingue par un renforcement de la ligne hiérarchique avec l'ajout d'un niveau, une technostructure importante, un soutien logistique centralisé et un sommet hiérarchique technico-commercial. La coordination se fait directement par chantier (décentralisation), on constate la standardisation des qualifications de chef de chantier et le sommet hiérarchique a un grand rôle stratégique. La communication la plus formelle s'établit entre les chantiers et la direction, celle qui s'établit entre les chantiers l'est beaucoup moins. La transmission du système de valeurs de l'entreprise est elle aussi limitée. Les difficultés résidant dans ce modèle paraissent être le contrôle et la rigueur dans un contexte de décentralisation et d'irrégularité du rythme de travail. Ce modèle se schématise de la façon suivante (Figure 15):

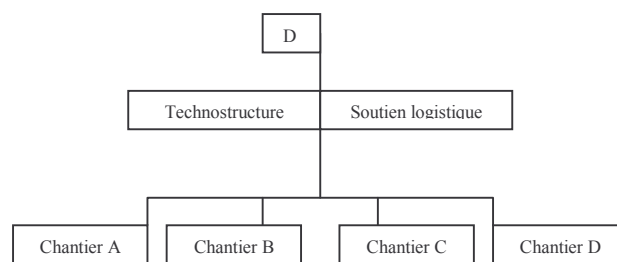


Figure 15 : Représentation schématique de la structuration par chantier [MAHE 1988]

### 3.2.5 la structure "projets"

Cette structure apparaît dans les entreprises innovatrices ou en quête d'innovation, on la rencontre dans les sociétés de conseil, et même dans les sociétés à activité classique. Le degré de fonctionnement par projet peut varier, soit l'entreprise ne fonctionne que par projet, soit elle ne fonctionne par projet que ponctuellement et associera alors au schéma de fonctionnement par projet un fonctionnement plus classique (voir Figure 16). Cette structure se caractérise par un sommet stratégique réduit, une ligne hiérarchique courte, un déplacement des opérationnels vers le(s) chef(s) de projet(s) et un soutien logistique faible. La structure varie si le chef d'entreprise se confond avec le sommet stratégique, la mobilisation est alors générale sur le projet, même si d'autres activités sont poursuivies en parallèle, ou si plusieurs projets sont conduits simultanément.

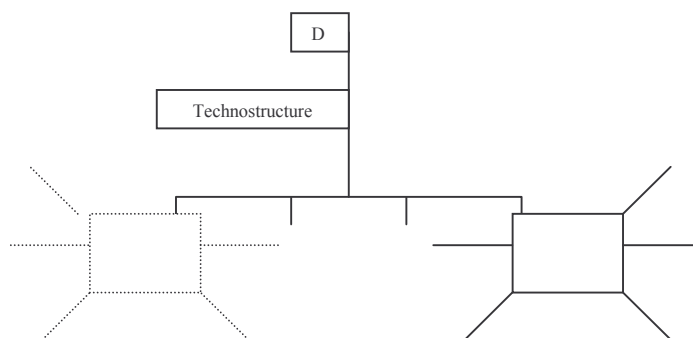


Figure 16 : Exemple de structuration par projet [MAHE 1988]

Les caractéristiques de ce mode de fonctionnement sont alors la différenciation des fonctions, (surtout si coexiste une activité antérieure dans l'entreprise), une formalisation faible des activités, une décentralisation des activités et des pouvoirs, et une communication relativement importante entre les opérationnels (effectuant les opérations sur le terrain), les techniciens, les chefs de projet et le dirigeant. Cette communication permet entre autre une bonne transmission de la culture de l'entreprise. Les inconvénients de ces types de structures résident dans le fait que les rapports statutaires entre les individus ne sont pas simples, le travail isolé est aussi difficile, et l'appréciation des individus se fait surtout à travers une perception collective de leurs performances. De plus, pour que cette organisation demeure, le renouvellement des projets est indispensable sinon le schéma sera plutôt celui de l'expertise professionnelle. Cependant les avantages sont non négligeables, ce schéma permet un travail entre personnes de formation équivalente, autorisant une grande adaptabilité.

En règle générale, un seul de ces modèles ne suffit pas à décrire la structure des PME. En effet, en général [MAHE 1988], les PME ont des structures plus complexes, mélanges des structures proposées ci-dessus. Aucune des formes précitées ne peut être définie comme meilleure qu'une autre, la forme structurelle doit être adaptée à chaque cas, chaque activité, en se souciant des contraintes techniques, économiques et humaines.

### **3.3 Niveau technologique**

Un autre critère interne pouvant nous faire appréhender le fonctionnement de l'entreprise est son activité caractérisée par son niveau technologique. Ce niveau technologique varie entre un niveau accessible (à la concurrence par exemple) et un niveau qui l'est plus difficilement (procédés complexes).

Ce niveau technologique, tout comme l'ensemble des autres critères internes de l'entreprise définis précédemment doit être associé à des caractéristiques de situation (étendue du marché, turbulence du marché, état de la concurrence) faisant partie de l'environnement de l'entreprise.

### **3.4 Critères de situation**

L'association des caractéristiques de fond de l'entreprise et de ses caractéristiques de situation vont déterminer la vulnérabilité et la dépendance de la PME face à son environnement.

Le degré de vulnérabilité est induit par le type d'activité et le degré de dépendance par le type d'acteurs. C'est la position concurrentielle qui peut rendre l'entreprise vulnérable, et sa dépendance résulte des liens qu'elle entretient avec ses partenaires. La vulnérabilité peut s'analyser sur deux pôles : la technologie et le marché (qui peut être complexe, turbulent,...). Cette vulnérabilité peut être à la fois apparentée à la technologie utilisée et au marché prospecté. La dépendance, quant à elle, dépend essentiellement du nombre de partenaires clients présents et envisageables.

Cette dépendance et cette vulnérabilité, que l'on peut considérer comme résultats des choix stratégiques de l'entreprise dans un environnement donné, va avoir des conséquences sur ses objectifs futurs et ses valeurs.

La PME peut se situer dans quatre positions possibles :

- Situation où la technologie est accessible et hautement vulnérable, dans un marché très accessible donc fortement turbulent et complexe. Ces entreprises ont alors de fortes chances d'être fortement dépendantes.
- Situation extrême et idéale où l'activité est peu accessible dans un marché peu complexe et peu turbulent, sans dépendance.
- Situation où l'activité est peu complexe mais accessible dans un marché peu turbulent. Tel est le lot des activités traditionnelles qui par ailleurs révèlent parfois une dépendance critique.
- Situation où l'activité est complexe mais peu accessible (souvent associée à un démarrage d'activité ou à un dépôt de brevet) dans un marché turbulent. La difficulté est alors d'éviter la dépendance.

Ces critères de fond et de situation permettent de délimiter le type de PME sans pouvoir pour autant énoncer un modèle de ces entreprises. L'important se situe dans le fait d'être conscient de cette variabilité et de sa latitude afin de pouvoir situer l'entreprise à laquelle on s'intéresse. En effet, parmi nos objectifs, il y a aussi, dans une certaine mesure, l'identification des paramètres descriptifs de l'entreprise qui ont une influence sur ses capacités à mettre en œuvre une analyse des risques.

#### **4 Choix du domaine d'investigation**

Comme nous l'avons montré dans les paragraphes précédents, il n'existe pas de modèle unique de la PME, il nous est donc apparu indispensable pour notre étude de restreindre notre terrain d'expérimentation pour travailler avec des entreprises qui, même si elles ne sont pas identiques, présentent néanmoins suffisamment de caractéristiques communes pour être comparables.

Aussi avons nous choisi de borner notre domaine de recherche à une seule activité, pour obtenir des résultats d'analyse de risques également comparables afin de mieux distinguer les variations de résultats dus à la méthode mise en œuvre.

Les institutions prescripteurs d'analyse des risques s'intéressent plus spécialement aux entreprises manufacturières, et aux activités particulièrement génératrices d'accidents. Le secteur d'activité à sélectionner doit également, si possible présenter des risques importants

pour l'homme mais aussi pour l'environnement, ayant si possible des causes de natures différentes : technologiques, humaines, organisationnelles,...

En accord avec la CRAM Rhône-Alpes (M. PERRIN), le secteur du traitement de surface a été retenu.

Ce secteur connaît de forts taux d'accidents du travail (voir Tableau 6), de plus, du fait de l'utilisation d'acides, de bases et de métaux lourds, voire de cyanures, il représente un important danger direct pour les écosystèmes (eau, air, sol) et les populations. La plupart des installations de cette branche sont des entreprises classées pour la protection de l'environnement. De surcroît, d'après les observations de la CRAM, leur survie est fortement liée aux accidents matériels que la méthode MOSAR se propose d'analyser également.

		Nombre de salariés	Taux de fréquence	Taux de gravité
<b>Toutes professions (national)</b>	<b>1996</b>	14 473 759	27,8	1,11
	<b>1998</b>	15 162 106	24,6	0,98
<b>Métallurgie</b>	<b>1998</b>	2 040 201	26,3	0,87
<b>Traitement de surface (métallurgie groupement 01-20, sous-groupe 28-5 AA) (national)</b>	<b>1996</b>	25 415	54,23	1,86
<b>Traitement de surface en Rhône-Alpes</b>	<b>1996</b>	5 520	59,79	1,97

Taux de fréquence = (nombre d'accidents avec arrêt de travail / nombre d'heures travaillées) x 10<sup>6</sup>

Taux de gravité = (nombre de journées perdues par incapacité temporaire de travail / nombre d'heures travaillées) x 10<sup>3</sup>

Tableau 6 : Situation de l'activité du traitement de surface en taux de fréquence et en taux de gravité des accidents du travail [CNAM 2000 et CRAM 1996]



Pour réaliser notre expérimentation, nous avons retenu trois entreprises de traitement de surface dont les caractéristiques principales sont décrites dans le Tableau 7.

Entreprises	Effectif (permanents)	Chiffre d'affaire [KOMPASS 2000]	Indépendance juridique	Type de propriété	Structure	Nombre de clients principaux	Type d'entrepreneur
Entreprise A	5 pers	3 millions de francs	Oui (familiale)	Plutôt oligarchique	Entre simple et mécaniste	2 représentent 60% de la production	PIC
Entreprise B	48 pers	24 millions de francs	Oui (familiale)	Plutôt oligarchique	Entre mécaniste et projet	1 représente 30% de la production	Plutôt PIC
Entreprise C	173 pers	133 millions de francs	Non (actionnaires extérieurs)	Monocratique	Entre mécaniste et projet	Pas de clients principaux	Plutôt CAP

Tableau 7 : Principales caractéristiques internes des PME choisies pour notre expérimentation

Ces trois entreprises, que nous décrirons en détail dans les chapitres suivants, utilisent principalement les techniques de traitement par voie électrolytique en milieu aqueux. Leurs effectifs sont respectivement de 5, 48 et 173 personnes. Elles n'ont pas des chefs d'entreprise similaires, ni des chiffres d'affaire du même ordre, ni le même nombre ni le même type de clients, ni de propriété. Cependant elles possèdent des niveaux technologiques comparables et des structures peu différentes. Leur critère distinctif le plus visible a priori, avant l'étude, se situe au niveau de leur effectif.

Ces entreprises seront décrites en détail dans le chapitre concernant la description de l'expérimentation.

## **CHAPITRE 3 : PRESENTATION DU TERRAIN D'EXPERIMENTATION**

# 1 Introduction

## 1.1 *Buts des parties concernées*

Dans cette problématique de gestion des risques, rappelons que les institutions ont pour but d'inciter les entreprises, ici de petites et moyennes tailles, à respecter les différentes lois et règlements et particulièrement, pour ce qui nous concerne, la loi de 1991 (loi n°91-1414 du 31 décembre 1991) relative à l'obligation de respecter les principes de prévention des risques (analyser, évaluer combattre les risques, planifier la prévention,...[CODE DU TRAVAIL, ED-LEG 2000]) dans chaque installation, reprise par le code du travail dans l'article L 230-2. "La société", par ce biais, tente de préserver les vies humaines, les écosystèmes et de maintenir le tissu entrepreneurial.

Pour les PME, l'angle de vue est différent, comme nous l'avons vu lors du recensement de leurs caractéristiques principales : leurs stratégies bien que variables, privilégient dans la plupart des cas la pérennité (de façon plus ou moins marquée). C'est là un des facteurs qui pourrait pousser les PME vers le développement de l'analyse des risques dans leurs installations. Cependant, malgré cet objectif de pérennité et la vulnérabilité des secteurs traditionnels tels que le traitement de surface par voie électrolytique, la majorité des entreprises du type PME ne ressent pas ce besoin de gestion des risques donc pas non plus celui d'analyse des risques, étape préliminaire de la gestion. [INRS 1997-163].

Néanmoins, notre objectif n'est pas d'analyser la motivation des PME face à l'analyse des risques, mais de montrer où et comment l'analyse des risques peut intervenir dans ces entreprises, quels sont les éléments de progrès (meilleure maîtrise des activités, des coûts, etc.) qu'elle amène et quels sont les obstacles que l'on peut rencontrer dans cette démarche.

Il est à noter que l'analyse des risques est une aide à la pérennisation d'une activité mais n'en est en aucun cas une condition suffisante (n'ayant aucune influence sur des facteurs extérieurs primordiaux tels que l'état du marché, etc.).

## 1.2 *.Où et comment intervient notre expérimentation*

Notre but, dans cette étude, n'est pas de connaître les causes exactes du manque de besoins ou de motivation des PME pour la gestion et l'analyse des risques, mais plutôt de recenser les blocages qui apparaissent lors de la mise en place de ce type d'analyse, la barrière de la

motivation ayant été franchie. L'objectif est alors de définir ces blocages, d'être capable d'exprimer ce qui, dans la méthode employée, freine la PME dans l'analyse de ses risques. Cette étude des blocages se fait par la mise en œuvre d'une méthode globale d'analyse des risques que nous avons choisie auparavant pour ses qualités d'ouverture sur différents types de risques, de complétude et de formalisation principalement : il s'agit de la méthode MOSAR<sup>16</sup>. L'expérimentation a consisté à appliquer MOSAR pour l'analyse des risques de trois PME de traitement de surface par voie électrolytique. Cette expérience s'est faite par la mise en œuvre de la méthode de référence MOSAR c'est à dire en employant MOSAR telle qu'elle a été élaborée initialement (CEA<sup>17</sup>, EDF<sup>18</sup>). Son déroulement a été suivi le plus scrupuleusement possible, toutefois, face à des blocages "inhibiteurs" empêchant totalement la poursuite de l'expérience, des modifications immédiates ont été effectuées afin que l'analyse puisse se poursuivre.

Cette expérimentation a eu lieu directement dans les entreprises, le contact ayant été pris par l'intermédiaire de la CRAM<sup>19</sup> rhônalpine (service prévention). La motivation de ces entreprises, comme cela a été dit antérieurement, n'a pas été un obstacle, ni un facteur de réussite de l'analyse des risques, cette analyse ayant été suggérée à l'entreprise par un organisme à la fois de prévention et de contrôle, et l'analyse des risques n'étant pas à la charge de l'entreprise. Ce chapitre a pour but de décrire ces entreprises, leur fonctionnement, leur structure, leurs activités et leur système de gestion actuelle des risques. Cette présentation est précédée d'une introduction rapide à l'activité du traitement de surface par voie aqueuse qui permet de mieux la situer face aux risques que l'on va exposer lors de la présentation des résultats de l'étude. Dans la dernière partie, nous exposons pour chaque entreprise, les caractéristiques générales de l'expérimentation : la prise de contact, les interlocuteurs principaux dans l'entreprise, le nombre de visites nécessaires et le temps cumulé que cela représente, les documents accessibles et les informations qu'ils pouvaient faire ressortir. Les résultats obtenus à l'issue de ces analyses des risques sont exposés dans le chapitre suivant.

---

<sup>16</sup> MOSAR : Méthode Organisée et Systémique d'Analyse des Risques

<sup>17</sup> CEA : Commissariat à l'Energie Atomique

<sup>18</sup> EDF : Electricité De France

<sup>19</sup> CRAM : Caisse Régionale d'Assurance Maladie

## 2 Présentation rapide de l'activité du traitement de surface

### 2.1 Définition

#### 2.1.1 Le traitement de surface

Le traitement de surface est constitué par un ensemble de procédés visant à modifier les caractéristiques physiques, chimiques ou électriques de la surface d'une pièce. Ce traitement peut intervenir dans la phase finale ou intermédiaire de l'élaboration d'un produit. Il est mis en œuvre essentiellement dans les secteurs de l'automobile, des télécommunications, de l'électronique, de l'aérospatial, de la bijouterie ou de la quincaillerie.

Hors peintures industrielles, l'activité du traitement de surface regroupe environ 4500 ateliers appartenant soit à des ateliers intégrés (70% en nombre, 80% en chiffre d'affaire) soit à des ateliers façonniers (30% en nombre, 20% en chiffre d'affaire) qui travaillent beaucoup en sous-traitance. Le chiffre d'affaire global des ces activités (hors peintures) est estimé à 4,3 milliards d'euros pour un effectif d'environ 60000 salariés répartis dans les mêmes proportions (70% dans les intégrés, 30% dans les façonniers).

Si l'on tient compte des ateliers de peinture, la profession regroupe 80000 personnes dans 6000 ateliers dont 60% possèdent entre 1 et 10 salariés (voir Tableau 8) [LAFOREST 1999] [SATS] [SITS 1998].

<b>Nombre de salariés dans l'entreprise</b>	0-4	5-10	11-20	21-50	+ 50	Total
<b>Nombre d'ateliers en %</b>	29,6	28,1	19,2	16,5	6,6	100

Tableau 8 : Segmentation par taille des ateliers (étude effectuée sur 2150 ateliers)

On note également une grande disparité dans la distribution des ateliers sur le territoire français (Tableau 9).

Région	%
<i>Ile-de-France</i>	20
<i>Rhône-Alpes</i>	20
<i>Centre</i>	7,6
<i>Picardie</i>	5,5
<i>Nord Pas de Calais</i>	4,9
<i>Pays de Loire</i>	4,2
<i>Franche Comté</i>	4,2
<i>Lorraine</i>	4,2
<i>Haute-Normandie</i>	4,1
<i>Bourgogne</i>	3,0
<i>Alsace</i>	2,9
<i>Champagne Ardennes</i>	2,9
<i>Midi-Pyrénées</i>	2,8
<i>Bretagne</i>	2,5
<i>Aquitaine</i>	2,2
<i>Basse-Normandie</i>	2,0
<i>Provence Alpes Côte d'Azur</i>	1,9
<i>Auvergne</i>	1,7
<i>Poitou-Charentes</i>	1,5
<i>Limousin</i>	0,9
<i>Languedoc-Roussillon</i>	0,4

Tableau 9 : Répartition régionale des ateliers [SATS]

Dans les techniques de traitement de surface, il existe cinq familles : les traitements par voie aqueuse (ex : dépôts électrolytiques, oxydation anodique) et voie sèche (ex : dépôts physiques en phase vapeur), les peintures, les traitements chimiques, les traitements mécaniques (ex : grenailage, polissage,...). Les deux domaines qui nous intéressent particulièrement sont ceux du traitement électrolytique par voie humide et ceux de l'oxydation anodique (ou traitement de conversion) qui s'effectuent tous deux en milieux aqueux.

### 2.1.2 Le traitement de surface en milieu aqueux

Les principaux traitements de surface que l'on va rencontrer dans nos entreprises test sont les traitements électrolytiques appelés aussi galvanoplastie, et l'oxydation anodique. Les autres traitements du type dépôts chimiques, etc., s'effectuant en milieu aqueux peuvent aussi être rencontrés lors des opérations de traitement ou de prétraitement. Les produits et matériels utilisés sont peu différents.

La galvanoplastie, a pour but de déposer à l'aide d'un courant électrique, sur un substrat conducteur ou rendu conducteur, une ou plusieurs couches métalliques (de quelques microns), composées d'un ou plusieurs métaux par des procédés reposant essentiellement sur les

principes de l'oxydoréduction (voir Figure 17). Les dépôts électrolytiques trouvent quatre sortes d'emplois : la protection contre la corrosion, la décoration, les revêtements anti-usure ou antifriction et les remises à la cote de pièces usées. On peut inclure dans cette dernière catégorie également les dépôts destinés à permettre l'établissement d'un bon contact électrique ou l'application d'une soudure.

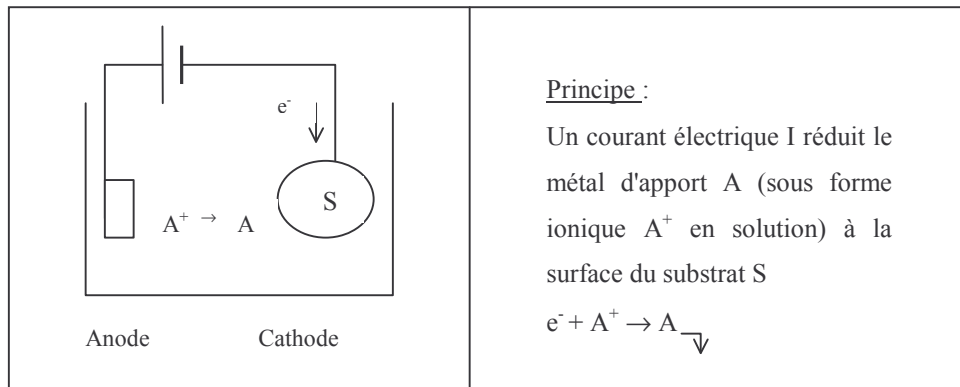


Figure 17 : Schéma et principe des dépôts électrolytiques

L'oxydation anodique est un traitement dit de conversion comme la sulfuration et la phosphatation où des réactifs produits à la cathode réagissent superficiellement avec le substrat S (voir Figure 18). Dans notre cas, ce traitement est principalement décoratif.

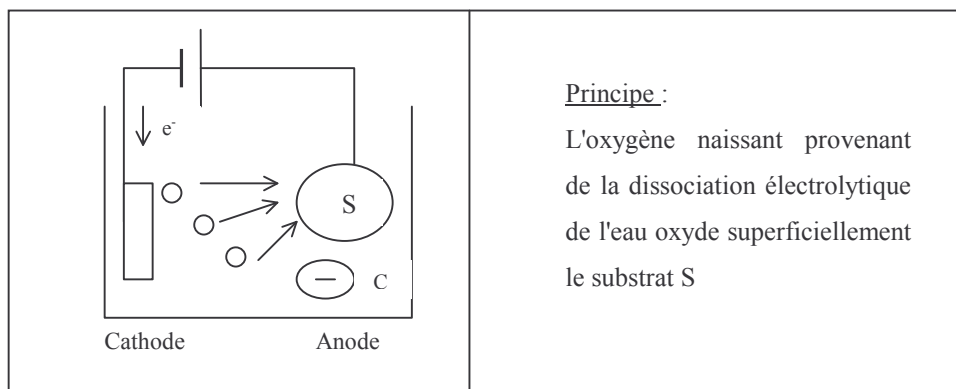


Figure 18 : Schéma et principe de l'oxydation anodique

Mise en œuvre (voir Figure 19):

La partie production de ces ateliers de traitement de surface est composée de suites de cuves formant des chaînes de production. Les cuves correspondent à des bains de prétraitement (décapage, dégraissage, etc.), de traitement, de post traitement, de rinçage.

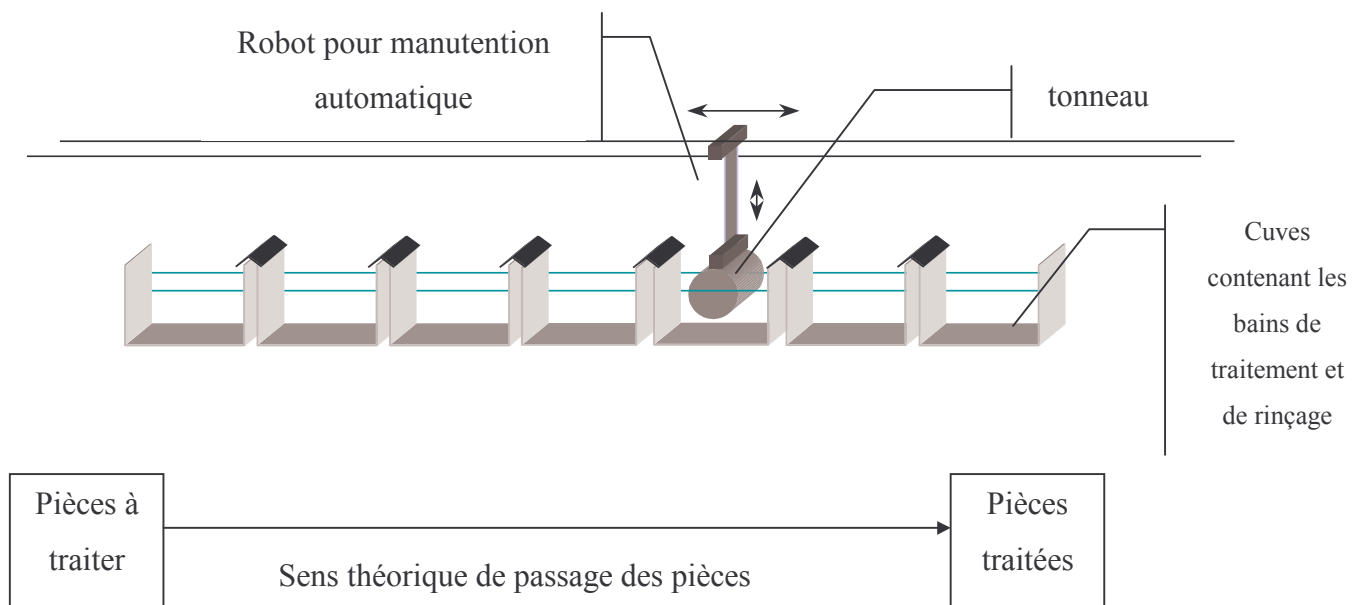


Figure 19 : Schéma d'une installation de traitement de surface électrolytique (type zincage) en tonneaux (manutention automatique)

Les pièces à traiter sont présentées dans les bains d'électrolytes, solutions aqueuses contenant pour l'essentiel les sels des métaux à déposer et des solutions chimiques favorisant la dissociation électrolytique. On leur ajoute divers autres composés minéraux ou organiques. Ces additifs assurent la stabilité des électrolytes en améliorant, par exemple, la conductibilité ou la vitesse de dissolution, d'autres agissant sur les propriétés des dépôts telle que dureté, fragilité, tensions internes, d'autres encore sont des colorants.



Cette succession de trempages et rinçages dans des bains de natures différentes constitue une gamme de production [LAFOREST 1999]. Le passage d'un bain à l'autre s'effectue à l'aide de différents systèmes de manipulation : en vrac (tonneaux ou paniers) et sur montages (cadres ou opérations manuelles) :

- En vrac :
  - les tonneaux : Ce sont des fûts horizontaux, troués, généralement en matière plastique, de section prismatique hexagonale qui sont mis en rotation dans le bain où ils sont complètement immergés. Ils sont utilisés pour les pièces peu fragiles supportant un brassage. Les vitesses de dépôt en tonneau sont moins élevées que celles en cadres. [HIOTT 1987]
  - les paniers : Ce sont des systèmes clos qui passent de bains en bains sans mise en rotation pour des pièces moyennes supportant les frottements. [LAFOREST 1999]
  
- Sur montages :
  - les cadres : Ce sont des supports sur lesquels les pièces fragiles ou encombrantes sont suspendues. Les pièces sont soit suspendues aux cadres, soit attachées aux cadres à la main par des fils métalliques.
  - Les opérations manuelles : les pièces sont trempées dans les bains successifs directement par l'homme par l'intermédiaire de petits montages faits pour quelques pièces pas trop encombrantes.

### 2.1.3 Bains de traitement et aperçu des risques directement liés à ces bains

Les bains de traitement sont formés d'un ensemble de réactifs, et un atelier de traitement de surface est constitué d'un assemblage de bains suivi de rinçages pour permettre le traitement complet de la pièce. Les premières opérations, en règle générale, prétraient en éliminant les éléments gênant sur la pièce (graisses,...) et les suivantes sont essentiellement des opérations de dépôts ou de conversion. Les différents procédés de traitement regroupent les activités synthétisées dans le Tableau 10. [LAFOREST 1999]

Classes de traitement	Types de traitement	Propriétés - description
<b>Prétraitements et intertraitements</b> (comprennent toutes les activités d'enlèvements chimiques, électrochimiques ou mécaniques de la matière)	<b>Dégraissage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• permet de nettoyer la pièce de toute trace de graisse ou d'huile afin de préparer au revêtement suivant</li> <li>• utilisation de solvants organiques, ou aqueux (ex : trichloréthylène, perchloréthylène, soude,..)</li> <li>• dégraissage électrochimique, chimique ou par ultrasons</li> </ul>
	<b>Décapage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• agit par dissolution chimique de la surface de la pièce métallique</li> <li>• utilisation d'acides chlorhydrique, sulfurique, nitrique, phosphorique ou fluorhydrique</li> </ul>
	<b>Démétallisation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• permet d'éliminer la couche superficielle du métal sur la pièce</li> <li>• s'effectue en milieu acide ou basique et peut compléter un prétraitement mécanique (ex : polissage)</li> </ul>
	<b>Neutralisation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• permet de stopper la réaction chimique après traitement</li> <li>• s'effectue en milieu acide ou basique</li> </ul>
Revêtements de surface	<b>Argenture, dorure, cadmiage, chromage, zincage,...</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• revêtements chimiques ou électrochimiques par utilisation de solutions métalliques acides ou basiques (ex : réduction d'ions métalliques)</li> </ul>
Traitement de conversion	<b>Anodisation, phosphatation, cémentation, nitruration,...</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• modifie physico-chimiquement la couche superficielle de la pièce</li> <li>• milieu acide dans le cas de l'oxydation anodique de l'aluminium</li> </ul>

Tableau 10 : Principaux traitements et prétraitements intervenant dans les industries du traitement de surface par voie aqueuse.

Les rinçages sont de même nature que les bains qui les précèdent dans la gamme de traitement, mais les produits sont fortement dilués. Ceux-ci se font, comme les traitements, par immersion, mais aussi par aspersion.

Les traitements sont effectués [LACOURCELLE 1996] :

- manuellement, l'homme se déplace avec les pièces à traiter de cuve en cuve à bout de bras
- en semi-automatique, l'opérateur déplace les pièces à produire en actionnant un palonnier
- en automatique, les interventions humaines sont ponctuelles, régulières ou non, les risques mécaniques sont élevés

En cas de dysfonctionnement, il peut se produire des réactions chimiques dangereuses, des chutes de pièces, de barres, et des blocages.

La plupart des réactifs utilisés dans les industries de traitement de surface sont polluants pour l'environnement et toxiques pour l'homme. Les rejets dans l'environnement se font sous les trois états : liquides (ex : bains et rinçages), vapeurs (ex : émanations provenant des bains chauds et des procédés par aspersion) et solides (ex : boues sortant des installations d'épuration des effluents liquides précités). Les risques de ces produits connus pour l'homme proviennent des contacts cutanés et des inhalations surtout, certaines de ces substances étant mortelles à court ou long terme (ex : cyanures, acide fluorhydrique). Les réactions chimiques intempestives, les mélanges incompatibles entre les produits ne sont pas non plus à oublier (lors des opérations de montage des bains, de dépotage, de vidange, etc.).

Toutefois des risques plus courants liés à la température des bains, au chauffage des cuves, à la manutention, au stockage, à la maintenance, à la présence d'électricité et d'eau, ... sont également omniprésents.

Les trois entreprises qui nous ont servi à tester l'application de l'analyse des risques en PME utilisent les traitements décrits, à savoir, le dépôt électrolytique, l'oxydation anodique et tous les pré et post traitements associés (dépôts chimiques, décapage, démétallisation chimique et mécanique, etc.). Cependant elles ne sont pas seulement constituées de chaînes de traitement, elles contiennent aussi des installations :

- de préparations des pièces (montages,...),
- d'épuration des effluents (station d'épuration),
- de dépotage des produits chimiques en vrac,
- de réception et expédition des pièces traitées ou à traiter et des produits chimiques conditionnés, des aires de stockage, des bureaux, des ateliers de maintenance
- et des hommes.

L'entreprise "type" peut se schématiser de la façon suivante (voir Figure 20) :

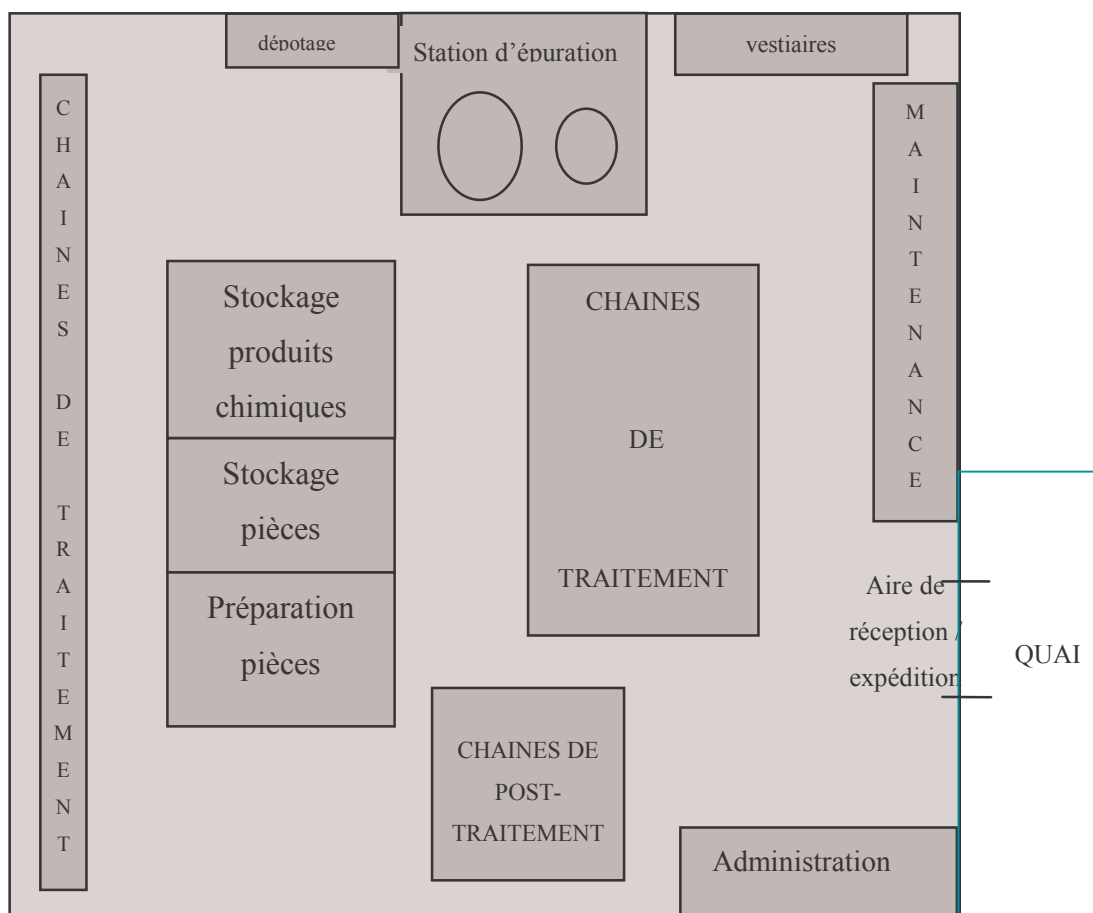


Figure 20 : Schéma simplifié d'une usine "type" de traitement de surface par voie humide

### 3 Présentation des entreprises et de l'expérimentation

#### 3.1 Introduction

Les trois entreprises de notre "échantillon expérimental", nommée A, B et C utilisent toutes les trois des process similaires de traitement de surface des métaux par voie aqueuse et présentent, avant analyse, d'autres caractéristiques communes. Par exemple, les process étant très semblables, on présuppose déjà de grands types de risques comparables dans ces installations.

Mais avant d'aborder dans le détail les risques de ces entreprises, qui sont toutes des installations classées pour la protection de l'environnement contrôlées par la DRIRE<sup>20</sup>, il est

<sup>20</sup> Direction Régionale de l'industrie, la Recherche et l'Environnement

nécessaire de connaître leurs caractéristiques économiques, structurelles et organisationnelles pour ensuite situer le déroulement réel de l'analyse (interlocuteurs, nombres de visites,...).

### 3.1.1 Prise de contact commune avec les trois entreprises

Nous avons abordé les trois entreprises de la même de façon. Le contact a été pris par l'intermédiaire d'un ingénieur conseil de la CRAM, motivé par le sujet de l'expérimentation (M. Perrin, CRAM Rhône-Alpes) ayant des contacts privilégiés avec chacune des entreprises. La CRAM a mené, en effet, avec ces entreprises des actions d'aide à la conception des bâtiments, des ventilations,... via la signature de conventions d'objectifs (contrats entre la CRAM et l'entreprise, correspondant à une forme de subvention pour concevoir un lieu de travail afin d'obtenir les meilleures conditions de production, d'hygiène et de sécurité).

Lors de la mise en place de ce travail, le contact avec les trois entreprises a été établi avec l'objectif affirmé d'effectuer dans leur usine une analyse des risques via la méthode MOSAR.

### 3.1.2 Influence de la loi sur les ICPE sur la gestion des risques dans les entreprises

Pour les risques environnementaux, ces entreprises sont classées et soumises à autorisation au titre de la réglementation sur les installations classées (ICPE loi 76-663 du 19 juillet 1976 [LEGIS 1976]). Elles sont donc des sources potentielles de risques pour l'environnement et les populations. Leurs rejets dans l'air, l'eau et le sol sont donc particulièrement contrôlés par la DRIRE qui leur impose également, avant de démarrer toute activité, une étude de danger. Cette étude de danger contient des informations sur les accidents pouvant toucher l'environnement ou les populations extérieures possiblement engendrés par ces entreprises.

### 3.1.3 Grands types de risques envisageables a priori

Ces entreprises ne sont pas seulement connues pour les dangers qu'elles représentent pour l'environnement, mais aussi pour les dangers encourus par leurs employés (et leurs installations).

L'activité du traitement de surface par voie aqueuse engendre des risques apparents et manifestes d'origine chimique, mécanique et électrique, mais ce ne sont pas les seuls. En effet, les accidents déjà observés (par la CRAM par exemple) ayant lieu dans ces entreprises sont non seulement associés aux risques liés à l'activité propre mais résultent aussi de risques plus

courants (chutes de plain pied, etc.) qui, dans ces entreprises de traitement de surface comme dans les autres, se concrétisent très fréquemment. L'analyse nous permettra de mettre en évidence l'ensemble de ces risques.

### 3.1.4 Modes de tarification de la CRAM

Pour les accidents du travail, les entreprises sont soumises à une cotisation modulable. Trois modes de cotisation existent : la cotisation collective pour les entreprises de moins de 10 salariés, la cotisation mixte, pour les entreprises de 10 à 199 salariés, et la cotisation individuelle pour les autres.

Ces modes de cotisation différents font que l'entreprise peut avoir une influence plus ou moins grande sur la taxe qu'elle va payer. Voici le détail des trois modes possibles de tarification (accidents du travail et maladies professionnelles) [INRS 1996-1] :

- La tarification collective, par activité ou groupe d'activités professionnelles (moins de dix salariés) : Cette tarification collective s'applique sur le plan national à une même activité (ou groupe d'activités), et les taux sont fixés annuellement et nationalement en s'appuyant sur les résultats statistiques des trois dernières années de cette activité.
- La tarification mixte (destinée aux entreprises de 10 à 199 salariés). Cette tarification est déterminée par la caisse régionale d'assurance maladie en additionnant une fraction du taux collectif fixé pour l'activité professionnelle et une fraction du taux individuel (ou taux réel net) qui serait attribué à l'établissement si ce taux lui était applicable.
- La tarification individuelle (200 salariés et plus). Cette tarification est calculée sur les performances propres de l'entreprise

La taxe payée par chaque entreprise va donc dépendre du mode de tarification qui lui est applicable. Que le mode de tarification dépende des performances de la branche d'activité ou de l'entreprise elle-même, la cotisation est fonction des coûts engendrés par les accidents du travail, les maladies professionnelles et les accidents de trajets en terme de prestations ou de rentes versées par la caisse d'assurance maladie.

On note toutefois que les entreprises de petites taille soumises au taux collectif n'auront pas d'influence sur le montant de leur cotisation, même si elles réduisent considérablement la gravité et le nombre de leurs accidents du travail.

### 3.1.5 Situation des trois entreprises selon les indicateurs de la CRAM : taux de fréquence, taux de gravité, taux de tarification

	A	B	C	TS Rhône-Alpes (en moyenne)	Traitement de Surface (TS) (en moyenne)	Toutes professions (en moyenne)
<b>Taux Gravité</b>	0	1,63	1,03	1,97	1,86	1,11
<b>Taux Fréquence</b>	0	76,5	92,26	59,79	54,23	27,8
<b>Taux de tarification</b>	~ 4 (collectif)	3,6 (mixte)	3,11 (mixte)	1,49	2,04	1,6

Tableau 11 : Situation des entreprises A, B et C (taux de gravité, de fréquence et de tarification CRAM) pour l'année 1996

### 3.1.6 Description générale des trois entreprises

Le tableau suivant présente les caractéristiques administratives et économiques des trois entreprises étudiées.

	A	B	C
<b>Nature</b>	Usine	Usine	Usine
<b>Forme juridique</b>	S.A.R.L.	SARL	Société Anonyme
<b>Capital</b>	714000 frs	300 000 frs	2 000 000 frs
<b>Année de fondation</b>	1954	1937	1951
<b>Code NAF</b>	285A	285A	285A
<b>Type d'activité</b>	Fabricants	Fabricants	Fabricants
<b>Effectif entreprise</b>	5	48	173
<b>Effectif à l'adresse</b>	5	48	173
<b>Chiffre d'affaire</b>	457 320 Euros	3 658 560 Euros	20 274 520 Euros dont 3 820 000 Euros à l'export (Italie, Espagne, Allemagne)
<b>Nombre de pièces traitées par an</b>	Non connu	Non connu	10 <sup>9</sup> pièces
<b>Tonnage de pièces traitées par an</b>	600 T	5000 T	1 000 T

Tableau 12 : Caractéristiques administratives des entreprises A, B et C

Avant de commencer cette analyse des risques, nous pouvons affirmer que dans ces trois entreprises sont présents à la fois des risques humains et des risques environnementaux. Elles en sont, au moins en partie, conscientes et sont déjà investies dans des démarches de prévention.

## 3.2 *Entreprise A*

### 3.2.1 Description générale [KOMPASS 2000]

Celle-ci est située en Haute-Savoie, près de Genève, dans une zone pavillonnaire. Il s'agit d'une entreprise manufacturière de traitement de surface ayant un marché plutôt local et n'exportant pas. Son effectif de 5 personnes la classe dans les très petites entreprises. Son capital est familial (deux frères). Le tableau précédent (Tableau 12) présente ses caractéristiques générales.

### 3.2.2 Dirigeants et cadres

L'entreprise A est dirigée par deux frères. L'un est gérant, directeur administratif et financier, directeur technique, directeur des achats et directeur commercial, l'autre est responsable de la maintenance. Le niveau de formation des dirigeants est celui de technicien galvanoplaste.

### 3.2.3 Organigramme (Figure 21)

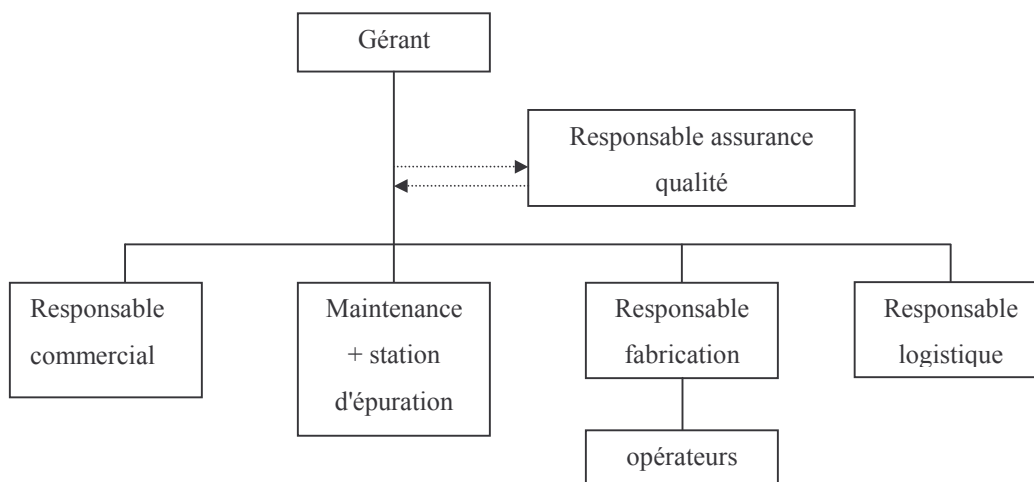


Figure 21 : Organigramme de l'entreprise A



Cet organigramme est fonctionnel, une personne pouvant remplir plusieurs fonctions. Le responsable qualité est employé en temps partagé.

La structure de cette entreprise est mécaniste, basée sur un fonctionnement hiérarchique direct. Les décisions sont centralisées au niveau du pôle dirigeant.

### 3.2.4 Activités

Les activités principales sont le nickelage en tonneaux (voir Figure 19) et bains morts (manutention et trempage manuel), le zincage bichromatage en tonneaux et bains morts également. Les opérations chimiques et électrochimiques de préparation ou de finition des pièces sont aussi présentes.

La clientèle de cette entreprise est d'une cinquantaine de clients dont trois très gros, 80% du chiffre d'affaire sont faits avec seulement huit clients. Cette entreprise est donc assez vulnérable, dans une position proche de la sous-traitance.

Les délais de livraison prennent donc, vu cette dépendance liée à quelques clients, une importance certaine. Ces délais sont très courts, d'une demi-journée à deux ou trois jours, le délai moyen étant de 24 heures.

### 3.2.5 Risques et structures de l'entreprise A

#### Risques humains

Les effectifs de cette entreprise étant faibles, celle-ci ne présente pas de structure de prévention des risques en interne. Il n'y a donc pas de comité d'hygiène et sécurité (CHSCT), ni de délégué du personnel, et la cotisation sur les accidents du travail et les maladies professionnelles est calculée sur un mode collectif. L'entreprise n'a donc pas d'influence sur son taux de cotisation, même si elle réduisait considérablement ses accidents du travail.

La prévention repose sur des organismes externes (CRAM, médecins du travail, inspecteurs du travail,...) et sur le chef d'entreprise qui détient le pouvoir et les moyens de déterminer les procédés de travail et de choisir le matériel. Il a, comme tout chef d'entreprise, la responsabilité de la sécurité de ses salariés. Les salariés ont, eux, un droit d'expression directe et collective notamment sur l'amélioration des conditions de travail (loi du 4 août 1982), auquel est associé au droit d'alerte et de retrait face à un danger grave et imminent (loi du 23 décembre 1982) [INRS 1996-2].

La situation de cette entreprise, en ce qui concerne les risques d'accidents du travail et de maladies professionnelles comparée à celle des entreprises françaises (toutes activités confondues) et à celles du traitement de surface a été présentée dans le Tableau 11. Ses taux de gravité et de fréquence sont nuls depuis plusieurs années (sauf en 1997 où se produisit un accident de trajet). Son taux de tarification est cependant très élevé comparé à celui des entreprises du secteur du traitement de surface (moyenne nationale) mais il n'est pas en rapport avec ses propres résultats en matière de gestion des risques puisque son effectif fait que A est soumise à une tarification collective.

L'entreprise A ne peut donc, quelles que soient ses actions, bénéfiques ou non, sur sa gestion des risques, faire baisser sa cotisation.

### Risques environnementaux

Nous pouvons évoquer les contraintes en matière de risques environnementaux. Cette installation étant aussi soumise à autorisation au titre de la loi sur les installations classées pour la protection de l'environnement, la DRIRE<sup>21</sup> intervient donc pour contrôler les rejets de l'usine dans l'eau, l'air et le sol (rejets liquides, vapeurs polluantes, élimination des déchets industriels spéciaux, etc.). Cette contrainte d'autorisation fait que l'entreprise a déjà abordé les atteintes qu'elle pouvait faire subir à l'environnement par l'étude d'impact et l'étude de danger obligatoires lors de la procédure de demande d'autorisation.

Vu sa petite taille, cette entreprise ne compte pas de service spécifique pour la prévention des risques, la maintenance préventive et la protection de l'environnement. Ce sont les deux frères (gérant et responsable maintenance) qui prennent en charge ces fonctions.

### 3.2.6 Description de l'action menée : Premier contact et déroulement de l'action

#### ☒ Prise de contact

Le premier contact s'est opéré pour l'entreprise A avec l'ingénieur conseil de la CRAM, le chef d'entreprise, et le responsable maintenance, son associé et frère. Les détails de l'étude et la description de MOSAR leur ont été présentés. L'acceptation du processus, de la démarche et du concept de l'étude des risques, dans le cadre d'une convention avec le CEA et l'école de Mines de St Etienne, a été immédiate.

---

<sup>21</sup> DRIRE : Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement

#### ☒ Interlocuteurs

Dans cette très petite entreprise, les uniques interlocuteurs dans cette démarche ont été les deux entrepreneurs, ce qui représente 40% des effectifs. Les ouvriers n'ont pu être interviewés. Le groupe de travail préconisé par MOSAR a donc été constitué de trois personnes dont deux de l'usine. Le témoignage des opérateurs concernés par une partie des tâches dangereuses n'a pu être recueilli et ceux-ci n'ont pu participer à la réflexion. Au sens de MOSAR, le groupe n'était pas tout à fait optimal, les intérêts entre les membres du groupe étant trop proches (voir chapitre suivant).

#### ☒ Nombre de visites, temps cumulé

Les visites dans cette entreprise ont souvent été très courtes. En effet, la disponibilité des dirigeants était très faible. Ces visites ont été au nombre de 4 et ont représenté un temps cumulé de 3 jours.

#### ☒ Documents accessibles et utilisés

Le document principal est un plan schématique de l'usine, comprenant les chaînes de traitement, le bâtiment administratif, le bâtiment de stockage des produits chimiques, la station d'épuration, les zones de stockage et de manutention des pièces traitées et à traiter. La zone de chargement et de déchargement de ces pièces a été aussi considérée. Les autres documents exploités sont les rapports de vérification des engins de levage, des appareils sous pression, et des installations électriques.

Ces documents fournissent des éléments indispensables à l'analyse des risques.

### 3.2.7 Entreprise A et analyse des risques

Cette entreprise de très petite taille entreprend des actions de conception de nouveaux bâtiments et de nouvelles chaînes de traitement en collaboration avec la CRAM pour une meilleure prise en compte des risques lors des phases amonts de la production. Elle s'investit également dans une démarche d'amélioration continue de sa qualité (démarche ISO 9002).

C'est une entreprise consciente de la plupart des risques présents dans ses locaux, et elle engage des moyens pour conforter sa pérennité.

Les effectifs de l'entreprise et sa structure mécaniste conditionnent la disponibilité réduite des dirigeants, leur polyvalence et leur rôle vital pour l'entreprise. Leur possibilité de délégation

est quasiment nulle. Le fait que les deux frères cumulent chacun un grand nombre de fonctions fait qu'ils sont complètement maîtres de leurs actions, mais cela peut engendrer, pour la prise en compte des risques, des conflits d'intérêt car chacun d'eux doit à la fois atteindre des objectifs de production tout en maintenant un niveau de risques acceptable pour assurer la pérennité de l'activité. Très impliqués dans la production, lors de conflits entre ces deux objectifs (production et sécurité), ils ne bénéficient pas de données équivalentes dans le domaine de la sécurité et seront supposés accorder un poids disproportionné à la production. Une situation analogue se reproduit et s'aggrave lorsque, dans une usine, le responsable sécurité est sous l'autorité du responsable de production.

Nos interlocuteurs, les dirigeants de l'entreprise A, nous ont guidé tout au long du travail. Ils représentent un facteur positif de réussite de mise en œuvre de l'analyse. En effet, leur connaissance parfaite de leur système de production, des procédés, des procédures et des équipements permet de produire la majorité des données nécessaires à MOSAR. Cependant le manque de contact avec les employés, et l'impossibilité de pouvoir évaluer leur formation et leur perception des risques ont constitué une carence en informations. Le temps passé dans cette entreprise étant très court, on peut également dire que des informations plus cachées, moins évidentes ont pu nous échapper.

Enfin nous avons pu observer que les connaissances des responsables de l'entreprise sur les risques potentiels étaient incomplètes. En particulier, alors que les risques mécaniques et électriques semblaient connus, le risque chimique était sous-estimé.

### **3.3 *Entreprise B***

#### **3.3.1 Description générale [KOMPASS 2000]**

L'entreprise B est localisée en Savoie, dans une zone industrielle et commerciale, et est, comme les deux autres, une entreprise manufacturière de traitement de surface. Elle comprend 48 employés et ses marchés sont plutôt locaux à nationaux. Elle n'est pas encore tournée vers l'exportation. Elle se classe dans la catégorie des petites entreprises, dans sa limite supérieure, proche des moyennes entreprises. Son capital est à 100% familial (trois frères), le Tableau 12 présente ses principales caractéristiques administratives.

### 3.3.2 Dirigeants et cadres

Trois frères sont à la tête de l'entreprise B. Le premier est gérant, directeur commercial, financier, des achats, administratif, de la communication, du personnel, marketing, informatique. Le second tient les fonctions de directeur technique des chaînes automatiques, le troisième est directeur technique des autres process pour les traitements de dépôt hors argent et étain. Des personnes n'appartenant pas à la famille participent aussi à la direction de cette usine, un directeur technique (process argent et étain) et qualité, ainsi qu'une responsable recherche, développement et qualité. La famille dirigeante possède une formation initiale du type BTS, en revanche, la formation de la directrice recherche et développement est du type ingénieur. Les opérateurs sont pratiquement tous formés en tant qu'opérateurs galvanoplastes.

### 3.3.3 Organigramme (Figure 22)

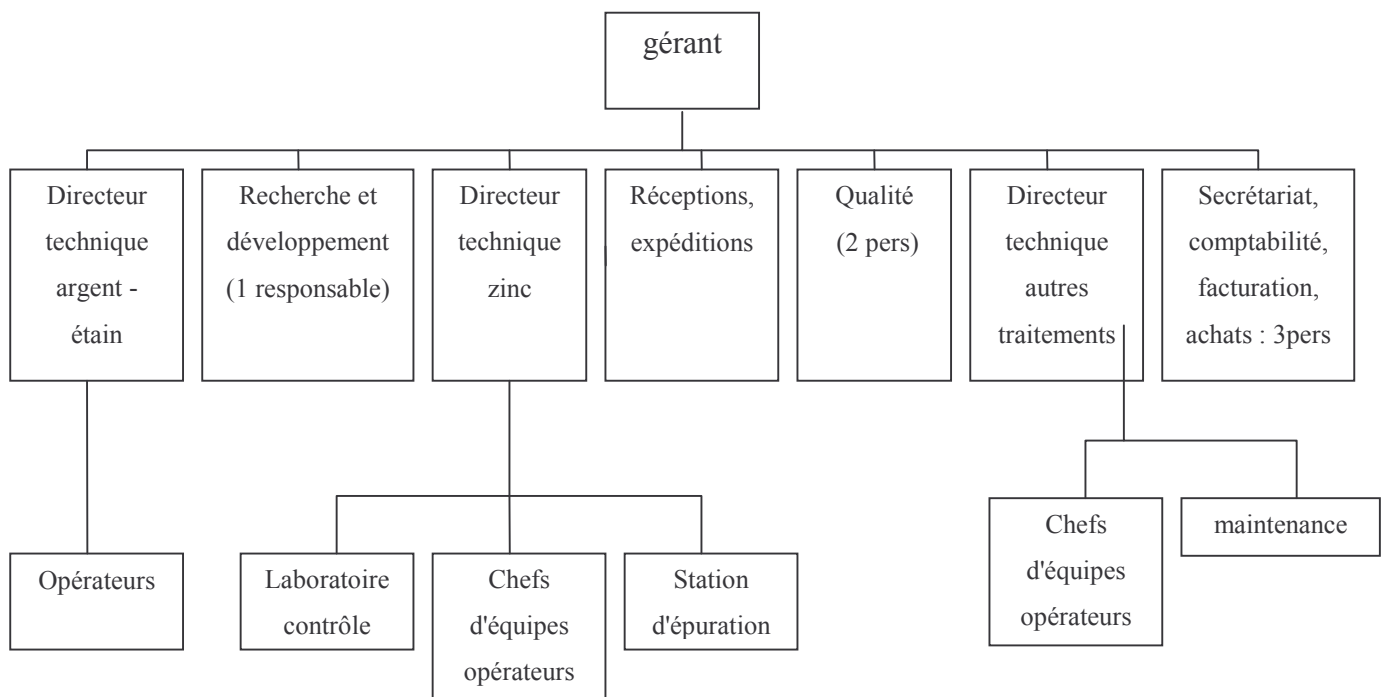


Figure 22 : Organigramme de l'entreprise B

L'organigramme présenté en Figure 22 est fonctionnel. Une seule personne peut remplir plusieurs fonctions. Le responsable sécurité n'est pas sous l'autorité des responsables de production (directeurs techniques). Le fonctionnement de cette entreprise n'est pas uniquement mécaniste et fondé sur une ligne hiérarchique simple, mais il comprend aussi une

part de fonctionnement du type "projet" permettant de regrouper des équipes de travail pour mener à bien des projets d'amélioration de la qualité, de développement de traitements nouveaux, etc.

### 3.3.4 Activités

Les activités principales sont le zincage (en tonneau et en bains morts sur cadres), le nickelage, l'argenture, l'étamage, le laitonage, le cadmiage, le cuivrage, le chromage et les autres traitements chimiques, électrochimiques et mécaniques liés (polissage, décapage, brunissage, etc.). Le plan de l'usine est visible en Annexe 2.

Dans cette entreprise, 30% du chiffre d'affaire vient de la production des chaînes automatiques de zincage - nickelage. Ces chaînes automatiques sont dédiées à un client principal. Cette entreprise peut donc aussi être considérée dans une situation proche de la sous-traitance (puisque fortement liée à un client) même si une politique de diversification de la production est menée. Les délais à respecter sont de un jour à quelques jours.

### 3.3.5 Risques et structures de l'entreprise B

#### Risques humains

Comme dans l'entreprise A, les effectifs sont faibles et l'existence d'un CHSCT n'est donc pas obligatoirement requise (obligatoire à partir de 50 salariés) [INRS 1996-2]. Son effectif la classe dans une catégorie où sont élus des représentants du personnel. La prévention repose sur le chef d'entreprise, les salariés et les organismes extérieurs. La cotisation sur les accidents du travail et les maladies professionnelles est dite "mixte", l'entreprise peut donc avoir une influence partielle sur son taux de cotisation qui demeure élevé.

La situation de cette entreprise, en ce qui concerne les risques d'accidents du travail et les maladies professionnelles comparée aux autres entreprises (toutes activités confondues) et aux autres entreprises du traitement de surface a été présentée dans le Tableau 11. La faible gravité de ses accidents du travail passés donne aux dirigeants l'impression d'inutilité d'une analyse des risques, bien que leur fréquence soit assez importante.

### Risques environnementaux

En ce qui concerne les risques environnementaux, cette entreprise est classée au titre de la protection de l'environnement et par conséquent, soumise à une procédure d'autorisation. Elle est susceptible de polluer accidentellement ou chroniquement l'eau, l'air, le sol. La DRIRE la contrôle donc et lui impose des normes de rejets. On peut également dire qu'elle a réalisé ou fait réaliser une étude de danger, ce qui lui donne une connaissance des ses risques environnementaux.

Cette entreprise, plus grande que l'entreprise A, comporte un service chargé de la protection de l'environnement. La personne ayant cette charge en assure d'autres au niveau de la qualité, de la sécurité et de la recherche et développement.

#### 3.3.6 Description de l'action menée : Premier contact et déroulement de l'action

##### Prise de contact

Le premier contact a eu lieu en la présence de l'ingénieur CRAM, du chef d'entreprise et de la responsable Sécurité / environnement / recherche et développement. Les étapes de l'étude ont été exposées à l'ensemble de nos interlocuteurs et l'idée de l'expérimentation a, là aussi, été acceptée aussitôt dans le cadre de la même convention les liant à l'école des Mines de St Etienne et au CEA.

##### Interlocuteurs

Dans cette "petite" entreprise, les interlocuteurs ont été nombreux. Nous ne citerons ici que les principaux : la responsable sécurité / environnement/ R et D, le responsable qualité et lignes de production argent-étain, le gérant, l'équipe maintenance (2 personnes), et les responsables de production des lignes automatiques et des autres traitements.

##### Nombre de visites, temps cumulé

La disponibilité de nos interlocuteurs dans cette usine était bien supérieure à celle des correspondants de l'usine A. Les visites d'investigation ont pu avoir des durées de l'ordre de la journée, mais en changeant d'interlocuteur au cours de ce laps de temps. Pour mener cette étude, 8 visites ont été nécessaires, représentant en temps cumulé 7,3 jours, avec des essais de travail par correspondance assez peu fructueux

### ☒ Documents accessibles et utilisés

Les documents fournis par l'entreprise étaient les suivants : plan précis, fiches techniques des baignoires, dossier de projet de convention d'objectif avec la CRAM pour la conception des bâtiments, demande d'autorisation à la préfecture précédant le démarrage de l'activité (dans le nouveau bâtiment), arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter l'activité de traitement de surface sur la commune de Chambéry, projet d'extension de l'activité auprès de la préfecture, arrêté préfectoral d'acceptation de l'extension de l'activité, liste des membres du personnel, organigramme, liste des appareils dont la maintenance préventive est prévue, liste des fiches de sécurité des produits employés (possibilité de les consulter).

Ces documents fournissent les types de renseignements suivants :

- la nature des produits chimiques utilisés, toutefois l'abondance des fiches de sécurité amène des difficultés de traitement des informations. De plus ces produits sont connus et utilisés sous leurs noms commerciaux.
- Les quantités des différents produits manipulés
- Les voies de circulations des hommes, des pièces, des produits chimiques "neufs" et des effluents dilués ou concentrés, où se croisent ces éléments, et s'ils sont compatibles entre eux. La question est primordiale dans le cas d'effluents alcalins cyanurés croisant des effluents acides.
- Les dangers sur l'environnement dans l'étude de danger faite pour la demande d'autorisation. La nature des dangers pour l'homme et surtout pour l'environnement est abordée.
- L'organisation et les niveaux hiérarchiques présents dans l'usine. Toutefois, cet organigramme ne correspond pas forcément à la hiérarchie réelle.
- Le début de prise en compte des influences des accidents purement matériels (cf. maintenance préventive).

L'existence d'une grille de compétences du personnel dans cette entreprise, bien qu'elle ne soit pas consultable, fait envisager le fait que les postes de travail sont distribués le plus possible en fonction des aptitudes des membres du personnel.

### 3.3.7 Entreprise B et analyse des risques

Cette entreprise de petite "taille moyenne", comme les deux autres, mène des actions de prévention des risques en concevant ses bâtiments avec l'aide de la CRAM. Cette entreprise



est donc également consciente d'une grande partie de ses risques, surtout les plus connus comme celui de dégagement d'acide cyanhydrique par le contact de produits cyanurés présents dans l'usine avec des produits acides présents également.

Ses effectifs font qu'il n'y a pas de structure interne de gestion du risque comme le CHSCT. En revanche, l'embauche d'un responsable recherche et développement impliqué également dans la prise en compte de la qualité, de l'environnement et de la sécurité permet aux institutions comme aux consultants d'avoir un interlocuteur privilégié dans ces domaines. Le fait que la structure de l'entreprise ne soit pas uniquement mécaniste, et fonctionne aussi par projets, implique des disponibilités et des moyens pouvant être mis au service de projets concernant la gestion des risques.

Bien que, dans l'équipe dirigeante, les personnes assurent plusieurs fonctions, le responsable sécurité n'est pas dans un même temps responsable d'une unité de production, même s'il est conscient des contraintes de celle-ci. Il dépend directement du gérant de l'installation et prend donc ses décisions sans devoir gérer en lui même de possibles conflits d'intérêts. Cependant, cette personne ayant plusieurs rôles, il lui est assez difficile d'acquérir les connaissances permettant de devenir un spécialiste "sécurité", l'aide d'un tiers peut lui sembler utile.

#### Spécificité a priori des risques

Dans cette installation, les risques apparents sont les mêmes que dans l'usine précédente, ils sont d'origines chimique, mécanique et électrique. Les risques chimiques sont pourtant mis en avant puisque la présence de cyanures engendre des risques d'une gravité extrême. Grâce à l'aide de la CRAM, la prévention de ces risques passe par une meilleure conception des bâtiments, ce qui diminue fortement les risques mais qui a aussi tendance à les rendre maintenant moins présents dans les esprits des opérateurs. Mais comme dans l'usine A, les accidents du travail les plus fréquents sont les accidents dits courants (chute, lumbago, etc.), qui ne sont pas à négliger.

#### Disponibilité des acteurs

Pour la prise de contact et le déroulement de l'analyse des risques, les dirigeants nous ont soutenus tout au long de l'étude. Lorsque la connaissance n'était pas détenue par le responsable sécurité, celui-ci nous a guidés vers les interlocuteurs adaptés qui se sont libérés le temps de l'acquisition de ces données. La connaissance, dans cette entreprise, n'est pas uniquement détenue par un petit noyau de personnes mais est plus fortement distribuée.

Comme dans l'entreprise A, ce sont les données concernant les produits et leurs incompatibilités qui ont été les moins aisées à se procurer. Les points de vue des dirigeants et des opérateurs ont pu être recueillis. Il est toutefois à constater que les connaissances des chefs d'équipe sont supérieures à celles des opérateurs. Les chefs d'équipe ont un regard critique vis à vis des activités de leurs opérateurs.

Les données présentes bien que dispersées, n'ont pas posé de difficultés majeures pour être recueillies. Les documents fournis, leur richesse et leur nombre, ont été une source non négligeable d'informations.

Cette entreprise est, comme la précédente, impliquée dans des actions de moyen et long terme avec la CRAM. Elle a investi depuis peu dans la gestion de la qualité par l'intermédiaire de la norme ISO 9002, elle tente d'anticiper la baisse de tolérance de la DRIRE en ce qui concerne les rejets aqueux, elle investit donc des moyens pour assurer sa pérennité.

### **3.4 Entreprise C**

#### **3.4.1 Description générale [KOMPASS 2000]**

Cette entreprise est localisée en Haute-Savoie, dans une zone industrielle à 300m d'un dépôt pétrolier. Elle représente l'entreprise à plus haut effectif de notre expérimentation. Cette industrie manufacturière emploie 173 personnes mais fait souvent appel à des intérimaires, ce que fait aussi l'entreprise B dans une moindre mesure. Les marchés investis par la firme C sont nationaux et internationaux, 20% du chiffre d'affaire provient de l'exportation, cette exportation est européenne. Contrairement à A et B, C n'a pas de capital familial, celui-ci est détenu par des actionnaires qui ont une influence certaine sur son fonctionnement (prix, productivité, système de gestion,...). Aux yeux de la définition de la communauté européenne, cette entreprise n'est plus une PME. A la vue de la définition française, cette entreprise demeure une PME mais fortement dépendante, du type sous-traitance même si ses clients sont nombreux. Le

Tableau 12 présente ses principales caractéristiques.

### 3.4.2 Dirigeants et cadres

L'entreprise C est dirigée par un président directeur général qui est secondé sur le terrain par un directeur général. Les fonctions achats, logistique et commerciale, qualité, sécurité, recherche et développement, production, du personnel, etc sont séparées. Cette firme a peu de points communs avec les entreprises familiales, le directeur et le PDG ne connaissent pas personnellement tous les membres du personnel. Le niveau de formation des cadres de l'entreprise est plus élevé que dans les entreprises précédentes, le niveau de formation ingénieur est présent dans de nombreux services de l'entreprise (direction, recherche et développement, sécurité,...).

### 3.4.3 Organigramme

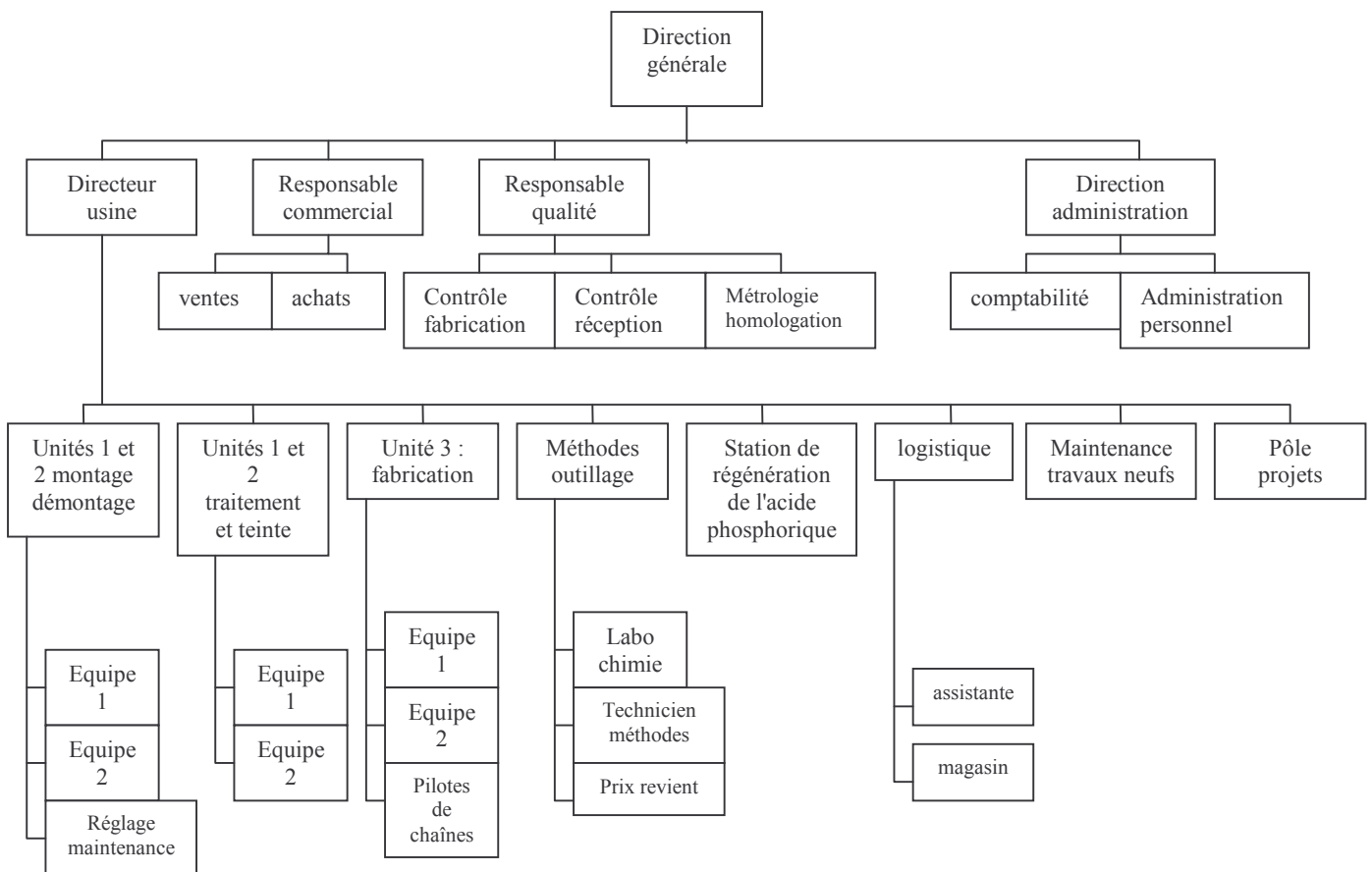


Figure 23: Organigramme de l'entreprise C

Cet organigramme est un organigramme fonctionnel, où une seule personne peut remplir plusieurs rôles.

#### 3.4.4 Activités

Les activités essentielles sont la décoration et la protection des pièces en aluminium par des procédés d'oxydation anodique, et les opérations chimiques associées. Les chaînes de production sont automatiques ou semi-automatiques, une grosse partie de l'effectif (80%) de l'usine est affectée aux opérations de montage des pièces sur des "cassettes" permettant leur traitement.

Ses marchés principaux sont la parfumerie et la pharmacie, dans une situation de dépendance forte provenant non pas des clients, mais surtout des actionnaires.

Les contraintes de délais sont variables suivant la source des pièces à traiter, de 2 jours à 15 jours, les retards de livraison sont fréquents mais pas considérés comme très graves.

#### 3.4.5 Risques et structures

##### Risques humains

Cette entreprise, de part ses effectifs, se distingue fortement des usines A et B. Ses effectifs la classent dans une catégorie où sont élus des représentants du personnel (trois titulaires, trois suppléants) et où le comité d'hygiène et sécurité (représentants du personnels, animateur sécurité, président du CHS, médecin du travail, représentant de la CRAM et inspecteur du travail) est obligatoire. Le comité se réunit tous les trois mois en moyenne avec quelques réunions extraordinaires. Les syndicats du personnel sont également présents avec 2 représentants.

Dans l'usine, qui est sur le point d'obtenir un registre d'infirmerie lui permettant de signaler les incidents et blessures mineures sans avoir à les déclarer au titre d'accidents du travail, sont en place vingt secouristes sauveteurs du travail. Dans ce cadre une formation gestes et postures est également dispensée à l'ensemble du personnel concerné.

Comme l'entreprise B, C est soumise à une tarification sur les accidents du travail et les maladies professionnelles relevant d'un taux mixte où rappelons-le une fraction de ce taux provient du taux collectif fixé par l'activité et l'autre provient du taux réel net qui serait attribué à l'établissement si celui-ci relevait de la tarification individuelle. Une meilleure gestion des risques peut, là aussi, avoir une influence mais limitée sur la cotisation payée par l'entreprise.

### Risques environnementaux

Pour ce qui concerne les risques environnementaux, cette entreprise est également soumise à une procédure d'autorisation préfectorale car elle est susceptible de pouvoir polluer l'eau, l'air, le sol par les produits qu'elle emploie (métaux, acides, bases,...). Contrairement à l'entreprise B, elle n'emploie pas de cyanures. Cependant, elle ajoute à ses unités de production une unité de traitement et de recyclage de l'acide phosphorique qui engendre des risques humains et environnementaux supplémentaires mais permet de réduire le besoin en acide "neuf" de l'usine.

Cette entreprise possède un service dédié à la sécurité et un service dédié à la gestion de la qualité et à la protection de l'environnement. Le service de sécurité ne dépend pas directement de la production. Le responsable sécurité se situe dans le pôle projets (voir organigramme Figure 23).

La situation de cette entreprise, en ce qui concerne les risques d'accidents du travail et de maladies professionnelles comparée à celles des autres entreprises (toutes activités confondues) et aux autres entreprises du traitement de surface a été présentée dans le Tableau 11. La fréquence élevée des accidents même s'ils sont de faible gravité incite l'entreprise à chercher des mesures de prévention.

#### 3.4.6 Description de l'action menée : Premier contact et déroulement de l'action

##### Prise de contact

La première entrevue a eu lieu avec le directeur de l'usine et le responsable sécurité-environnement. Pour C, comme pour A et B, l'acceptation de la démarche d'analyse des risques et l'apport de moyens humains dans l'usine pour la mener à bien a été immédiate et accompagnée également de la signature d'une convention entre l'usine, le CEA et l'école des Mines de St Etienne.

##### Interlocuteurs

Cette installation appartient à la classe des moyennes entreprises, comprenant un nombre d'employés bien supérieur aux autres et disposant de structures de prévention des risques. Les interlocuteurs principaux, c'est à dire ceux qui étaient pratiquement toujours présents dans le groupe de travail ont été le responsable environnement-sécurité et le responsable maintenance. Les autres interlocuteurs, présents plus ponctuellement dans le groupe, ont été :

le directeur, un opérateur (metteur aux bains) sur chaîne semi-automatique, un opérateur sur chaîne automatique, une coloriste, les chefs d'équipe, les membres du CHSCT, un membre de l'équipe d'entretien du matériel, une opératrice chargée des expéditions, la responsable qualité, le responsable logistique, le responsable de la station de recyclage de l'acide phosphorique responsable également de la station d'épuration et la responsable du service du personnel.

#### ☒ Nombre de visites, temps cumulé

Dans l'usine C, la disponibilité du personnel, en dehors des opérateurs sur les chaînes était plus importante que dans l'usine B (dont la disponibilité était elle-même supérieure à celle de l'usine A). Les visites ont pu avoir des durées de l'ordre de la journée, les membres du groupe changeaient au cours de la journée mais le responsable environnement-sécurité était toujours présent. La taille moyenne du groupe était de trois personnes, quatre quand le responsable maintenance pouvait se libérer.

Pour mener cette étude, 13 visites ont été nécessaires, équivalentes à environ 12 jours, avec des essais de travail par correspondance inefficaces.

#### ☒ Documents accessibles et utilisés

Ces documents sont :

- le plan,
- les arbres des causes des accidents du travail de 1998,
- les résultats des réflexions du groupe de travail réuni pour réduire l'absentéisme,
- la base de données sur les accidents du travail des quatre dernières années. Cette base recense pour chaque accident les informations suivantes : nom de la victime, service, ancienneté, ancienneté au poste, horaires 2x8, nuit, jour, 3x8, date et heure de l'accident du travail, jour de la semaine, lieu, siège des lésions, nom du SST (secouriste sauveteur du travail) intervenu, circonstances, port des EPI, causes possibles, hospitalisation, nombre de jours d'arrêt, accident de travail ou de trajet,
- le manuel interne des incompatibilités et risques des mélanges de produits chimiques,
- le tableau des causes des non conformités internes (rectifiées dans l'usine avant livraison) et externes (signalées par le client) en 1999,
- le bilan hygiène et sécurité de l'usine pour l'année 1998 (effectifs, accidents du travail, maladies professionnelles, répartition des effectifs suivant les jours de la

- semaine, les actions pour l'amélioration des conditions prévues, en cours ou reportées, les moyens surtout humains et les formations),
- les plans d'actions pour l'hygiène, la sécurité et l'environnement pour 1999,
  - les quantités et natures des produits chimiques achetés en 1998 associées aux quantités de boues produites,
  - le règlement intérieur,
  - les bilans des rejets dans la rivière (pH et métaux)
  - et l'organigramme.

Ces documents fournissant une quantité d'informations importante ont été recueillis au fil de l'analyse.

### 3.4.7 Situation de l'entreprise C face à la gestion des risques

#### Spécificité des risques

Cette installation de taille moyenne également engagée dans un processus de collaboration concernant la conception des équipements dans les ateliers à risques et également soumise à autorisation donc contrainte à la production d'une étude de danger, est consciente de certains de ses risques. Les installations de régénération d'acide constituent un point original de cette usine par rapport aux deux autres.

Les risques apparents dans cette usine sont les mêmes que dans les deux usines précédentes, on peut toutefois y ajouter les risques liés à l'installation de revalorisation de l'acide phosphorique qui met en œuvre des produits présents dans le reste de l'usine mais dont les équipements constituent une source de risques particulière. Les risques courants (chute, etc.) sont quant à eux également les plus observables dans cette installation et à prendre en compte. Les documents présents et consultables concernant les risques connus sont nombreux et d'une grande diversité ce qui offre l'avantage de fournir des données abondantes mais parfois très touffues et difficiles à traiter totalement.

#### Disponibilité des acteurs

Les effectifs, relativement importants de l'entreprise sont à décrire de façon plus détaillée. En effet, 80% des personnes sont employés au montage des pièces pour les préparer au traitement, l'activité du traitement de surface proprement dite emploie donc une part très réduite des moyens humains. Les risques pour ces employées de préparation sont donc très

différents de ceux pris par les opérateurs sur chaînes. Cette situation ne se présente ni dans l'entreprise A, ni dans l'entreprise B.

L'ampleur des effectifs permet d'avoir des structures internes de gestion des risques comme le CHSCT, l'infirmerie et les secouristes sauveteurs du travail (SST) qui peuvent être relayées par les représentants du personnel et les représentants syndicaux. La présence d'un responsable dédié aux problèmes environnementaux et sécuritaires permet d'avoir un interlocuteur privilégié dans l'entreprise (pour les consultants et les institutions) qui de surcroît n'a que des activités parallèles à la production et y est donc un peu moins impliqué. Les conflits d'intérêts ne sont donc pas présents dans sa fonction. Il dépend immédiatement du directeur et n'est donc pas non plus soumis à l'influence hiérarchique du chef de production.

La structure de cette firme est à la fois mécaniste et "par projet", elle autorise donc la mise en place d'actions d'envergure pour le développement de la production mais aussi pour le développement de projets parallèles à celle-ci.

A l'intérieur de l'équipe d'encadrement, les personnes endossent des rôles assez spécifiques et rarement deux rôles à la fois, la disponibilité de chacun en est accrue, et les connaissances de chacun sur le domaine dans lequel il exerce sont d'autant plus importantes. Le responsable sécurité-environnement n'est cependant pas en place depuis très longtemps dans cette fonction, et sa formation initiale concerne la recherche et le développement de la production. De ce fait, il n'est pas encore un spécialiste "sécurité" mais possède des données riches et fort nombreuses sur le système de production.

Pour le déroulement de notre étude dans l'entreprise C, comme dans les deux entreprises précédentes, les dirigeants nous ont soutenus du début à la fin. Notre interlocuteur principal, le responsable sécurité environnement, de par sa fonction précédente (recherche et développement) nous a fourni un grand nombre de données et, quand il ne les possédait pas, nous a dirigés vers les interlocuteurs appropriés. La connaissance est, comme dans l'entreprise B, relativement fortement distribuée et peu centralisée. Les données sont, de ce fait, parfois difficiles à localiser. On peut se demander si, pour cette raison, nous ne sommes pas passés à côté d'éléments fondamentaux pour l'analyse des risques.



Cette entreprise en relation avec la CRAM sur des actions de prévention des risques à long terme est aussi depuis longtemps engagée dans un processus d'amélioration continue de la qualité de ses produits (ISO 9002), et entame depuis peu le même processus pour l'amélioration continue de ses performances environnementales par la mise en place de la norme ISO 14001. Il est utile de rappeler que cette entreprise est la propriété d'actionnaires qui influent fortement sur son comportement dans des domaines tels que la qualité, l'environnement et la sécurité.

## 4 Synthèse

Cette description des trois entreprises, qui constituent le champ d'application de la méthode d'analyse des risques choisie, nous a permis de mettre en relief les caractéristiques et, au delà, les atouts et les lacunes des entreprises face aux risques (Tableau 13).

	Entreprise A	Entreprise B	Entreprise C
<b>effectifs</b>	5	48	173
<b>Formation des dirigeants</b>	BTS	Technicien et ingénieur	ingénieur
<b>Structure pour la gestion des risques : :</b>			
- <b>Représentants du personnel</b>	Non	oui	oui
- <b>CHSCT</b>	non	non	Oui
<b>Interlocuteurs</b>	Dirigeants	Dirigeants et employés	Dirigeants et employés

Tableau 13 : Résumé des principaux attributs des trois entreprises intervenant dans la gestion des risques (donc dans l'analyse des risques)

Lors de la mise en place de l'analyse des risques, les résultats et les difficultés qui surviendront seront probablement en partie liés à ces caractéristiques. La CRAM Rhône-Alpes (service prévention) a tenté, par exemple, de définir 3 types d'entreprises qui face à une analyse des risques (quelle que soit la méthode) réagiront différemment :

- les entreprises dites "artisanales" ne possédant pas les caractéristiques nécessaires au bon déroulement d'une analyse des risques débouchant sur des actions de gestion des risques
- les entreprises dites "industrielles" possédant tous les atouts à la mise en place d'actions d'analyse et de gestion des risques

- les entreprises situées entre ces deux catégories, pour lesquelles il manque seulement quelques éléments avant de pouvoir se lancer dans de telles actions avec de grandes chances de succès.

Dans les deux chapitres suivants (concernant les résultats de l'expérimentation et leur analyse), nous allons tenter d'établir le lien qui existe entre les caractéristiques de l'entreprise et sa capacité à mettre en œuvre une méthode d'analyse des risques en fonction naturellement des caractéristiques de cette méthode, mais aussi des attentes des institutions de prévention qui fixent le cadre et les objectifs de l'analyse.

## **CHAPITRE 4 : RESULTATS**

## **1 Description générale des actions mises en œuvre**

Après avoir décrit les entreprises, dans lesquelles nous avons mené notre expérimentation, nous allons présenter la méthode MOSAR<sup>22</sup>.

Cette méthode a été mise au point par Pierre PERILHON au CEA<sup>23</sup>. Comme elle a évolué au cours du temps, on prend ici comme référence l'article paru le premier trimestre 2000 dans le magazine Phoebus n°12 [PERILHON 2000].

### **1.1 Méthode MOSAR : démarche de référence**

La méthode MOSAR d'analyse globale de risques se compose de deux modules A et B complémentaires.

Le premier a pour but d'identifier les dysfonctionnements de nature technique ou opératoire et leurs interactions, dont l'enchaînement peut conduire à des événements non souhaités, des accidents par exemple. Ce module A va permettre de générer les scénarios d'accidents pouvant mettre en jeu des dysfonctionnements de natures différentes, en ayant une vision macroscopique ne rentrant pas dans le détail du fonctionnement de l'installation.

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

Pour chacun des deux modules, MOSAR se compose de cinq étapes successives pour chaque module décomposables en sous étapes et basées avant tout sur le modèle d'accident MADS.

#### **1.1.1 Modèle MADS [PERILHON 2000]**

Le modèle MADS et la méthode MOSAR ont été conçus dans l'esprit de la prévention des risques majeurs à la suite des catastrophes industrielles marquantes (Bhopal, Tchernobyl,...). Ces accidents mettent en effet en jeu des installations et des processus complexes difficilement appréhendables par les méthodes classiques d'analyse des risques.

---

<sup>22</sup> MOSAR : Méthode Organisée et Systémique d'Analyse des Risques

<sup>23</sup> CEA : Commissariat à l'Energie Atomique

Le modèle MADS a pour but d'expliciter la démarche commune des outils de l'analyse classique des dysfonctionnements (AMDEC, et arbres logiques par exemple).

Le modèle MADS apparaît donc comme la conceptualisation d'une approche intuitive du risque associant les visions systémiques et analytiques de la sûreté de fonctionnement.

MADS représente le danger et donc le risque (mesure du danger) comme un ensemble de processus au sens systémique<sup>24</sup> du terme.

Le danger est vu comme l'ensemble des processus conduisant à un processus principal représentant un flux de danger pouvant être généré par un système source de danger. Ce flux est constitué d'énergie, de matière et d'information. Si ce flux peut atteindre un système cible et avoir des effets sur ce dernier, on parle alors de risque. Les effets observés sur le système cible, lorsque le risque se réalise, constituent ce que l'on appelle l'événement non souhaité. Le processus principal est situé dans un environnement spécifique (partie de l'environnement qui le concerne) générateur de champs de danger processant des effets sur ce processus. Le flux de danger est généré par un événement (ou processus) initiateur d'origine interne ou externe. Symétriquement, il peut y avoir un événement renforçateur du flux sur la cible, d'origine interne ou externe (Figure 24).

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

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

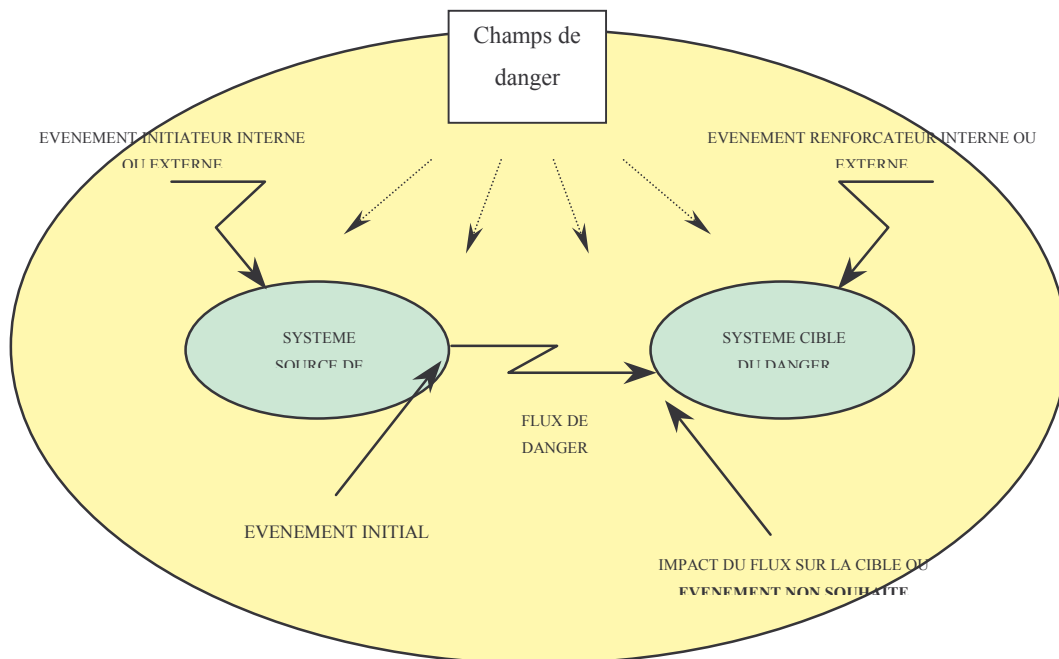


Figure 24 : Modèle MADS

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

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

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

---

<sup>24</sup> Processus : ensemble ordonné des changements affectant la position dans le temps, dans l'espace, dans leur forme, d'une famille au moins d'objets identifiés [LE MOIGNE 1977]

### 1.1.2 Schéma général de MOSAR : modules A et B

Rappelons que le module A consiste à faire une analyse macroscopique des risques d'une installation. Le module B rentre dans le fonctionnement dit "microscopique" de celle-ci pour rechercher l'origine des risques principaux et fonctionnels mis en évidence par le premier module.

#### 1.1.2.1 module A

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

Ce module se décompose en cinq étapes présentées par la Figure 25.

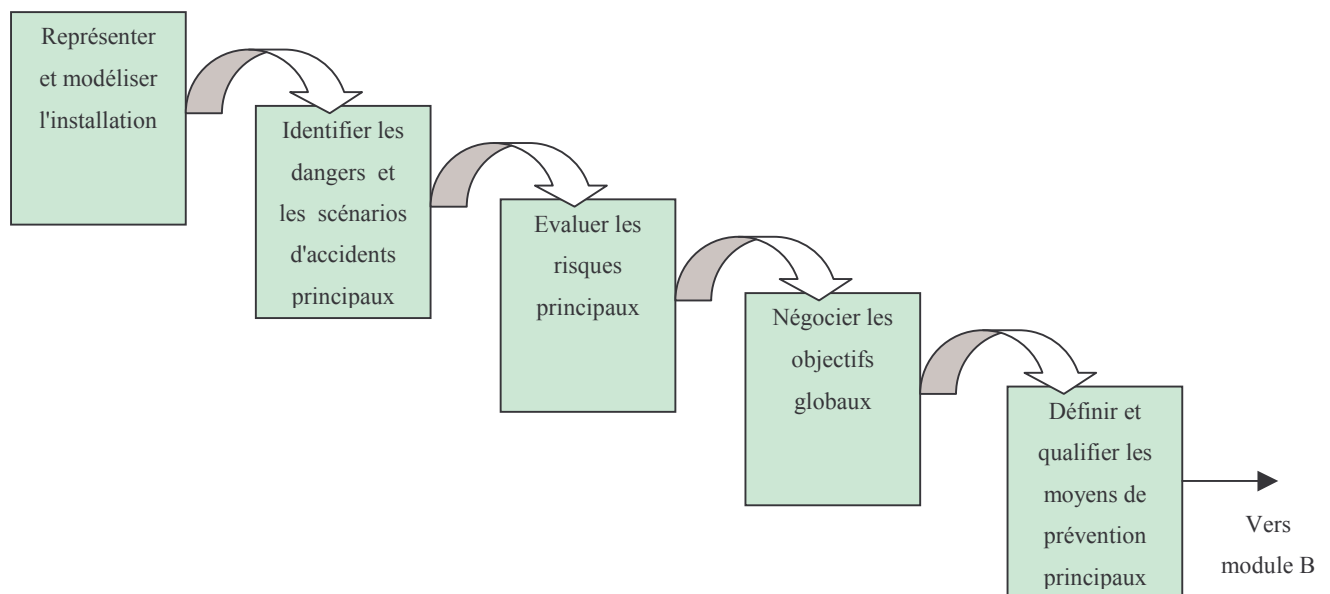


Figure 25 : Structure simplifiée de MOSAR module A

### 1.1.2.2 Module B

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

Dans ce module, on reprend les événements primaires des arbres logiques élaborés dans le module A pour lesquels on construit des arbres de défaillance afin de déterminer leurs causes possibles. Il est alors envisageable de calculer la probabilité des ENS finaux si on connaît celle des événements primaires. Ce module vient à la suite du précédent et se compose également de cinq étapes (voir Figure 26).

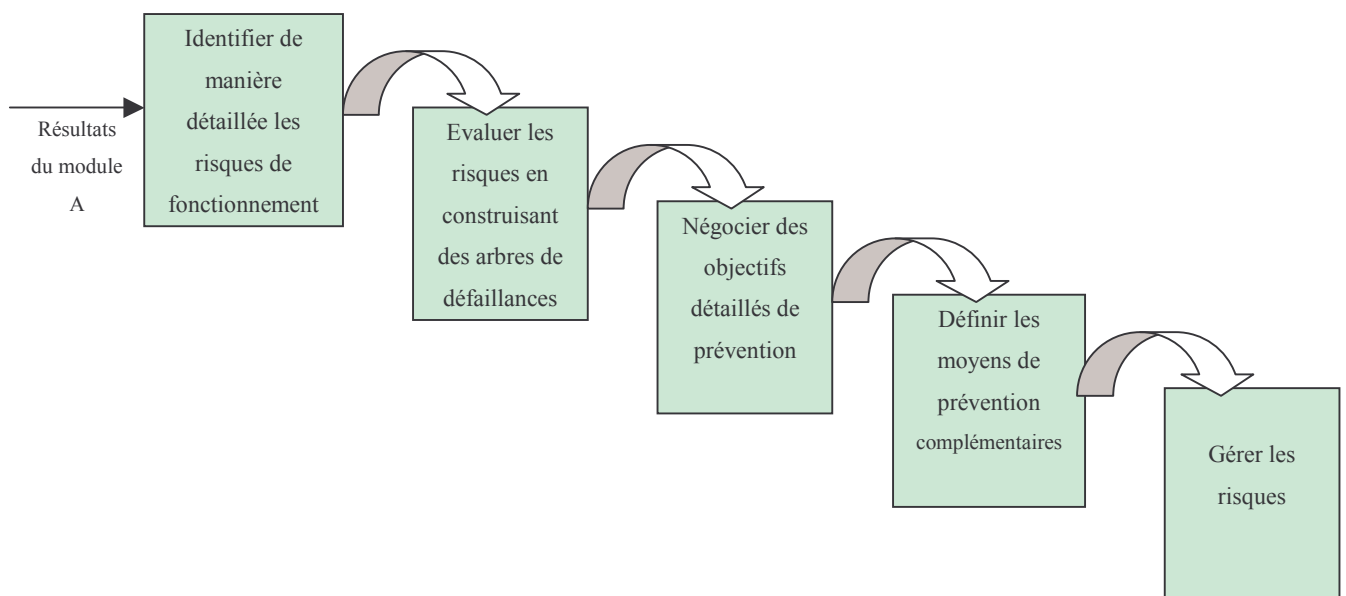


Figure 26 : Structure simplifiée de MOSAR module B

### 1.1.3 Description des étapes du module A [PERILHON 2000]

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



### *1.1.3.1 Représenter l'installation*

MOSAR voit l'installation à étudier comme un système complexe richement organisé, générateur d'inconnu car capable d'innover pour s'adapter à ses propres évolutions et à celles de son environnement. Cette complexité permet au système de s'adapter au désordre et de créer de l'ordre à partir de celui-là. Il est capable d'autonomie et construit en permanence. Les êtres humains font partie des systèmes dits complexes. Les systèmes industriels sont donc des interférences relationnelles entre des systèmes techniques compliqués (simplifiables, découposables) et des systèmes humains complexes. L'interface hommes - systèmes techniques accroît le niveau de complexité. De ce fait une installation industrielle est un système complexe que l'on ne peut pas simplifier. [PERILHON 2000, LE MOIGNE 1977]. On ne l'abordera donc pas en se demandant de quoi ce système est fait mais ce qu'il fait, où, pourquoi, pour devenir quoi.

Cette vision nous conduit à envisager l'installation dans toute sa complexité tout en étant conscient qu'il est obligatoire de la découper puisque nous ne savons pas l'analyser autrement et en remettant ensuite en relation ce que nous avons découpé précédemment.

L'étape 1 demande de découper le système "installation" en sous-systèmes, de déterminer quel est son environnement. La condition à respecter la plus importante est de retrouver dans la somme des sous-systèmes l'intégralité de l'installation étudiée.

Si le système est d'une envergure restreinte ou d'une complexité faible, le découpage en sous-systèmes n'est pas obligatoire.

Lorsque cette décomposition s'avère utile, il existe toutefois plusieurs manières de découper une installation en sous-systèmes. On peut effectuer :

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

Les sous-systèmes ainsi déterminés doivent répondre aux critères de la systémique : avoir un but, une structure, une évolution, une activité, un environnement afin de garder une homogénéité dans la nature des sous-systèmes.

On part des documents existants et de l'observation directe de l'installation. Si cette dernière est décomposable en sous-systèmes, on la découpe en sous-systèmes.

### 1.1.3.2 Identifier les dangers et les scénarios d'accidents principaux

Le but de cette étape est d'identifier les risques et leur mécanisme d'apparition, dans chacun des sous-systèmes définis antérieurement.

MOSAR est basé sur le processus de danger MADS (voir Figure 24), le flux de danger causant l'événement non souhaité est généré par une source de flux de danger à partir du système source de danger. Il est donc nécessaire d'identifier la source de danger qui, une fois "excitée" par un processus initiateur d'origine interne ou externe provenant de l'environnement spécifique crée ce flux principal de danger.

Pour effectuer ce travail, on analyse chaque sous-système à travers la grille de typologie des systèmes sources de dangers visible en Annexe 3. Si les sources de danger du sous-système qui nous concernent sont répertoriées dans la grille 1, cela nous permet d'inventorier systématiquement les entités qui pourront devenir sources de flux de danger. Pour chaque sous-système on obtiendra une liste possible de systèmes source de danger de type mécanique, chimique, biologique, humaine,... qui guide la recherche des flux de danger.

Ensuite, la recherche des processus de danger consiste à déterminer l'enchaînement d'événements issus de systèmes source de danger et pouvant conduire à des événements non souhaités. Ce sont les scénarios d'accidents. Pour cela, on utilise alors un outil nommé tableau A reprenant les principaux éléments du modèle MADS (voir Tableau 14) et permettant de composer les scénarios courts d'accidents soit en anticipant les événements initiateurs, renforçateurs,..., soit en les extrayant du retour d'expérience collecté dans l'installation.

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

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

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

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

Tableau 14 : Canevas du tableau A reprenant le processus de danger MADS [EDF 1998]

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

On doit dans ce tableau ne pas noter les interférences avec les autres sous-systèmes pour éviter la construction confuse de scénarios. Il est à noter également que, dans ce tableau, on ne tient pas compte des barrières de prévention et de protection notamment pour une installation en fonctionnement. Cela permettra ensuite de juger de la pertinence des barrières déjà en place ou en projet. C'est une sorte de "point zéro" sans barrières.

Dans beaucoup de cas, on admet que les scénarios d'accident sont connus notamment grâce au retour d'expérience. Il est cependant intéressant voir indispensable d'en créer d'autres possibles.

On peut alors représenter chaque sous-système sous forme de boîte noire dont les entrées sont les événements initiateurs et les sorties les événements principaux (ou ENS) générés par le sous-système (voir Figure 27).

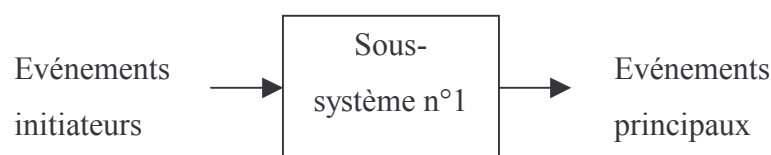


Figure 27: Génération de scénarios courts par le schéma des boîtes noires [PERILHON 2000]

A ce stade, on ne voit que les scénarios courts se situant dans un seul sous-système.

Le travail consiste maintenant à combiner les événements d'entrée et de sortie entre eux, à identifier les bouclages entre sorties et entrées de même nature d'une même boîte (autodestruction) ou de boîtes différentes (scénarios longs). (voir Figure 28)

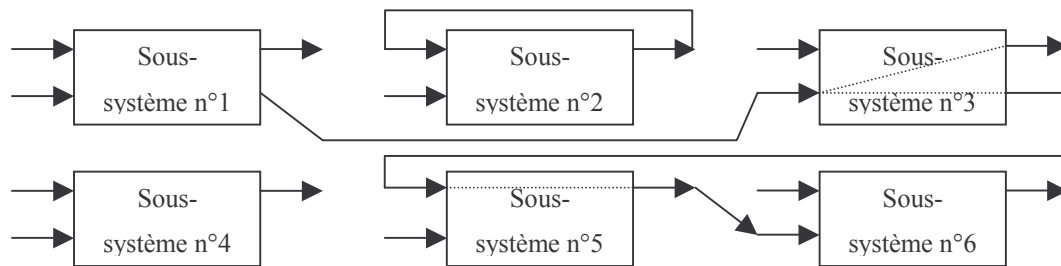


Figure 28: Génération de scénarios longs par le schéma des boîtes noires [PERILHON 2000]

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

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

#### 1.1.3.3 *Evaluer les risques principaux*

Le dessein de cette étape d'évaluation est de voir, pour les scénarios générés dans l'étape précédente, quelle est la probabilité de l'accident redouté et l'impact qu'il peut avoir. On voit alors se dessiner une hiérarchisation des scénarios et on commence à distinguer les scénarios plausibles et ceux possibles (plus grande probabilité).

Quand c'est possible on utilise les techniques de calcul en combinant les caractéristiques des différents événements mis en jeu pour arriver à l'événement non souhaité. Il est aussi prescrit d'évaluer quelles cibles les événements principaux vont pouvoir atteindre et quel sera leur impact sur ces cibles.

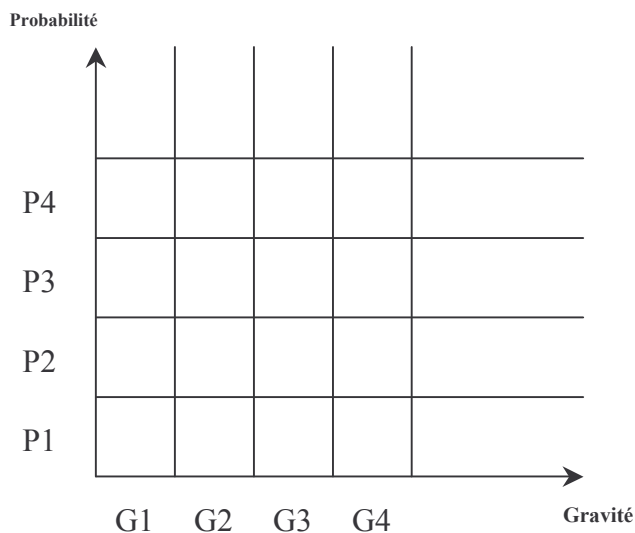
#### 1.1.3.4 *Négocier des objectifs globaux*

Le but est ici à la fois de hiérarchiser les scénarios et de déterminer leur acceptabilité pour se fixer des objectifs jusqu'alors non abordés par MOSAR. On va donc définir l'acceptabilité des scénarios par une concertation et une négociation entre tous les acteurs. Dans certains cas, cette acceptabilité peut être imposée par une réglementation ou une règle spécifique. Les

outils mis en œuvre pour la négociation sont des grilles gravité / probabilité / acceptabilité. On peut en construire une par cible.

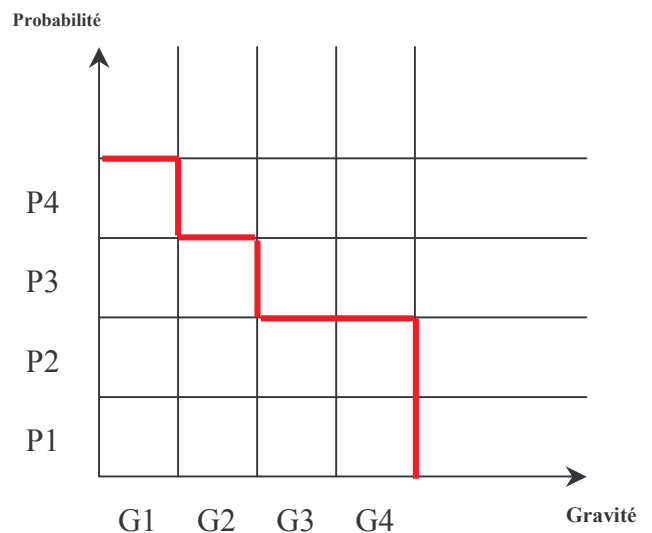
La première chose est de fixer les niveaux sur les deux axes (gravité et probabilité) de la grille (voir Figure 29 : premier niveau). En principe, on construit des axes à quatre, six, huit niveaux, toujours en nombre pair pour éviter la tendance à se situer dans un niveau médian. Ces échelles de gravité et de probabilité doivent permettre de pouvoir placer l'ensemble des scénarios évalués dans l'étape précédente.

La deuxième chose à faire est de situer dans la grille la frontière entre ce qui est considéré comme acceptable et ce qui est considéré comme inacceptable. Cela constitue une deuxième sous-étape : la phase de négociation entre les acteurs concernés. On obtient la grille Gravité / Probabilité / Acceptabilité (voir Figure 29 : deuxième niveau).



Premier niveau : grille G / P

Etablissement des échelles de gravité et probabilité dédiées à chaque cible si on construit une grille par cible.



Deuxième niveau (négociation) : grille G/P/A

Détermination de la frontière entre l'acceptable et l'inacceptable : limite à partir de laquelle le groupe "juge" le risque comme trop important pour le tolérer (trop de conséquences possibles pour les cibles)

Figure 29 : Principes de la grille gravité / probabilité et de la grille d'acceptabilité (G/P/A)

Il ne reste plus après qu'à placer les scénarios dans ces grilles G/P/A. Suivant leur situation par rapport à la limite, ces scénarios sont alors considérés comme acceptables ou non (voir Figure 30).

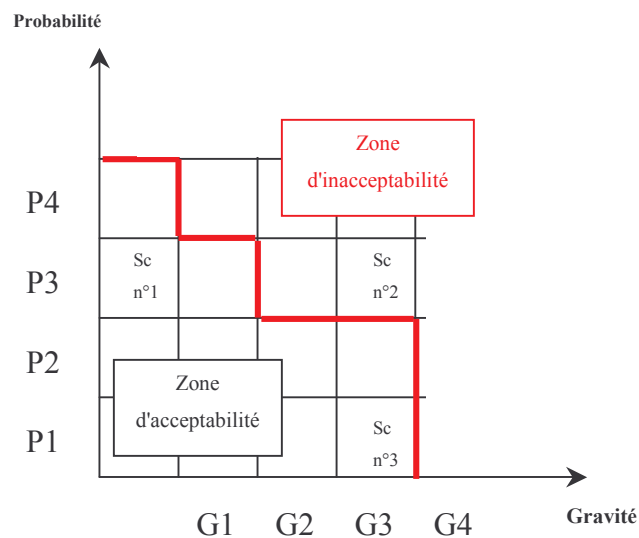


Figure 30: Schéma de la détermination de l'acceptabilité d'un scénario

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

#### 1.1.3.5 Définir les moyens de prévention des risques principaux et les qualifier

La prévention consiste à identifier les barrières à placer au niveau du système source, de l'événement principal et des effets induits. La protection consiste elle à envisager les barrières au niveau du système cible (visualisation des barrières sur le modèle MADS sur la Figure 31).

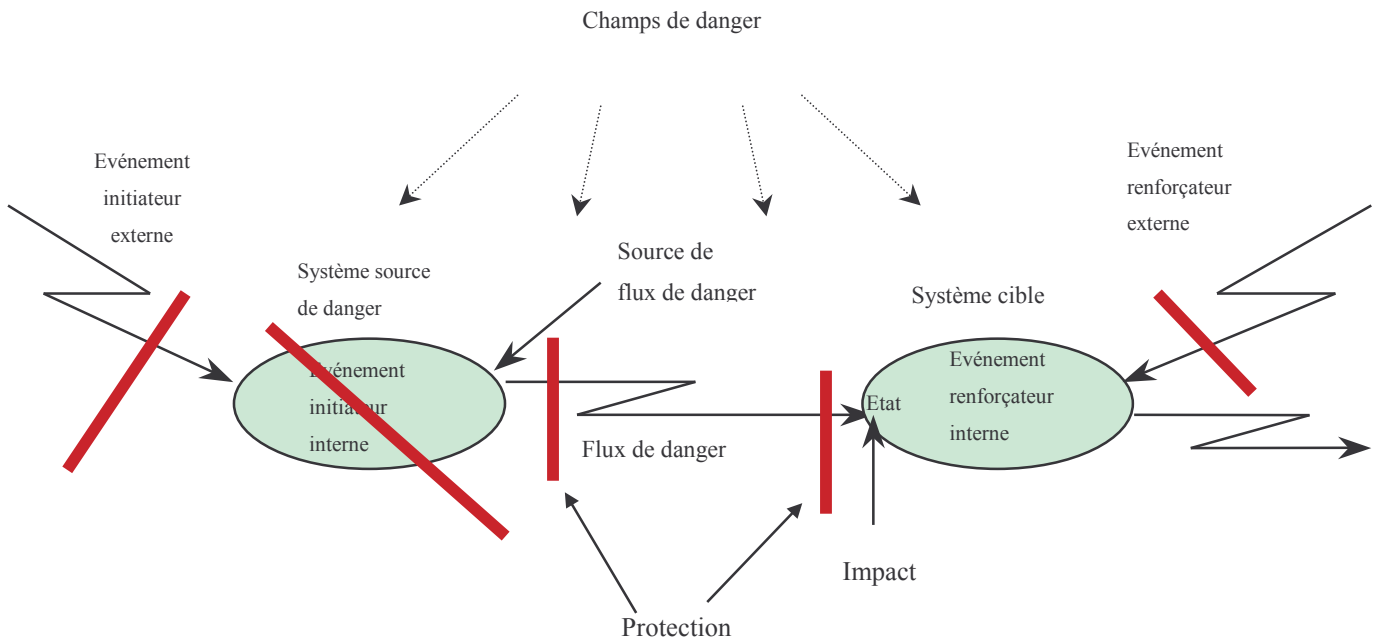


Figure 31 : Schéma de principe pour la mise en place des barrières d'après P.Périlhon

La Figure 31 montre bien où il faut chercher à placer des barrières, l'arbre logique quant à lui montre qu'en principe, il suffit de neutraliser les événements primaires pour que le scénario correspondant n'ait pas lieu. Pour renforcer la prévention, on recherche aussi les barrières possibles à placer tout au long du scénario.

On distingue deux types de barrières:

- les barrières technologiques (BT): Élément ou ensemble technologique faisant partie intégrante de l'installation qui s'oppose automatiquement à l'apparition d'un événement préjudiciable à la sécurité et qui ne nécessite pas d'intervention humaine.
- Les barrières d'utilisation (BU): Élément nécessitant une action humaine reposant sur une consigne précise, activée ou non par un élément ou un ensemble technologique (exemples: procédure, mode opératoire, application de règles, vanne à ouverture manuelle, protection individuelle). Les BU sont souvent considérées comme étant moins fiables que les BT. Elles sont en fait très sensibles à la formation des intervenants.

L'identification et la qualification des barrières sont facilitées par l'utilisation des tableaux B et C (voir Annexe 7 et Annexe 1). Le tableau B peut être modifié en fonction du contexte. Dans la méthode MOSAR de référence, ce tableau propose des pistes de barrières comme l'amélioration : de la conception, de la ventilation, de la protection individuelle, de la surveillance médicale, de la formation du personnel, de l'habilitation du personnel, de l'identification des facteurs d'ambiance, de l'étude des comportements humains, des consignes, des consignations, des procédures, de l'application de la réglementation, des contrôles et vérifications, de la télésurveillance, de la maintenance, de l'implantation, du balisage et des influences sur l'environnement.

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

On peut admettre, compte tenu des barrières envisagées, que gravités et probabilités sont diminuées si l'événement non souhaité est moins probables ou a des conséquences minorées.

Cette étape clôt le module A de la méthode MOSAR.

#### *1.1.3.6 Résultats escomptés par le module A*

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

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



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

Par ailleurs l'application de MOSAR place l'entreprise devant ses responsabilités puisqu'elle doit définir elle-même sa propre limite d'acceptabilité des risques et ses objectifs de prévention.

#### 1.1.4 Description des étapes du module B [PERILHON 2000]

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

Comme le module A, le module B est constitué de cinq étapes (voir Figure 26).

##### *1.1.4.1 Identifier de manière détaillée les risques principalement liés au fonctionnement*

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

##### *1.1.4.2 Evaluer les risques en construisant les arbres logiques du type arbres de défaillances*

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

##### *1.1.4.3 Négocier les objectifs détaillés de prévention*

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

#### *1.1.4.4 Définir les moyens de prévention complémentaires et détaillés*

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

#### *1.1.4.5 Gérer les risques*

Avec les scénarios d'accidents retenus et en identifiant les moyens d'intervention disponibles et l'organisation de leur mise en œuvre, on peut construire les plans d'intervention en cas d'accident (plan d'opération interne,...).

## **1.2 Application**

Le module A de MOSAR nous permet d'identifier les risques principaux d'une installation et de les neutraliser. Il est suffisant pour la plupart des installations et peut être pratiqué par les non-spécialistes. Dans les cas où les accidents sont à fortes composantes technologiques, il peut s'avérer nécessaire de mettre en œuvre le module B. Ce dernier permet, en entrant dans le détail du fonctionnement des installations et des sous-systèmes de traiter les risques liés à des dysfonctionnements techniques.

Au cours de l'expérimentation que nous avons menée dans les PME de traitement de surface, pour des raisons qui seront explicitées dans les paragraphes suivants, nous n'avons appliqué que le module A de la méthode MOSAR. C'est la raison pour laquelle nous ne mentionnerons pas le module B dans la suite de ce mémoire.

Dans la suite de ce travail, lorsqu'on parlera de l'application de MOSAR, cela sous-entendra l'application de MOSAR module A.

Nous allons maintenant présenter le déroulement effectif de l'analyse des risques telle que nous l'avons pratiquée dans les trois entreprises étudiées en précisant pour chaque phase la nature de l'information que nous avons pu utiliser, les interlocuteurs rencontrés et les conditions réelles de réalisation de l'analyse.

## **2 Etapes par étapes : résultats**

MOSAR est une méthode ayant pour objectifs d'identifier, évaluer puis hiérarchiser les risques présents dans une installation en proposant un choix organisé d'outils pour atteindre ces objectifs. Cependant elle n'explique pas vraiment le contenu concret de chaque étape. Dans les paragraphes suivants, pour chaque étape seront explicités les points nécessaires à réaliser pour atteindre le but énoncé par MOSAR.

Les difficultés, qui ne proviennent pas seulement du manque de guide explicite pour l'application de la méthode, seront ensuite détaillées pour chacune des phases réelles. Il s'agit, par exemple de :

- la non atteinte de l'objectif de l'étape si la méthode, à cet endroit là, est irréaliste ou inadaptée
- la non utilisation des outils proposés mais leur remplacement par d'autres plus adaptés ou plus complets

Seront décrites dans un deuxième temps les modalités réelles d'intervention pour chaque entreprise (résultats, interlocuteurs, temps d'interventions, temps de travail hors entreprise).

Dans le dernier chapitre nous envisagerons alors les modifications que l'on peut apporter pour que l'analyse de risques avec MOSAR ou une autre méthode du même type puisse être utilisée efficacement dans une PME, tout en atteignant les objectifs de la PME et ceux des professionnels du risque dans un rapport temps/efficacité acceptable.

### **2.1 Etape 1 : Représenter l'installation**

#### **2.1.1 Phases explicites de l'étape lors de la mise en œuvre**

Ces phases représentent les points qu'il a été nécessaire d'aborder, ils sont classés dans l'ordre chronologique.

- 1- Présentation de la méthode aux dirigeants de l'installation.
- 2- Constitution d'un groupe de travail.
- 3- Présentation de la méthode aux participants.
- 4- Présentation des objectifs de l'étape en cours.
- 5- Inventaire des documents pouvant fournir des données pertinentes sur les différentes cibles (homme au travail, installation, écosystèmes).
- 6- Choix d'un critère de décomposition.
- 7- Découpage en sous-système à l'aide du plan et du groupe.

### 2.1.2 Résultats positifs

Cette activité de décomposition organisée du système à étudier apporte un outil efficace de découverte de l'installation et de visualisation de l'ensemble. Dès cette phase, on peut se rendre compte du degré de complexité de l'installation à laquelle on a à faire, et alors prévoir le temps nécessaire à la réalisation des étapes suivantes. Cette découverte de l'entreprise est parfois une redécouverte pour les participants et peut aussi constituer une amorce d'investissement personnel dans la démarche totale de chaque membre du groupe.

Le paragraphe suivant présente les points les plus sensibles où l'animateur a dû expliciter, modifier et compléter le cadre fourni par MOSAR.

### 2.1.3 Modifications et compléments

Dans la pratique, cette décomposition s'est déroulée de façon similaire dans les trois entreprises. Les difficultés ont été les mêmes, elles concernent les points 2, 4, 5 et 6. Les détails des blocages et des modifications et compléments nécessairement apportés lors du déroulement de l'analyse sont présentés ci-après, point par point.

☒ Pont ② : Constitution d'un groupe de travail

Pour effectuer ce travail, MOSAR recommande une équipe de travail qui doit regrouper des intervenants et des exploitants. Les membres de ce groupe sont censés être déterminés au départ et poursuivre le cheminement de l'analyse jusqu'à la fin. MOSAR n'est pas très précise à ce sujet et ne parle pas de nombre minimal ni de compétences minimales. Dans les trois PME, le groupe ayant pu être réuni à cette phase de l'analyse comporte deux personnes dont l'analyste, la deuxième personne étant celle chargée de la fonction "environnement" ou "environnement - sécurité". Pour mener à bien le plus rapidement possible cette tâche, il est important de posséder dans ce groupe une connaissance globale de l'entreprise, en revanche pour les étapes suivantes, le groupe aura également besoin de spécialistes des sous-ensembles de celle-ci.

☒ Point : ④ Présentation des objectifs de l'étape en cours

A ce stade de l'analyse, le ou les membres du groupe sont décontenancés par l'absence de référentiel, et surtout l'absence de référentiel réglementaire. L'étape des contrôles et vérifications n'a pas forcément eu lieu chez eux. Ce scepticisme est aussi à l'origine d'une faible motivation du groupe (donc du faible effectif).

☒ Point : ⑤ Inventaire des documents pouvant fournir des données pertinentes sur les différentes cibles (homme au travail, installation, écosystèmes)

Pour ce découpage, un animateur externe effectue ce travail, et a donc besoin de documents écrits l'informant sur l'entreprise, son activité, ses composants, voire même ses risques. Il a aussi besoin de documents permettant d'avoir une vue d'ensemble de l'installation pour l'aider dans cette décomposition dont le principal but est de représenter l'installation dans sa totalité, sans en omettre une partie. L'accès à ces documents est indispensable mais peu défini par la méthode. A cela s'ajoute la difficulté de localisation des documents qui existent ou pas dans la PME.

☒ Point : ⑥ Choix d'un critère de décomposition

Les critères de la systémique qui permettent de définir un système ne sont pas familiers aux PME choisies et cela ne facilite pas la décomposition du système. L'utilisation d'un critère de décomposition essentiellement fonctionnel a permis de mener à bien cette décomposition et de n'oublier aucune des parties de l'entreprise.

### 1.2.1 Visualisation

Ci-dessous, un exemple de décomposition d'une installation selon le critère fonctionnel ayant conduit à l'obtention de 10 sous-systèmes.

N° DU SOUS--SYSTEME	DESCRIPTION DES ELEMENTS FORMANT LE SOUS-SYSTEME
SS1	Local chaufferie Local ballon d'eau chaude Local transformateurs
SS2	Stockages : pièces finies en transit pièces à traiter (brutes) en transit pièces finies ou brutes à la réception ou à l'expédition
SS3	Station d'épuration (STEP) Circuits des effluents (dilués ou concentrés) Circuits d'eau
SS4	Laboratoire Pièce forte Stockage produits chimiques
SS5	Locaux sociaux Locaux administratifs
SS6	Chaînes de production zinc et zinc-nickel (automatiques et semi-automatiques)
SS7	Chaînes de production autres traitements (brunissage, décapage chimique, polissage, ...) Local maintenance
SS8	OPERATEURS
SS9	Environnement interne : Passerelle Toit Voies de circulation (intérieures et extérieures au bâtiment) : hommes et engins
SS10	Environnement externe actif (ou non) : Neige, glace Inondation Centre commercial

Tableau 15 : Exemple de décomposition en sous-systèmes (entreprise B)

Le résultat obtenu dans l'entreprise B montre que le critère fonctionnel est adapté aux entreprises du traitement de surface, par exemple:

- le sous-système 1 remplit les fonctions d'alimentation en fluides de l'usine
- le sous-système 3 remplit les fonctions de collecte et d'épuration du fluide "eau"
- le sous-système 8 remplit la fonction "homme"

On voit également que non seulement le sous-système regroupe une fonction ou un ensemble de fonctions, mais qu'en plus, le groupe de travail lui associe aussi, intuitivement, un critère d'homogénéité des risques déjà pressentis pour ce sous-système. Cette insertion du type de risque envisagé est apparente dans les sous-systèmes suivant :

- les sous-systèmes 2 et 4 qui tous deux remplissent la fonction de stockage, mais le premier stockant des produits a priori inertes chimiquement, et le deuxième stockant des produits a priori actifs chimiquement. Ces stockages ont donc été différenciés.
- Les sous-systèmes 6 et 7 qui remplissent des fonctions de production, mais où ces fonctions sont beaucoup plus manuelles dans le deuxième. Ils ont donc été différenciés mais, dans le même temps, le "local maintenance" a été rattaché au sous-système 7 puisque bien que ne faisant pas intégralement partie de la fonction de production, ce local met en jeu des opérations du type "manuel".
- Le sous-système 5 où l'administration et les vestiaires ont été rassemblés bien que n'ayant pas de fonctions communes, car ils sont le siège de types de risques où intervient peu le reste des infrastructures de l'usine.

On voit également que les fonctions sont souvent liées à une zone géographique.

#### 2.1.4 Résumé

Dans les tableaux suivants, nous proposons de juxtaposer les points positifs (Tableau 16) de chaque étape, le but qu'il a été permis d'atteindre dans notre expérimentation et les difficultés qui sont apparues alors. Ce même système de tableau "résumé" apparaîtra pour chaque étape.

Les entreprises A, B et C sont par définition différentes même si, comme nous l'avons dit dans un chapitre précédent, elles utilisent les mêmes types de procédés et ont une vulnérabilité voisine. Certains des blocages observés n'apparaissent pas forcément dans les trois entreprises. Nous préciserons donc dans les tableaux récapitulatifs (Tableau 17, Tableau 20, Tableau 22, Tableau 25, Tableau 27) où les dysfonctionnements apparus au cours de l'application de l'analyse des risques ont été observés.

<b>Points positifs</b>
+
- visualisation de l'ensemble de l'installation
- compréhension par les membres internes et externes des articulations de l'entreprise, des circulations des flux : matériels, hommes, informations

Tableau 16 : Bilan des points positifs de l'étape 1

<b>Difficultés, modifications et compléments</b>	<b>Plus généralement</b>	entreprises		
		A	B	C
-				
- besoin d'un groupe ayant une connaissance globale de l'installation	- besoin de définition des compétences nécessaires dans le groupe	X	X	X
- groupe de très faible effectif, voire personne unique, pour cette étape	- manque de visualisation de l'objectif par le futur groupe de travail - manque de disponibilité des opérationnels	X	X	X
- besoin de référentiel (législatif surtout)	- difficulté de visualisation des objectifs au départ	X	X	X
- besoin de documentation sur l'entreprise globale, sur ses matériels, ses produits, ses flux	- besoin de définition des besoins en documentation et des informations à en extraire	X	X	X
- pas de respect des critères de la systémique pour la décomposition	- pas de correspondance évidente entre les fonctions et les caractéristiques d'un système - pas de connaissance de la systémique par la PME	X	X	X

Tableau 17 : synthèse des résultats de l'étape 1

### 2.1.5 Synthèse

Nous remarquons que les points de blocages listés apparaissent dans les trois entreprises test, même s'ils se manifestent de façon plus ou moins marquée. En effet, dans l'entreprise A, l'effectif étant très réduit, un petit groupe peut posséder une large part de la connaissance de l'entreprise.

On peut aussi noter que les difficultés ne sont pas forcément toutes issues de la méthode d'analyse des risques employée, et que l'amélioration et la modification de celle-ci ne fera pas nécessairement disparaître l'ensemble des points de blocage.



## **2.2 Etape 2 : identifier les dangers et les scénarios de risques principaux**

### 2.2.1 Phases explicites de l'étape lors de la mise en œuvre

Les cinq phases de l'application réelle de l'étape 2 de MOSAR sont présentées ci-après.

- 1- Re-constitution d'un groupe de travail : acteurs permanents, semi-permanents et ponctuels.
- 2- Passage de chaque sous-système au crible de la grille 1.
- 3- Remplissage du tableau A :
  - systématique : en reprenant systématiquement les sources de danger issues du crible de la grille 1
  - non systématique : en intégrant le témoignage (retour d'expérience) de chaque acteur du groupe ou d'acteurs ponctuels.
- 4- Identification des scénarios courts ayant des causes ou conséquences dépassant leurs limites.
- 5- Construction des scénarios longs :
  - avec le schéma des boîtes noires
  - sans le schéma des boîtes noires : en intégrant comme pour le tableau A, le retour d'expérience des acteurs permanents ou ponctuels du groupe.

### 2.2.2 Les résultats positifs

Cette étape a pu être menée à bien et constitue le fondement de l'analyse des risques. Elle permet, sans devoir rentrer trop profondément dans le fonctionnement de l'installation d'avoir une vision relativement exhaustive des risques présents. Les risques courants parfois oubliés sont facilement mis en évidence. C'est un peu moins facile pour les risques issus de scénarios longs rarissimes.

L'un des principaux avantages du tableau A, est d'engranger, de formaliser et d'exploiter l'expérience collective présente à l'intérieur de l'usine et celle plus individuelle de chacun de ses membres, souvent inexploitée et non transmise.

La liste des sources de danger peut aussi montrer quels sont les éléments dangereux susceptibles d'être l'objet d'une législation, d'une réglementation, ou d'une normalisation.

Cependant dans cette étape, l'ensemble des points de la méthode a dû être explicité et, de plus, l'animateur a été amené à mettre en place des compléments ou modifications

### 2.2.3 Modifications et compléments apportés lors des cinq phases de l'étape

Cette étape est celle du recueil et de la mise en forme de l'information présente dans l'entreprise. Cette étape est importante en temps de réalisation et en volume de données manipulées.

Les outils fournis par la méthode sont : grille 1 des sources de danger, tableau A, schéma des boîtes noires.

#### ☒ Point ① : Re-constitution d'un groupe de travail : acteurs permanents, semi-permanents et ponctuels

La constitution du groupe (phase 1) est ici encore problématique, le groupe de travail peu formalisé dans cette étude se disloquant après chaque visite. De par son nombre de membres peu important et fluctuant, ce groupe a des compétences variables.

Doivent être définies avant chaque nouvelle visite les compétences nécessaires du groupe.

Pour l'identification des sources de danger (phase 2), les compétences du groupe ont besoin donc d'être pointues afin de décrire l'ensemble des éléments constitutifs des sous-systèmes. Le groupe doit inclure des spécialistes des sous-systèmes. Dans la réalité, ces spécialistes ne sont pas forcément regroupés dans un même lieu et un même instant, ils ne participent donc que ponctuellement au groupe. Cela se traduit par un certain nombre d'entrevues individuelles se déroulant parfois au cœur des installations, si l'interviewé ne peut quitter son poste ou s'il juge plus efficace d'être sur les lieux mêmes des sources de dangers et accidents potentiels.

Ce travail est plus efficace s'il est mené sur le terrain. Dans ce cas les oublis sont moindres.

Le remplissage du tableau A, opération qui se déroule également au cours de cette deuxième étape (phase 3) se fait au cours d'une autre visite, si bien que le groupe déjà très variable se modifie une fois de plus. Cependant, pour cette phase 3 les compétences du groupe doivent être identiques à celles nécessaires à la définition des sources de danger. Le groupe agrémenté de ses membres ponctuels devant encore une fois être réuni, il est donc parfois plus simple et plus rapide d'effectuer au même moment le listage des sources de danger (phase 2) et l'identification du déroulement des accidents potentiels pour les mêmes sources (phase 3). Le détail du remplissage du tableau A sera abordé dans le point 3.

Le fait d'avoir plus d'éléments ponctuels que d'éléments permanents dans le groupe de travail perturbe sa dynamique. Le groupe qui n'est pas permanent n'a pas de vision globale de l'analyse, a tendance à se reposer sur l'animateur et a perdre sa motivation.

☒ Point ② : Passage de chaque sous-système au crible de la grille 1

La grille 1, soutien indispensable à la mise en liste des sources de danger, doit en premier lieu être abordée avec l'explication simple du processus de danger. La source de danger est alors perçue comme le lieu éventuel, le point de départ de l'événement redouté, la source d'énergie ou de matière potentiellement dangereuse. Les flux d'informations dangereux sont plus difficilement conçus.

La grille proposée par la méthode MOSAR, n'est pas nécessairement en adéquation avec le domaine ou les domaines d'activités de l'entreprise. Par exemple, ici, les incompatibilités chimiques ne sont pas assez développées dans la grille 1 pour l'application dans l'industrie du traitement de surface. Les sources de danger chimique ne sont pas assez explicites.

Extrait de la grille 1 (visible dans son intégralité en Annexe 3):

<b>LES SOURCES DE DANGERS D'ORIGINE CHIMIQUE</b>	
-	B1 : systèmes sources de réactions chimiques
-	B2 : systèmes sources d'explosion (produits/produits ou produits/matériaux en contact), milieu condensé ou phase gazeuse
-	B3 : systèmes sources de toxicité et d'agressivité
-	B4 : systèmes sources de pollution de l'atmosphère et d'odeurs
-	B5 : systèmes sources de manque d'O <sub>2</sub>

Si le groupe ne comprend pas de chimiste, il est nécessaire d'avoir une grille plus précise des sources de danger, afin de connaître par exemple :

- les grandes familles de produits incompatibles très utilisés en traitement de surface par voie aqueuse ,
- les produits considérés comme polluants pour l'atmosphère, pour l'eau et pour le sol,
- les sources de réactions chimiques qui sont susceptibles de causer un accident potentiel :
  - ☒ réactions exothermiques,
  - ☒ réactions avec auto-inflammation des produits comme les mélanges de forts oxydants et de combustibles,
  - ☒ réactions avec dégagements de produits toxiques, etc.

Le nombre très important de produits utilisés dans ce type d'usine (300 pour l'usine B), rend la recherche de dangers d'origine chimique à travers les fiches de sécurité extrêmement longue et infaisable en groupe. Pour avoir une grille adaptée au secteur, il faut, avant la mise en œuvre dans une installation, entreprendre une pré-analyse dans le domaine d'activité pour la construire.

Le dernier frein qui intervient lors de l'utilisation de la grille 1 se situe dans certaines rubriques où interviennent des sources de danger, mais aussi des flux ou des dangers (ex : incendie). Cette imprécision constitue un obstacle à la compréhension du processus de danger et à la construction efficace de la grille des sources de danger.

☒ Point ③ : Remplissage du tableau A

- Systématique : en reprenant systématiquement les sources de danger issues du crible de la grille 1.
- Non systématique : en intégrant le témoignage (retour d'expérience) de chaque acteur du groupe ou d'acteurs ponctuels.

Pour le remplissage systématique du tableau A :

- la création des scénarios d'accidents non observés, surtout si c'est hors site est ardue.
- les scénarios créés sont très courts, il est très difficile d'obtenir des scénarios plus longs qui n'ont jamais eu lieu, surtout si on ne se trouve pas sur le terrain où ils pourraient se concrétiser.
- le balayage de tous les modes de fonctionnement possible (les phases de vie) d'une source de danger (en réglage, en production, en maintenance, etc) s'est également révélé difficile (manque de temps des membres du groupe principalement).

Pour le remplissage non systématique, on recueille plus facilement et plus naturellement le retour d'expérience et des scénarios assez longs. Toutefois on passe à la fois à côté des scénarios n'ayant provoqué aucun accident ou incident, et également à côté de certaines sources de danger (et de certaines phases de vie) moins présentes dans la mémoire des acteurs du groupe de travail.

Il est relativement compliqué d'associer idéalement ces deux modes d'action. L'un comme l'autre ne peuvent pas être mis en œuvre par l'animateur seul, et il est pratiquement impossible de réunir dans un même lieu, au même moment, le groupe de travail complet pour le mode de réflexion systématique.

Sur un plan méthodologique, on s'aperçoit que le modèle MADS à la base du tableau A permet difficilement l'exploitation des scénarios des risques chroniques (maladies professionnelles, pollution) qui ont peu de causes événementielles mais plutôt des causes permanentes (mauvais réglages d'une vanne, aspiration des fumées insuffisante,...).

On peut aussi noter que le champ de contraintes, présent dans le modèle MADS et très peu explicite n'apparaît pas dans le tableau A. Il n'a donc pas été pris en compte dans nos analyses.

☒ Point ④ : Identification des scénarios courts ayant des causes ou conséquences dépassant leurs limites

L'identification des scénarios du tableau A pouvant dépasser les limites de leur sous-système se repère facilement si le découpage des sous-systèmes est plutôt géographique. Dans le cas contraire, c'est moins évident. Ce dépassement des limites du sous-système peut également dépendre de la "violence" de l'accident potentiel et de la configuration des lieux (ex : le dégagement de chlore gazeux issu d'un mélange intempestif d'hypochlorite de sodium et d'un effluent acide ne va pas forcément toucher le sous-système homme si celui-ci n'est pas présent

à proximité et si le lieu est naturellement ventilé, de même un début d'incendie sans la proximité de combustibles ne va pas atteindre un sous-système voisin). L'animateur est alors souvent seul pour juger de l'extension possible d'un scénario.

☒ Point ⑤ : Construction des scénarios longs

- avec le schéma des boîtes noires
- sans le schéma des boîtes noires : en intégrant comme pour le tableau A, le retour d'expérience des acteurs permanents ou ponctuels du groupe

La construction des scénarios longs se fait par la construction graphique qui permet de mettre en évidence certains liens entre des scénarios courts consignés dans le tableau A.

Dans des usines comme B et C, le volume de données étant trop important, le schéma des boîtes noires (ne rentrant que sur un format A0) s'avère trop touffu et inexploitable. On perd donc le bénéfice de cette construction graphique. MOSAR conseille, pour éviter ce problème, de ne sélectionner que les "scénarios principaux", sans donner de critères de sélection. Cette sélection s'avérant relativement arbitraire, nous avons préféré ne pas y avoir recours et construire chaque scénario long décelé séparément.

Une grande partie des scénarios longs est toutefois issue de la consignation du retour d'expérience. Ce sont souvent des scénarios présentant des enchaînements d'événements difficilement imaginables.

#### 2.2.4 Visualisation

Ci-après, un exemple de liste de sources de danger pour un sous-système, du tableau A qui s'y rattache et de scénarios d'accidents mis sous forme d'arbres logiques associés par type d'événements non souhaités engendrés.

## Exemple : Liste des sources de danger du SS6

### **SS6 CHAINES DE PRODUCTION ZINC ET ZINC-NICKEL**

3 lignes automatiques de zinc

1 ligne automatique de Zinc-Nickel

1 ligne semi-automatique de Zinc pour pièces de grande longueur (max 7m)

#### SOURCES DE DANGERS MECANIQUES

- § ponts roulant au-dessus des lignes
- § palans roulant au-dessus des lignes
- § robots
- § essoreuses
- § escabeau en seau blanc retourné pour recharger en métal
- § pièces plus ou moins lourdes suspendues sur cadres allant au-dessus des lignes
- § pièces attachées par des fils de cuivre sur cadre
- § mobilité des cadres (haut, bas, avant, arrière)
- § mobilité des tonneaux (haut, bas, avant, arrière et tournent sur eux-mêmes)
- § encombrement par bidons, seau, pompes vidange bains,...
- § petits escaliers pour accéder aux caillebotis entre les chaînes
- § maniement de très grosses pièces en semi-automatique à l'aide d'un palan
- § maniement manuel de grosses ou très grosses pièces sur la ligne semi-automatique.

#### SOURCES DE DANGERS CHIMIQUES

- § produits utilisés :
  - BASES; Alcalins cyanurés; soude caustique; dégraissants, lessives; brillanters
  - ACIDES; acide chromique; inhibiteur d'attaque; passivation chrome; acide nitrique
  - Produits organiques de finition
  - Cyanures de zinc
  - Permanganate
- § sources de réactions : acides avec alcalins cyanurés = dégagement de cyanures
- § utilisation de cyanures de zinc lors du démarrage de la chaîne

#### SOURCES DE DANGERS ELECTRIQUES

- § armoires électriques
- § redresseurs à côté de chaque chaîne
- § alimentation robots en 380V par plafond
- § alimentation 380 ou 220V pour alimentation des pompes et autres matériels (prises en 220 à environ 1m de hauteur entre certains bacs de traitement).

#### SOURCES DE DANGERS THERMIQUES

- § température des bains
- § panneaux radiants de chauffage au plafond
- § cannes chauffantes électriques

SOURCES DE DANGERS D'INCENDIE

- § cannes chauffantes
- § cathode (courts circuits possibles) et tout le matériel électrique
- § cuves plastiques

L'HOMME SOURCE DE DANGER

- § travail en 2x8, 3x8 ou à la journée
- § problème de formation (danger des produits, danger d'une armoire électrique)
- § problème d'information (marquage des cuves, marquages des stocks temporaires de produits)
- § problème de port des EPI
- § agrandissement de l'usine donc moins de surcharge de travail
- § les clients ne préviennent pas à l'avance, commandes au jour le jour
- § QUALITE = baisse des retours clients et, donc augmentation des non-conformités internes



### Liste des sources de danger du sous-système 3

#### **SS3 STATION D'EPURATION ET CIRCUITS DES EFFLUENTS ET DE L'EAU (ET DEPOTAGE)**

##### SOURCES DE DANGERS MECANIQUES

- § appareillages, tuyaux à hauteur d'homme (STEP)
- § filtre presse sous pression hydraulique (STEP)
- § filtre à sable sous pression (STEP)
- § pompes à palettes (STEP)
- § pompes à membranes (en mouvement, courroies) (STEP)
- § agitateurs mécaniques des cuves de traitement des eaux (STEP)
- § débits dans tuyaux ? (STEP)
- § ventilateurs (STEP)
- § 9 cuves (STEP)
- § pompes pneumatiques (STEP)
- § pompes électriques (STEP)
- § pompes fixées au sol (STEP)
- § chemin (« passerelle ») en hauteur à côté des cuves (STEP)

##### SOURCES DE DANGERS CHIMIQUES

- § groupement canalisation acide et alcalins cyanurés dans les circuits d'acheminement des effluents
- § nettoyage des caniveaux entartrés (dépôts contenant des cyanures) à l'acide
- § pas zone de rétention sous dépotage station
- § dépotage sous pression (hypochlorite de sodium, acide sulfurique)
- § poste d'élaboration « manuelle » du lait de chaux (avec de la chaux en poudre) (STEP)
- § produits utilisés : (STEP) :
  - Bisulfite
  - Acide sulfurique
  - Bains concentrés (acides ou alcalins avec cyanures) + effluents dilués
  - Eau de Javel (hypochlorite de sodium)
  - Chaux, lait de chaux
  - Flocculants
  - Lessive de soude
  - Eau décantée
  - Boues liquides, boues pressées

##### SOURCES DE DANGERS ELECTRIQUES

- § Appareillage en 220V, atmosphère humide
- § Filtre presse

##### SOURCES DE DANGERS D'INCENDIE

- § réactions exothermiques ?? (STEP)
- § armoires électriques de l'étage supérieur de la station (STEP)
- § armoire électrique du filtre presse (STEP)

*L'HOMME SOURCE DE DANGER* : idem

Extrait du tableau A relié aux sources de danger du SS6

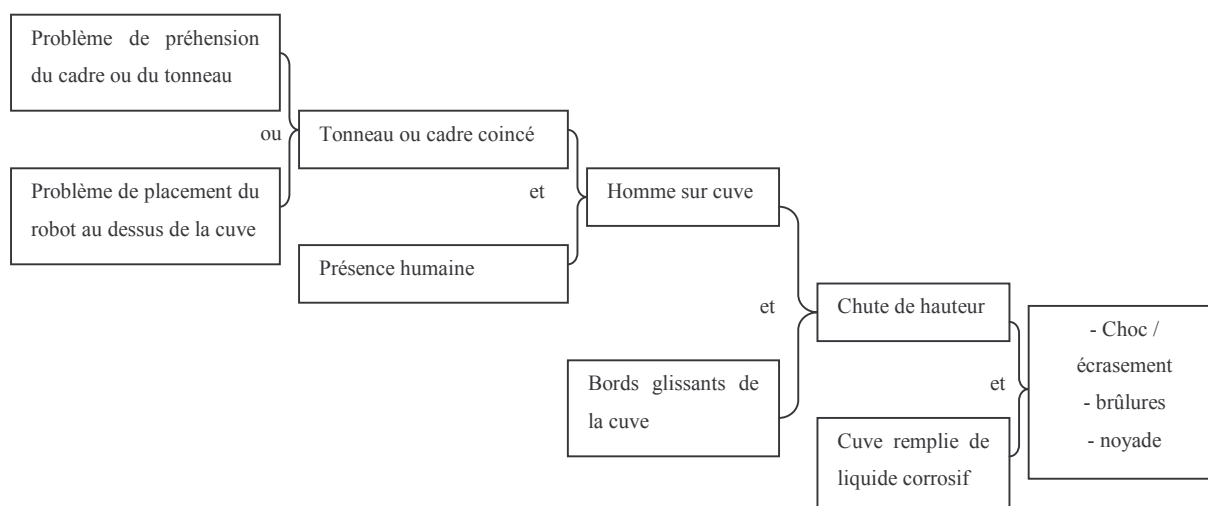
N° Sc	Type de système source de danger	Phase de vie	Evénement initiateur		Evénement initial	Flux + Evénement principal
			Interne	Externe		
1	SS6 mécanique : robots	Production	- problème de préhension du cadre par le robot - ou problème de placement du robot (capteurs encrassés) - ou rupture de la sangle de levage du robot		- tonneau ou cadre coincés - homme sur cuve	- Matériel endommagé - pièces en traitement endommagées
2	SS6 mécanique : robots	Production	- Tonneaux ou cadres coincés - bords des cuves glissant - cuves hautes - cuves remplies d'acide ou de soude	Homme sur cuve (pour le décoincer)	Chute de hauteur de l'homme	Blessures homme : - choc / écrasement de l'homme - brûlures - noyade
3	SS6 mécanique : robots	Production	Fusible fond		Palan en roue libre	Chute du palan : - destruction palan - choc, écrasement homme
4	SS6 électrique : rallonges 220V	Production	- Installation temporaire d'équipements électriques - zone très humide	- présence humaine	Courts-circuits	Flux électrique : - destruction matériel - blessures homme (brûlures, électrisation)
5	SS6 chimique : oxydants	Production	Ajustage bains : oxydants + mouillants (combustible)	- présence humaine	Auto-inflammation du mélange	Incendie (si combustible à proximité, par ex cuve), flux thermique: - destruction matériel - blessures homme (brûlure, intoxication)
6	SS6 chimique : produits (Zinc, chrome,..)	Production	Passivation, flash chrome avec des produits allergènes ou cancérigènes	- Ventilation insuffisante ou mal placée - présence humaine	Atmosphère chargée en composés toxiques	Intoxication de l'homme, maladies professionnelles
7	SS6 mécanique : robot	Maintenance	- arrêt électrique du palan (non mécanique) : - erreur : remise sous tension	- homme sur le robot, au-dessus des cuves	Mouvement du robot	- chute de hauteur - chute avec brûlures - chute avec noyade
8	SS6 incendie / électrique : cannes chauffantes	Production	- défaillance détecteur de niveau de liquide - chauffage de la cuve par cannes chauffantes électriques - cuves combustibles		Inflammation de la cuve	Flux thermique, incendie : - destruction matériel - blessures homme (brûlure, intoxication)-

9	SS3 chimique : cyanures	Production	Canalisations	Circulation de Fenwick	choc	Destruction matériel
10	SS3 chimique : cyanures	Production	Canalisations d'acide et d'alcalins cyanurés à proximité	- Choc fenwick - présence humaine	Mélange acide et alcalins cyanurés	Dégagement d'acide cyanhydrique : intoxication
11	SS3 : chimique : cyanures	Nettoyage	Canalisations entartrées (avec dépôt contenant du cyanure)	Nettoyage des canalisations à l'acide	Dégagement d'acide cyanhydrique	Intoxication de l'homme

Tableau 18 : Extrait du tableau A établi pour l'entreprise B

Un extrait plus complet des tableaux A réalisés lors de l'expérimentation est visible en Annexe 4.

### Scénario 12



### Scénario 13

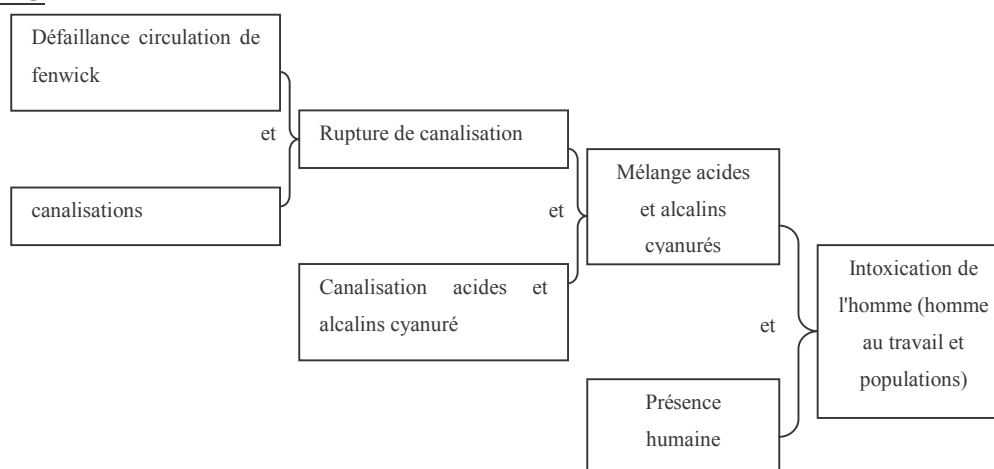


Figure 32 : Exemple de scénarios longs provenant du tableau A (scénario [1 + 2] et scénario [9 + 10]) de l'entreprise B

Un extrait plus complet des scénarios d'accidents (courts et longs) identifiés dans les trois entreprises est visible en Annexe 5)

## 2.2.5 Résumé concernant l'étape 2 : identifier les dangers et les scénarios d'accidents

Le Tableau 19 reprend sous forme de tableau le résumé des points positifs. Le Tableau 20 reprend les difficultés observées lors de l'étape 2 du module A de MOSAR. Il montre aussi si les difficultés sont apparues ou pas dans l'ensemble des trois entreprises.

<b>Points positifs</b>
+
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Repérage des sources de danger connues et inconnues (repérage géographique, prise de conscience du volume)</li> <li>- Construction de scénarios sans rentrer dans le fonctionnement très détaillé de l'installation</li> <li>- Recueil de l'expérience non exploitée et non transmise</li> <li>- Mise en cohérence des travaux passés de prévention (études de dangers, arbres des causes, fiches de sécurité, recueil des incompatibilités chimiques,...)</li> </ul>

Tableau 19 : Synthèse des points positifs de l'étape 2

<b>Ecart, difficultés</b>	<b>Plus généralement</b>			
		A	B	C
-				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problème de stabilité et de compétences nécessaires pour chaque étape et pour chaque sous-système dans le groupe de travail</li> <li>- Difficulté de création d'une dynamique de groupe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- manque de perception des besoins de MADS</li> <li>- manque de disponibilité des membres d'une PME</li> </ul>	X	X	X
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Difficulté pour le groupe de l'intégration de MADS en détail : problème de confusion entre événements et flux</li> <li>- Confusion dans la grille 1 des sources de danger identifiées selon les flux qu'elles créent (ex : incendie)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- modèle trop complexe</li> </ul>	X	X	X
<ul style="list-style-type: none"> <li>- besoin d'une grille 1 adaptée au domaine d'activité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>besoin d'une pré-analyse des risques du domaine d'activité : manque de données</li> </ul>	X	X	X
<ul style="list-style-type: none"> <li>- tableau A : les spécialistes des sous-systèmes sont à nouveau sollicités pour le remplissage du tableau (comme pour la grille 1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- les tâches de listage des sources de danger et de remplissage du tableau A peuvent être effectuées en parallèle</li> </ul>	X	X	X

- tableau A : exploitation difficile des risques chroniques	- le modèle MADS est adapté aux risques à composantes principales événementielles	X	X	X
- pas de dynamique de groupe, pas de possibilité de regrouper ces spécialistes	- peu d'habitude de travail en groupe dans ces PME		X	X
- les scénarios issus de l'imagination proviennent plus facilement d'une mise en situation du groupe sur le terrain	- dilemme entre un regroupement de peu de personnes (3 ou 4) hors terrain, et un regroupement minimal (2 pers) sur terrain			X
- les scénarios longs proviennent uniquement du retour d'expérience sauf si le schéma des boîtes noires est exploitable	- les scénarios longs sont difficilement imaginables	X	X	X
- en cas de scénarios trop nombreux, difficulté la construction du schéma des boîtes noires	- volume de données trop important en sortie de tableau A		X	X
- difficulté d'imposer le cheminement systématique pour chaque phase de vie de chaque source de danger de chaque sous-système	- la redondance est synonyme de perte de temps	X	X	X

Tableau 20 : Synthèse des difficultés de l'étape 2

### 2.2.6 Synthèse

Dans l'étape 2 également, nous constatons que le déroulement de cette étape ne pose pas obligatoirement d'égales difficultés dans chaque entreprise. Le volume de données devient problématique dans cette étape pour les entreprises B et C.

Les blocages observés peuvent avoir des sources distinctes et être différents selon les entreprises. Ils peuvent provenir de la méthode elle-même (bien que le problème d'adaptation du modèle MADS aux risques chroniques soit purement méthodologique) mais aussi de l'interface entre la méthode et le type de PME (ex : la grille 1 de MOSAR n'est pas adaptée au domaine du traitement de surface).

Dans l'étape 2 les blocages naissent essentiellement de cette interface mais ils ne sont pas tous du même ordre: l'adaptation de la grille 1 au type d'activité est d'ordre technique principalement mais la constitution d'un groupe de travail rassemblant toutes les compétences relève d'un problème d'organisation et de définition des besoins en connaissances pour la méthode. Quant à la motivation de l'entreprise, elle ne sera pas assurée si l'entreprise n'a pas clairement explicité ses besoins ou bien si la méthode MOSAR n'est pas adaptée pour y répondre.

## **2.3 Etape 3 : évaluer les risques principaux**

### **2.3.1 Phases explicites de l'étape 3 lors de la mise en œuvre**

- 1- Constitution d'un groupe,
- 2- Evaluation de la gravité des événements principaux (ou ENS) mis en évidence par l'étape 2,
- 3- Evaluation de la probabilité de ces mêmes événements principaux.

Cette étape ne comporte que 3 phases explicites lors de son exploitation, cependant il a été indispensable d'intercaler des phases de l'étape 3 et des phases de l'étape 4 (négociation des objectifs) pour pouvoir atteindre les objectifs de l'étape 3. Du succès de cette étape dépend celui de la suivante.

### **2.3.2 Les résultats positifs**

Cette étape est un maillon indispensable pour trier le foisonnement de scénarios issus de l'étape 2. Elle fournit des critères relativement objectifs, pour donner une "valeur" à chaque scénario. Sans cette évaluation, la hiérarchisation de l'étape suivante ne pourrait avoir lieu. L'entreprise prend alors conscience non pas des risques, mais de leur omniprésence possible dans ses installations. Certains membres de l'entreprise peuvent aussi découvrir des dangers qu'ils ne soupçonnaient pas jusqu'à présent (toxicité mortelle d'un produit comme l'acide fluorhydrique par exemple).

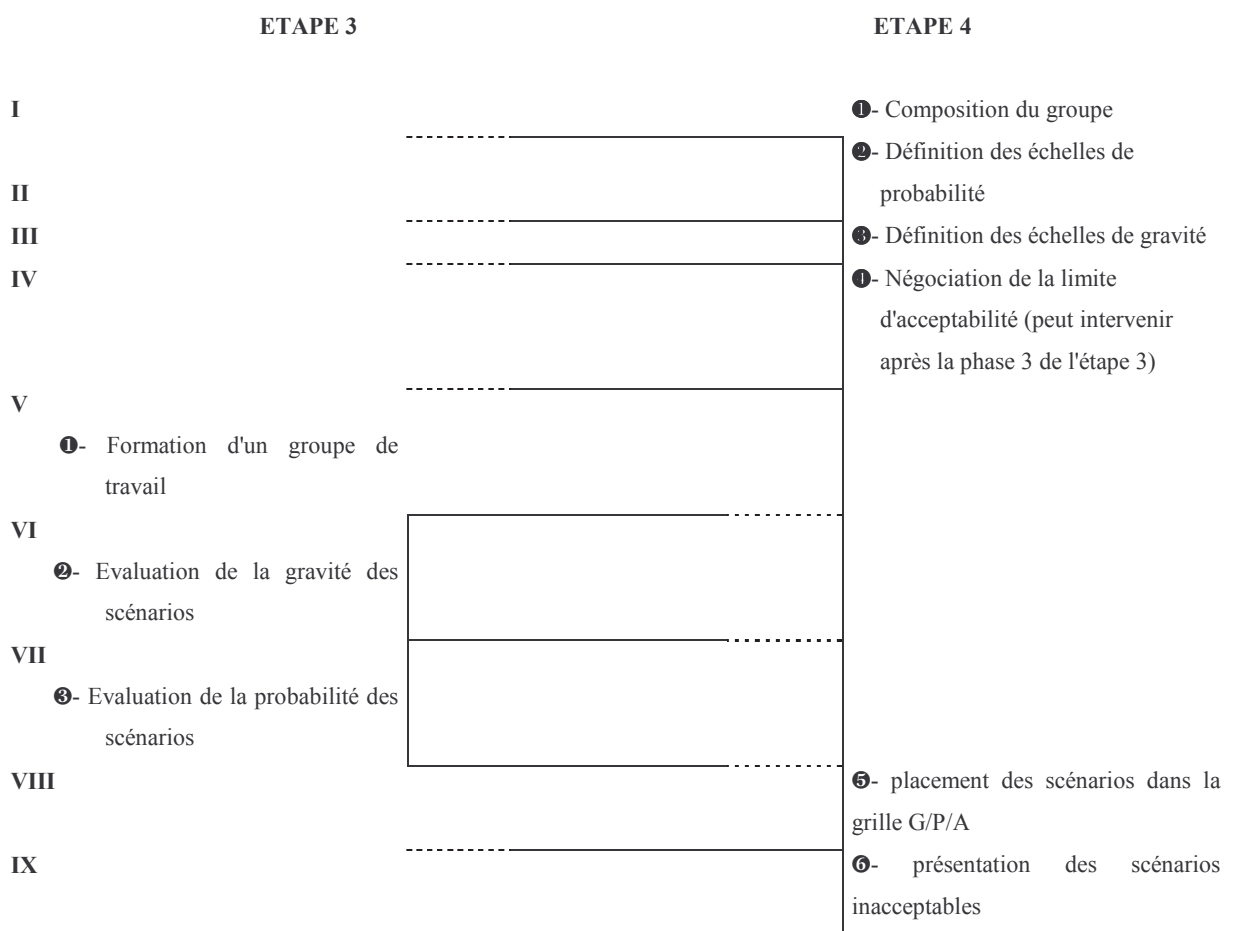
### **2.3.3 Modifications et compléments**

Cette étape est une des plus ardues de l'analyse, même si ce n'est pas la plus longue. De plus, avant de l'entreprendre, la difficulté à surmonter est l'entraînement à la quantification de l'équipe de travail qui n'avait encore jamais effectué des évaluations sur des événements n'ayant pas forcément eu lieu. La première tâche a consisté en la mise en place d'échelles de gravité et de probabilité sur les grilles correspondant aux différentes cibles. La constitution du groupe a, à nouveau, été remise en question, et les phases 2 et 3 ont aussi posé un certain nombre de difficultés.

☒ Imbrication des étapes 3 et 4

Pour donner des référentiels de gravité et de probabilité au groupe qui, sans eux, ne parvenait pas à évaluer les scénarios précédemment produits, les premières phases de l'étape 4 (mise en place des échelles de gravité et de probabilité), ont dû obligatoirement intervenir avant les phases 2 et 3 de l'étape 3.

Les phases de chacune de ces deux étapes se sont entremêlées comme le montre la figure suivante (déroulement chronologique en chiffres romains, numéro de la phase de chaque étape en chiffres arabes) :



Nous décrirons dans cette partie les modifications et compléments que nous avons dû apporter à l'étape 3. C'est uniquement dans le paragraphe suivant que nous parlerons de ceux de l'étape 4 pour ne pas créer de confusion entre ces deux étapes. Seules quelques conclusions des phases 2 et 3 de l'étape 4 seront exposées pour permettre au lecteur de comprendre les difficultés que ces phases ont pu entraîner lors de l'évaluation des scénarios (étape 3).

### ☒ Point ① : Constitution d'un groupe

Ce groupe a été reformé (sauf pour l'entreprise A où les interlocuteurs sont invariants) après la mise en place des échelles de gravité et de probabilité par l'étape 4. Les interlocuteurs ont été au départ :

- la responsable sécurité- environnement -R&D et le responsable qualité/production dans l'entreprise B,
- le responsable environnement-sécurité et le responsable maintenance dans l'entreprise C.

Lorsque ceux-ci ne pouvaient pas évaluer la gravité ou la probabilité d'un scénario :

- soit ces interlocuteurs ont fait appel ponctuellement aux spécialistes, c'est à dire aux opérationnels susceptibles d'être confrontés au risque à évaluer,
- soit il a été organisé un nouveau groupe de travail rassemblant un ensemble large d'opérationnels (tous les chefs d'atelier) sur les scénarios posant un problème d'évaluation. Cette réunion très rapide a permis de récolter la connaissance de terrain des interlocuteurs, mais le fait que ce rassemblement ait été "express" et qu'il n'ait eu lieu que pour cette étape, n'a pas permis d'impliquer pleinement ces intervenants dans la démarche d'analyse.

### ☒ Point ② : Evaluation de la gravité des événements principaux mis en évidence par l'étape 2

Comme cela a été dit, cette évaluation s'est déroulée après avoir fixé une échelle de gravité pour chaque cible, sachant qu'il n'a pas été possible de trouver une échelle de gravité satisfaisante pour les risques touchant les écosystèmes.

Les problèmes lors de l'évaluation de la gravité sont intervenus quand il a fallu quantifier un accident redouté pour avoir différentes conséquences. Pour un même flux de danger, touchant une même cible, les conséquences peuvent varier.

Prenons pour exemple la chute de plain-pied : ses effets peuvent varier de l'incident sans aucune conséquence jusqu'à l'accident causant la mort en cas de choc sur une partie fragile de la tête. Evidemment, ces conséquences n'ont pas la même probabilité d'apparition, cela veut donc dire que l'on peut dédoubler plusieurs fois un même scénario en fonction des conséquences envisagées pour un même flux sur une même cible. Cette solution semble illusoire puisqu'on a déjà un trop grand nombre de scénarios à exploiter. Une des solutions



serait peut-être de connaître les conséquences les plus probables pour un type d'accident. Dans notre étude, les données n'ayant pas été trouvées, cette estimation s'opère grâce à l'expérience du groupe. Il est aussi possible de raisonner sur un mode déterministe en envisageant les pires conséquences de chaque événement redouté, mais dans ce cas, on est quasiment sûr de voir la majorité des risques se placer dans la catégorie des inacceptables, la hiérarchisation est alors inefficace.

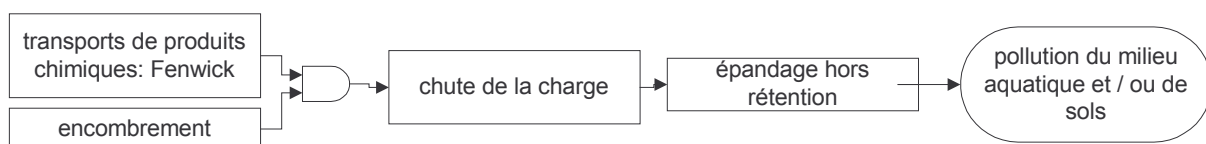
#### ☒ Point ③ : Evaluation de la probabilité de ces mêmes événements principaux

L'évaluation elle-même intervient après la mise en place d'une échelle semi-quantitative de fréquences et non de probabilités (voir étape 4) sous la forme de fourchettes de fréquences d'apparition d'un risque.

Bien que l'évaluation soit intervenue après la négociation de l'acceptabilité, celle-ci s'étant faite sur une grille gravité/probabilité (dépourvue de la limite d'acceptabilité), le seuil d'acceptabilité n'a pas influencé de façon flagrante le groupe de travail dans son évaluation. Ce qui montre aussi que la phase 4 de l'étape 4 n'a pas forcément à être intercaler avec l'étape 3.

Dans un premier temps, dans l'étape 4, pour l'estimation des probabilités, les échelles sont fixées précisément, quantitativement. Cependant, après étude des scénarios produits par les étapes antérieures, cette précision s'est avérée inutile voire gênante. En effet, les scénarios n'étant en aucun cas de véritables arbres des défaillances puisqu'ils ne rentrent pas forcément assez dans le détail de l'installation ou font appel à des causes non assimilables à des défaillances (dans un premier temps, du moins), le calcul se révèle alors impossible.

#### Exemple :



Il est par exemple ici difficile d'envisager le transport de matières polluantes ou l'encombrement de l'usine comme des défaillances (associées à une probabilité d'apparition).

Ceci est dû à la fois à la forme des scénarios (même si on les met sous forme d'arbres logiques pour des raisons de présentation), mais aussi aux difficultés d'accès ou à l'existence même des

données nécessaires. L'évaluation quantitative à partir de l'estimation des probabilités des événements initiateurs devient compliquée ou demande une étape de traitement supplémentaire des scénarios : leur transformation si c'est possible en véritables arbres de défaillances.

Nous avons donc choisi de réaliser, dans nos trois cas, cette évaluation par une estimation qualitative des probabilités d'occurrence des scénarios. Le fait qu'une partie des scénarios n'ait jamais été observée rend les résultats peu précis. Il est donc inutile de garder une échelle de probabilité quantitative, on peut reprendre celle proposée dans l'article [PERILHON 2000] avec les classes suivantes : très rare, rare, fréquent, très fréquent. Cependant des repères semi-quantitatifs limitent la subjectivité de cette évaluation.

#### 2.3.4 Résumé

Le Tableau 21 reprend sous forme de tableau le résumé des points positifs. Le tableau suivant (Tableau 22) reprend les blocages observés lors cette même étape du module A de MOSAR. Il montre aussi si les difficultés sont apparues ou pas dans l'ensemble des trois entreprises.

Points positifs
+ - Prise de conscience par l'entreprise de la présence de risque (en fréquence) - Prise de conscience par l'entreprise de la gravité possible des risques engendrés par des installations, les produits employés, etc.

Tableau 21 : Synthèse des points positifs de l'étape 3

Ecart, difficultés	Plus généralement	Entreprise		
		A	B	C
-				
- mise en place des échelles de la grille G/ P avant l'évaluation de l'occurrence et de la gravité de chaque scénario	- besoin de référentiels	X	X	X
- suivant le mode de raisonnement, probabiliste ou déterministe, la gravité estimée peut énormément varier	- besoin de référentiel de gravité fondé sur des données dépassant le cadre de l'entreprise, pour que cette estimation dépende moins de la culture de l'entreprise	X	X	X
- pas de possibilité d'évaluation quantitative des scénarios, de par leur forme ne permettant pas le calcul (ce ne sont pas des arbres de défaillances par exemple). Par ailleurs les données quantitatives ne sont pas disponibles.	- le raisonnement qualitatif n'est pas permis de par la forme des scénarios	X	X	X
- utilisation d'échelles qualitatives ayant un repère quantitatif (des fourchettes de valeurs) - difficultés de détermination des fréquences pour des accidents jamais observés	- besoin d'un référentiel temporel (bis)	X	X	X

Tableau 22 : synthèse des difficultés de l'étape 3

### 2.3.5 Synthèse

Lors de ces étapes d'évaluation et de hiérarchisation des risques, on note une faible disparité dans les difficultés d'application entre les entreprises A, B et C.

Les obstacles survenant paraissent principalement issus des caractéristiques intrinsèques de la méthode utilisée (problème de la forme de l'arbre logique par exemple). La méthode manque de précision sur les outils d'évaluation à mettre en œuvre.

Toutefois, même avec des changements d'outils, l'évaluation précise dans le contexte est quasiment impossible du fait du manque de données. On peut se demander plus généralement si les indicateurs de gravité et de probabilité sont exploitables dans ce type d'entreprise, les besoins de la méthode en données (du type gravité et probabilité) n'étant pas en adéquation avec les ressources en données de l'entreprise.

## **2.4 Etape 4 : négocier les objectifs globaux**

### 2.4.1 Phases explicites de l'étape 4 lors de la mise en œuvre

- 1- Mise en place d'un groupe de travail.
- 2- Définition d'une échelle de probabilité valable pour l'ensemble des cibles.
- 3- Définition d'une échelle de gravité pour chaque cible.
- 4- Négociation de la limite d'acceptabilité des grilles Gravité/Probabilité obtenues.
- 5- Placement de l'ensemble des scénarios produits par l'étape 2 dans la grille G/P/A: hiérarchisation.
- 6- Découverte des scénarios inacceptables
  - pour une cible
  - pour l'ensemble des cibles.

### 2.4.2 Les résultats positifs

Cette étape a permis la mise en place d'une grille Gravité/Probabilité/Acceptabilité pour les cibles "homme au travail" et "installation". Ces grilles ont permis d'aboutir à une hiérarchisation des accidents et une visualisation graphique de leur "degré d'inacceptabilité" : les acceptables, les inacceptables (les "plus" inacceptables se situant en haut à droite (voir Figure 33 et Figure 34) de la grille d'acceptabilité).

Sans cette hiérarchisation, l'entreprise ne mettrait pas nécessairement en place, de manière efficace, d'actions de prévention, ne pouvant discerner l'urgence, le primordial et l'acceptable. Cela lui permet de placer de façon cohérente ses moyens d'action pour la réduction des risques.

### 2.4.3 Modifications et compléments

#### ☒ Point ① : Mise en place d'un groupe de travail

Le groupe de travail nécessaire pour fixer les échelles de gravité et probabilité n'a pas besoin de comprendre des opérationnels, les responsables sécurité ou autres responsables ayant une vision globale des contraintes de l'entreprise suffisent. Cependant la présence d'un dirigeant peut donner de la crédibilité à ces échelles, et sa présence est en revanche indispensable lors de la négociation de la limite d'acceptabilité.

Dans les faits, lorsque le groupe s'est réuni pour la détermination des échelles de gravité et de probabilité, la négociation de la limite d'acceptabilité a ensuite naturellement eu lieu avec l'un des dirigeants, avant l'évaluation des scénarios.

☒ Point ② : Définition d'une échelle de probabilité valable pour l'ensemble des cibles

La notion de probabilité n'étant pas parlante pour le groupe, l'échelle de probabilité a été transformée en échelle de fréquence.

La mise en place des échelles débute par l'estimation des maxima. Si l'entreprise est incapable de se fixer un maximum pour la grille concernant "l'homme au travail", l'animateur peut faire appel à une notion comme le FAFR<sup>25</sup> (valeur moyenne pour un secteur d'activité donné pour les accidents mortels) pour fixer une limite à ne pas dépasser. Cette notion est toutefois étrangère aux entreprises étudiées.

Pour la cible "installation", comme pour la cible "homme au travail", les échelons pour chaque grille ont été ensuite aisément fixés par le groupe. Les entreprises ont décidé de garder la même échelle de fréquence pour les deux grilles.

En revanche, pour la cible "écosystèmes et populations extérieures", cette phase a été problématique, voire impossible, les scénarios faisant majoritairement appel à des risques chroniques (pollutions chroniques des eaux rejetées, présence chronique d'acide dans les gaz rejetés,...). Ces risques ayant une manifestation sur la durée sont non événementiels et ont une probabilité fixée à 1.

☒ Point ③ : Définition d'une échelle de gravité pour chaque cible

La gravité est fixée aisément, à la fois pour la cible "homme au travail" (reprise de l'échelle des CRAM) et pour la cible "matériel" (l'entreprise ayant une idée assez précise de sa vulnérabilité en cas de retard de livraison par exemple).

Pour la cible "écosystèmes", les entreprises n'ont pu trouver une échelle de gravité commune à tous les types de risques (dépassement du seuil de rejet, taxe associée aux quantités de polluants rejetés,...). La grille de probabilité/gravité/acceptabilité n'a donc pas été construite. Ces risques n'ont pas été hiérarchisés.

Les échelles de gravité, pour une même cible, peuvent aussi varier d'une entreprise à l'autre (voir Annexe 6).

---

<sup>25</sup> FAFR (Fatal Accident Frequency Rate) : Nombre d'accidents mortels pour 10<sup>8</sup> heures d'exposition au risque

☒ Point ④ : Négociation de la limite d'acceptabilité des grilles Gravité/Probabilité obtenues

Le chef d'entreprise est présent dans chacun des trois cas. La négociation n'a pas créé de conflits. La limite est donc jugée crédible aux yeux du groupe de travail mais le chef d'entreprise a considéré que l'entreprise, toute seule, ne pouvait donner une limite d'acceptabilité valable aux yeux de la loi (qui n'en impose pas d'ailleurs).

L'évaluation du couple Fréquence/Gravité des scénarios terminée (phases 2 et 3 de l'étape 3), la mise en place des scénarios dans les grilles a été automatique puisque ces grilles ont servi de base à l'évaluation.

#### 2.4.4 Visualisation

Cible : homme au travail

Gravité		Fréquence				
		très rare	rare	fréquent	très fréquent	
5	mort					
4	blessure grave avec arrêt de travail prolongé > 1 mois					
3	3 jours à 1 mois d'arrêt de travail					
2	3 jours d'arrêt de travail					
1	blessure sans arrêt, sans IPP (avec déclaration ou non)					
		> 75 ans F	25 ans <...< 75 ans E	5ans <...< 25 ans D	1 an <...< 5ans C	1 mois <...< 1 an > 1 mois B A

Figure 33 : Grille Gravité/Probabilité/Acceptabilité (homme)

Cible : installation

gravité					
4 machine hors service à remplacer					
3 machine endommagée, réparation faisant appel à un intervenant extérieur					
2 immobilisation courte de la machine					
1 réparation possible immédiate par la maintenance					
	<b>très rare</b>	<b>rare</b>	<b>fréquent</b>	<b>très fréquent</b>	
	25 ans<...< 75	5ans<...<25	1 an<...<5ans	1 mois <..< 1 an > 1 mois	
	> 75 ans	ans	C	B	A
	F	E	D		

Figure 34 : Grille Gravité/Probabilité/Acceptabilité (installation)

Suivant les échelles déterminées, l'entreprise a placé les scénarios dans les deux grilles d'acceptabilité (dépourvues de la limite d'acceptabilité pour ne pas biaiser l'évaluation). Ces résultats sont reportés dans le tableau suivant. Tous les scénarios jugés inacceptables, pour l'une ou l'autre des cibles prises en compte ont été soumis à l'étape 5 de recherche de barrières.

N° de scénario	Fréquence d'apparition estimée	Gravité		Acceptabilité (A) Inacceptabilité (I)
		Cible	Gravité associée à la cible	
1 + 2	D	Homme	4 à 5	I
3	D	Homme	3	A
		Matériel	2	A
4	F	Homme	5	I
		Matériel	1	A
5	D	Homme	4	I
		Matériel	3	I
6	CHRONIQUE	Homme	?	?
7	C à D	Homme	4 à 5	I
8	D	Homme	4	I
		Matériel	3	A
9 + 10	E	Homme	5	I
		Matériel	3	
11	B à C	Homme	5	I

Tableau 23 : Extrait des résultats sur l'évaluation et la hiérarchisation des scénarios de l'entreprise B (reprise des scénarios vus pour le tableau A)

#### 2.4.5 Résumé

Le

Tableau 24 reprend sous forme de tableau le résumé des points positifs. Le tableau suivant (Tableau 25) reprend les blocages observés lors cette même étape module A de MOSAR. Il montre aussi si les difficultés sont apparues ou pas dans l'ensemble des trois entreprises.

Points positifs
+
<ul style="list-style-type: none"> <li>- hiérarchisation de scénarios souvent nombreux en limitant une trop grande subjectivité</li> <li>- séparation des scénarios possibles de ceux uniquement plausibles</li> <li>- visualisation des scénarios inacceptables (nombre très réduit par rapport au nombre total de scénarios)</li> </ul>

Tableau 24 : Synthèse des points positifs de l'étape 4

Ecarts, difficultés	Plus généralement	
---------------------	-------------------	--



		A	B	C
- la limite d'acceptabilité est fixée aussi au départ quand le groupe de réflexion comprenant le chef d'entreprise est encore disponible	- mise en parallèle de tâches nécessitant les mêmes compétences et dont la quasi-simultanéité ne gêne pas le déroulement de l'étude.		X	X
- utilisation des fréquences et non des probabilités qui ne sont pas manipulées dans ces entreprises	- besoin d'expertise, d'expérience d'autres entreprises ayant les mêmes types de risques dans lesquelles les accidents ou incidents ont été observés	X	X	X
- difficulté voire impossibilité pour fixer une échelle de gravité pour les accidents environnementaux donc pour fixer une limite d'acceptabilité	- chronicité des risques difficilement prise en compte par la méthode	X	X	X
- Non-hiérarchisation des risques environnementaux	- le caractère événementiel de la grille gravité/probabilité ne permet pas de prendre en compte les risques environnementaux	X	X	X

Tableau 25 : Synthèse des difficultés de l'étape 4

#### 2.4.6 Synthèse

Les blocages issus de cette étape sont semblables d'une entreprise à l'autre. Les principaux, concernant la difficulté de la prise en compte des risques chroniques, ont des causes provenant uniquement de la méthode et des données qu'elle est capable de traiter. Le modèle MADS et les critères d'évaluation des risques conviennent quasiment uniquement aux risques événementiels.

### **2.5 Etape 5 : définir les moyens de prévention des risques principaux et les qualifier**

#### 2.5.1 Phases explicites de l'étape 5 lors de la mise en œuvre

- 1- Formation du groupe.
- 2- Présentation des résultats de la hiérarchisation des scénarios aux nouveaux membres, sous forme d'arbres logiques.

- 3- Réflexion
  - lecture explicative, validation

- recherche de solutions (barrières technologiques et barrières d'utilisation)
  - proposition de solutions avec vérification du bien-fondé de la ou des barrières proposées.
- 4- Qualification des barrières
  - 5- Fin de l'analyse

### 2.5.2 Les résultats positifs

Cette étape 5 débute par le bilan avec les personnes disponibles ayant été impliquées dans cette analyse et surtout avec le chef d'entreprise, ou le responsable de la sécurité quand celui-ci n'est pas disponible, des scénarios inacceptables. Le nombre de scénarios inacceptables est très inférieur à celui des scénarios acceptables. Ceci permet au groupe et au chef d'entreprise d'avoir une vision assez globale des situations les plus problématiques présentes dans l'établissement. Dans les trois entreprises, ces scénarios, même pour ceux non observés, ont été qualifiés comme pertinents par le groupe.

L'utilisation des scénarios sous la forme d'arbres logiques avec des portes booléennes ET permettant de voir les événements qui doivent obligatoirement être concomitants pour entraîner l'apparition de l'événement non souhaité, rend simple la mise en place des barrières (d'utilisation ou technologiques). De ce fait, on visualise instantanément les différents niveaux possibles pour la mise en place de barrières de prévention (près de la source ou des événements initiateurs et initiaux) ou de protection (près de la cible, du point d'impact du flux de danger, ou sur les événements renforçateurs aggravant l'impact du flux de danger).

Cependant, avant de placer les barrières à ajouter, on commence par situer les barrières déjà existantes, on voit par ce biais leur pertinence et leur suffisance. Le groupe peut alors constater les avancées déjà effectuées dans le domaine de la prévention des risques et donner ou vérifier la cohérence de la politique déjà en place ou de celle à mettre en place dans l'entreprise.

On peut aussi noter que les barrières qui vont alors être proposées, en complément de celles existantes, seront complètement adaptées à la situation propre de l'entreprise.

Des barrières ont été proposées pour tous les scénarios jugés inacceptables pour au moins une des cibles.

### 2.5.3 Modifications et compléments

Cette étape finale malgré quelques freins, et quelques interrogations quant à ses résultats concrets a été l'une des phases les plus aisées à effectuer dans l'entreprise.

Les modifications apportées lors des étapes précédentes influencent sa réussite.

#### ☒ Point ① : Formation du groupe

Pour les entreprises A et B, un groupe comprenant le chef d'entreprise et les membres permanents du groupe a été formé. Le chef d'entreprise a visualisé et validé les scénarios inacceptables et a participé au groupe de réflexion pour la recherche des solutions.

Pour l'entreprise A, les interlocuteurs étant les deux dirigeants (qui sont aussi des opérationnels), des solutions ont pu être proposées pour tous les scénarios.

Dans l'entreprise B, pour certains scénarios, toutes les solutions n'ont pu être trouvées sans les opérationnels concernés.

Pour l'entreprise C, seule entreprise de notre échantillon ayant (pour l'instant) un CHSCT, il existe aussi un autre groupe de réflexion sur la prévention des accidents humains appelé "Groupe Prévention Sécurité" ayant des latitudes plus grandes pour un travail par projet, sans les contraintes trop formelles du CHSCT. Ce GPS reprendra le bilan, l'évaluation et la hiérarchisation des risques établis par MOSAR, c'est lui qui proposera des solutions.

#### ☒ Point ③ : Réflexion (lecture explicative, validation, recherche de solutions, proposition de solutions avec vérification du bien-fondé de la ou des barrières proposées)

Les instructions proposées par MOSAR n'ont pas totalement été suivies par le groupe de travail. Par exemple, la distinction entre barrières d'utilisation et barrières technologiques, très apparente dans la méthode, ne ressort pas lors de la recherche de solutions par le groupe de travail. La difficulté est souvent de trouver une barrière, au moins une, sa nature arrive en deuxième lieu.

Par ailleurs, il est difficile d'affirmer que les barrières proposées sont suffisantes pour rendre le risque acceptable, l'évaluation de la baisse de la gravité et de la probabilité du risque étant encore plus difficilement calculable que leur quantification initiale (qui elle peut quand même reposer en partie sur des observations réelles : étapes 3 et 4).

On remarque que les barrières "de proximité", c'est à dire n'ayant que des conséquences sur les procédures locales de travail, sont plus faciles à définir que les solutions ayant des

implications plus étendues (exemples : mise en place de formations, modification de l'organisation du travail).

#### ☒ Point ④ Qualification des barrières

Sur un plan pratique, on peut noter que le tableau B fourni par MOSAR n'est pas utilisé dans la réflexion sur la mise en place des barrières, les types de barrières proposées par ce tableau correspondant peu avec celles qui paraissent les plus adaptées à la PME étudiée. Quant au tableau C concernant la qualification des barrières, il n'est pas non plus employé. Ce tableau reprenant les catégories du tableau B, il semble fort possible que celui-ci ne convienne pas non plus à la qualification dans l'espace et le temps des solutions proposées comme barrières. Par ailleurs, et c'est peut-être la raison première, les entreprises n'ont pas encore atteint ce stade de qualification.

Pour les entreprises A et B, les barrières ne sont pas pour l'instant fixées. Seules quelques décisions concernant des scénarios jugés comme les plus urgents ont été prises (accidents très probables pouvant avoir des conséquences très graves : en haut à droite de la grille G/P/A).

L'entreprise C non plus n'a pas arrêté de décisions mais elle a constitué un pôle "sécurité" (fonctionnement par projet) les responsables sécurité, environnement, qualité et certains responsables de production pour présenter l'étude à l'ensemble de l'entreprise et déterminer les barrières.

#### ☒ Point ⑤ : Fin de l'analyse

Pour l'ensemble des entreprises, bien qu'un certain nombre de solutions aient été évoquées avec l'animateur, très peu de décisions sont vraiment entérinées, le groupe préférant revoir les solutions sans forcément la présence de l'animateur ou le groupe voulant faire participer des ensembles plus institutionnalisés tel que le CHSCT (quand il existe). On ne peut donc pas véritablement parler de fin de l'analyse MOSAR.

On peut cependant ajouter que quand l'analyse sera terminée et que l'entreprise aura vérifié l'efficacité des barrières (voir si elles sont suffisantes), on pourra alors parler de fin de l'analyse initiale, associée à la mise en place d'un processus d'amélioration continue des ces barrières.

Cependant cette analyse est peu pérenne. En effet, les outils proposés par MOSAR sont assez performants pour la détermination des barrières, le but de l'analyse des risques est donc

atteint, mais cette analyse n'est valable que si l'entreprise n'évolue pas. L'entreprise évoluant irrémédiablement dans l'espace et le temps, se pose alors le problème de l'évolution de l'analyse des risques pour que l'identification, l'évaluation, la hiérarchisation des risques et les mesures mises en place demeurent valables. MOSAR ne propose pas d'outils pour cette réactualisation.

## 2.5.4 Visualisation

### Scénario 12

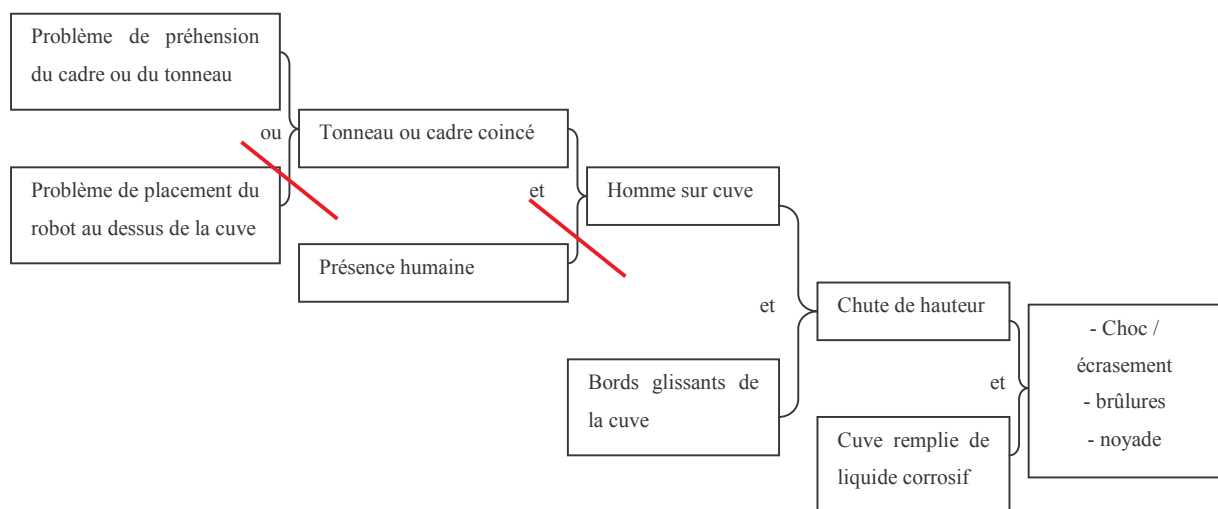


Figure 35 : Exemple réflexion sur la mise en place de barrières (scénario 12)

Les barrières proposées pour ce scénario sont :

- le lavage des capteurs qui permet au robot de bien se placer sur la cuve (règle de travail)
- la procédure d'interdiction à tout homme de monter sur les cuves

Ce sont deux barrières d'utilisation suffisantes si elles sont respectées pour empêcher la plupart des apparitions de ce risque sauf en cas de mauvaise préhension du robot. Aucune barrière n'a été trouvée pour ce dernier problème qui a été jugé par le groupe de travail comme très rare. Le scénario devient donc acceptable.

## Scénario 13

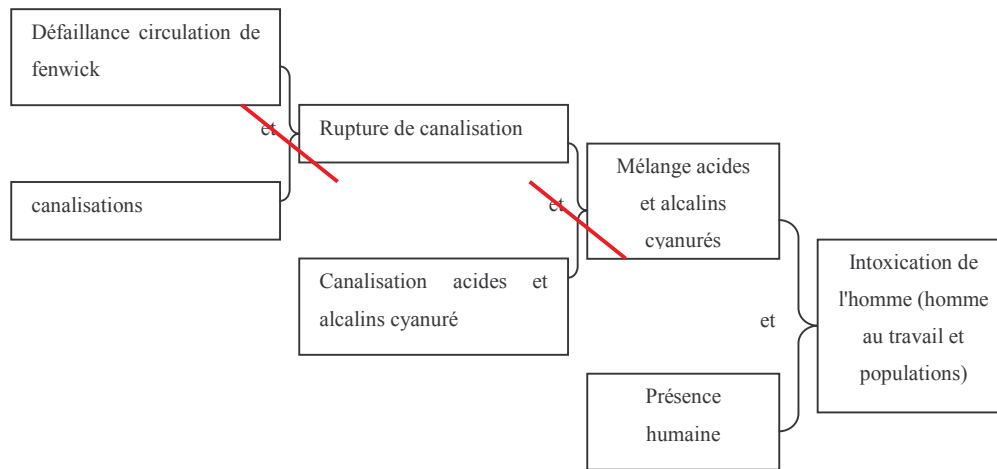


Figure 36 : Exemple réflexion sur la mise en place de barrières (scénario 13)

Les barrières proposées pour ce scénario sont :

- la délimitation physique (barrières) d'une zone de circulation des fenwick (barrière technologique),
- la mise en place de carters de protection sur les canalisations transportant les acides et les alcalins cyanurés (barrière technologique).

L'entreprise a jugé ces barrières suffisantes pour rendre ce risque acceptable (baisse de la probabilité).

### 2.5.5 Résumé

Le Tableau 26 reprend sous forme de tableau le résumé des points positifs. Le tableau suivant (Tableau 27) reprend les blocages observés lors cette même étape du module A de MOSAR. Il montre aussi si les difficultés sont apparues ou pas dans l'ensemble des trois entreprises.

<b>Points positifs</b> +
-----------------------------

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

Tableau 26 : Synthèse des points positifs de l'étape 5

Ecarts, difficultés	Concepts reliés			
		A	B	C
-				
- besoin d'arbres logiques enrichis de portes booléennes pour une meilleure définition des barrières (nombre suffisant)	- l'entreprise e a du mal à posséder l'expertise pour définir le nombre minimal de barrières : la forme des scénarios doit le lui indiquer	X	X	X
- peu de distinction entre barrières technologiques et barrières d'utilisation, trouver 1 barrière semble suffisant à la PME (pas d'évocation de redondance des barrières)	- peu de notion d'efficacité et de fiabilité des barrières dans nos trois PME	X	X	X
- difficulté de vérification de l'efficacité de la barrière (par l'évaluation des probabilités et gravités des risques "gérés")	- même difficulté de raisonnement qualitatif que dans les étapes 3 et 4	X	X	X
- difficulté pour fixer des barrières allant au delà de la proximité du risque défini	- l'organisation du travail est difficile à mettre en cause : le traitement des risques n'est pas sensé toucher les fondements du travail (remise en cause plus facile lors d'une modernisation de process par exemple)	X	X	X
- peu de barrières entérinées avec l'animateur, besoin d'un autre groupe de réflexion "interne"	- peur de la vérification des actions par un tiers : difficulté de visualisation des objectifs de l'article L230-2	X	X	X
- pas d'utilisation des tableaux B et C fournis par MOSAR pour définir et qualifier les barrières	- outils non adaptés au contexte des PME de traitement de surface, les connaissances qui y sont intégrées ne les concernent pas			
- l'analyse des risques ne possède pas de module lui permettant d'évoluer avec l'installation	- problème de validité de l'analyse dans le temps. La méthode employée ici ne propose pas un processus d'amélioration continue de la prévention	X	X	X

Tableau 27 : Synthèse des difficultés de l'étape 5

## 2.5.6 Synthèse

L'ensemble des difficultés intervenant dans cette étape finale concerne les trois entreprises. Il semble plus difficile d'en déduire l'origine. On remarque que ces blocages finaux dépendent tout de même plus ou moins de la méthode. Par exemple le manque de module interne à la

méthode pour suivre les modifications de l'installation industrielle semble très lié à la méthode telle qu'elle est définie, alors que l'inadéquation des tableaux B et C de MOSAR au contexte relève davantage de l'interface méthode / PME et de la culture ou des pratiques des PME.

### **3 Conclusion**

#### **3.1 Points positifs**

Grâce à la méthode MOSAR, l'ensemble des étapes nécessaires à une analyse des risques est finalisé et conduit à l'évaluation et à la hiérarchisation des risques. La méthode associe en plus au module d'analyse proprement dit, un module de recherche de solutions pour le traitement des risques qui sont apparus comme inacceptables.

Ces étapes ne suivent pas forcément parfaitement le guide de la méthode MOSAR de référence, certaines modifications sont intégrées au fur et à mesure de l'application soit pour répondre aux attentes de MOSAR par un autre biais, soit juste pour contourner les difficultés infranchissables dans le temps réel de l'expérimentation. Ces expérimentations menées en parallèle, pas obligatoirement simultanément, dans les trois PME de traitement de surface décrites antérieurement, ne sont pas identiques. Les résultats obtenus dans les trois entreprises sont assez similaires avec cependant une variation dans les modalités concrètes qui ont permis de les atteindre (voir paragraphe suivant).

#### **3.2 Revue des détails de l'application : comparaison entre les trois entreprises**

Le déroulement, l'ordre des étapes, ont été analogues dans les trois entreprises (avec la fusion des étapes 3 et 4 par exemple). Les plus importantes différences se situent plutôt dans le temps qu'il a été nécessaire d'investir dans chaque entreprise, dans les documents qui ont été produits et exploités, et dans la composition, la stabilité, et les compétences du ou des groupes de travail. Ces détails sont présentés dans le tableau suivant (Tableau 28).



	Entreprise A (5 personnes)		Entreprise B (48 personnes)		Entreprise C (173 personnes)	
<b>Temps (en jours) dans l'entreprise pour chaque étape</b>	<b>Etape 1</b> : 2/3	<b>Etape 5</b> : 1/3	<b>Etape 1</b> : 1	<b>5</b> : 1/3	<b>Etape 1</b> : 1	<b>Et5</b> : 1/3
	<b>Etape 2</b> : 1		<b>Etape 2</b> : 3+1/2		<b>Et2</b> : 6 + 1/3	
	<b>Etapes 3+4</b> : 1/3 +1/2	<b>Total</b> : 3 jours	<b>Etapes 3+4</b> : 2+1/2	<b>Total</b> : 7.3 jours	<b>Etapes 3+4</b> : 4 + 1/2	<b>Total</b> : 12 jours
<b>Temps de travail hors installation (animateur)</b>	<input checked="" type="checkbox"/> 2 à 3 jours sans compter le temps de recherche des modifications immédiates à appliquer pour mener à bien l'analyse (exemple : forme des scénarios, évaluation de G et P...)		<input checked="" type="checkbox"/> 5 à 6 jours		<input checked="" type="checkbox"/> 9 à 10 jours	
<b>Temps maximal d'une intervention</b>	<input checked="" type="checkbox"/> 1/2 à 1 jour		<input checked="" type="checkbox"/> 1 jour		<input checked="" type="checkbox"/> 1 jour voire plus	
<b>Interlocuteurs / groupe de travail</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Groupe de travail peu variable avec uniquement des exploitants tenant aussi parfois le rôle d'intervenants <input checked="" type="checkbox"/> Groupe de travail restreint mais comprenant souvent 40% des effectifs. <input checked="" type="checkbox"/> Pas d'opérateur n'étant pas non plus un exploitant		<input checked="" type="checkbox"/> Groupe restreint et fluctuant mais avec les spécialistes pour les sources de danger et le tableau A <input checked="" type="checkbox"/> Groupes constitués d'exploitants et d'intervenants pouvant aussi tenir les deux rôles, ensemble ou non		<input checked="" type="checkbox"/> Idem B	
<b>Documents produits</b>	<input checked="" type="checkbox"/> La majorité des documents prescrits pas MOSAR ont été produits : schéma de l'installation modélisée, tableau des sources de danger, tableau A, schéma des boîtes noires, scénarios, grille d'acceptabilité. Pas d'utilisation des tableaux B et C <input checked="" type="checkbox"/> Ajout d'un document de travail supplémentaire : la mise en forme des scénarios sous la forme d'arbres logiques		<input checked="" type="checkbox"/> Les documents produits sont les mêmes que pour A avec cependant un schéma des boîtes noires peu exploitables <input checked="" type="checkbox"/> Ajout d'arbres logiques pour rendre les scénarios plus explicites <input checked="" type="checkbox"/> Ajout d'un tableau de regroupement des typologies de flux de danger et d'événements non souhaités <input checked="" type="checkbox"/> Pas d'utilisation des tableaux B et C		<input checked="" type="checkbox"/> Les documents produits sont les mêmes que pour A avec cependant un schéma des boîtes noires totalement inexploitable <input checked="" type="checkbox"/> Ajout d'arbres logiques pour rendre les scénarios plus explicites <input checked="" type="checkbox"/> Ajout d'un tableau de regroupement des typologies de flux de danger et d'événements non souhaités <input checked="" type="checkbox"/> Pas d'utilisation des tableaux B et C	

Tableau 28 : Présentation des principales différences dans l'application concrète de MOSAR

Rappel : caractéristiques de chacune des entreprises de l'échantillon

	Entreprise A	Entreprise B	Entreprise C
<b>Effectif</b>	5	48 (+ intérimaires)	173 (+ intérimaires)

<b>Volume de production</b>			
<b>Activités</b>	Traitement électrolytique et chimique (milieu aqueux)	Traitement électrolytique et chimique (milieu aqueux)	
<b>Structure</b>	Entre simple et mécaniste	Entre mécaniste et projet	Entre mécaniste et projet
<b>Structure de gestion des risques</b>	Institutions et organismes extérieurs (installation classée soumise à autorisation)	<input checked="" type="checkbox"/> Délégués du personnel <input checked="" type="checkbox"/> Institutions et organismes extérieurs (installation classée soumise à autorisation)	<input checked="" type="checkbox"/> Délégués du personnel <input checked="" type="checkbox"/> CHSCT et dernièrement groupe de réflexion sur la sécurité et infirmière du travail <input checked="" type="checkbox"/> Institutions et organismes extérieurs (installation classée soumise à autorisation)
<b>Niveau maximal de formation des cadres</b>	Techniciens en galvanoplastie (dirigeants)	Ingénieurs (responsable développement, environnement, sécurité) Technicien (dirigeants)	Ingénieurs grandes écoles (dirigeants)

Tableau 29 : Rappel des principales caractéristiques des entreprises de l'échantillon

### **3.3 Difficultés**

A l'issue de ce chapitre, nous pouvons voir que, bien que la mise en œuvre de MOSAR ait fourni des résultats fructueux, des blocages, pas forcément de même ampleur, sont apparus souvent dans les trois entreprises de l'échantillon.

Ces difficultés ont concerné principalement :

- la constitution et la stabilité du groupe de travail
- le besoin d'expertise
- la prise en compte de la chronicité des risques
- l'évaluation des probabilités et gravités de chaque scénario d'accident (et de l'acceptabilité).

Ces blocages ne sont pas apparus comme provenant forcément de la même source, ni comme étant du même ordre. Certains apparaissent comme intrinsèques à la méthode quel que soit le contexte d'application, d'autres intrinsèques à la PME quelle que soit la méthode, tandis que

d'autres encore se positionnent plutôt à l'interface PME / méthode, et mettent plus en avant le rôle de l'animateur. Les origines de ces difficultés de fonctionnement de la méthode, d'atteintes des buts de la PME, etc... font l'objet du chapitre suivant d'analyse des résultats.

## **CHAPITRE 5 : ANALYSE DES RESULTATS ET PROPOSITIONS**

## 1 Introduction

Les difficultés, les blocages, les écarts observés lors de la mise en œuvre d'une analyse des risques sont relativement nombreux. Leurs causes sont en apparence très diverses, cependant, il est intéressant d'en établir une classification afin d'identifier les pistes d'amélioration concernant autant la méthode elle-même que sa mise en œuvre dans les PME. Quelle que soit l'étape où surgissent les difficultés, elles peuvent être reliées, en apparence, à la méthode ou à la PME. Toutefois elles peuvent aussi être attribuées dans une certaine mesure à un décalage entre les points de vue des deux acteurs principaux de l'analyse des risques qui sont :

- la PME (par l'intermédiaire de son responsable, de ses employés,...).
- les prescripteurs de l'analyse (administrations, assureur,...).

Nous avons donc choisi d'avoir recours aux notions mises en avant par le modèle cindynique de Georges-Yves Kervern, créé initialement pour analyser les causes des dysfonctionnements conduisant à des accidents majeurs, ces causes mettant généralement en jeu plusieurs acteurs dont les systèmes de représentation entrent en conflit à un moment donné. Dans notre cas, nous voulons analyser les mécanismes qui conduisent essentiellement à ne pas mettre en œuvre l'analyse ou à ne pas la mener à bien dans les PME.

Nous allons dans un premier temps présenter les notions que développe Kervern pour son analyse des dysfonctionnements, pour ensuite étudier les blocages (ou dysfonctionnements) que nous avons observés lors de l'expérimentation en utilisant les notions issues des cindyniques. Dans un second temps, l'analyse des blocages nous permettra de proposer des pistes d'amélioration pour éviter un grand nombre d'écueils lors de la mise en place d'une analyse de risques.

## 2 Outils d'analyse des résultats : le modèle de Kervern [KERVERN 1999 et KERVERN 2000]

### 2.1 Principe de l'hyperespace des dangers

Kervern établit pour une situation de création de danger, ou situation cindynogène, un système de représentation pour analyser cette situation, composé de cinq axes : les axes des données, des modèles, des objectifs, des règles et des valeurs (voir Figure 37).

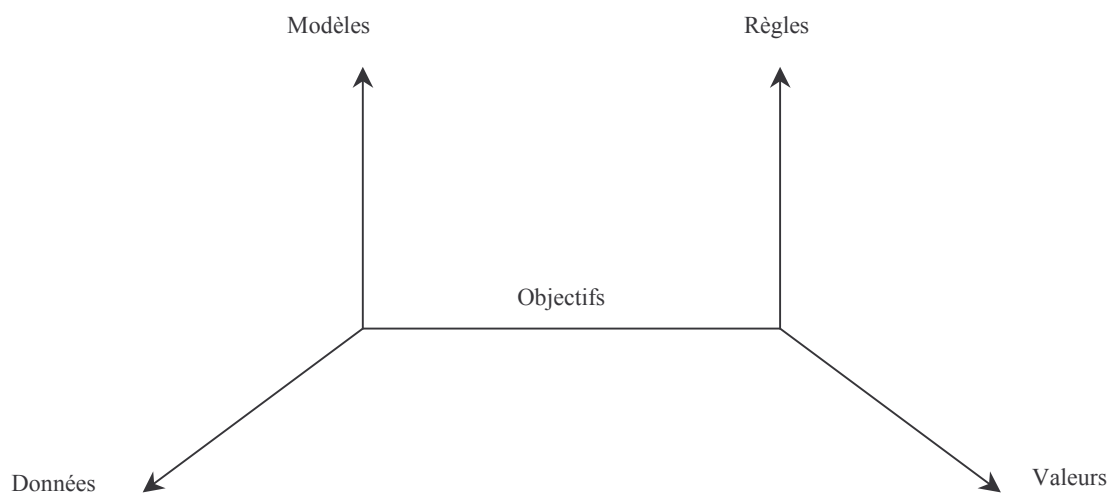


Figure 37 : Représentation graphique de l'hyperespace du danger suivant les cinq dimensions [CINDYNICS 1994]

Les acteurs de cette situation cindynogène sont placés dans cet espace. Il s'agit en pratique de définir, pour une situation donnée, les caractéristiques de chaque acteur en matière de données, modèles, objectifs, règles et valeurs. On peut alors observer qu'une situation de danger résultera :

- soit d'un écart entre les données des acteurs, leurs valeurs ou toute autre dimension. On parle alors de dissonances cindynogènes entre les acteurs sur un des axes.
- soit de l'absence de la représentation d'une des dimensions chez l'un ou plusieurs des acteurs. On parle alors de lacune cindynogène.

Dans notre cas, comme nous l'avons dit dans l'introduction, les dysfonctionnements à éviter et à analyser sont la non mise en place d'une analyse des risques dans les PME et/ou son non

aboutissement. Pour étudier et analyser les blocages observés lors de l'analyse, nous commençons par étudier les caractéristiques des acteurs intervenant dans la situation qui nous préoccupe suivant les cinq dimensions proposées par Kervern.

Mais auparavant, nous allons décrire plus précisément ce qu'induisent les termes de données, modèles, objectifs, règles et valeurs pour Georges-Yves Kervern.

## **2.2 Détails des cinq dimensions**

Les cinq dimensions développées dans le modèle de l'hyperespace du danger sont [KERVERN 1995, KERVERN 1999] :

1. Les données : dimension des faits de mémoire de l'histoire et des statistiques. C'est notamment ce que l'on mesure ou que l'on devrait mesurer (données physiques sur les procédés, données statistiques sur les pannes ou les dysfonctionnements, données économiques,...).
2. Les modèles : dimension des représentations et modèles élaborés à partir des faits. Les modèles sont les systèmes de représentation de la réalité. Ils peuvent être implicites, c'est à dire issus de la connaissance non formalisée des acteurs ou explicites, c'est à dire décrits de manière formelle sur des supports de communication.
3. Les valeurs : dimension qui met en jeu ce qui est posé comme vrai, beau, bien, selon des critères personnels ou sociaux, et sert de référence, de principe moral.[LAROUSSE 1999].
4. Les règles : dimension des normes, lois, règles, standards, routines et codes de déontologie, obligatoires ou de libre application. Cela se matérialise par exemple sous la forme de codes, lois, règlements, normes;...
5. Les objectifs : dimension caractérisant la volonté ou la motivation de chacun des acteurs ou réseau d'acteurs impliqués dans la situation étudiée.

Pour l'étude des dysfonctionnements et des blocages observés lors de la mise en place d'une analyse des risques dans les PME, il n'est pas nécessaire de faire appel à l'ensemble du modèle proposé par Kervern qui repose sur des développements théoriques et méthodologiques dont l'exposé sort des limites de cette thèse. Dans un souci de clarté de l'analyse, nous n'allons garder que le concept des cinq dimensions caractérisant les acteurs de la situation qui nous intéresse, décrire ces dimensions dans le cas présent, et voir quand et comment elles peuvent rentrer en conflit.

Dans le paragraphe suivant, nous allons décrire succinctement les données, modèles, objectifs, règles et valeurs qui caractérisent les deux acteurs principaux, les prescripteurs d'analyse des risques (telles que les CRAM, les DRIRE, etc) et les PME.

### **3 Acteurs**

#### **3.1 PME**

##### **3.1.1 Inventaire**

###### **☒ Les valeurs**

Comme nous l'avons vu dans le chapitre les concernant, les valeurs des PME sont fortement liées au chef d'entreprise. Cependant, si l'entreprise est la propriété d'actionnaires, ce sont alors les valeurs des actionnaires qui prédominent.

Si le chef d'entreprise possède son entreprise, les valeurs qui seraient plutôt mises en avant sont la valorisation de son travail et de celui de ses employés, la valorisation de ses initiatives et de ses investissements. Le chef d'entreprise veut que son travail soit fructueux et pérenne. Il se sent également investi d'une charge de responsabilité morale vis à vis de ses employés qui peut se traduire dans certains cas par un comportement paternaliste. Cette responsabilité morale est renforcée par une responsabilité pénale, entre autres, qui, elle, fait partie des règles qui s'appliquent à l'entreprise.

Dans les cas où l'entreprise n'est pas indépendante et est la propriété d'actionnaires, les valeurs prépondérantes sont alors plutôt des valeurs économiques : le profit, la rentabilité.

###### **☒ Les objectifs**

Les objectifs sont de nature essentiellement économique, liés à des contraintes de profit, de rentabilité et de croissance sans oublier l'objectif de pérennisation de l'entreprise qui est aussi un objectif fort pour le système de valeurs des employés (maintien de l'activité et de l'emploi).

###### **☒ Les modèles**

Les modèles, les systèmes permettant de représenter la réalité, sont pour l'entreprise les modèles avant tout économiques qui définissent les conditions dans lesquelles elle pourra atteindre ses objectifs de croissance par exemple. L'entreprise possède par ailleurs peu de



modèles propres, elle modélise peu son fonctionnement. Ces carences en modèles se traduisent parfois par des carences en documents décrivant son fonctionnement, ses procédés, ses flux, les dangers présentés par ses installations, etc.

#### ☒ Les règles

Les règles qui s'appliquent dans une PME ont deux origines possibles : les règles internes (procédures de travail,...), qu'elle se dicte elle-même, et les règles externes que son environnement (clients, institutions,...) lui dicte. Ces règles peuvent être d'application obligatoire (règles législatives et réglementaires,...) ou non (normes ISO, lois du marché,...). Les règles externes doivent, pour être appliquées dans l'entreprise, se traduire par des règles internes.

#### ☒ Les données

Les données de l'entreprise sont l'ensemble des éléments que l'entreprise mesure, quantitativement ou qualitativement pour connaître, par exemple, son état de fonctionnement dans son environnement économique (chiffre d'affaire, marge,...), ou tout autre environnement : physique extérieur par exemple (mesure des concentrations de métaux dans les rejets liquides) ou commercial (nombre de pièces traitées, nombre d'insatisfactions des clients, etc),...

### 3.1.2 Articulation

L'ensemble de ces cinq notions nous aide à comprendre le fonctionnement de la PME. On observe que, suivant le contexte dans lequel se trouve l'entreprise, ces cinq dimensions, qui ne sont pas indépendantes, vont s'articuler d'une certaine façon et guider son comportement.

Dans un contexte économique, c'est principalement le modèle externe du marché qui va dicter les objectifs de l'entreprise.

Face au risque, on observe que la plupart des règles suivies par l'entreprise découle, d'une part de ses valeurs (valeurs "sécurité - prévention"), et d'autre part des règles extérieures comme les règles législatives. Cet ensemble de règles (internes et externes) va ensuite permettre à l'entreprise de définir ses objectifs en matière d'analyse des risques (en faire une ou pas, pour atteindre quels buts,..). Pour la réalisation de ces objectifs, l'entreprise va alors faire appel à

des modèles (modèles de compréhension du risque par exemple) qui, pour fonctionner, devront être nourris de données.

On retrouve à travers ce processus les différentes phases de mise en œuvre d'une analyse de risque dans la PME. Et on peut concevoir que ce soit dans cette articulation entre les valeurs, les règles, les objectifs, les modèles et les données que se joue le succès d'une analyse de risques.

## **3.2 Institutions**

### **3.2.1 Inventaire**

#### Les valeurs

Les institutions, notamment par le biais de la législation, mettent l'homme et l'environnement au centre de leurs préoccupations. Pour la protection de ces entités, elles sont prêtes à remettre en cause la valeur fondamentale des entreprises, la valorisation du travail et de l'investissement. On voit déjà s'esquisser un conflit de valeurs qui peut être à l'origine des réticences des industriels vis à vis de l'analyse des risques.

#### Les règles

Les institutions sont elles-mêmes émettrices de règles notamment à travers la législation et la réglementation. Ces règles sont directement liées à la valeur principale, l'homme. A travers ces règles, elles explicitent leurs propres valeurs, fixent des objectifs aux entreprises mais aussi font implicitement appel à des modèles de représentation du risque.

#### Les objectifs

On peut distinguer deux types d'objectifs pour les institutions. Leur objectif principal est la protection et la préservation de l'homme, notamment au travail (avec les CRAM) ou comme composante active de l'environnement (avec les DRIRE<sup>26</sup>). De cet objectif principal découle un objectif secondaire, qui dicte leur action, à savoir l'émission de règles pour protéger l'homme.

### ☒ Les modèles

Les modèles que les institutions traduisent dans les règles sont souvent des modèles très simplifiés de la réalité. Même si les institutions utilisent dans leurs recherches des modèles complexes d'apparition des accidents par exemple, elles ne les intègrent pas forcément dans les règles qu'elles émettent. Ces règles, dans certaines circonstances peuvent se révéler insuffisantes pour atteindre les objectifs que fixent les institutions ou pour combler les lacunes identifiées dans les PME.

### ☒ Les données

Les institutions ont peu de prise sur les données dont l'utilisation est rendue nécessaire par les modèles auxquels il est fait référence dans les règles. Ces données leur sont externes principalement.

Il faut distinguer les données relatives à la maîtrise des procédés et processus de production et, du coup aux risques associés et celles qui sont relatives à l'occurrence d'accidents et à la maîtrise statistique des accidents.

Les institutions produisent les deux (modèles et données physiques à l'INRS et à l'INERIS par exemple, données statistiques au niveau de la CRAM).

Dans le premier cas, c'est l'accès à ces modèles et données ainsi que leur utilité pour des processus et procédés typiques des PME qui pose problème. Dans le second cas, c'est la finalité de ces données statistiques qui ne correspond pas à la finalité des PME (mais constitue cependant un indicateur indispensable de la maîtrise des risques en général).

## **3.3 Conclusion**

A la vue de la description des cinq dimensions pour les PME et les institutions, on peut déjà entrevoir pour ces deux types d'acteurs un décalage entre leurs valeurs qui va se traduire probablement pour l'entreprise par un décalage entre les règles qu'elle utilise et les règles que lui imposent les institutions. Dans un même temps, on a également observé une lacune de modèles et une pénurie de données dans le domaine de la sécurité, pour la PME, lacune qui va sûrement gêner la mise en place de l'analyse des risques.

---

<sup>26</sup> DRIRE : Direction Régionale de l'Industrie, la Recherche et l'Environnement

Notre but, dans la partie suivante est de déterminer précisément les causes qui vont perturber la mise en œuvre de l'analyse des risques dans la PME, en relation avec l'articulation des cinq dimensions. Pour cela, nous allons détailler le processus global de mise en place de l'analyse des risques dans une entreprise, décrire à chaque étape comment interviennent les acteurs et les cinq dimensions qui leurs sont associées. Cette analyse permettra ensuite de proposer des pistes d'amélioration.

## **4 Analyse des résultats à l'aide des notions de valeurs, règles, objectifs, modèles, données**

### **4.1 Introduction**

Au cours de notre expérimentation, nous avons observé l'expression des conflits et des manques susceptibles d'être à l'origine des blocages apparaissant lors de l'analyse des risques. Nous les analyserons en suivant le déroulement de la mise en place de l'analyse des risques tel que nous l'avons réalisée. Nous allons donc scinder cette analyse en cinq modules :

- le module d'initiation de la méthode,
- le module de définition des objectifs,
- le module de mise en œuvre de l'analyse des risques,
- le module de pérennisation des conclusions de l'analyse des risques,
- le module d'obtention et de pérennisation des résultats en matière de prévention.

Chaque point, chaque module, va faire apparaître une ou plusieurs notions développées par Kervern sur lesquelles il sera possible de travailler par le biais de propositions (§5).

### **4.2 Initiation de la méthode : un conflit de valeurs**

La prise de décision conduisant à la mise en place d'une analyse des risques dans une PME résulte, dans la plupart des cas, de l'application de règles, imposées à l'entreprise par les institutions (article L230-2 [CODE DU TRAVAIL]).

Ces règles sont la traduction de valeurs dont nous avons vu qu'elles pouvaient entrer en conflit avec les valeurs de l'entreprise. Le principe même de l'imposition d'une règle est perçu par de nombreux chefs d'entreprise comme une entrave à leur activité et à leur liberté d'entreprendre. Ce conflit de valeurs est sans doute la première cause du manque de motivation des entreprises pour l'analyse des risques.

Pour qu'une règle soit efficacement traduite dans le fonctionnement de l'entreprise, elle doit être appliquée avec suffisamment de motivation et être intégrée comme une valeur de l'entreprise (voir Figure 38).

Au delà donc de la mise en œuvre de l'analyse, c'est aussi son efficacité qui est mise en cause.

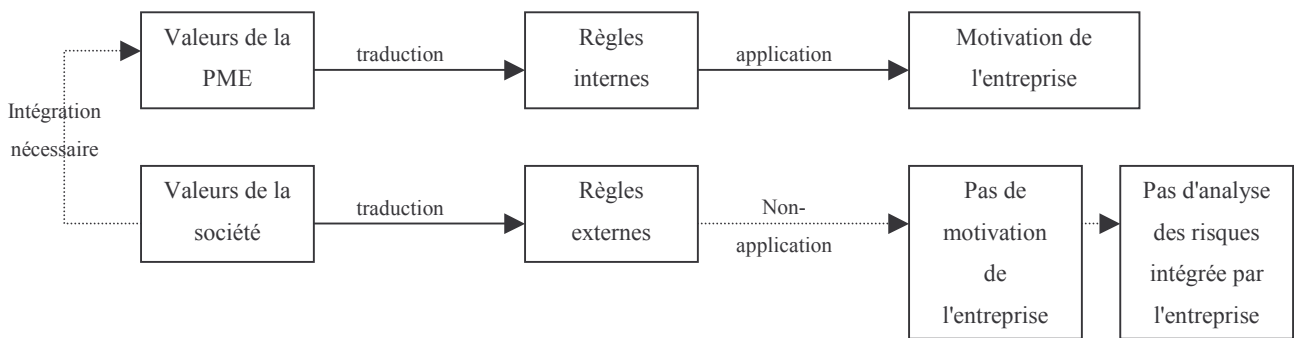


Figure 38 : Schématisation du processus conduisant à la motivation de l'entreprise pour l'application de règles

Naturellement, les conséquences de ce manque de motivation sur la décision de mettre en place une analyse des risques n'ont pas pu être observées au cours de notre expérimentation, les trois entreprises ayant été sélectionnées par nos partenaires en raison de leur acceptation de l'analyse.

En revanche, le manque de motivation de l'entreprise a été observé tout au long de l'expérience. Il s'est manifesté notamment par le manque de stabilité du groupe de travail (quand ce manque de stabilité n'était pas dû au besoin ponctuel de compétences) (voir Tableau 17 : synthèse des résultats de l'étape 1).

A ce conflit implicite de valeurs viennent se greffer des difficultés dues à des manques de modèles de représentation des risques dans l'entreprise. L'entreprise ne connaît ou n'intègre pas naturellement le modèle employé couramment par les institutions qui veut qu'une ou des conséquences soient l'expression d'une ou plusieurs causes.

Cela s'observe, dans notre expérimentation, par le fait que le modèle MADS n'est pas immédiatement compris par la PME. Ceci est à rapprocher du fait que les entreprises A et B n'analysent pas formellement leurs accidents et ne connaissent pas le modèle de l'arbre des causes pour l'analyse des accidents a posteriori. Ce n'est pas le cas pour l'entreprise C qui possède un CHSCT.

Si dans l'entreprise, on n'a pas conscience du modèle (présent dans la plupart des méthodes d'analyse des risques) qui sous-entend qu'il est possible d'entreprendre des actions sur les causes pouvant avoir des répercussions bénéfiques sur les conséquences, l'entreprise ne comprendra jamais vraiment dans quel processus s'intègre l'analyse des risques.

Le deuxième modèle manquant à l'entreprise, qui est implicite pour les institutions, même s'il n'a pas encore été démontré de manière formelle [TRONTIN 1999], est le modèle qui considère que les accidents engendrent des pertes dans l'entreprise et dans la société (pertes humaines, pertes financières, pertes matérielles, etc), que ces pertes ont une influence sur la pérennité de l'entreprise, mais surtout que la maîtrise des risques permet de les réduire considérablement. Ce modèle pourtant déjà repris par d'importants cabinets de conseil [DNV 1998] n'est pas intégré par la PME, elle ne crée pas de règles s'y rapportant.

Pour conclure, nous pouvons dire que si les valeurs de l'entreprise ont intégré les valeurs de la société, où si la pression des institutions est telle que l'entreprise est dans l'obligation absolue de respecter les règles des institutions (sans forcément les intégrer), l'entreprise franchit l'étape dite d'initiation de l'analyse des risques.

#### **4.3 Définition des objectifs : interaction des valeurs et des modèles**

Les règles et les valeurs de l'entreprise (et des institutions) vont en partie déterminer ses objectifs. Ceux-ci conduisent à utiliser l'analyse des risques en vue de protéger une ou plusieurs cibles potentielles du danger (l'homme, mais aussi l'environnement ou les installations).

Une fois les objectifs à prendre en compte fixés, vient alors l'étape du choix de la méthode. Cette méthode ne va pas seulement imposer un modèle de représentation du processus d'apparition d'un accident mais aussi induire des objectifs.

Les objectifs définissent les cibles à protéger, mais aussi à partir de quel niveau de risque et comment les protéger.

La méthode MOSAR est bâtie autour des concepts de la sûreté de fonctionnement qui définissent le risque en fonction de sa probabilité et de sa gravité. Ce modèle conduit implicitement à fixer comme objectifs : la baisse de la gravité et de la probabilité des accidents potentiels.

Ce modèle probabiliste sur lequel repose la méthode MOSAR n'est pas celui adopté par la réglementation dans laquelle la notion de risque n'est d'ailleurs pas définie de manière très rigoureuse. Par ailleurs ce modèle était jusqu'alors inconnu dans nos trois entreprises test, il ne faisait pas partie de leur culture.

Nous sommes confrontés à une étape où il est nécessaire d'utiliser un modèle de risque pour permettre la mise en œuvre d'une analyse alors qu'aucun des acteurs principaux de l'analyse ne connaît ce modèle. Cette absence de connaissance du modèle est visible dans la phase expérimentale lors de l'étape d'évaluation des risques : l'entreprise a besoin d'un exemple pour comprendre les indicateurs de gravité et de probabilité, et a besoin de construire les échelles d'évaluation avant l'évaluation elle-même pour mieux visualiser ces indicateurs (voir Tableau 22 : synthèse des difficultés de l'étape 3). Au niveau des institutions, cette non utilisation du modèle est apparente dans l'article L 230-2 du code du travail dans lequel on impose l'évaluation des risques sans toutefois proposer d'indicateurs pour cette évaluation. Ceci est en revanche moins vrai pour les lois et règlements concernant les installations classées au titre de la protection de l'environnement (ICPE) [LEGIS 1976] qui font intervenir la notion d'occurrence [ARR 2000] mais surtout la notion de gravité [ARR 2000, DIR 1982, LEGIS 1976, ARR 1977].

Les difficultés ne se limitent pas à l'intégration par les acteurs des notions de gravité et de probabilité. Ce modèle introduit aussi implicitement une notion d'acceptabilité pour la détermination des objectifs de prévention à atteindre. Dans la méthode MOSAR, l'étape de détermination de cette limite est explicitée sans que les acteurs devant prendre part à sa détermination soient définis précisément. Pour que le processus de la mise en place de l'analyse des risques dans la PME ne soit pas interrompu, il est indispensable que l'entreprise participe à cette détermination. Pour que les institutions se satisfassent également des résultats de l'analyse, il est également indispensable qu'elles prennent part à cette fixation ce qui n'est en général pas le cas. Ce travail, idéalement conjoint, peut être l'occasion de voir se manifester à nouveau les conflits de valeurs mais aussi les difficultés liées à la compréhension du modèle par les deux acteurs.

Dans notre expérimentation, seule l'entreprise participait à cette définition, ce qui n'a, naturellement, pas entraîné de conflit lors de la négociation (étape 4 de MOSAR). Cependant les institutions risquent de ne pas être satisfaites du résultat de l'analyse des risques lorsqu'elles en auront eu connaissance.

#### **4.4 Mise en œuvre : besoin de modèles et de données**

La mise en œuvre de l'analyse repose, comme la définition des objectifs, sur un modèle général du risque ( $\text{Risque} = \text{Gravité} * \text{Probabilité}$ ), qui néanmoins n'est pas le seul modèle à intervenir.

Lorsque, dans la méthode MOSAR, l'analyste associé et le groupe de travail sont amenés à établir la liste des sources de danger, pour déterminer si un équipement, une installation ou un produit, est une source de dangers, il leur est indispensable de connaître deux types de modèles :

- dans un premier temps les modèles de fonctionnement de l'installation, les procédés et les processus chimiques, électriques, physiques, biologiques, etc mis en jeu dans l'entreprise. Ces connaissances sont a priori plus facilement détenues par les membres de l'entreprise (dans le cas où l'analyste serait une personne extérieure).
- dans un second temps, les processus d'apparition des dangers et les modèles qui y sont reliés. Par exemple, comment peuvent apparaître un incendie (réaction chimique exothermique, auto-inflammation d'un mélange, dépassement du point éclair d'un mélange, etc.), une explosion (les différents types d'explosion : par surpression, par mélange détonant, etc.), une intoxication,...

Nous voyons aussi que ces modèles font appel à un certain nombre de données.

Dans le cadre de notre expérimentation, nous avons observé des carences pour ces deux types de modèles, le groupe ne connaissait pas forcément les processus mis en jeu par ses installations, et connaissait encore moins les processus d'apparition des dangers. Le niveau de connaissance des processus de fonctionnement était souvent inversement proportionnel à la complexité et à la technicité de ce processus. Pour les modèles de processus de danger, on observe que la méthode MOSAR, dans sa grille 1 (voir Annexe 3) propose les conséquences des processus de danger mais n'explique pas le détail des processus dans leur intégralité.

Ces lacunes en modèles (et en données associées) se traduisent par des difficultés dans le déroulement de l'analyse qui ont particulièrement été observées lors de l'étape 2 d'identification des scénarios d'accidents (voir Tableau 20 : Synthèse des difficultés de l'étape 2).

Il faut aussi parler de la difficulté relative au modèle gravité/probabilité et à sa mise en œuvre dans un contexte où les données, notamment en ce qui concerne les probabilités, sont très difficiles à obtenir. Ce modèle implique une approche quantitative qui se révèle souvent



impossible par manque de données. L'évaluation qualitative reste peu traitée sur le plan méthodologique et mériterait une attention particulière.

#### **4.5 Pérennisation des conclusions de l'analyse des risques : pénurie de règles internes pour l'acquisition de données**

L'analyse des risques peut fournir des résultats intéressants au moment où elle est mise en œuvre (nourrie de modèles et de données). Sa durée de validité est très courte dans le cas, le plus fréquent, où les installations de l'entreprise se transforment. Au bout d'un certain temps, les barrières alors définies par la méthode d'analyse ne sont plus forcément adaptées, et l'entreprise aura le sentiment fondé d'un bénéfice temps investi/utilité de l'analyse très faible. C'est un des points de blocage apparaissant à la fin de l'analyse MOSAR et qui est imputable à trois facteurs : les données, les règles mais aussi les modèles.

Pour qu'une entreprise fasse "vivre " son analyse, il est nécessaire qu'elle intègre cette règle de suivi des installations et d'adaptation de l'analyse dans son fonctionnement pour pouvoir en continu (ou presque) récolter les données qui sont nécessaires à cette adaptation. Comme pour l'étape de détermination des objectifs, cette règle d'actualisation existe sous forme de règle externe. (voir Annexe 9 : Extrait du code du travail [CODE DU TRAVAIL]) : "Le chef d'entreprise doit prendre des mesures comprenant des actions de prévention des risques professionnels, d'information et de formation ainsi que la mise en place d'une organisation et de moyens adaptés. Il doit aussi veiller à l'adaptation de ces mesures pour tenir compte du changement des circonstances et tendre à l'amélioration des situations existantes".

Ce principe d'adaptation des mesures est imposé par les institutions mais son application dépend de l'intégration de cette règle d'actualisation dans les règles internes de l'entreprise.

Si l'entreprise a intégré d'une façon ou d'une autre cette règle, il lui est alors nécessaire pour la mettre en application de recueillir les données relatives aux variations de ses installations pour en déduire la présence, la probabilité et la gravité de nouveaux risques et éventuellement la disparition d'autres. Pour intégrer ces nouvelles données dans sa base d'analyse, il lui faut aussi un dispositif d'intégration de nouvelles données, un module qui permettrait de mettre à jour l'analyse des risques sans la refaire entièrement (élimination ou ajout de sources de danger, ajout de scénarios, transformation des scénarios longs, etc.).

Cette difficulté n'est pas apparue de façon aiguë lors de notre expérimentation qui n'avait pas pour but de suivre la vie de l'analyse dans le temps. Nous avons tout de même constaté que lors de la mise en place des barrières, ultime étape de MOSAR, certains scénarios étaient à supprimer ou à modifier à la vue de modifications des équipements, ou de l'organisation, intervenues durant le temps de l'analyse (étape 5). MOSAR ne propose pas de modèle d'évolution permanente de l'analyse pour tenir compte des transformations de l'installation.

#### **4.6 Pérennisation dans le temps et obtention de résultats : carence de règles ou de modèles**

Pour les institutions surtout, le résultat d'une analyse des risques doit mener à leur prévention (pour la préservation de l'homme). Dans ce but, l'analyse doit suivre les évolutions des installations de l'entreprise dans le temps pour conduire à la baisse de la gravité et de la fréquence des accidents non pas potentiels mais effectifs dans le temps.

Dans ce but, les institutions ont mis en place des indicateurs (les principaux étant le taux de fréquence et le taux de gravité des accidents) pour contrôler l'efficacité de la prévention dans les entreprises. Par le biais de la cotisation sur les accidents du travail, les institutions tentent d'imposer une incitation à l'amélioration de la prévention des accidents aux entreprises. Comme les autres règles, cette incitation, tant qu'elle n'est pas intégrée par l'entreprise, c'est à dire tant que l'entreprise ne l'a pas traduite en règle interne, est peu efficace. Dans ce cas, le problème de l'intégration de cette règle peut être dû au mode de tarification des PME (tarifications collectives ou mixtes : voir §3.1.4, Chapitre 4, Modes de tarification de la CRAM p.63) ou aux indicateurs mis en place par les institutions qui ne sont pas, pour la PME, significatifs ou représentatifs d'une gestion insuffisante de la sécurité (problème de modèle :  $\text{Risque} = \text{Probabilité} * \text{Gravité}$ ).

Dans le cas où ces indicateurs seraient assimilés par l'entreprise, on pourrait alors envisager un modèle plus global, un processus d'amélioration continue des performances de l'entreprise en matière de sécurité.

#### **4.7 Conclusion**

A travers l'analyse des résultats de notre expérimentation grâce aux cinq concepts développés par Kervern (valeurs, règles, objectifs, modèles, données), nous remarquons que le

déroulement d'une analyse des risques peut être principalement compromis par des blocages reliés aux notions de valeurs et de modèles.

Les propositions et pistes d'améliorations que nous allons présenter dans la partie suivante sont donc plus particulièrement axées sur ces deux concepts. Les trois autres dimensions (objectifs, règles et données) découlent souvent, dans le contexte de l'analyse des risques, des deux premières.

## **5 Propositions, pistes d'évolution**

Pour proposer une méthodologie d'analyse des risques qui soit adaptée aux PME, nous suggérons des pistes d'évolution concernant à la fois les caractéristiques de la méthode à appliquer et les conditions de mise en œuvre qu'il faut pouvoir créer ou provoquer afin de rendre la méthode plus efficace.

Ces pistes d'évolution sont de deux types :

- ☒ Les propositions de modifications :
  - relations institutions / PME : dialogue et sensibilisation sur le plan des valeurs et des modèles
  - apports directs à la méthode en terme de modèles et de données
  - ....
  
- ☒ Les pistes de recherche :
  - recherche de modèles plus adaptés aux valeurs et données de la PME
  - recherche de valeurs communes entre démarche "qualité" et démarche "sécurité"
  - ...

### **5.1 Sensibilisation et dialogue sur le plan des valeurs**

Dès la phase d'initiation de l'analyse, le rapprochement des valeurs des entreprises et des institutions afin d'assurer l'absence de conflit entre ces valeurs semble indispensable. Comme notre analyse le montre, sans ce rapprochement, ce consensus, les règles imposées par les institutions ne seront jamais vraiment intégrées et traduites en règles internes de fonctionnement de l'entreprise.

Pour effectuer ce rapprochement, on peut alors entrevoir deux solutions possibles pouvant intervenir conjointement :

- Les entreprises intègrent les valeurs de la société. Cette intégration peut se faire par des actions de sensibilisation venant des institutions en montrant que l'une des valeurs fondamentales de l'entreprise (la reconnaissance et la valorisation du travail) passe par l'homme. L'entreprise a en effet tendance à considérer l'homme comme un élément difficilement contrôlable et source de dysfonctionnement en oubliant son rôle essentiel dans l'atteinte des objectifs de l'entreprise.

Cette intégration des valeurs sociétales par l'entreprise passe aussi par la démonstration du modèle intuitif qui veut qu'un accident crée des pertes et entame la pérennité de l'entreprise en amenuisant la valorisation du travail et que la maîtrise des risques est susceptible de réduire ces pertes. Cela conduit au développement d'une culture de sûreté. Cette démonstration est un élément fondamental sur lequel il serait intéressant de faire porter des recherches en collaboration étroite avec les PME. Cela pourrait également donner de bonnes pistes pour la découverte d'indicateurs pertinents

- La société intègre les valeurs de l'entreprise. Cette intégration peut s'effectuer en mesurant par exemple le niveau de la sécurité et de sa gestion, par des indicateurs (voir paragraphe suivant) admis par la PME, du type économique (reflet de la valorisation du travail ).

Il existe déjà des indicateurs mis en place par les institutions (taux de gravité, taux de fréquence des accidents, volume de pollution,...) mais qui ne sont pas souvent en rapport avec les indicateurs économiques sur lesquels l'entreprise ajuste son fonctionnement, bien que ces indicateurs, s'ils sont jugés insuffisants, aient des conséquences économiques (pénalités). Le montant de la cotisation payée à la CRAM, pourrait, par exemple, servir d'indicateur, le nombre de jours de travail perdus aussi (indicateur existant déjà dans les entreprises),...

Une autre piste d'amélioration serait d'intégrer la démarche "sécurité" et les valeurs des institutions qui y sont associées dans une démarche plus développée et plus familière faisant partie maintenant des règles internes de la majorité des entreprises, la démarche "qualité". Cette démarche qualité permet en effet déjà de gérer des dysfonctionnements et des aléas à composantes chroniques ou événementielles et pourrait assimiler de nouveaux indicateurs.

Cependant, cette solution déjà proposée de nombreuses fois par le monde de la prévention, n'est pas vraiment envisageable tant que les liens réels entre qualité et sécurité n'ont pas été étudiés attentivement [FAVARO 1999]. La démonstration de ces liens intuitifs est également une piste de recherche à ne pas négliger.

La confrontation des valeurs de nos acteurs (PME et institutions) a des effets également dans la définition de la notion d'acceptabilité des risques (notion faisant partie intégrante des méthodes du type MOSAR). Tant que les institutions ne prendront pas part à la définition de cette notion employée par de nombreuses méthodes d'analyse des risques, les résultats de ces analyses leur laisseront un sentiment d'insatisfaction. L'entreprise mettra alors peut-être en œuvre une analyse dénuée de sens pour elle, afin de respecter les règles des institutions, et les institutions risquent de ne pas être satisfaites.

## **5.2 Sensibilisation et formation sur le plan des modèles**

La sensibilisation et la formation du personnel de l'entreprise au modèle fondamental utilisé par la majorité des méthodes d'analyse des risques, le modèle causes / effets, permettraient certainement de convaincre l'entreprise de son pouvoir d'action dans le déroulement d'un processus de danger.

Ce modèle, à fruit d'une approche rationnelle peut être, par exemple, le modèle MADS de MOSAR. Le modèle MADS permet de formaliser le fait qu'une ou plusieurs causes entraînent des effets de type accidentel (humains, matériels,..) , et que ceux-ci peuvent devenir alors la cause d'autres effets (humains, économiques,..) tout en soulignant ou révélant les différents points où l'on peut agir dans le processus.

## **5.3 Recherche sur le plan des modèles (hormis le modèle causes / effets déjà cité)**

Pour la PME, il est indispensable d'adapter à son contexte le modèle du risque utilisé : Risque = f (Gravité; probabilité). Ce modèle s'appuie en effet sur des notions qui, sous leur forme actuelle, ne sont ni parlantes pour la PME ni facilement mises en œuvre dans ce contexte. Une recherche semble donc nécessaire pour transposer ce modèle et le rendre accessible aux PME. La traduction de ce modèle pourrait conduire à l'utilisation d'indicateurs pertinents qui ensuite

serviraient à définir les objectifs (limite d'acceptabilité,...), ces indicateurs n'auraient peut-être pas tous le même poids.

S'il est possible de trouver une traduction des notions de gravité et probabilité en terme d'indicateurs exploitables par la PME, ces nouveaux indicateurs pourraient alors être mis en œuvre dans les règles des institutions et des PME pour fixer des objectifs et des procédures d'amélioration continue des performances de l'entreprise. L'amélioration des performances de l'entreprise ne serait plus alors due à un rappel de règles et une intervention des institutions dans l'entreprise lorsque l'un des indicateurs des institutions (taux de fréquence ou taux de gravité des accidents par exemple) "sonne" l'alarme.

#### **5.4 Apports sur le plan des modèles (et des données)**

Lorsque l'analyse des risques est initiée et que ses objectifs sont fixés, les difficultés portent alors surtout sur la mise en œuvre des outils proposés par la méthode, elles ont trait principalement aux modèles et données.

Dans le contexte de la PME, il peut donc sembler utile de proposer en complément à la méthode :

- des modèles de fonctionnement des équipements, et processus (chimiques, physiques, etc) utilisés dans l'entreprise,
- des modèles de processus d'apparition ou de création des risques.

Ces deux types de modèles, pour être utilisés efficacement par l'entreprise, doivent être nourris de données. Un système d'assimilation et d'utilisation du retour d'expérience serait susceptible de fournir ces deux types de modèles et une partie des données associées.

Un tel système peut contenir des modèles d'apparition des dangers en faisant intervenir les équipements et produits mis en jeu. Il peut également décrire, quand cela est nécessaire, les processus de fonctionnement des équipements et procédés impliqués dans le processus de création du danger. La PME, du fait de sa petite taille, possédant un nombre d'expériences à assimiler et à exploiter limité, il serait également utile que les outils de "retour d'expérience" puissent engranger les acquis d'autres entreprises situées dans le même secteur d'activité.

Le développement et la mise en œuvre de tels systèmes de retour d'expérience impliquent des développements méthodologiques. Ils impliquent aussi de mettre en place des structures reposant sur des organismes centralisateurs à même de palier le problème posé par le

morcellement du tissu industriel des PME. Un tel système est en cours de développement pour l'activité du traitement thermique [CETIM 2000].

Ce processus d'utilisation et d'assimilation de données par l'intermédiaire des outils de retour d'expérience demande un enrichissement continu, qui doit aussi être géré par des règles, traduites en interne par des procédures usuelles de travail.

## **6 Conclusion**

Les difficultés et blocages observés lors de notre expérimentation peuvent s'interpréter comme étant l'expression principale :

- de conflits de valeurs entre les institutions et les entreprises,
- de l'absence de certaines connaissances sur les risques, leurs modèles d'apparition et leurs modèles de représentation, pour les PME,
- de problèmes de choix de représentation du risque par les institutions, à mettre en adéquation avec les modèles des PME.

Pour parvenir à mettre en place et réussir une analyse des risques dans les PME, il semble donc important de proposer des pistes d'évolution à la fois de la méthode et de la démarche pédagogique à adopter pour minimiser les conflits et combler les carences. Ces suggestions concernent principalement la formation et la sensibilisation de l'entreprise aux modèles de compréhension et de représentation des risques, la recherche de modèles d'évaluation des risques adaptés aux données disponibles dans les PME et le dialogue entre les institutions et les entreprises pour qu'elles puissent ensemble définir des objectifs communs.

Ces propositions ne concernent pas seulement la méthode mais la démarche entière de mise en place d'une analyse des risques qui commence par l'initiation de la démarche d'analyse dans l'entreprise et se termine par la mise en place d'un module de pérennisation des résultats de cette analyse.

## **CONCLUSION et PERSPECTIVES**



Dans le but de respecter les principes généraux de prévention définis notamment par la législation sur la protection des travailleurs, une entreprise doit effectuer une analyse des risques. Les petites et moyennes entreprises appliquent très peu ce principe.

Ceci peut provenir d'un manque de motivation qui peut notamment être dû à l'inadaptation des méthodes d'analyse mises à la disposition des PME. Nous avons donc choisi d'étudier cette inadaptation en analysant les blocages apparaissant lors de la mise en place expérimentale d'une de ces méthodes.

Les méthodes d'analyse des risques étudiées se répartissent en trois familles principales :

- les méthodes d'audit et de vérification qui, parce qu'elles nécessitent l'établissement initial d'un référentiel, sont inadaptées aux PME compte tenu de leur trop grande diversité,
- les méthodes d'ergonomie qui demeurent centrées sur l'analyse du poste de travail, et de ce fait, n'autorisent pas une analyse de risques exhaustive,
- les méthodes issues du courant de la sécurité des systèmes qui se caractérisent par une approche générique des risques s'appuyant généralement sur un modèle d'accident.

Parmi ces méthodes, la méthode MOSAR que nous avons retenue, constitue une des plus complètes puisqu'elle aborde l'ensemble des étapes classiques de l'analyse : de la définition du système à la mise en place de barrières de prévention. C'est aussi une des plus structurées. Elle s'appuie sur le modèle d'accident MADS dont le caractère générique permet a priori d'envisager l'analyse de tout type de danger, dans tout type de contexte.

C'est donc la méthode MOSAR que nous avons expérimentée dans trois PME de la région Rhône-Alpes.

Afin de mieux cerner le domaine d'expérimentation, nous avons tout d'abord défini les PME et leurs caractéristiques principales pour ensuite préciser le domaine dans lequel nous allions tester la méthode caractérisée dans l'étape précédente.

Le terrain, pour être "idéal" devait appartenir à un domaine d'activité présentant des risques importants pour l'homme et son environnement. Nous avons retenu le traitement de surface,

considéré par la CRAM comme un secteur d'activité fortement générateur d'accidents, et dont la plupart des installations sont classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

Nous avons retenu trois PME de traitement de surface situées dans la région Rhône-Alpes ayant des effectifs de 5, 48 et 173 personnes dont nous avons étudié les caractéristiques générales (chiffre d'affaires, structure, volume de production,...) et les moyens dont elles disposaient pour la gestion des risques.

Dans chacune de ces entreprises, nous avons appliqué la méthode MOSAR qui nous a permis:

- d'identifier les sources de danger,
- d'identifier les risques principaux et les scénarios qui leur sont associés,
- d'évaluer ces risques en terme de gravité et de probabilité,
- de définir pour chaque entreprise la limite d'acceptabilité dans une grille Gravité/Probabilité,
- d'identifier les barrières qui peuvent être mises en place pour réduire la gravité ou la probabilité de chaque scénario dont le traitement a été jugé nécessaire.

MOSAR s'est donc révélé un outil efficace d'analyse des risques. Cependant, et c'est là le but de notre travail, au cours de l'analyse, nous avons pu mettre en évidence des blocages. Certains ont pu être contournés par des adaptations immédiates de la méthode, d'autres, au contraire, demeurent irrésolus et constituent des pistes de travaux de recherche ultérieurs.

Nous avons ensuite effectué l'analyse des blocages en utilisant les principes des cindyniques développés par Georges-Yves Kervern, axés sur l'interprétation des dysfonctionnements par les décalages ou les lacunes pouvant intervenir au niveau des valeurs, modèles, données, règles et objectifs de chacun des acteurs de la situation où se produit le dysfonctionnement. Nous avons étudié deux acteurs particuliers que sont les institutions de prévention et les PME.

Cette analyse nous a permis de déduire que les dysfonctionnements ou blocages que nous observions lors de l'expérimentation sur le terrain provenait probablement :

- de conflits de valeurs entre les institutions et les entreprises,
- de l'absence de certaines connaissances sur les risques, leurs modèles d'apparition et leurs modèles de représentation pour les PME, associée à une méconnaissance des phénomènes physiques mis en œuvre dans leurs procédés et équipements,

- de problèmes de choix de représentation du risque par les institutions, à mettre en adéquation avec les modèles des PME.

Dans le but de minimiser ces conflits et de combler ces carences, nous proposons les évolutions suivantes :

- la formation et la sensibilisation de l'entreprise aux modèles de compréhension et de représentation des risques,
- le dialogue entre les institutions et les entreprises pour la définition conjointe d'objectifs.
- la recherche :
  - de modèles d'évaluation des risques adaptés aux préoccupations des PME et aux données dont elles disposent qui permettraient éventuellement une approche qualitative de l'évaluation de la gravité,
  - des conditions d'intégration d'un ensemble de cibles plus larges (avec les modèles de représentation du risque adaptés), pour ensuite mettre en commun les connaissances de l'entreprise et aboutir à un objectif idéal latent, l'intégration des démarches de gestion de la qualité et de la sécurité.

On peut noter que ces conclusions et propositions ne touchent pas uniquement la méthode d'analyse des risques appliquée dans les entreprises, mais concernent également la démarche complète de mise en place d'une analyse.

Les conclusions de notre étude s'appuient sur un échantillon restreint de PME d'un secteur d'activité particulier. Elles sont fondées sur l'intuition que les difficultés rencontrées sont susceptibles d'être partagées par un ensemble plus large de PME. Il serait donc important de poursuivre ce travail, aussi bien sur le plan expérimental en terme de validation que sur le plan conceptuel à la lumière des propositions faites.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**[ARR 1977]** Décret du 21 septembre 1977 pour l'application de la loi n°76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement. J.O. du 8 octobre 1977.

**[ARR 2000]** Arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation (application de la directive SEVESO II), J.O. du 20 juin 2000.

**[CETIM 2000]** Bressy F., Gardès L., Debray B., Riout J., Analyse des risques en traitement thermique - 1<sup>ère</sup> phase, n°1C7321, Ed CETIM, septembre 2000, 37 p.

**[CNAM 2000]** Caisse Nationale de l'Assurance Maladie des travailleurs salariés, Statistiques nationales des accidents du travail, des accidents du trajet et des maladies professionnelles pour les années 1996, 1997 et 1998, Ed CNAM, 426p.

**[CODE DE L'ENVIRONNEMENT]** Code de l'environnement, Chapitre I du titre 5, <http://www.legifrance.gouv.fr>.

**[CODE DU TRAVAIL]** Article L 230-2 reprenant la loi 91-1414 du 31 décembre 1991, <http://www.legifrance.gouv.fr> .

**[CRAM 1996]** Base de données interne de la CRAM Rhône-Alpes, 1996.

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

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

**[ED LEG 2000]** Editions législatives, CD permanent sécurité et conditions de travail, juin 2000.

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

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

**[HIOTT 1987]** Hiott C., La galvanoplastie - Pourquoi et comment?, Ed Librairie de Traitements de Surface, 1987, 227p.

**[INRS 1990-1]** Monteau M., Favaro M., Bilan des méthodes d'analyse a priori des risques : 1-Des contrôles à l'ergonomie des systèmes, Cahiers de notes documentaires n°138, 1<sup>er</sup> trimestre 1990, 31p.

**[INRS 1990-2]** Monteau M., Favaro M., Bilan des méthodes d'analyse a priori des risques : 2-Principales méthodes de la sécurité des systèmes, Cahiers de notes documentaires n°139, 2<sup>ème</sup> trimestre 1990, 26 pages.

**[INRS 1996-2]** Pietruszynski M., Prévention des risques professionnels en France, structures et fonctionnement, Aide-Mémoire Juridique n°6, mise à jour de mai 1996, 11 p.

**[INRS 1996-1]** Institut National de Recherche et de Sécurité, Caisse Nationale d'Assurance Maladie, Les cotisations d'accidents du travail et de maladies professionnelles - tarification, cotisations supplémentaires et ristournes, avances, Aide-mémoire juridique n°9, juillet, Ed INRS, 1996, 18 p.

**[INRS 1996-134]** Favaro M., La prévention dans les PME 1- situation, Les notes scientifiques et techniques de l'INRS, n°134, janvier 1996, 55p.

**[INRS 1997-163]** Favaro M., La prévention dans les PME 2- Enquête : Prise en charge de la sécurité - représentation des risques, Les notes scientifiques et techniques de l'INRS, n°163, décembre 1997, 189p.

**[JULIEN 1997]** GREPME sous la direction de Julien P.A., Les PME - Bilan et perspectives, Ed Economica, 2<sup>ème</sup> édition, 1997, 321p.

**[JULIEN, MARCHESNAY 1987]** Julien P.A., Marchesnay M., La petite entreprise : principes d'économie et de gestion, Ed Vuibert, 1988, 288 p.

**[CINDYNICS 1994]** Van Santen T., Maîtrise des risques - Bilan et progrès - Les apports de l'IEC, 2<sup>ème</sup> Colloque International sur les Sciences du Danger, 17 -18 - 19 novembre 1994, p.131 à 194.

**[KERVERN 1995]** Kervern G.Y., Latest advances in cindynics, ed Economica, 1995, 112p.

**[KERVERN 1999]** Kervern G.Y., Le point sur les cindyniques au premier septembre, les cindyniques sciences du danger, 1999, Ecole d'été "Gestion scientifique du risque" du 6 au 1à septembre 1999 à Albi - France, <http://www.agora21.org/ari>.

**[KOMPASS 2000]** CDrom Kompass, Market I, France n°22, décembre 2000.

**[LACOURCELLE 1996]** Lacourcelle L., Traité de galvanoplastie, Ed Galva-conseils, 1996, 565 p.

**[LAFOREST 1999]** Laforest V, Technologies propres : Méthodes et minimisation des rejets et de choix des procédés de valorisation des effluents - Application au traitement de surface, thèse sci INSA de Lyon - ENSM/SE, 10 décembre 1999, 276 p.

**[LAROUSSE 1999]** Le Petit Larousse Illustré 1999 © Larousse, 1998

**[LE MOIGNE 1990]** Le Moigne J. L., La modélisation des systèmes complexes, 1990.

**[LE MOIGNE 1977]** Le Moigne J.L., La théorie du système général - théorie de la modélisation, Ed Presse Universitaire de France, 227p.

**[LEES 1986]** LEES F. P. | Loss Prevention in the process industrie , vol I et II, 1986.

**[LEGIS 1976]** Loi du 19 juillet 1976 relative à la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, n°76-663, J.O. du 20 juillet 1976.

**[LIEVENS 1976]** Lievens C., Sécurité des systèmes, 1976, 340p.

**[MAHE 1988]** Mahé de Boislandelle H., Gestion des ressources humaines dans les PME, Ed Economica, 1988, 322p.

**[MAHE 1998 ]** Mahé de Boislandelle H., Gestion des ressources humaines dans les PME, 2<sup>ème</sup> édition, Ed Economica, 1998, 432p.

**[PAPOUTSIS 1996]** Papoutsis C., Commission recommandation of 3 april 1996 concerning the definition of SME, Official Journal, n°L 107, 1996, pp.4-9.

**[PERILHON 1998]** Périlhon P., Du risque à l'analyse des risques : Développement d'une méthode MOSAR, méthode organisée et systémique d'analyse de risques, document de travail, janvier 1998.

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

**[PERSONNE 1998]** Personne M., Contribution à la méthodologie d'intégration de l'environnement dans les PME-PMI : Evaluation des performances environnementales, thèse sci : INSA Lyon - ENSM/SE, 16 janvier 1998, 294p.

**[SATS]** Syndicat national des entreprises d'applications de revêtements et traitements de surfaces, Rapport Les actions - les métiers, non daté, non paginé.

**[SITS 1998]** Syndicat général des industries de matériels et procédés pour les traitements de surfaces, Agence de l'eau, ouvrage coordonné par J. Rigaud et L.M. Girard, Traitement de surfaces : épuration des eaux, Editions SITS 1998, 287 p.



**[TORRES 1999]** Torrès O., Les PME, Ed Flammarion - DOMINOS, 112p.

**[TRONTIN 1999]** Trontin C., Evaluation du coût global des accidents du travail dans les entreprises de 100 à 200 salariés - Compte rendu de la phase expérimentale, Ed INRS, janvier 1999.

**[VILLEMEUR 1988]** Villemeur A., Sécurité de fonctionnement de systèmes industriels: fiabilité - facteurs humains - informatisation, Collection des études et recherches d'électricité de France n°67, Ed Eyrolles, 1988.

## ANNEXES

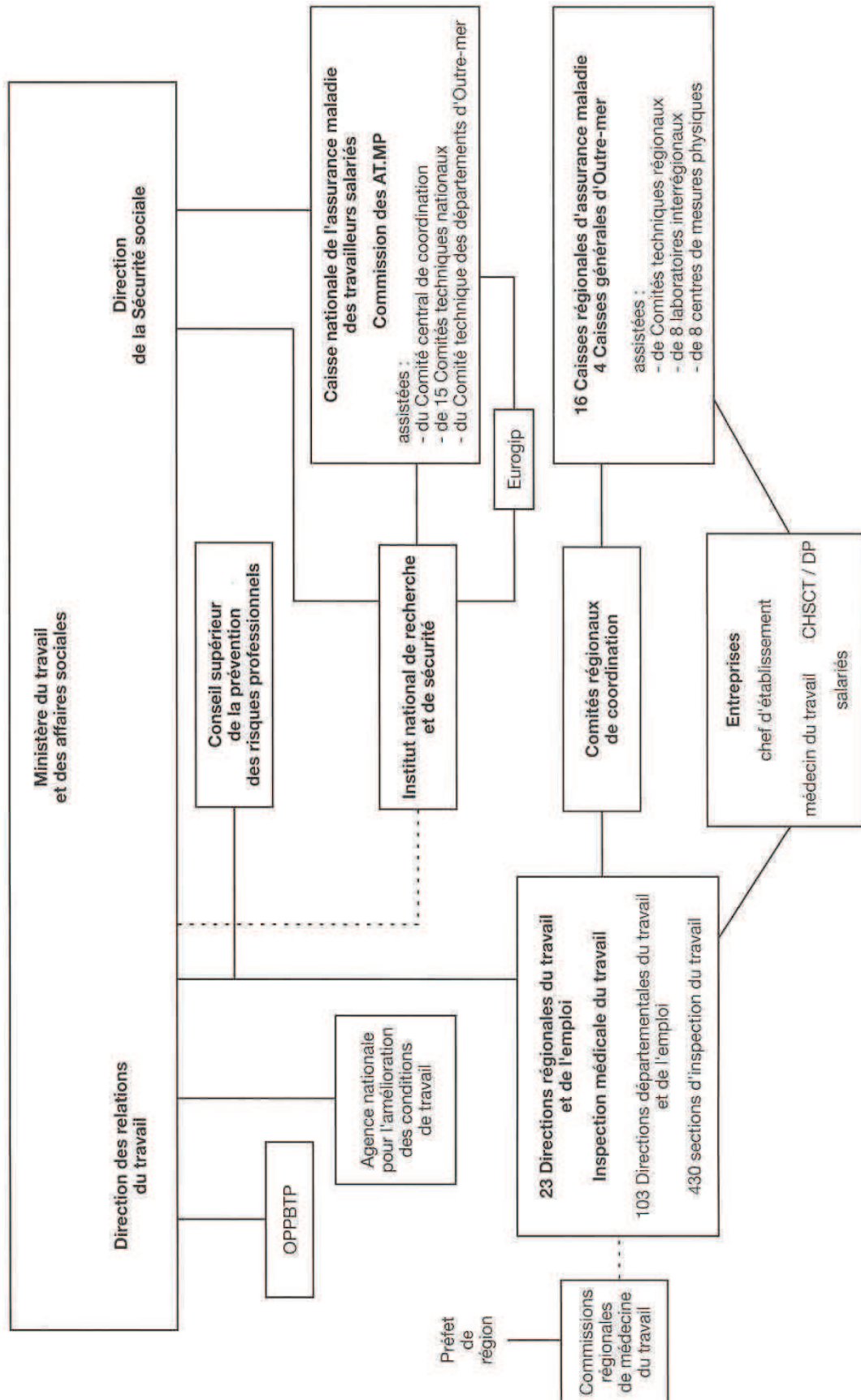
## LISTES DES ANNEXES

---

ANNEXE 1 : ORGANISATION DE LA PREVENTION DES RISQUES PROFESSIONNELS EN FRANCE .....	173
ANNEXE 2 : PLAN DE L'ENTREPRISE B .....	174
ANNEXE 3 : METHODE MOSAR - GRILLE 1 .....	176
ANNEXE 4 : EXTRAIT DES TABLEAUX A REALISES LORS DES TROIS EXPERIMENTATIONS .....	178
ANNEXE 5 : EXTRAIT DES SCENARIOS D'ACCIDENTS IDENTIFIES LORS DES TROIS EXPERIMENTATIONS .....	189
ANNEXE 6 : EXEMPLE DE GRILLES D'EVALUATION DEFINIES LORS DE DEUX DES TROIS EXPERIMENTATIONS.....	203
ANNEXE 7 : METHODE MOSAR - TABLEAU B [PERILHON 2000].....	205
ANNEXE 8 : METHODE MOSAR - TABLEAU C.....	206
ANNEXE 9 : EXTRAIT DU CODE DU TRAVAIL : TITRE III CHAPITRE PRELIMINAIRE ET CHAPITRE I .....	207

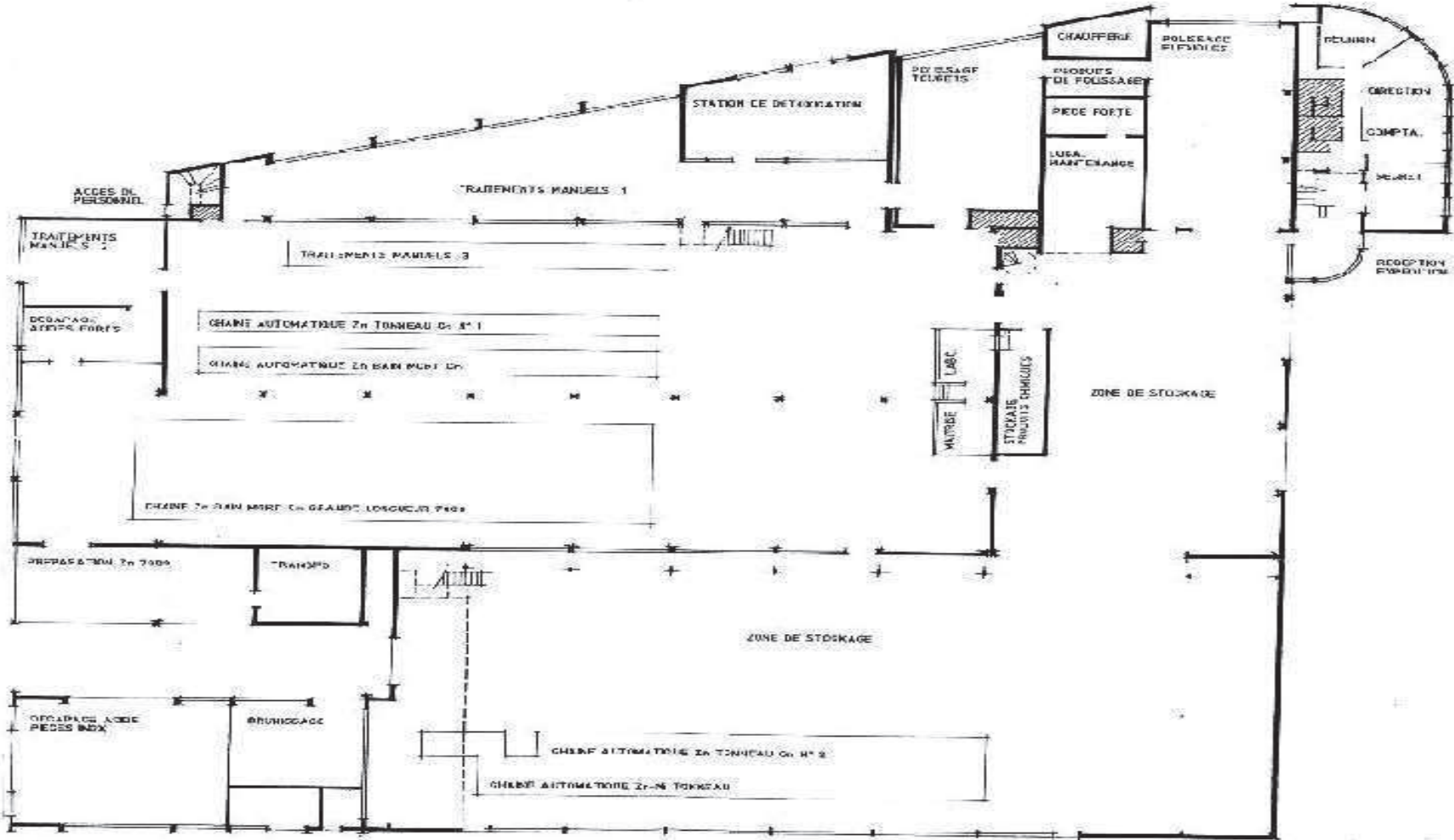
Annexe 1 : Organisation de la prévention des risques professionnels en France

**ORGANISATION DE LA PRÉVENTION DES RISQUES PROFESSIONNELS EN FRANCE**  
 (Entreprises relevant du régime général de la Sécurité sociale)

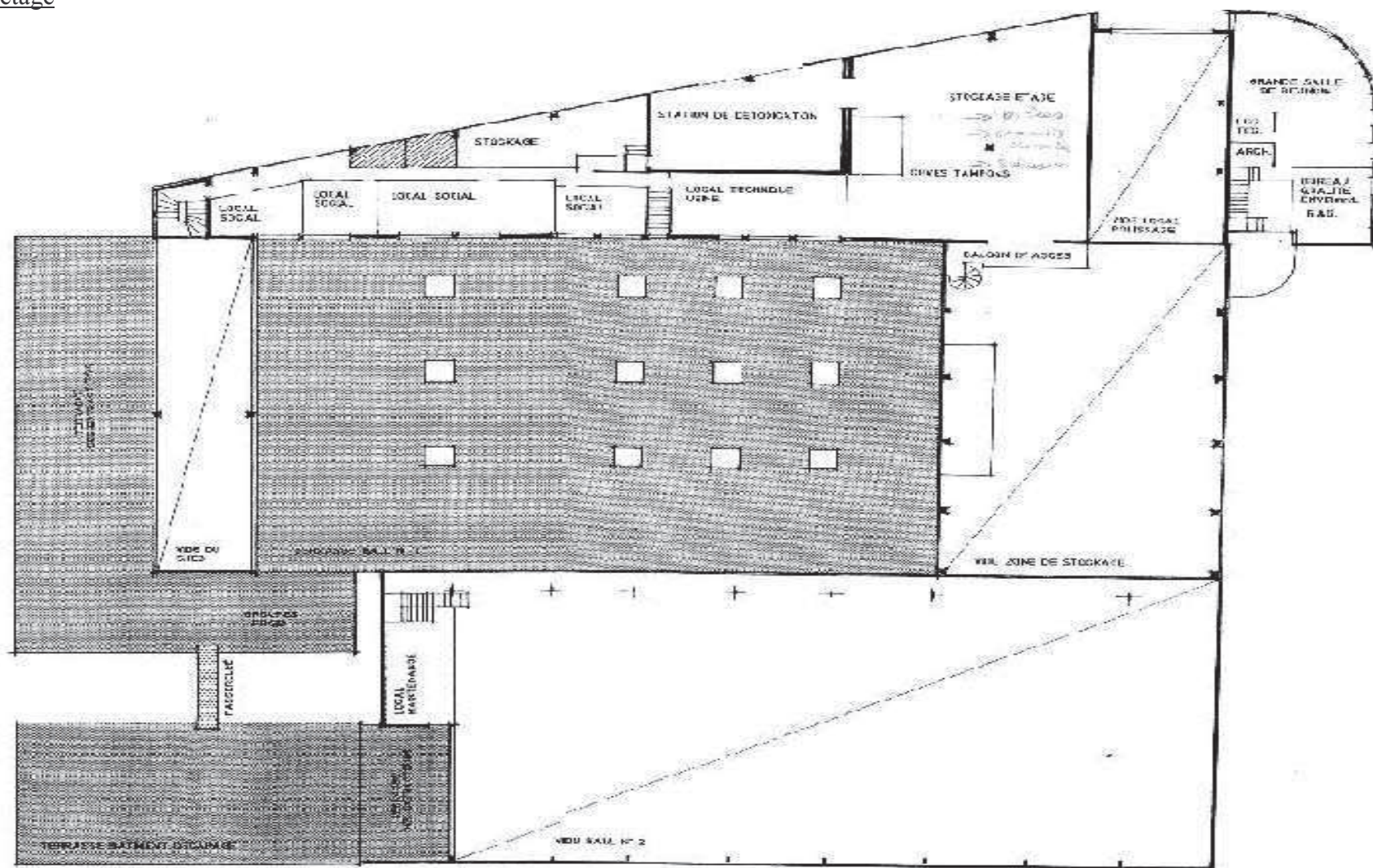


Annexe 2 : Plan de l'entreprise B

Rez-de-chaussée



1<sup>er</sup> étage



Annexe 3 : Méthode MOSAR - Grille 1

<b>A</b>	<b>Systèmes sources de dangers d'origine mécanique</b>
<b>A1</b>	Appareils sous pression (gaz, vapeur mixte, hydraulique)
<b>A2</b>	Eléments sous contraintes mécaniques
<b>A3</b>	Eléments en mouvement (solides, liquides, gaz)
<b>A4</b>	Elément nécessitant une manutention (manuelle, mécanique)
<b>A5</b>	Systèmes sources d'explosions d'origine physique autres que A1
<b>A6</b>	Systèmes sources de chute de hauteur
<b>A7</b>	Systèmes sources de chute de plain-pied
<b>A8</b>	Autres systèmes sources de blessures
<b>A9</b>	Systèmes sources de bruit et de vibrations
<b>B</b>	<b>Systèmes sources de dangers d'origine chimique</b>
<b>B1</b>	Systèmes sources de réactions chimiques
<b>B2</b>	Systèmes sources d'explosion (des produits utilisés entre eux ou avec les matériaux en contact des produits de réactions) : en milieu condensé ou en phase gazeuse
<b>B3</b>	Systèmes sources de toxicité ou d'agressivité
<b>B4</b>	Systèmes sources de pollution de l'atmosphère, d'odeurs
<b>B5</b>	Systèmes sources de manque d'oxygène
<b>C</b>	<b>Systèmes sources de dangers d'origine électrique</b>
<b>C1</b>	Electricité à courant continu ou alternatif
<b>C2</b>	Electricité statique
<b>C3</b>	Condensateurs de puissance
<b>C4</b>	Hautes fréquences
<b>D</b>	<b>Systèmes sources de dangers d'incendie</b>
<b>E</b>	<b>Systèmes sources de dangers thermiques et de rayonnements</b>
<b>E1</b>	Ionisants (alpha, bêta, gamma, neutrons, contamination, criticité)
<b>E2</b>	Sources thermiques (conduction thermique, rayonnement UV IR ou visible)
<b>E3</b>	Lasers
<b>E4</b>	Micro-ondes
<b>E5</b>	Champs magnétiques
<b>F</b>	<b>Systèmes sources de dangers biologiques</b>

<b>F1</b>	Virus, bactéries
<b>F2</b>	Toxines
<b>G</b>	<b>L'homme système source de dangers</b>
<b>G1</b>	Situation normale
<b>G2</b>	Malveillance
<b>H</b>	<b>Systemes sources de dangers liés à l'environnement actif</b>
<b>H1</b>	Inondations
<b>H2</b>	Foudre
<b>H3</b>	Circulation aérienne, routière
<b>H4</b>	Autres industries environnantes
<b>H5</b>	Séismes
<b>H6</b>	Autres sources de dangers naturels : gel, glissement de terrain, chutes diverses
<b>I</b>	<b>Systemes sources de dangers d'origine économique et sociale</b>
	Finances, migration, conflits, criminalité, violence, grands rassemblements



#### Annexe 4 : Extrait des tableaux A réalisés lors des trois expérimentations

Est présenté ci-dessous un extrait du tableau A issu de la mise en place de l'étape 2 dans une de nos entreprises test. Ce tableau est précédé du tableau de travail regroupant les événements finaux et les flux de danger observés au cours de cette étape d'identification des scénarios d'accidents.

On note le caractère inachevé du tableau A et le vocabulaire approximatif (associé à un vocabulaire intra-entreprise) employé qui montrent les difficultés du groupe de travail à suivre le processus de danger. Ces scénarios sont ensuite repris sous forme d'arbres logiques : voir Annexe 5 qui en présente un extrait.

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
barre coincée	chute de hauteur (homme)	contact cutané ou oculaire (et mains et visage) avec produits corrosifs, toxique (liquide, vapeur,...)	contact homme / produits ou pièces brûlantes, t°	Inhalation produits toxiques, corrosifs, nocifs	rejets de produits oxydants ou chlorés	dégagement de produits nocifs pour l'homme	arrêt de chaîne de production (1 ou plusieurs)- causes mécaniques ou électriques
<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
arrêt de chaîne de production (1 ou plusieurs)- causes chimiques	arrêt de chaîne de production (1 ou plusieurs)- causes humaines	mélange indésirable de produits chimiques	arrêt de SIPHOS ou de la Station	Arrêt de l'usine	coupure d'eau de l'usine	problèmes de stockage de liquides	problèmes de qualité des effluents
<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
utilisation partielle du matériel, non entretien	manipulation, manutention, etc, supplémentaires	problèmes de qualité des produits de SIPHOS	mauvais traitement ou autre, pièces à jeter	pièces à refaire	contact homme / solide brûlant (4)	contact homme / électricité	endommagement mécanique des pièces produites (chocs) et/ou du matériel
<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>
endommagement chimique des pièces produites et/ou du matériel	endommagement thermique des pièces produites et/ou du matériel	contact eau / acide, réaction chimique violente	dégradation des bains	panne du matériel connexe critique	pollution du milieu aquatique et/ou du sol	évacuation de l'usine ou d'une partie	carence en produits chimiques
<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>

carence en pièces à traiter	contact homme / machine, chocs, écrasement,...	troubles musculosquelettiques, manutention manuelle	homme / bruits, vibrations	matériel / vibrations	arrêt de chaîne - cause électrique, automatique ou informatique	incendie chimique	incendie électrique
<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>
incendie thermique	glissement de terrain	inondation	problèmes de confiance, on cache	shuntage des sécurités	problème de communication, de contact	modification des arrêtés de déclaration ou d'autorisation	manque de source de chaleur
<b>49</b>	<b>50</b>	<b>51</b>	<b>52</b>	<b>53</b>	<b>54</b>	<b>55</b>	<b>56</b>
chute de plain-pied, homme	dégagement de produits nocifs lors d'incendie	fonctionnement dégradé d'un élément	tension, stress, conflit	mort d'homme	coupures	problème d'accueil des entreprises extérieures	perte de productivité
<b>57</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>60</b>	<b>61</b>	<b>62</b>	<b>63</b>	<b>64</b>
"mauvais exemple", problème avec la hiérarchie	ambiance de travail	absentéisme	dégradation du matériel et/ou du bâtiment	remontage bain(s)	perte / mécontentement client	pertes financières	non conformités qualité internes ou externes
<b>65</b>	<b>66</b>	<b>67</b>	<b>68</b>	<b>69</b>	<b>70</b>		
vol							

Exp : exploitation    maint : maintenance    trans : transitoire    regl : réglages

TYPE DE SYSTEME SOURCE DE DANGER	PHASE DE VIE	EVENEMENT INITIATEUR	EVENEMENT INITIAL		EVENEMENT RENFORCATEUR	ENS PRINCIPAL - EFFET
			LIE AU CONTENANT	LIE AU CONTENU		
transfert de floculant dans SIPHOS	<b>maint</b>	transfert de floculant dans de conteneur à conteneur dans une rétention	écoulement de floculant sur le mur de rétention	floculant glissant	nettoyage à l'eau rendant le floculant invisible	49
station, escalier	<b>Exp</b>		escalier raide et glissant			2, 49
siphos, floculant	<b>exp, maint</b>			floculant glissant et irritant		2,3,5,49

dépotage siphos	<b>maint</b>	dépotage sous pression	tuyau de plastique		manomètre et soupape pas souvent révisés	3
siphos, colonne	<b>expl</b>			débordement de solvant		douche de solvant, attaque des peintures (gras et corrosifs) 3, 25
siphos	<b>expl</b>	additif pour acide phosphorique		produits irritants et toxiques		3,5
step,	<b>maint</b>	remplissage chaud	pb de détection de niveau	débordement		5
siphos, step	<b>expl, maint</b>	camion bennes	décrochage de la benne	visibilité et place de manœuvre réduites	34	
siphos, step	<b>expl, maint</b>	camion bennes, et camions de livraison	camions en marche arrière		pas de permis nécessaire pour le camion interne, exigüité de l'accès	34
siphos	<b>expl, maint</b>	solvant TPH		substance inflammable	produits stockés à coté?	39
siphos, step	<b>maint</b>	entreprises extérieures		pas de plan de prévention		??
siphos	<b>exp</b>	gel + air humide			moins 10°C	12
siphos, step	<b>exp</b>	livraisons produits chimiques	peu d'autonomie	pb de grève des routiers, etc,...	recharge en niveau bas	13
siphos, step, homme	<b>exp, maint</b>	équipe réduite, siphos et step, pb de gestion des priorités, travail posté	pression de la part des utilisateurs de l'acide recyclé, et pas de communication	conducteur seul	travailleur isolé le WE, tension ponctuelle, horaire d'arrivage des camions non contrôlé	12, 13
siphos, step, chimique	<b>maint</b>	identification tuyaux, pompes			mauvaise vidange avant les interventions	3, 4, 5, ...2, 49, 12, 13
U3 mécanique	<b>maint</b>	MACYL, arrêt et maintenance en shuntant les sécurités	machine à redémarrer		machine non conçue en incluant les modes de maintenance ou de réglage	34, 53
U3 chimique	<b>exp après le WE</b>	dégraissage du bain à la raclette	opérateur sur la cuve			3, 4, 2,...
U3 thermique	<b>exp, maint</b>	lavage des mains à un point d'eau dans la rétention	tuyaux de vapeur à hauteur humaine			4
U3, montage	<b>exp</b>	manipulation de K7	pincés coupantes			54

U3, monte charge	<b>exp, maint</b>	monte charge à sangles, panne	méconnaissance du processus de verrouillage	remise en route lors de l'intervention d'un autre opérateur		34
laboratoire	<b>exp</b>	transvasement d'acide phosphorique	bidon glisse des mains et tombe sur la paillasse			3
U3 machine perchloréthylène	<b>maint</b>	chargement déchargement	déplacement par chaîne et rouleaux			34
circulation	<b>exp,.</b>	pas de matérialisation des voies de circulation				34, 49, 53
U3 chaîne et rétention	<b>exp</b>	besoin d'eau	le tuyau d'eau qui a été tiré casse la vanne d'acide sulfurique		quelqu'un dans la rétention	3, 5, 34
U3 machine prototype	<b>test</b>	pas de sécurité en fonctionnement				54, 34
U3, mécanique	<b>exp, maint</b>	passage sous le palan de transfert pour le nettoyage	palan ne détecte que la présence de chariot		formation aux risques de l'équipe de nettoyage	34, 53
U3, chimique, entreprise extérieure	<b>maint</b>	travaux sur les cuves d'acide phosphorique, nitrique et sulfurique à 95°C	opérateurs sur les cuves	deux palans de chaîne en fonctionnement, pas d'arrêt d'urgence au milieu de la chaîne	pb d'accueil des entreprises extérieures	2, 3, 4, 53
U3, mécanique, production	<b>exp</b>	panne palan	palan pt critique	palan de transfert unique		8
U3, électronique, qualité	<b>expl</b>	défaut d'automate	oubli des barres dans le bain d'oxydation		pas de voyant de mise en défaut	20, 52
U3, chimique	<b>expl</b>	dégraissage perchloréthylène	fuites machine à dégraisser	vapeur de perchloréthylène		5, 56
Usine, chimique, mécanique, etc	<b>exp, trans</b>	visite de l'usine par des clients			pas de connaissance des consignes de sécurité, pas de port des EPI	3, 4, 5, 57
Usine	<b>exp</b>	pb hiérarchique	pas d'obligation de respect des consignes		les supérieurs hiérarchiques ne portent pas forcément les EPI	57, 52, 3, 4, 5, 53
U3, mécanique	<b>exp</b>	manipulation des stockeurs de K7 à roulettes	basculement, roulent mal		pas de port systématique de chaussures de sécurité	34, 35+G213

Usine, chimique	<b>maint</b>	réparation d'une pompe	pompe encore sous pression		pas de port de combinaison chimique et de lunettes	3, 4, 5
Usine	<b>exp, maint</b>	pb de communication, affichage	méconnaissance des risques, des EPI, des évolutions de l'usine,...		(chaque personne a maintenant ses EPI, sauf combinaison?)	52, 57,
Siphos	<b>exp</b>	panne				13
siphos	<b>exp</b>	pas assez d'acide produit		surtout pour U1, U2	pas de stock suffisant	13
Usine, montage, homme	<b>exp</b>	ergonomie du poste	chariots, piétinements			35
Usine, montage, mécanique, homme	<b>exp</b>	changement de K7	bras retourneur mais maintenant bouton d'arrêt manuel			34
Usine, démontage, mécanique	<b>exp</b>	pièces coincées sur la K7			opérateur n'attend pas arrêt machine pour enlever les pièces	34, 54
U3, mécanique	<b>exp</b>	vérification qualité des pièces pendant l'égouttage	pilote sur bascule	fonctionnement du palan de transfert	zone interdite mais accessible	2, 34
U3, mécanique, maintenance dans la zone des autoclaves	<b>maint</b>	travaux avec échelle dans zone normalement interdite pdt le fonctionnement des navettes	échelle sur une partie mobile		shuntage des sécurités de la zone	2
U3 mécanique	<b>exp</b>	poste de transfert	transfert pas chaîne non protégée, grillage bas			34
U3 mécanique	<b>exp, regl, maint</b>	transformation du hall de montage U1U2	passerelle étroite non protégée			2
U3 mécanique	<b>exo, regl, maint</b>	accès exigu	descente des escaliers en biais		35	
U3 Montage	<b>exp</b>	on monte souvent sur les bols	"ca coince souvent"		56, accès répété et exigu	
U3 Montage, bruit	<b>exp</b>	bol vibrant	bruit			36
U3, bruit	<b>exp</b>	bruit du palan			palan vieillissant	36
U3, U1U2	<b>exp</b>	pb de qualité des pièces	démontage "mouillé"		fils électriques au sol	23
Usine	<b>exp</b>		allergie au permanganate	rinçage à l'eau de Javel		4, 5

U1U2	<b>exp</b>	besoin de passer d'une chaîne à l'autre	pb exigüité de l'accès		accès correct trop long, extérieur, ou étroit ou dans zone de transfert palan	3, 4, 34
U1U2	<b>exp</b>	pb d'augmentation de la température de colmatage		bouillonnement (minimum 95°C)		3, 4, 5
U1U2	<b>exp</b>	vidange cuve teinte	pompe "externe", fil électrique dans l'eau			23
U1U2, mécanique, qualité	<b>exp</b>	barre coincée	temps trop long dans colorant			8, 21
U1U2 chaudière	<b>exp</b>	panne chaudière	refroidissement colmatage			21
U1U2 chimique	<b>exp</b>	décrochage barre				3, 4
UIU2	<b>exp, trans</b>	remontage bain soude				3, 4
Palan	<b>exp</b>	courroie	usure, coincement			barre tombe et/ou se coince
U1U2 chimique	<b>exp</b>	manque d'expérience	barre se coince (on vise mal la cuve)			barre coincée
U1U2 mécanique	<b>exp</b>	pose de la barre sur le transfert	on n'enlève pas le palan			8, 56
U1U2 chaîne A	<b>exp</b>	pose d'une barre sur une autre	palan coince, sangle se déroule			56, 20, 21
U1U2	<b>exp</b>	zone de transfert	palan pose sa charge si pas de cellules de détection			34
U1U2 chimique	<b>exp</b>	vapeur trichloréthylène				5
U1U2 chimique	<b>exp</b>	brillantage	vapeur monte jusqu'à la hotte	homme sur le trajet des vapeurs	chaleur	5
U1U2 chimique	<b>exp, trans</b>	remontage baigns	versement de poudre	basculement	bac obligatoirement rempli d'eau	3, 4
U1U2	<b>exp</b>	vapeurs	condensation au niveau du toit ou fuites			58
U1U2 incendie, thermique	<b>exp, trans</b>	vider cuve avec résistances chauffantes	oubli d'arrêter ces résistances			cuves plastiques, pas de sécurité niveau
U1U2 qualité	<b>exp</b>	serpentins de chauffe	régulation ne fonctionne pas	dégradation des baigns		20, 21, 56, 61
Usine	<b>exp</b>	marquage sac de produit	pas d'indication de danger	manipulation sans précaution		3, 5

Usine	<b>exp</b>	mélange	acide avec alcalins (soude, Javel)	réactions (chlore ou exothermiques)	contact avec homme ou inflammables	5 ou 39
Usine	<b>exp</b>	Javel sur le sol	Javel va dans rétention acide	dégagement de chlore		5
U1U2, U3 chimique	<b>exp, trans</b>	mélange eau et acide, montage baigns d'oxydation	réactions exothermiques			
U1U2 ou step? incendie, stockage	<b>exp</b>	permanganate à côté d'un comburant	auto inflammation			39, 13,...
U1U2 U3?	<b>exp, trans</b>	préparation bain brillantage	réactions exothermiques	produits agressifs		3, 4, 5
U1U2, chimique, thermique	<b>exp, trans</b>	remontage bain oxydation	réaction fortement exothermique, 80°C			3,4, 5, déformation du matériel+G121
Colmatage	<b>exp</b>	à base de nickel				allergies
Stock U1U2, chimique	<b>exp</b>	emballage ouvert	pas tjrs l'étiquette	permanganate	colorants organiques à U1U2U3	3, 39
STEP stock	<b>exp</b>	TPH solvant inflammable			produits stockés à côté?	39,...
U1 U2 décoloration	<b>exp, trans</b>	pompe acide	utilisation pompe acide pour pomper décoloration chlorée			5
décoloration	<b>exp</b>	décoloration sur fosse de reprise acide	débordement	mélange chlore acide		5
U1U2, chimique	<b>exp</b>	barre coincée 1	intérimaire sur cuve (eau, acide, soude,...)	?	produit et température du produit de la cuve	3, 4, 5, 56, 53,
U1U2, chimique	<b>exp</b>	1	opérateur sur cuve		id	3,4, 5, 56, 53
U3 mécanique, chimique	<b>exp</b>	palan	grande vitesse 3m/s		homme sur cuve, partie du corps dans le champ du palan	34, ...
décoloration	<b>exp</b>	temps de décoloration insuffisant	non consommation d tout le chlore	vidanges simultanées des colorants de l'usine	contact avec effluents acides	3, 53
U3, mécanique	<b>exp</b>	erreur humaine (prise d'origine)	pb automate	palan fou	arrachement des butoirs, balayage des zones d'entretien	38, 34
U1U2, U3	<b>exp, trans</b>	remontage bain soude	effervescence	bain déborde		3
U1U2U3	<b>exp</b>	atmosphère acide	rouille		bâtiment à structure métallique	60
Fosse reprise STEP	<b>exp</b>	mauvaise agitation	mauvaise neutralisation	pas d'homogénéisation de la charge		16

U1U2	<b>exp, trans</b>	changement de cuves	transvasement dans des cuves temporaires			3, 4,..?
Groupes froids	<b>exp</b>	grosse charge de travail	source insuffisante de froid pour les bains			28, 61, 56, ...
STEP	<b>exp</b>	défaut, défaut de floculation, de débordement des boues	dépassement de la capacité de stockage d'effluents		1/4H pour l'instant, bientôt 3h	13
U1U2, mécanique	<b>maint</b>	maint d'un des palans	défaut palan en fonctionnement	palan part en roue libre	homme sur le palan en maintenance, pas de butoirs pour les autres palans en fonctionnement	29,34
U1U2 mécanique	<b>exp</b>	fusible palan fond	palan par en roue libre			29, 34
U1U2U3	<b>maint, exp</b>	intervention sur cuve	homme monte sur cuve			2, 3,4, 5
U1U2	<b>maint</b>	vanne en hauteur sur passerelle	pb pdt intervention		homme dessous, tuyaux PVC deviennent cassants	3, 4
tuyaux	<b>exp</b>		souples: se déboîtent, rigide: deviennent cassants			3, 4
chaudières, tuyaux de vapeur	<b>maint, exp</b>	calorifuges non remontés			trop long à remonter	4
maintenance	<b>maint</b>	risque électrique	rotation du personnel		formation très longue, apprenti vulnérable	23
maintenance	<b>maint</b>	toit en Fibrociment cassant				2
maintenance	<b>maint</b>	formation oubliée	mauvaise manœuvre lors d'une intervention dans une armoire électrique, ou disjoncteur			brûlures visage, 23
Usine	<b>expl</b>	rejets accidentels d'acide	eaux pluviales	eaux pluviales acides	Isernon proche	30
U1U2, U3	<b>exp, trans</b>	transvasement de cuve	rupture ou déboîtement du tuyau	déversement de produits hors rétention	Isernon, voisinage	30
U1U2 redresseur, incendie	<b>exp</b>	pas de rétention?, redresseur à huile	défaut			40?



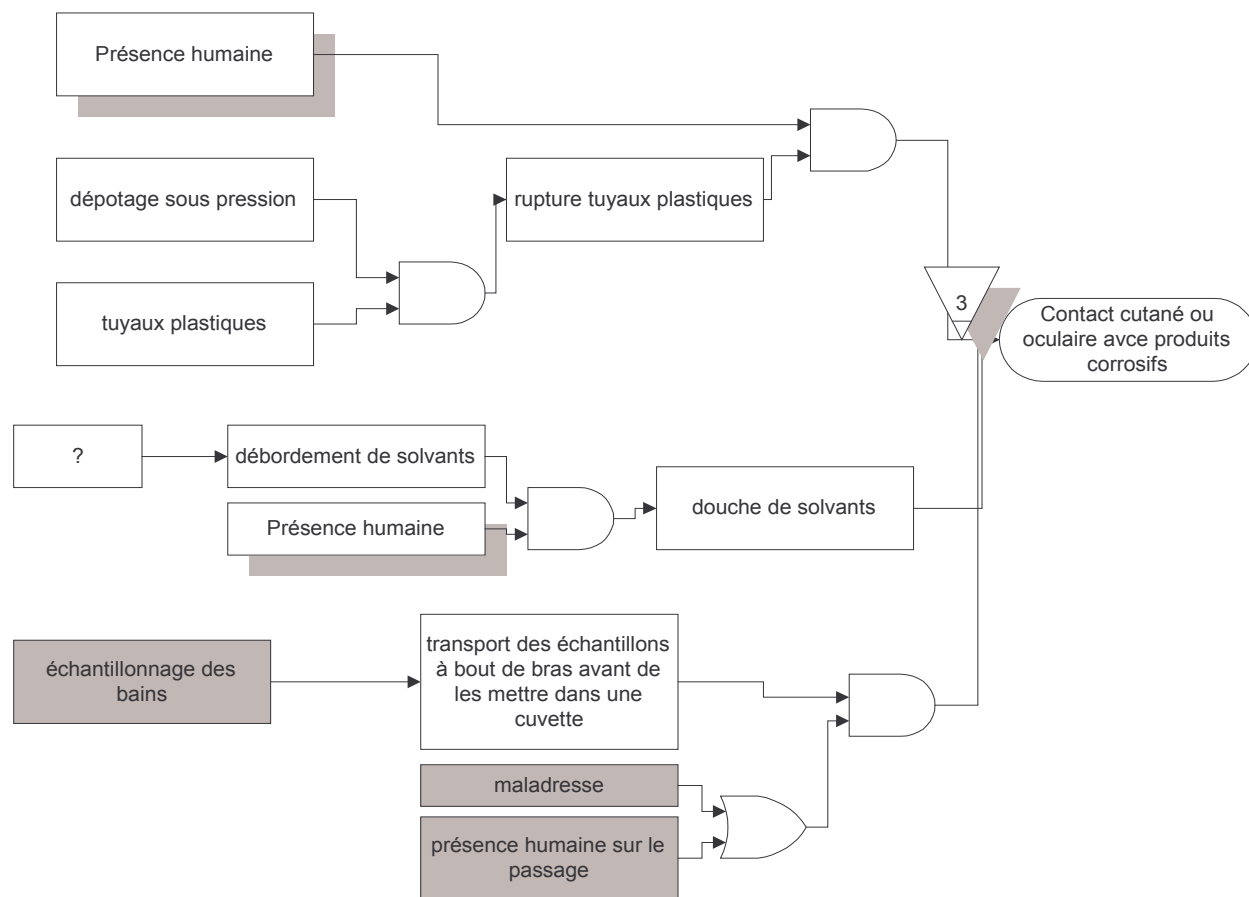
U1U2U3 électrique	<b>exp</b>	contact anode cathode	court circuit bague, clé, cour circuit barre	redresseur saute, barre rougit	grosse résistance	20, 21, 56 20, 21, 56, 40 ou 41
U1U2U3 électrique	<b>exp</b>		barre tombe du palan			contact anode cathode
U3, homme, électrique	<b>exp, trans</b>	remplissage d'une bâche	oubli de fermeture de la vanne	galerie technique noyée	matériel électrique dans la galerie technique	13, 56, 40,44
Usine, circulation	<b>exp</b>	cariste trop rapide			pas de voies de circulation, pb de visibilité à la sortie du magasin intermédiaire	34, 53
U4	<b>exp</b>	stockage de solvants	non conforme		bâtiment non surveillé	30, 39
R et D	<b>exp</b>	conception machine	pas de prise en compte des modes de réglage ou de maintenance			23, 34, 35, 57, ...53
U1U2	<b>exp</b>	pb évacuation	rétention U1U2 perpétuellement remplie		rétention insuffisante : pollution en cas de rejet important	30,...
circulation, magasin	<b>exp</b>	femme dans la hiérarchie	mauvaise acceptation des ordres			52
magasin	<b>exp</b>	circulation fenwick	beaucoup de circulation piétonne			34, 53
magasin	<b>exp</b>	constitution de lot	courant d'air, températures froides			58
magasin, mécanique	<b>exp</b>	nouveau cutter rétractable	utilisation des anciens encore			54
magasin	<b>exp</b>	hiver	accélération du travail, ripage sur neige, salage			26, pb de transport
magasin	<b>exp</b>	pb de transport	renversement de la charge	palette non isolée	contamination avec de mauvaise pièce d'un grand nombre de pièces, mélange au niveau du dégraissage	34, 53 44, 56, 62, (client: montage unitaire alors que grapho fait de l'échantillonnage statistique), 64
U1U2	<b>exp</b>	montage	pièces qui se rayent			64, 20, 21
U3, qualité, chimique, homme	<b>exp, form</b>	pas de formation du dégraisseur	mauvaise connaissance des programmes de dégraissage	mauvais dégraissage		20, 21?, 5, dégagement de produit toxique (perchlo)
U3, chimique	<b>exp</b>	pb de dégraissage	dégagement de perchloréthylène dans tout U3			5, 31 pour U3

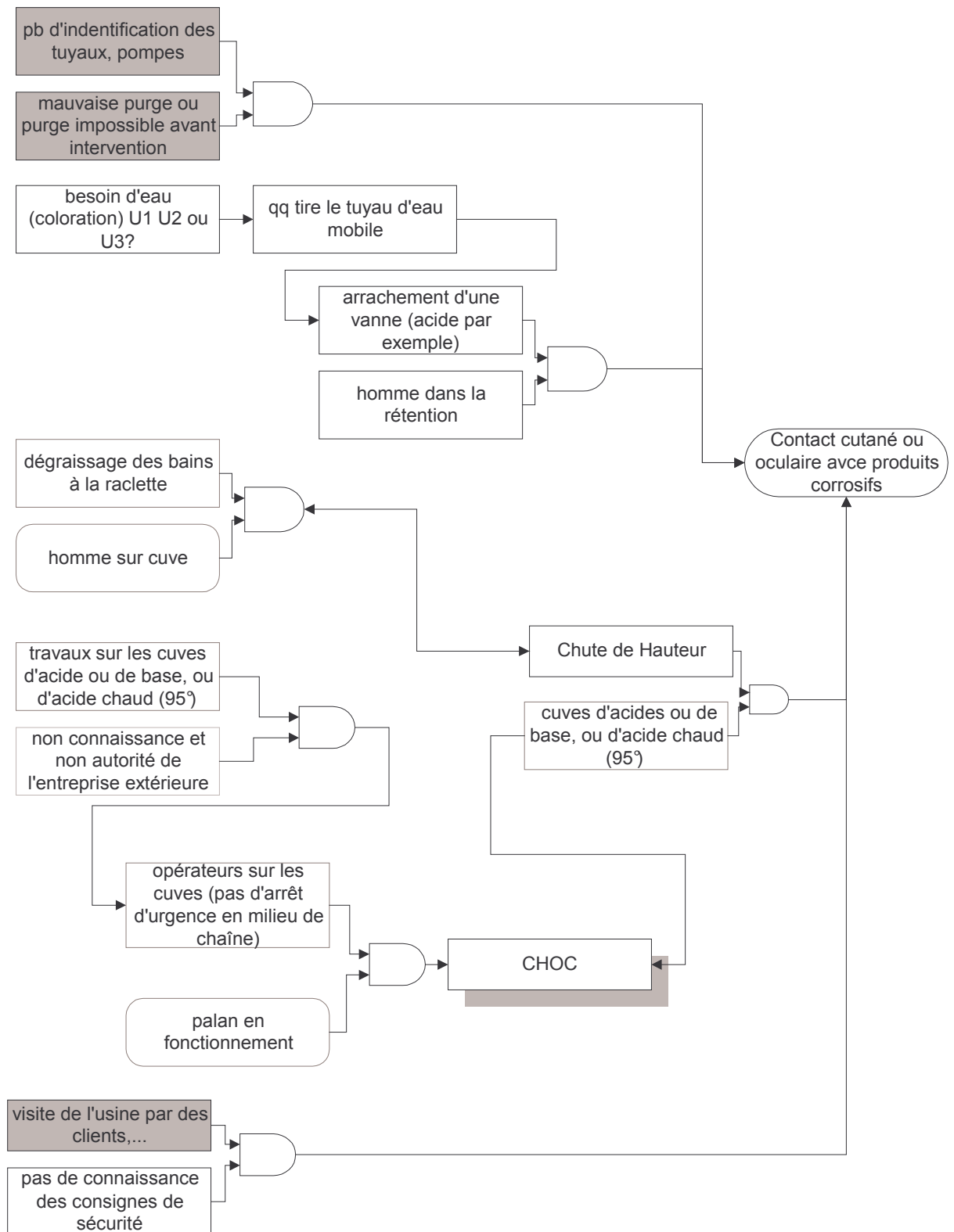
Réfrigération	<b>exp</b>	défaut réfrigérateurs	pb d'eau glacée	dégradation bains oxydation		31, 20, 21
U3	<b>maint, exp</b>	maintenance par un jeune inexpérimenté	tête à la hauteur du palan	zone de transfert	pas de détecteur d'obstacle dans cette zone, contournement des barrières 45	53
U3	<b>maint, exp</b>	porte avec détecteur non raccordé	danger présent, zone de transfert	porte ouverte, impression de sécurité		53
U3	<b>maint</b>	travail de maintenance sur palan	verrouillage électrique uniquement, pas mécanique	remise en marche par qq d'autre	(proximité de l'autre palan qui put partir en roue libre)	34
U3, étuves, mécanique	<b>exp, maint, trans</b>	homme dans la zone	sécurité shuntée 45	navette lente mais pas de possibilité de l'arrêter depuis l'intérieur de la zone	zone la plus dangereuse : entre l'a navette et l'autoclave	34,.
U1U2U3, mécanique	<b>exp</b>	MAC	mouvements répétitifs de prise de K7		K7 glisse plus ou moins bien dans les chariots ou les barres	35
Usine, chimique	<b>exp, maint,...</b>	brûlures soude	mauvais rinçage	brûlures continuent		3,...+
U1U2 chimique	<b>exp</b>	vapeurs brillantage trop lourdes	chauffage			58, 5, 3 (yeux / vapeur)
U1U2 chimiques	<b>exp, maint</b>	cuves pas toutes marquées	erreur de manipulation			3, 4, 5
U1U2	<b>exp</b>	variation de la charge de travail, turn-over	intérimaire ou nouvel embauché	1 mois de formation		pas de grandes connaissances des produits
U1U2 chimique	<b>exp</b>	rajout d'acide	si pas de vanne pour remplir directement la cuve	remplissage d'une bonbonne, on verse le contenu de la bonbonne dans une cuve	banalisation du produit dangereux, emballage ne comportant pas les dangers du produit	3, 4, 5
U1U2U3 chimique	<b>exp, trans</b>	échantillonnage bain	transport des échantillons a bout de bras avant de les mettre dans une cuvette	EPI?	personnes sur le chemin de la laborantine	3
U1U2 mécanique	<b>exp</b>	montage, luminaire dévissé	chute du néon		tête sous le néon	34

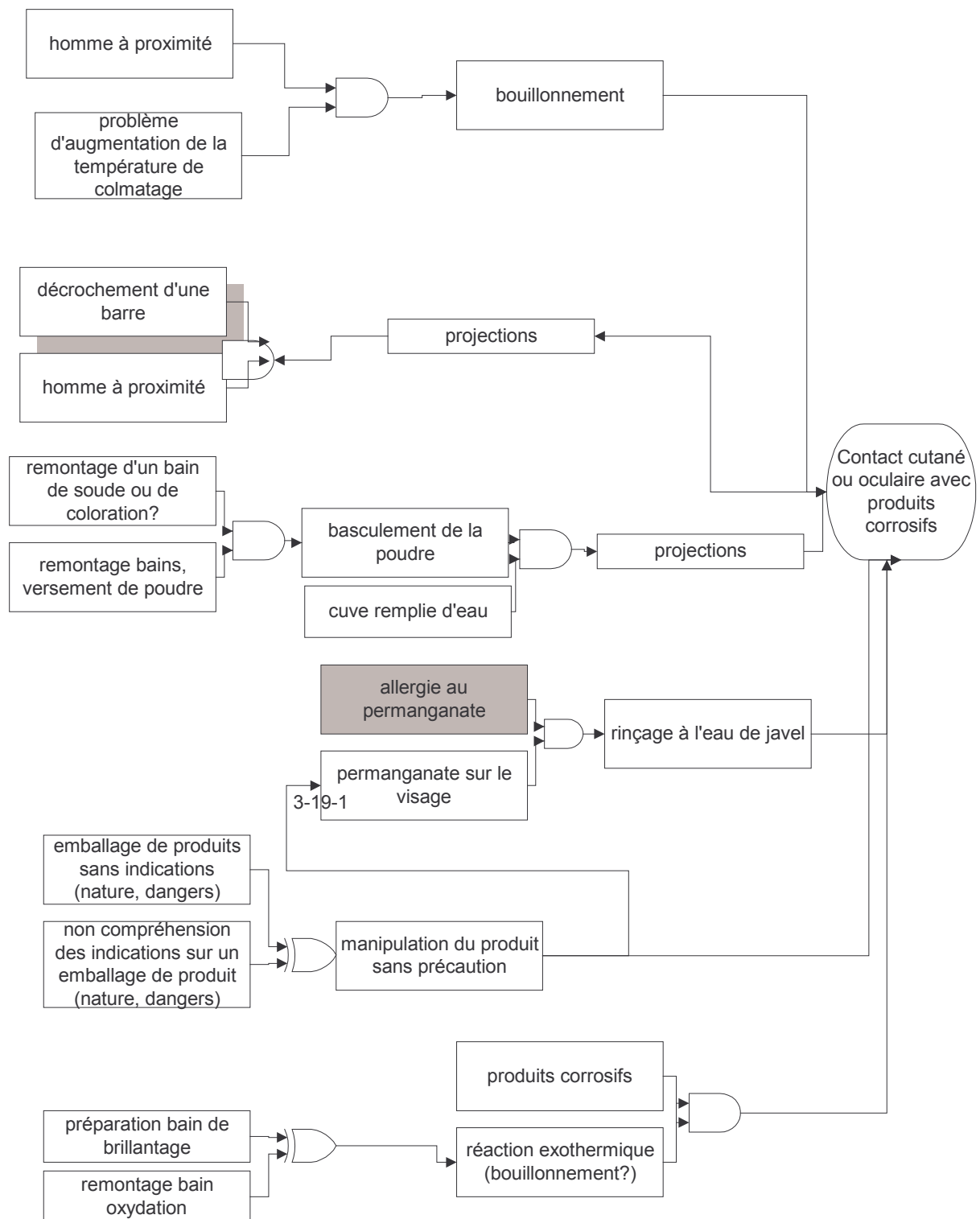
U1U2 mécanique	<b>exp</b>	câbles lumineuses, pb de rouille des fixations ou maintenance non préventive	chute		monteuse ou autre personnel sous le câble tenant les néons	34
U1U2 mécanique homme	<b>exp</b>	hauteur tables de montage	sièges non réglables et tables non plus (sauf si cales)		toutes les monteuses n'ont pas la même taille	35
U1U2 ambiance, homme	<b>exp</b>	contrôle	concentration visuelle			fatigue oculaire
U1U2 mécanique	<b>exp</b>	contrôle	position assise	pb de réglage des tables et des chaises	exiguïté, palettes de produits finis, emballages	35
U1U2 chimique, mécanique, qualité	<b>exp, trans</b>	pièces tachées	essorage avant séchage	manutentions manuelles supplémentaires et non prévues		35, 56
U1U2, U3?	<b>exp, trans</b>	changement de K7	coincement de doigts dans la bande caoutchouc			34
U1U2 mécanique	<b>exp</b>	bols	pas de rambardes de sécurité			34
Usine, homme	<b>exp</b>	fenwick	éventrement de bonbonne			30
Magasin	<b>exp</b>	quai	une voiture a sauté le quai, mais aucun Fenwick			34,...si chargement
Magasin, circulation, mécanique	<b>exp</b>	très grosse pièce du type compresseur	basculement du Fenwick			
U3 électronique, prod	<b>exp</b>	chaleur, été	pas de climatisation dans la salle automate			panne l'été, arrêt U3 38
U1U2, U3 chimique, électronique	<b>exp, panne</b>	vapeurs acides	panne automate			9
U1U2, U3 chimique, électronique	<b>exp, panne</b>	humidité	panne automate			9
administration	<b>exp</b>	personne chargée des salaires	pt critique	pb de polyvalence (mieux avec SAP normalement)	pb des vacances	52,...

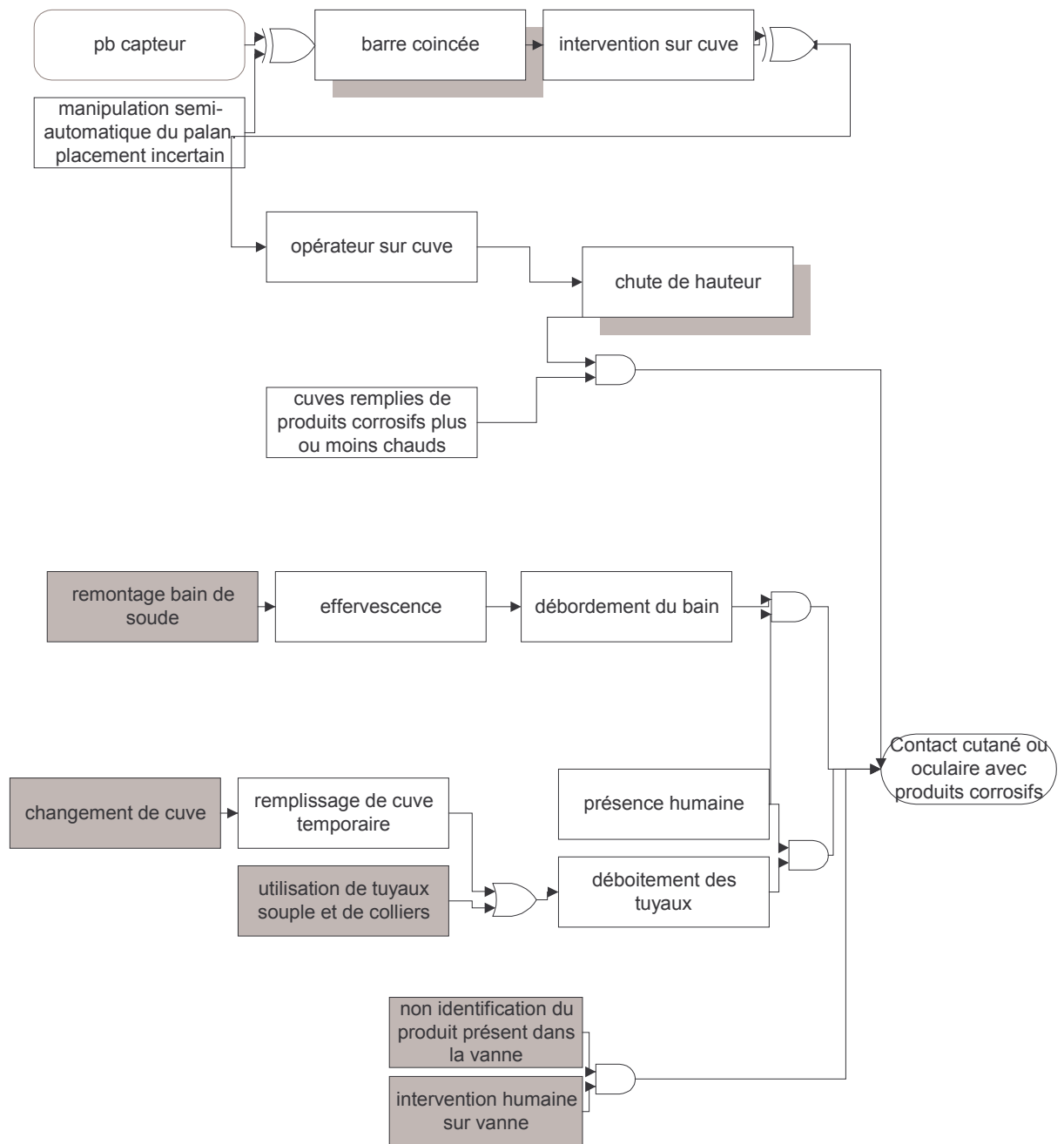
### Annexe 5 : Extrait des scénarios d'accidents identifiés lors des trois expérimentations

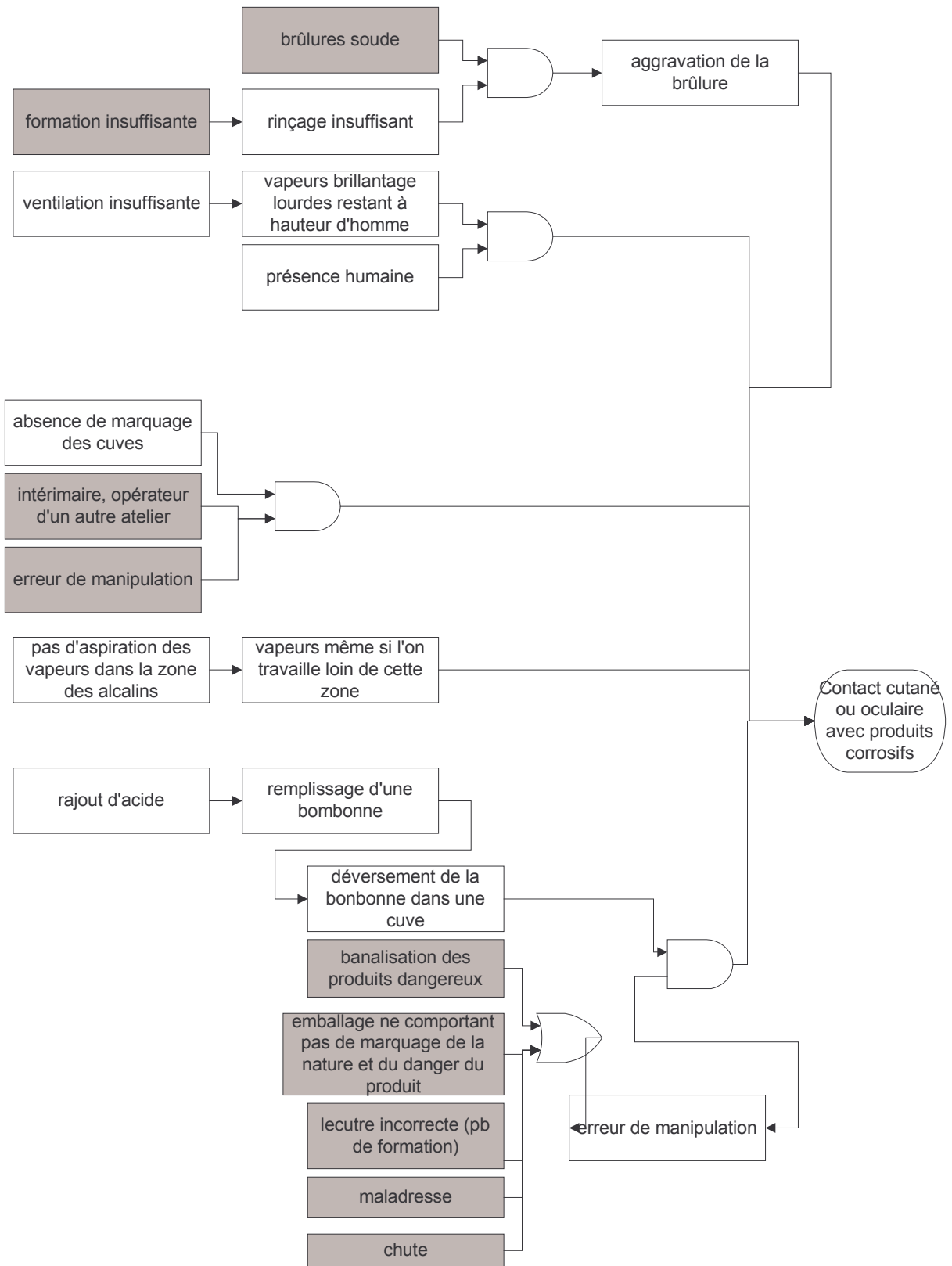
Extrait des scénarios courts et longs provenant du tableau A présenté en Annexe 4. Ces scénarios ont pu être modifiés lors des étapes de validation par l'entreprise.



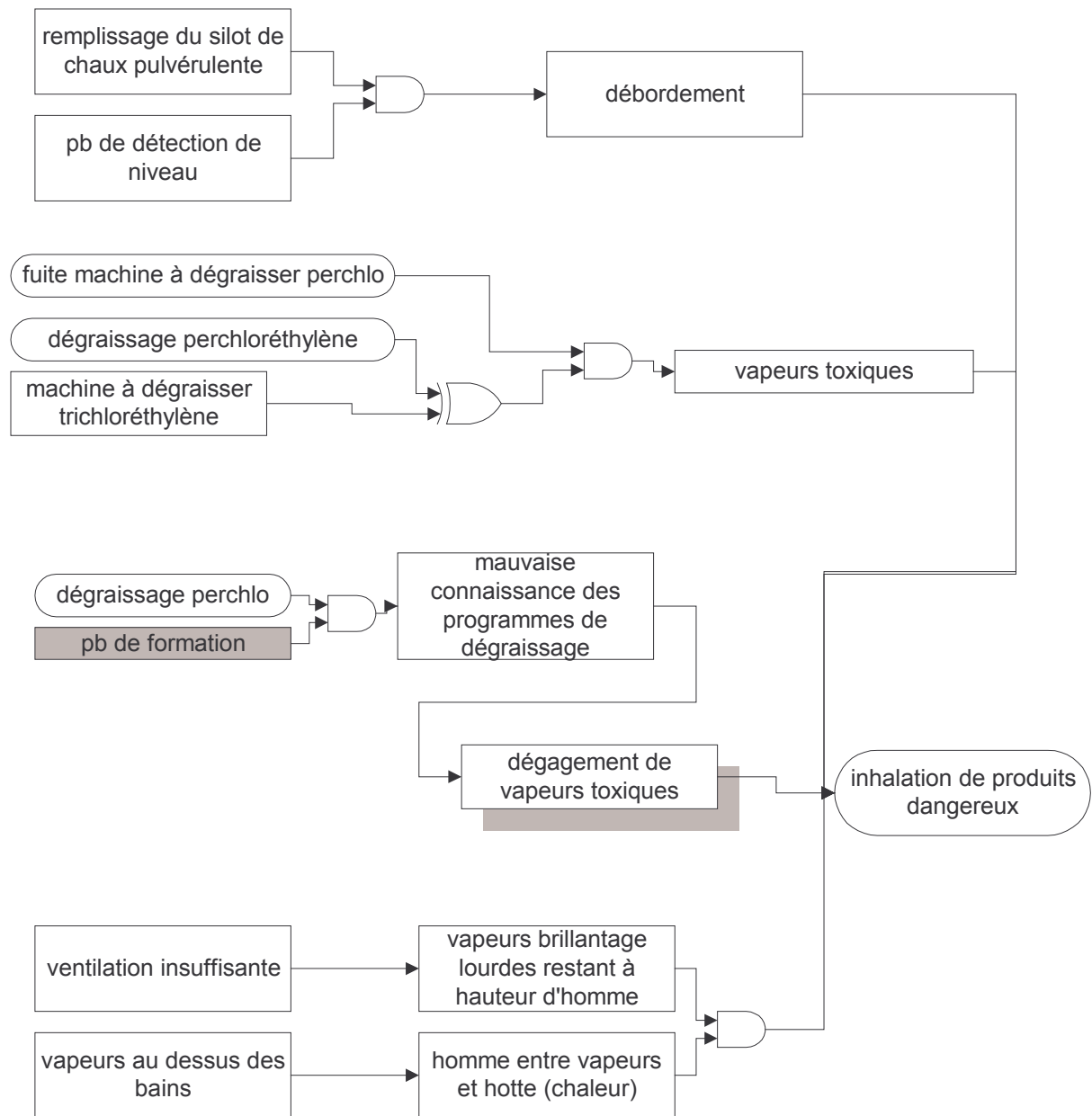


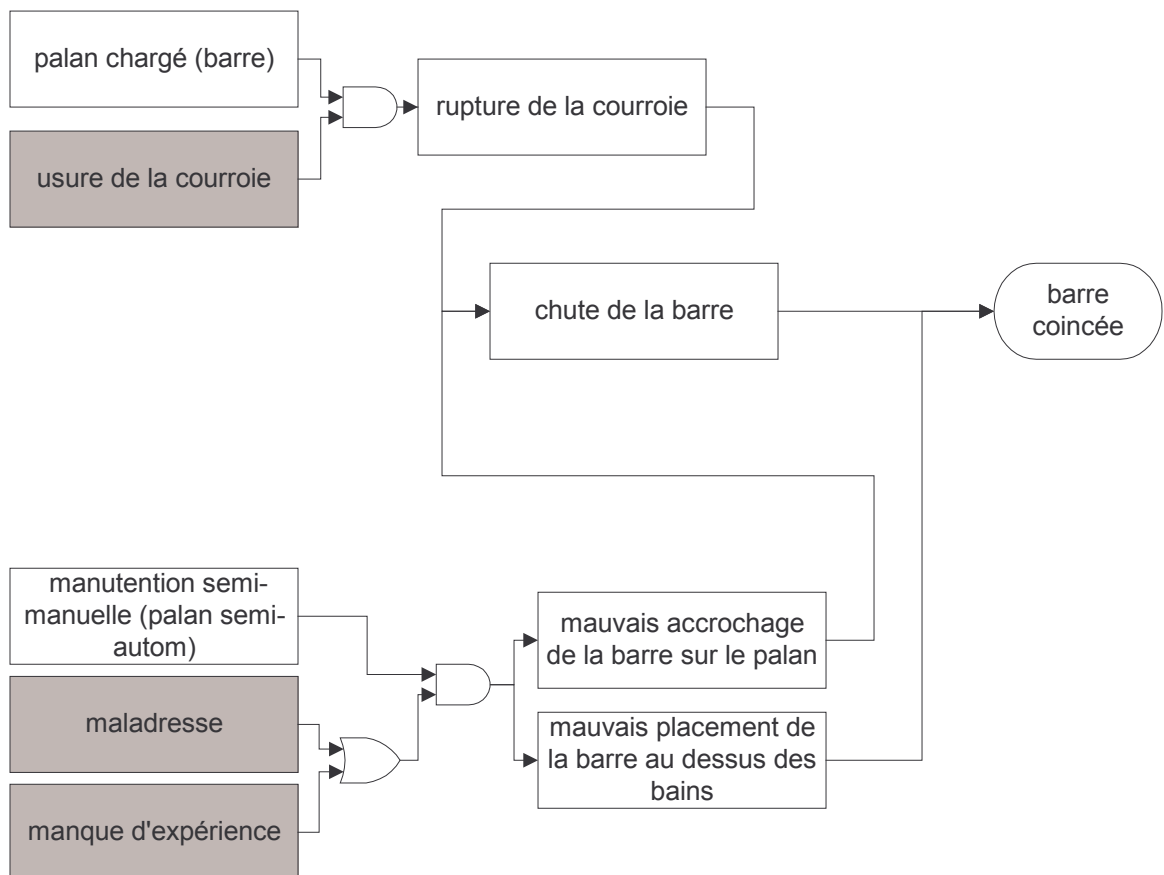
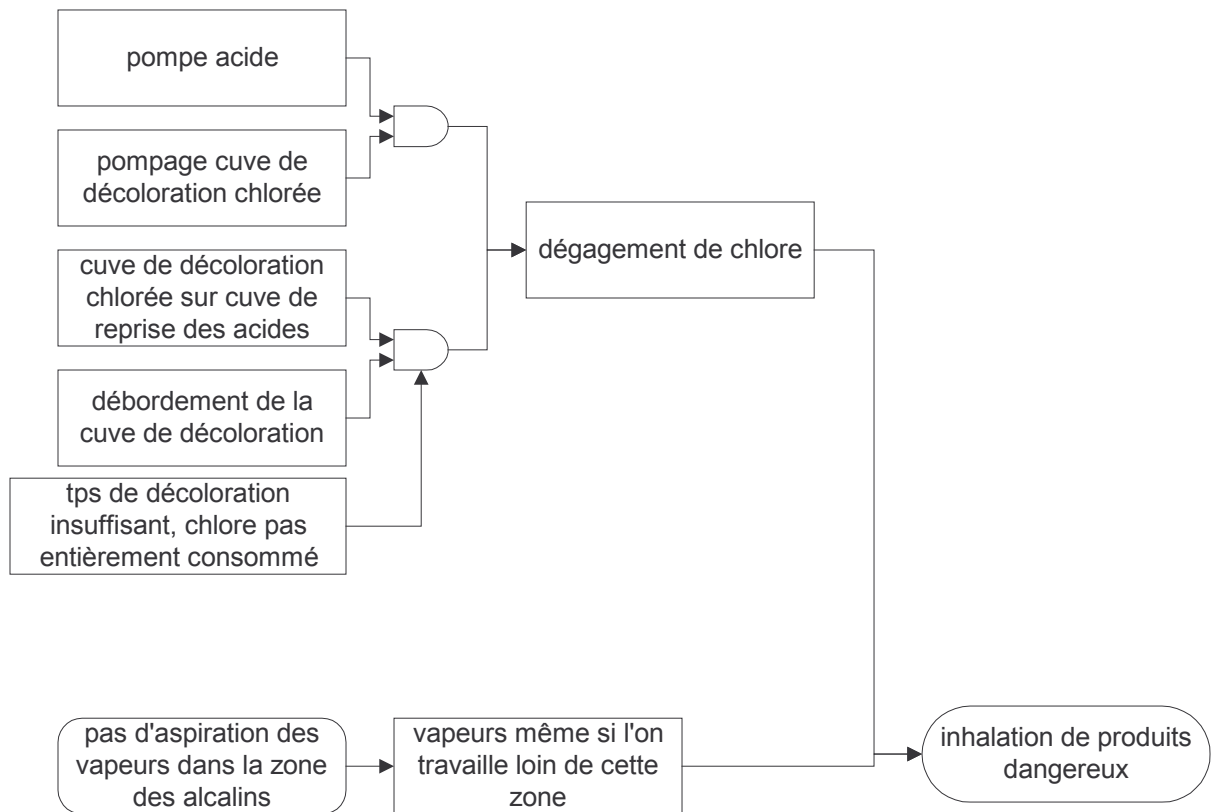


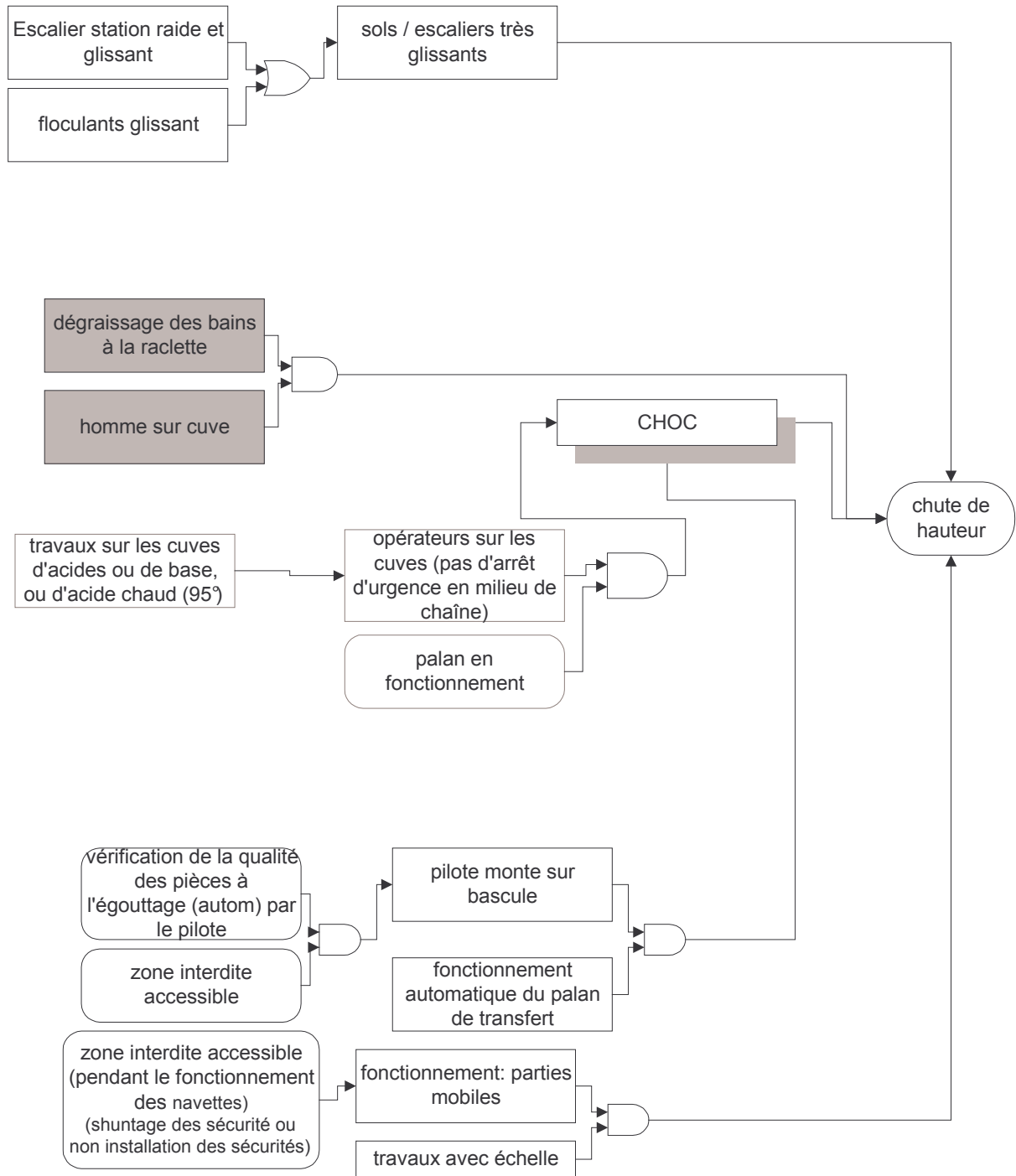


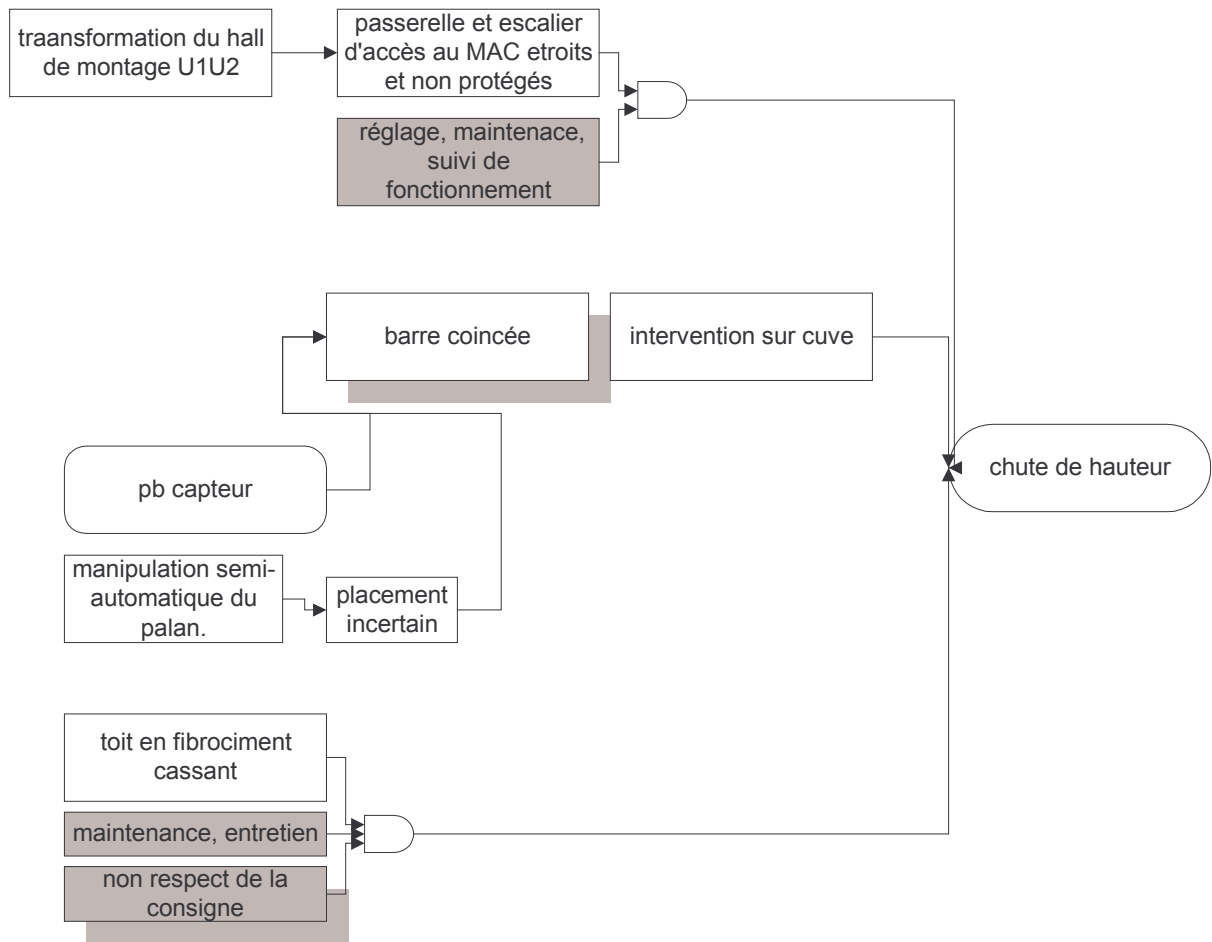


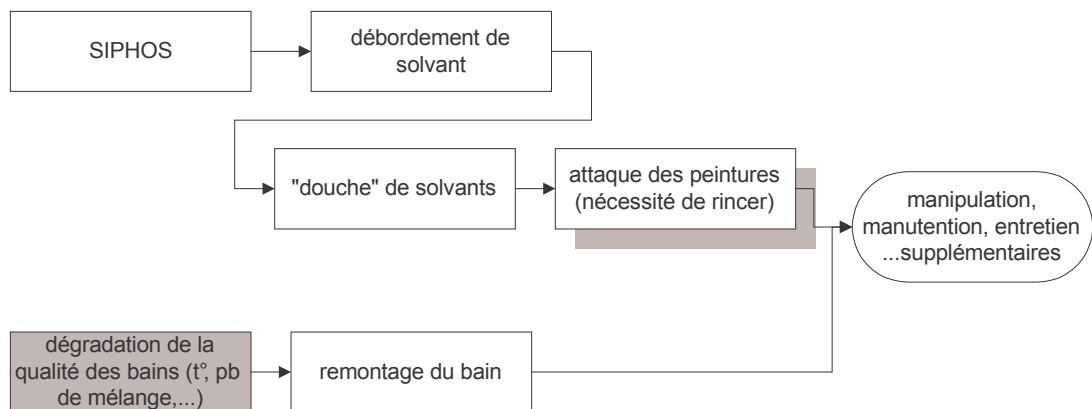
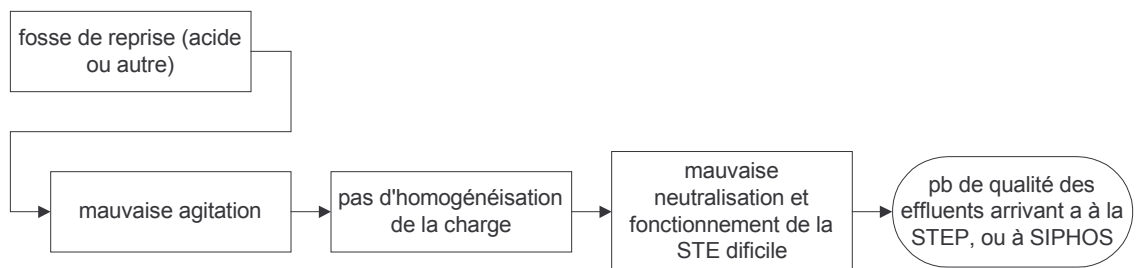
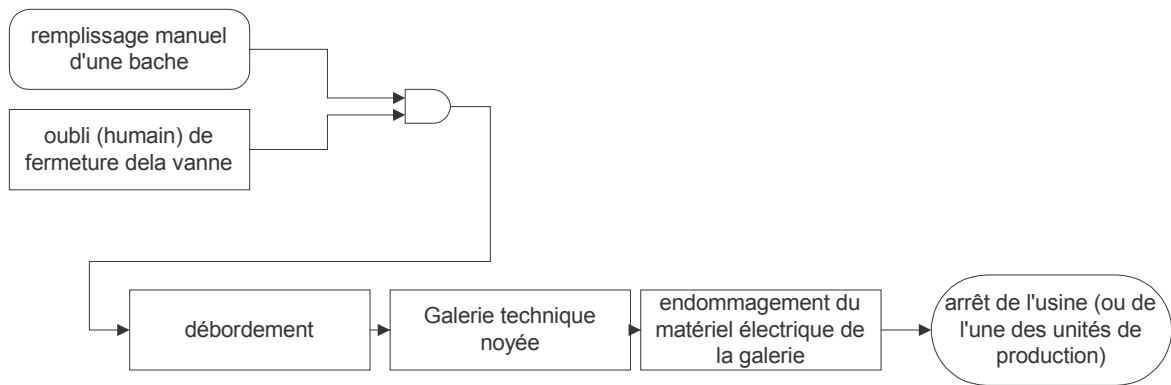


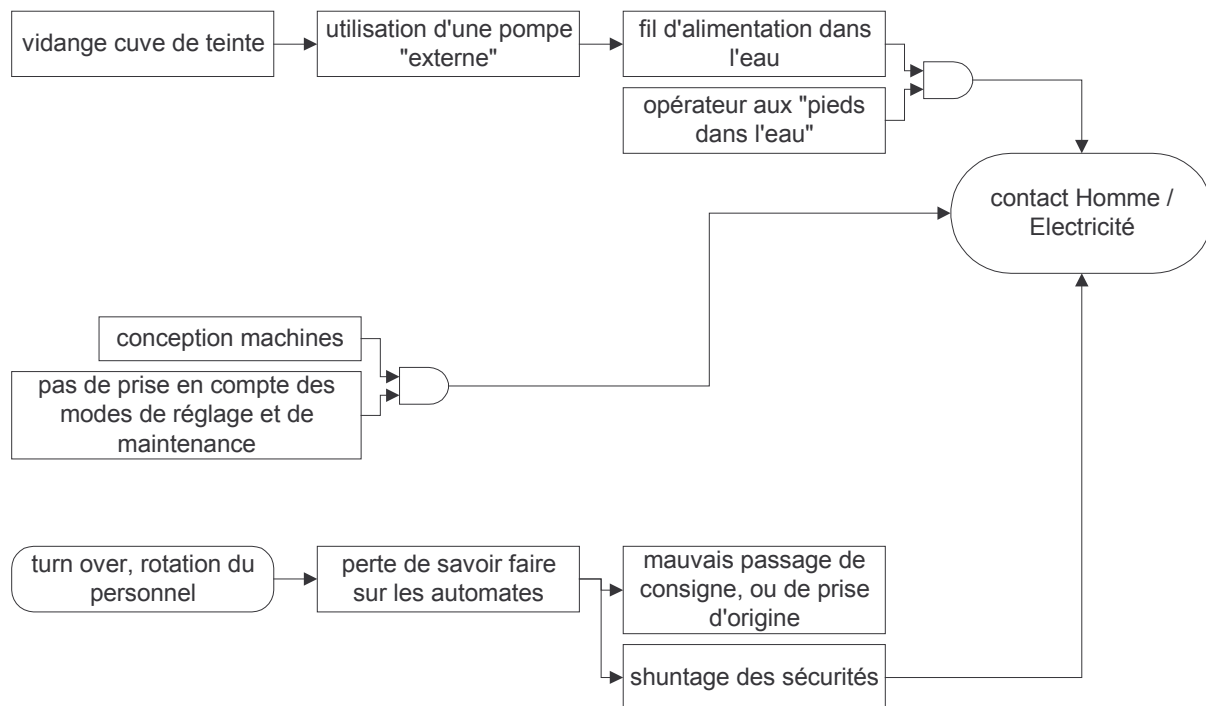


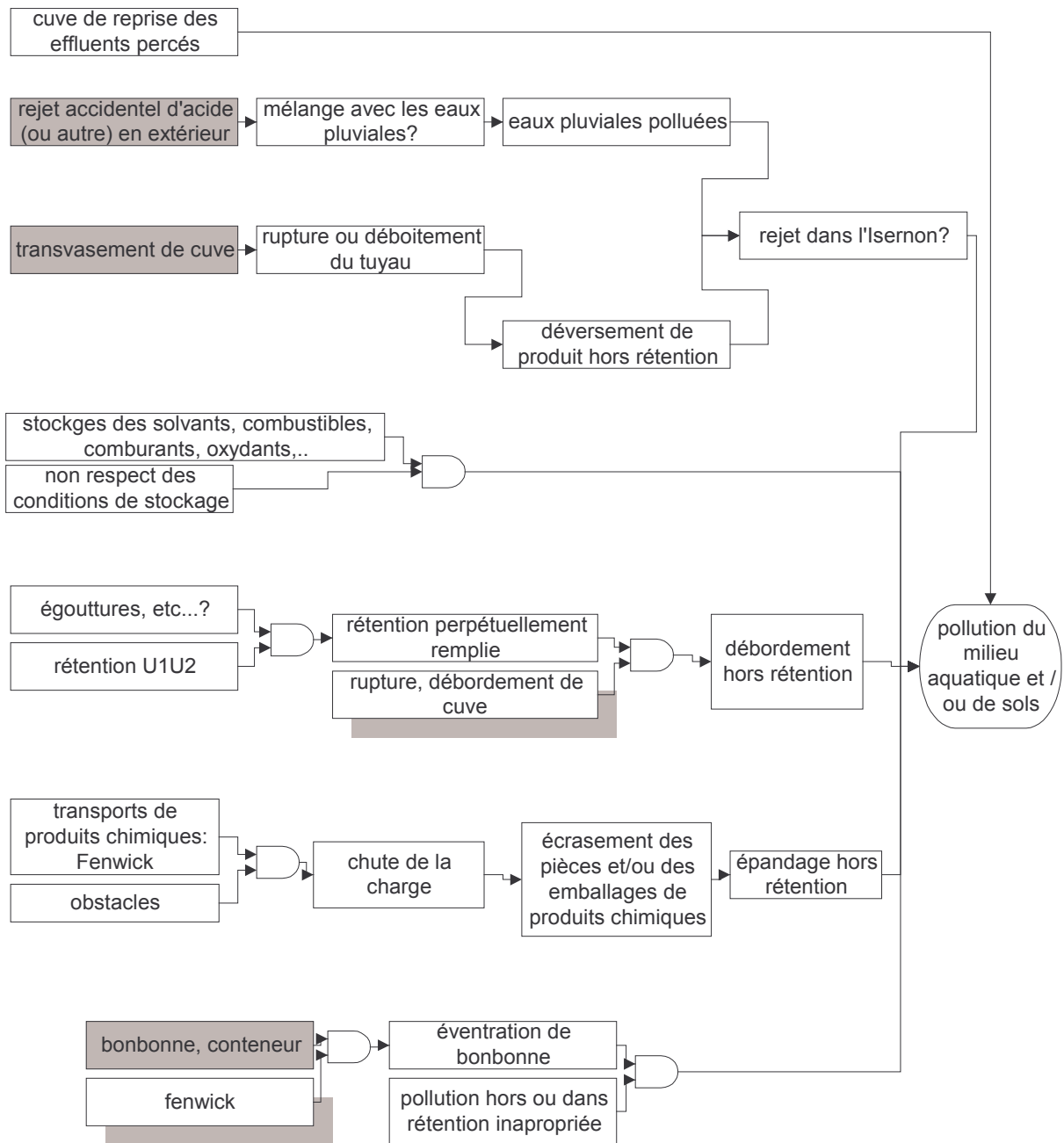


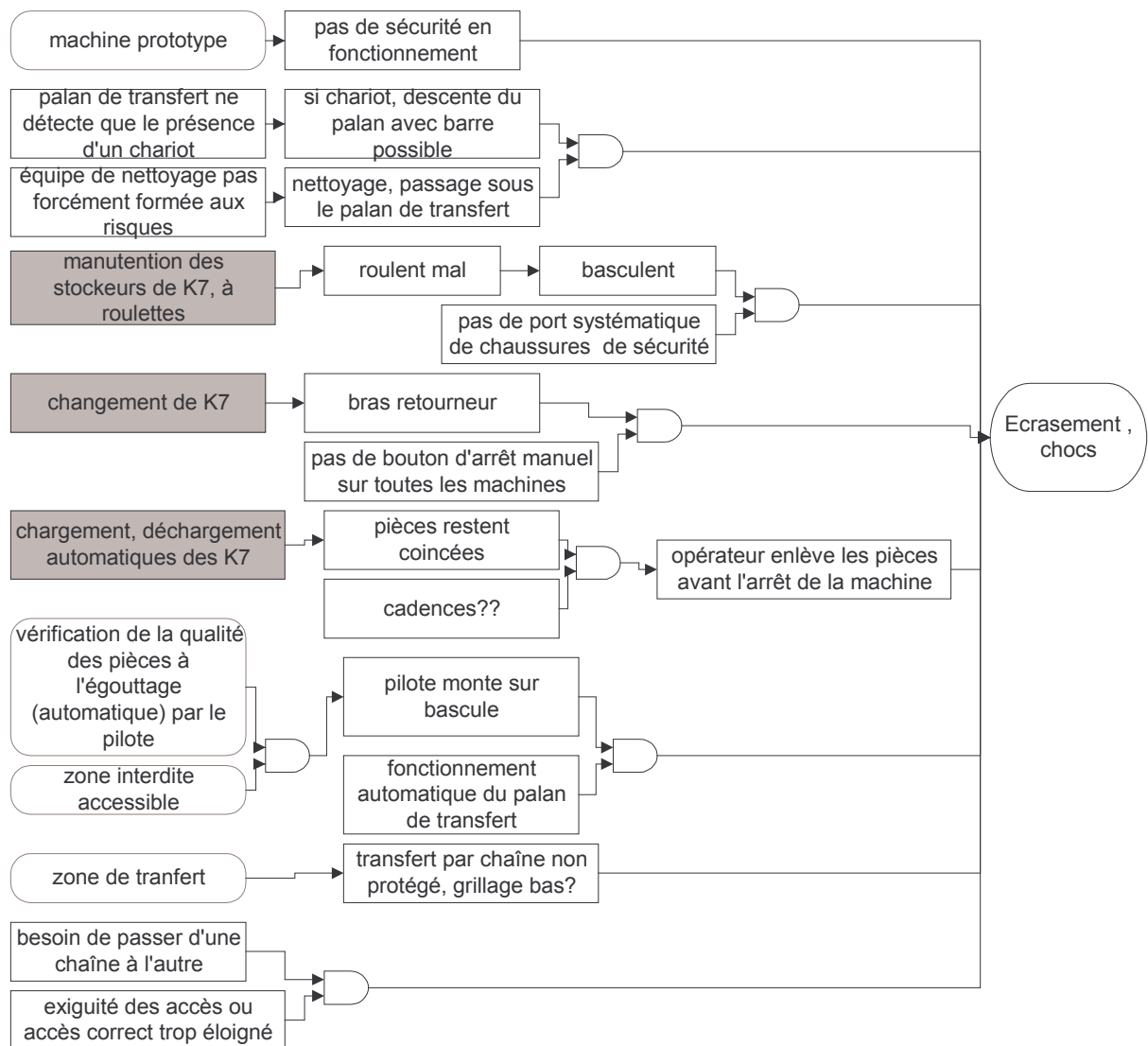




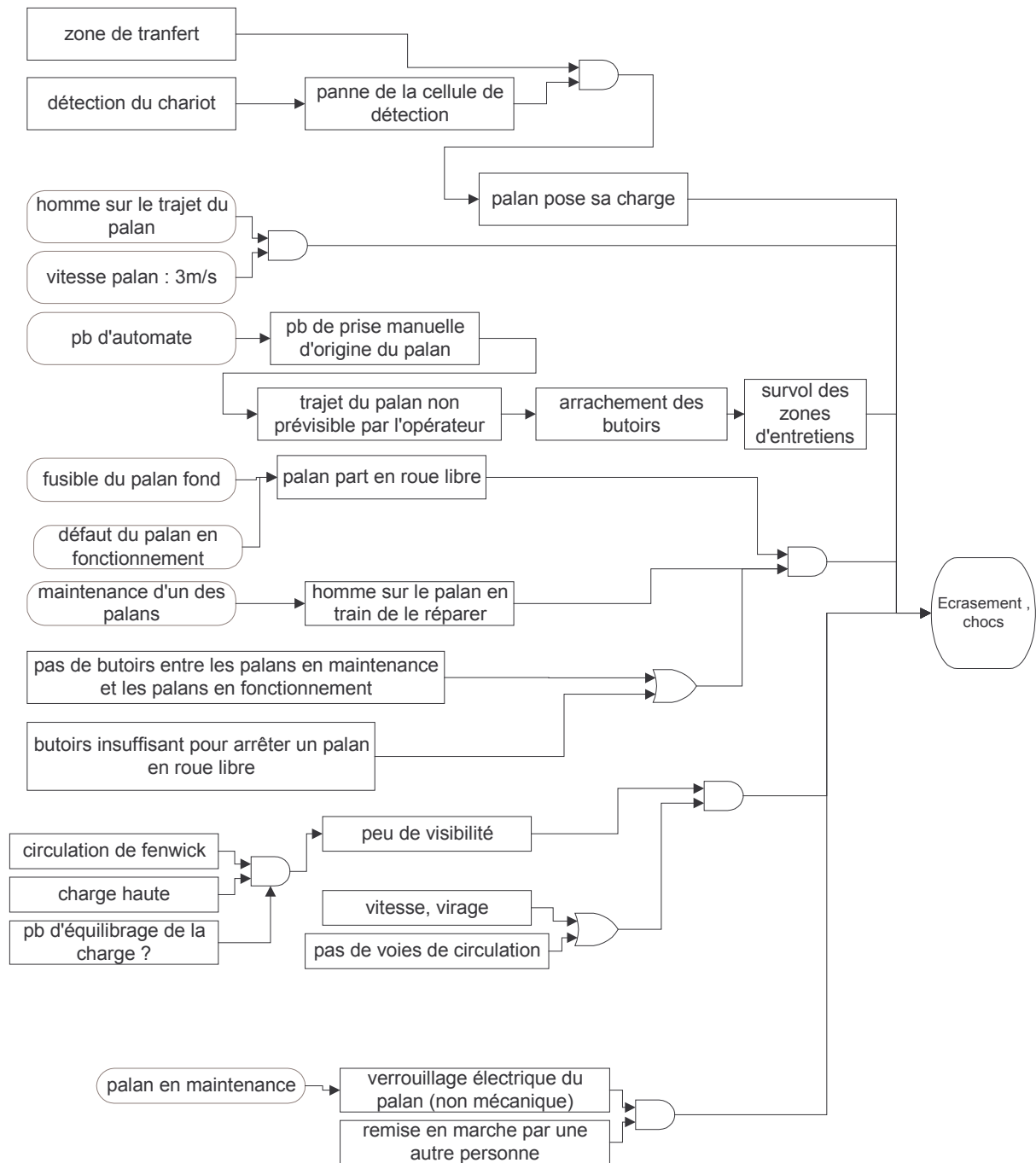












Annexe 6 : Exemple de grilles d'évaluation définies lors de deux des trois expérimentations

On peut noter la variabilité des échelles choisies d'une entreprise à l'autre, pour une même cible.

Cible : homme

Entreprise C

<b>mort</b>					
<b>arrêt avec IPP</b>					
<b>arrêt sans IPP</b>					
<b>sans arrêt</b>					
	<b>très rare</b>	<b>rare</b>	<b>fréquent</b>	<b>très fréquent</b>	

Entreprise B

<b>Gravité</b>					
<b>mort</b>					
<b>blessure grave avec arrêt de travail prolongé &gt; 1 mois</b>					
<b>3 jours à 1 mois d'arrêt de travail</b>					
<b>3 jours d'arrêt de travail</b>					
<b>blessure sans arrêt, sans IPP (avec déclaration ou non)</b>					
	<b>très rare</b>	<b>rare</b>	<b>fréquent</b>	<b>très fréquent</b>	
	> 75 ans	25 ans<...< 75 ans	5ans<...<25 ans	1 an<...<5ans	1 mois <..< 1 an > 1 mois

cible : installation

Entreprise C

gravité					
7,5 eq < arrêt usine < 15 eq					
6 eq < arrêt atelier < 15 eq					
1,5 eq < arrêt usine < 3 eq					
2 eq < arrêt atelier < 3 eq					
arrêt usine < 1 équipe					
arrêt atelier < 1 équipe					

<b>très rare</b>	<b>rare</b>	<b>fréquent</b>	<b>très fréquent</b>
> 50 ans	2ans < P < 10 ans	15jours < P < 6mois	6 mois < P < 2 ans < 15jours

Entreprise B

gravité				
machine hors service à remplacer				
machine endommagée, réparation faisant appel à un intervenant extérieur				
immobilisation courte de la machine				
réparation possible immédiate par la maintenance				

<b>très rare</b>	<b>rare</b>	<b>fréquent</b>	<b>très fréquent</b>
> 75 ans	25 ans <... < 75 ans	5ans <... < 25 ans	1 an <... < 5ans < 1 mois <... < 1 an > 1 mois

Annexe 7 : Méthode MOSAR - Tableau B [PERILHON 2000]

Définition des barrières										
Scénario ou sous système	Phase de vie	1.1 conception	1.2 ventilation	2.1 protection individuelle du personnel	2.2 surveillance médicale	2.3 formation du personnel	2.4 habilitations	2.5 identification des facteurs d'ambiance	2.6 comportement humain	3.1 consignes

Définition des barrières										
consignations	procédures	3.2 réglementation applicable	3.3 contrôles et vérifications techniques	3.4 et télésurveillance	3.5 maintenance	3.6 implantation	Baisage accès circulations	Influence sur l'environnement	sur nuisance	accident

Annexe 10 : Méthode MOSAR - Tableau C

On reprend chaque barrière identifiée dans le tableau B et on les qualifie dans le tableau C.

Barrières	Scénario	Type (d'utilisation ou technologique)	Conception	Ventilation	Protection individuelle du personnel	Surveillance médicale	Formation du personnel	Habilitations
1.1 de conception								
1.2 ventilation								
2.1 protection individuelle du personnel								
2.2 surveillance médicale								

## Annexe 9 : Extrait du code du travail : titre III chapitre préliminaire et chapitre I

Extrait du TITRE III  
HYGIÈNE, SÉCURITÉ ET CONDITIONS DE TRAVAIL  
CHAPITRE PRÉLIMINAIRE  
Principes généraux de prévention  
(Loi no 91-1414 du 31-12-91)

Art. L. 230-1 .- Les dispositions du présent chapitre sont applicables aux établissements et organismes mentionnés au chapitre Ier du présent titre.

Art. L. 230-2 .-

I. - Le chef d'établissement prend les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé des travailleurs de l'établissement, y compris les travailleurs temporaires. Ces mesures comprennent des actions de prévention des risques professionnels, d'information et de formation ainsi que la mise en place d'une organisation et de moyens adaptés. Il veille à l'adaptation de ces mesures pour tenir compte du changement des circonstances et tendre à l'amélioration des situations existantes.

Sans préjudice des autres dispositions du présent code, lorsque dans un même lieu de travail les travailleurs de plusieurs entreprises sont présents, les employeurs doivent coopérer à la mise en oeuvre des dispositions relatives à la sécurité, à l'hygiène et à la santé selon des conditions et des modalités définies par décret en Conseil d'État.

II. - Le chef d'établissement met en oeuvre les mesures prévues au I ci-dessus sur la base des principes généraux de prévention suivants :

- a) Éviter les risques ;
- b) Évaluer les risques qui ne peuvent pas être évités ;
- c) Combattre les risques à la source ;
- d) Adapter le travail à l'homme, en particulier en ce qui concerne la conception des postes de travail ainsi que le choix des équipements de travail et des méthodes de travail et de production, en vue notamment de limiter le travail monotone et le travail cadencé et de réduire les effets de ceux-ci sur la santé ;
- e) Tenir compte de l'état d'évolution de la technique ;
- f) Remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux ou par ce qui est moins dangereux ;
- g) Planifier la prévention en y intégrant, dans un ensemble cohérent, la technique, l'organisation du travail, les conditions de travail, les relations sociales et l'influence des facteurs ambiants ;
- h) Prendre des mesures de protection collective en leur donnant la priorité sur les mesures de protection individuelle ;
- i) Donner les instructions appropriées aux travailleurs.

III. - Sans préjudice des autres dispositions du présent code, le chef d'établissement doit, compte tenu de la nature des activités de l'établissement :

- a) Évaluer les risques pour la sécurité et la santé des travailleurs, y compris dans le choix des procédés de fabrication, des équipements de travail, des substances ou préparations chimiques, dans l'aménagement ou le réaménagement des lieux de travail ou des installations et dans la définition des postes de travail ; à la suite de cette évaluation et en tant que de besoin, les actions de prévention ainsi que les méthodes de travail et de production mises en oeuvre par l'employeur doivent garantir un meilleur niveau de protection de la sécurité et de la santé des travailleurs et être intégrées dans l'ensemble des activités de l'établissement et à tous les niveaux de l'encadrement ;
- b) Lorsqu'il confie des tâches à un travailleur, prendre en considération les capacités de l'intéressé à mettre en oeuvre les précautions nécessaires pour la sécurité et la santé.

Art. L. 230-3 .- Conformément aux instructions qui lui sont données par l'employeur ou le chef d'établissement, dans les conditions prévues, pour les entreprises assujetties à l'article L. 122-33 du présent code, au règlement intérieur, il incombe à chaque travailleur de prendre soin, en fonction de sa formation et, selon ses possibilités, de sa sécurité, et de sa santé ainsi que de celles des autres personnes concernées du fait de ses actes ou de ses omissions au travail.

Art. L. 230-4 .- Les dispositions de l'article L. 230-3 n'affectent pas le principe de la responsabilité des employeurs ou chefs d'établissement.

Art. L. 230-5 .- Le directeur départemental du travail et de l'emploi, sur le rapport de l'inspecteur du travail constatant une situation dangereuse résultant d'un non-respect des dispositions de l'article L. 230-2, peut mettre en demeure les chefs d'établissement de prendre toutes mesures utiles pour y remédier. Cette mise en demeure est faite par écrit, datée et signée et fixe un délai d'exécution tenant compte des difficultés de réalisation. Si, à l'expiration de ce délai, l'inspecteur du travail constate que la situation dangereuse n'a pas cessé, il peut dresser procès-verbal au chef d'établissement, qui est alors puni d'une peine de police.

## CHAPITRE PREMIER

### Dispositions générales

Art. L. 231-1 (Loi no 76-1106 du 6-12-76).-Sous réserve des exceptions prévues à l'article L. 231-1-1, sont soumis aux dispositions du présent titre les établissements industriels, commerciaux et agricoles et leurs dépendances, de quelque nature que ce soit, publics ou privés, laïques ou religieux, même s'ils ont un caractère coopératif, d'enseignement professionnel ou de bienfaisance, y compris les établissements où ne sont employés que les membres de la famille sous l'autorité soit du père, soit de la mère, soit du tuteur.

Sont également soumis à ces dispositions les offices publics ou ministériels, les professions libérales, les sociétés civiles, les syndicats professionnels, les associations et groupements de quelque nature que ce soit, ainsi que les établissements mentionnés à ( loi no 91-1414 du 31-12-91) « l'article 2 de la loi no 86-33 du 9 janvier 1986 portant dispositions statutaires relatives à la fonction publique hospitalière » et les établissements de soins privés.

( Loi no 85-10 du 3-1-85) Sont également soumis aux dispositions du présent titre les établissements publics à caractère industriel et commercial et les établissements publics déterminés par décret qui assurent tout à la fois une mission de service public à caractère administratif et à caractère industriel et commercial, lorsqu'ils emploient du personnel dans les conditions du droit privé. Toutefois, ces dispositions peuvent, compte tenu des caractères particuliers de certains de ces établissements et des organismes de représentation du personnel éventuellement existants, faire l'objet d'adaptations sous réserve d'assurer les mêmes garanties aux salariés de ces établissements. Ces adaptations résultent de décrets en Conseil d'État.

( Loi no 91-1 du 3-1-91) Les ateliers des établissements publics dispensant un enseignement technique ou professionnel sont soumis aux dispositions des chapitres II, III et IV du présent titre, en ce qui concerne tant les personnels que les élèves. Un décret d'application fixe les conditions de mise en oeuvre de ces dispositions eu égard aux finalités spécifiques des établissements d'enseignement.

Art. L. 231-1-1 (Loi no 82-1097 du 23-12-82).-Ne sont pas soumises aux dispositions de l'article L. 231-1 :

1. Les mines et carrières et leurs dépendances ;
2. les entreprises de transport par fer, par route, par eau et par air dont les institutions particulières ont été fixées par voie statutaire.

( Loi no 76-1106 du 6-12-76) Toutefois, ces dispositions ou celles qui sont prises en application de l'article L. 231-2 peuvent être rendues applicables, en tout ou en partie, aux entreprises ou établissements mentionnés à l'alinéa précédent ou à certaines parties de ceux-ci par des décrets qui déterminent leurs conditions d'application.

Art. L. 231-1-2 (Loi no 76-1106 du 6-12-76).-Les attributions conférées par le présent titre et par le chapitre III du titre VI du livre 2 soit au ministre chargé du travail, soit aux inspecteurs du travail dont il dispose sont respectivement exercées par le ministre chargé de l'agriculture et par les inspecteurs du travail placés sous l'autorité de ce ministre en ce qui concerne les établissements agricoles prévus à l'article L. 231-1.

Art. L. 231-1-3 (Loi no 76-1106 du 6-12-76).-Le ministre de l'Agriculture est assisté par un des organismes consultatifs qui sont notamment chargés de donner sur les règlements applicables aux établissements agricoles, au sens de l'article L. 231-1, l'avis prévu à l'article L. 231-3.

Un décret en Conseil d'État détermine la composition, les règles de fonctionnement ainsi que, le cas échéant, les attributions, autres que celle qui a été ci-dessus établie, du ou des organismes prévus à l'alinéa précédent.

Ce ou ces organismes comprennent un nombre égal de représentants des organisations d'employeurs et de représentants des organisations de salariés.

Art. L. 231-2.- Des règlements d'administration publique déterminent :

1o Les mesures générales de protection et de salubrité applicables à tous les établissements assujettis, notamment en ce qui concerne l'éclairage, l'aération ou la ventilation, les eaux potables, les fosses d'aisance, l'évacuation des poussières et vapeurs, les précautions à prendre contre les incendies, le couchage du personnel, etc. ;

2o Au fur et à mesure des nécessités constatées les prescriptions particulières relatives soit à certaines professions, soit à certains modes de travail ;

3o (Loi no 91-1414 du 31-12-91) Les modalités de l'évaluation des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs prévue au III de l'article L. 230-2 ;

4o (Loi no 76-1106 du 6-12-76) L'organisation, le fonctionnement ainsi que les modalités de participation des établissements au financement d'organismes professionnels d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail, constitués dans les branches d'activités à haut risque ; ces organismes, qui doivent associer les représentants des organisations professionnelles d'employeurs et de salariés les plus représentatives et dont l'activité est coordonnée par l'Agence pour l'amélioration des conditions de travail prévue à l'article L. 200-5, sont chargés notamment de promouvoir la formation à la sécurité, de déterminer les causes techniques des risques professionnels, de susciter les initiatives professionnelles en matière de prévention et de proposer aux pouvoirs publics toutes mesures dont l'expérience aura fait apparaître l'utilité.

(Loi no 82-1097 du 23-12-82) Les établissements tenus de constituer un comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail, notamment en application de l'article L. 236-1, ne sont pas exonérés de l'obligation d'adhérer à un organisme professionnel créé dans une branche d'activité en application de l'alinéa précédent.

(Loi no 73-1195 du 27-12-73) Les règlements d'administration publique ci-dessus prévus et qui ont pour objet l'hébergement du personnel par les entreprises sont également applicables aux installations établies en dehors des limites des établissements ou chantiers régis par les dispositions du présent article.

Le contrôle de l'inspection du travail portera notamment sur l'installation et l'aménagement intérieur des locaux.

Art. L. 231-2-1 (Loi no 80-502 du 4-7-80 modifiée par loi no 99-574 du 9-7-99).-I. - Des commissions d'hygiène et de sécurité, composées de représentants des employeurs et des salariés, sont chargées de promouvoir la formation à la sécurité et de contribuer à l'amélioration des conditions d'hygiène et de sécurité. (Loi no 99-574 du 9-7-99) « Ces dispositions ne sont pas applicables aux exploitations et aux entreprises agricoles qui ne disposent pas de comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail prévu à l'article L. 236-1, ces exploitations et entreprises relevant du II ci-après. »

À défaut de constitution de ces commissions par application du titre III du livre 1 du présent code, leur mission est assurée par des organismes créés conformément aux dispositions du 4o de l'article L. 231-2 du présent code.

En l'absence de stipulations de « convention ou accord collectif de travail » sur ce point, le règlement prévu par l'article L. 231-2 détermine les règles selon lesquelles les membres salariés des commissions ou des organismes susmentionnés sont indemnisés au titre de l'exercice de leurs fonctions.

(Loi no 99-574 du 9-7-99) II. - Des commissions paritaires d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail en agriculture sont instituées dans chaque département. Elles sont chargées de promouvoir la formation à la sécurité et de contribuer à l'amélioration des conditions d'hygiène et de sécurité pour les exploitations et entreprises agricoles qui emploient des salariés énumérés aux 1o, 2o, 3o et 5o de l'article 1144 du code rural et qui sont dépourvues de comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail ou de délégués du personnel.



Chaque commission comprend, en nombre égal, des représentants des organisations d'employeurs et de salariés les plus représentatives au plan national dans les branches professionnelles concernées, ou des organisations locales représentatives dans les départements d'outre-mer, nommés par le préfet. Ces représentants doivent exercer leur activité dans une exploitation ou entreprise visée à l'alinéa ci-dessus située dans le ressort territorial de la commission.

Les commissions susvisées sont présidées alternativement par période d'un an par un représentant des salariés ou un représentant des employeurs. Le sort détermine la qualité de celui qui est élu la première fois.

Le temps passé par les membres salariés aux réunions de la commission est de plein droit considéré comme temps de travail, et rémunéré comme tel. Les intéressés bénéficient en outre d'une autorisation d'absence rémunérée pour exercer leurs fonctions, dans la limite de quatre heures par mois. Les membres employeurs bénéficient de l'indemnité forfaitaire représentative du temps passé prévue par l'article 1022 du code rural pour les administrateurs du troisième collège de la caisse de mutualité sociale agricole. Les frais de déplacement exposés par les membres de la commission, les salaires maintenus par les employeurs ainsi que les cotisations sociales y afférentes et les indemnités représentatives du temps passé sont pris en charge par le fonds national de prévention créé en application de l'article 1171 du code rural.

Les membres salariés des commissions paritaires d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail en agriculture bénéficient des dispositions de l'article L. 236-11.

Un décret détermine les conditions d'application du présent article et notamment les modalités de fonctionnement des commissions : il peut conférer à certaines commissions une compétence interdépartementale lorsque les salariés de certains départements limitrophes sont peu nombreux.

Art. L. 231-2-2 (Loi no 91-1 du 3-1-91).-Des commissions d'hygiène et de sécurité composées des représentants des personnels de l'établissement, des élèves, des parents d'élèves, de l'équipe de direction et d'un représentant de la collectivité de rattachement, présidées par le chef d'établissement, sont instituées dans chaque lycée technique ou professionnel.

Elles sont chargées de faire toutes propositions utiles au conseil d'administration en vue de promouvoir la formation à la sécurité et de contribuer à l'amélioration des conditions d'hygiène et de sécurité dans l'établissement et notamment dans les ateliers.

Un décret d'application fixe les conditions de mise en oeuvre de ces dispositions, notamment en ce qui concerne la composition et les modalités de fonctionnement des commissions d'hygiène et de sécurité.

Art. L. 231-3 (Loi no 76-1106 du 6-12-76).-« Les règlements d'administration publique prévus à « l'article L. 231-2 » sont pris, sans préjudice de l'application, s'il y a lieu, de l'article L. 231-3, après avis du conseil supérieur de la prévention des risques professionnels.

Ce conseil se substitue notamment à la commission d'hygiène industrielle, à la commission de sécurité du travail et au conseil supérieur de la médecine du travail. En font partie, en nombre égal, des représentants des organisations d'employeurs et des représentants des organisations de salariés. »

Le conseil supérieur d'hygiène publique est, en outre, appelé à donner son avis sur les règlements d'administration publique prévus par l'article L. 231-2.(10) lorsque ces décrets intéressent l'hygiène générale des locaux de travail ou le couchage du personnel.

(Loi no 76-1106 du 6-12-76). Un décret en Conseil d'Etat détermine la composition, les règles de fonctionnement ainsi que, le cas échéant, les attributions, autres que celle qui a été ci-dessus établie, du conseil supérieur de la prévention des risques professionnels.

Art. L. 231-3-1 (Loi no 76-1106 du 6-12-76).-« Tout chef d'établissement » est tenu d'organiser une formation pratique et appropriée en matière de sécurité au bénéfice des travailleurs qu'il embauche, de ceux qui changent de poste de travail ou de technique. (loi no 89-18 du 13-1-89) des travailleurs liés par un contrat de travail temporaire en application des articles L. 124-2 et L. 124-2-1 à l'exception de ceux auxquels il est fait appel en vue de l'exécution de travaux urgents nécessités par des mesures de sécurité et déjà dotés de la qualification nécessaire à cette intervention (loi no 76-1106 du 6-12-76) et, à la demande du médecin du travail, de ceux qui reprennent leur activité après un arrêt de travail d'une durée d'au moins vingt et

dispositions de l'article L. 263-1, lorsque les faits qu'ils constatent présentent un danger grave ou imminent pour l'intégrité physique des travailleurs.

Le procès-verbal doit explicitement préciser les circonstances de fait et la législation ou les règlements applicables à l'espèce.

(Loi no 85-772 du 25-7-85) La mise en demeure est faite par écrit selon les modalités prévues aux articles L. 611-14 et L. 620-4. Elle est datée et signée. Elle indique les infractions constatées et fixe un délai à l'expiration duquel ces infractions devront avoir disparu. Ce délai, qui ne peut être inférieur à quatre jours, est fixé en tenant compte des circonstances, à partir du minimum établi pour chaque cas par les décrets pris en application des articles L. 231-2 et L. 233-5-1.

Art. L. 231-5 (Loi no 76-1106 du 6-12-76 modifiée par loi no 91-1414 du 31-12-91).-Le directeur départemental du travail « et de l'emploi », sur le rapport de l'inspecteur du travail constatant une situation dangereuse résultant d'une infraction aux dispositions des articles L. 232-1 et L. 233-1 du Code du travail, notamment dans le cas où le risque professionnel trouve son origine dans les conditions d'organisation du travail ou d'aménagement du poste de travail, l'état des surfaces de circulation, l'état de propreté et d'ordre des lieux de travail, le stockage des matériaux et des produits de fabrication, peut mettre en demeure les chefs d'établissement de prendre toutes mesures utiles pour y remédier.

Cette mise en demeure est faite par écrit, datée et signée et fixe un délai d'exécution tenant compte des difficultés de réalisation. Si, à l'expiration de ce délai, l'inspecteur du travail constate que la situation dangereuse n'a pas cessé, il peut dresser procès-verbal au chef d'établissement. Par exception aux dispositions des articles L. 263-2 et L. 263-4 les infractions ainsi constatées sont punies de peines de police.

Art. L. 231-5-1 (Loi no 91-1414 du 31-12-91).-Avant l'expiration du délai fixé en application soit de l'article L. 230-5, soit de l'article L. 231-4, soit de l'article L. 231-5 et au plus tard dans les quinze jours qui suivent la mise en demeure prononcée sur le fondement de l'un de ces articles, le chef d'établissement peut saisir d'une réclamation le directeur régional du travail et de l'emploi.

(Loi no 76-1106 du 6-12-76) Cette réclamation est suspensive. Il y est statué dans un délai fixé par voie réglementaire.

La non-communication au chef d'établissement de la décision du directeur régional dans le délai prévu à l'alinéa précédent vaut acceptation de la réclamation. Tout refus de la part du directeur régional doit être motivé.

Art. L. 231-6 (Loi no 91-1414 du 31-12-96).-Sans préjudice de l'application des autres dispositions législatives et réglementaires, les vendeurs ou distributeurs de substances ou de préparations dangereuses, ainsi que les chefs des établissements où il en est fait usage sont tenus d'apposer sur tout récipient, sac ou enveloppe contenant ces substances ou préparations, une étiquette ou une inscription indiquant le nom et l'origine de ces substances ou préparations et les dangers que présente leur emploi.

Les récipients, sacs ou enveloppes contenant les substances ou préparations dangereuses doivent être solides et étanches.

Des arrêtés conjoints des ministres chargés du travail, de l'industrie et de l'agriculture, pris après avis « du conseil supérieur de la prévention des risques professionnels » déterminent la nature des substances ou préparations prévues à l'alinéa précédent et la proportion au-dessus de laquelle leur présence dans un produit complexe rend obligatoire l'apposition de l'étiquette ou de l'inscription prévue ci-dessus.

Ces arrêtés déterminent la couleur, les dimensions des étiquettes ou inscriptions, les indications qui doivent figurer sur celles-ci, ainsi que les conditions auxquelles doivent satisfaire les récipients, sacs ou enveloppes contenant lesdites substances, préparations ou produits.

(Loi no 85-772 du 25-7-85) Toute substance ou préparation, qui ne fait pas l'objet d'un des arrêtés mentionnés au troisième alinéa ci-dessus mais donne lieu à la fourniture des informations mentionnées au troisième alinéa de l'article L. 231-7, doit être étiquetée et emballée par le fabricant, l'importateur ou le vendeur sur la base de ces informations et des règles générales fixées par lesdits arrêtés en application du quatrième alinéa ci-dessus.

Art. L. 231-7 (Loi no 76-1106 du 6-12-76).-Dans l'intérêt de l'hygiène et de la sécurité du travail, peuvent être limitées, réglementées ou interdites la fabrication, la mise en vente, la vente, l'importation, la cession à quelque titre que ce soit ainsi que l'emploi des substances et préparations dangereuses pour les travailleurs.

Ces limitations, réglementations ou interdictions peuvent être établies même dans le cas où l'emploi desdites substances ou préparations est le fait du chef d'établissement ou des travailleurs indépendants.

(Loi no 85-772 du 25-7-85 modifiée par loi no 91-1414 du 31-12-91) Avant toute mise sur le marché, soit en l'état, soit au sein d'une préparation, à titre onéreux ou gratuit, d'une substance chimique qui n'a pas fait l'objet d'une mise sur le marché d'un État membre des Communautés européennes (loi no 93-1420 du 31-12-93) « ou d'un autre État partie à l'accord sur l'Espace économique européen » avant le 18 septembre 1981, tout fabricant ou importateur doit fournir à un organisme agréé par le ministre chargé du travail les informations nécessaires à l'appréciation des risques encourus par les travailleurs susceptibles d'être exposés à cette substance.

(Loi no 91-1414 du 31-12-91) Les fabricants, les importateurs ou les vendeurs de substances ou de préparations dangereuses destinées à être utilisées dans des établissements mentionnés à l'article L. 231-1 doivent, dans les conditions définies par décret en Conseil d'État, fournir à un organisme agréé par les ministres chargés du travail et de l'agriculture toutes les informations nécessaires sur ces produits, notamment leur composition, en vue de permettre d'en prévenir les effets sur la santé ou de répondre à toute demande d'ordre médical destinée au traitement des affections induites par ces produits, en particulier en cas d'urgence. Un décret en Conseil d'État détermine les conditions dans lesquelles les informations sont fournies par l'organisme agréé, les personnes qui y ont accès et les modalités selon lesquelles sont préservés les secrets de fabrication.

(Loi no 85-772 du 25-7-85) Toutefois, les dispositions précédentes ne s'appliquent pas :

- à l'importateur d'une substance en provenance d'un État membre des Communautés européennes (loi no 93-1420 du 31-12-93) « ou d'un autre État partie à l'accord sur l'Espace économique européen », si cette substance y a fait l'objet d'une mise sur le marché conformément aux règles nationales prises pour l'application des directives du conseil des Communautés européennes ;

- au fabricant ou à l'importateur de certaines catégories de substances ou préparations, définies par décret en Conseil d'État, et soumises à d'autres procédures de déclaration. Ces procédures prennent en compte les risques encourus par les travailleurs.

(Loi no 76-1106 du 6-12-76) Obligation peut, en outre, être faite aux fabricants, importateurs et vendeurs susvisés de participer à la conservation et à l'exploitation de ces informations et de contribuer à la couverture des dépenses qui en résultent.

Par ailleurs, l'inspecteur du travail peut, après avis du médecin du travail, mettre en demeure le chef d'établissement de faire procéder, par des organismes agréés par le ministère du Travail, à des analyses des produits visés au premier alinéa du présent article, en vue d'en connaître la composition et les effets sur l'organisme humain.

Les mesures d'application du présent article font l'objet de décrets en Conseil d'État pris dans les conditions prévues à l'alinéa 1er de l'article L. 231-3, et après avis des organisations professionnelles d'employeurs et de salariés intéressées. Ces règlements peuvent notamment organiser des procédures spéciales lorsqu'il y a urgence à suspendre la commercialisation ou l'utilisation des substances et préparations dangereuses, et prévoir les modalités d'indemnisation des travailleurs atteints d'affections causées par ces produits.

Art. L. 231-8 (Loi no 82-1097 du 23-12-82).-Le salarié signale immédiatement à l'employeur ou à son représentant toute situation de travail dont il a un motif raisonnable de penser qu'elle présente un danger grave et imminent pour sa vie ou sa santé (loi no 91-1414 du 31-12-91) , ainsi que toute défectuosité qu'il constate dans les systèmes de protection.

(Loi no 82-1097 du 23-12-82) L'employeur ou son représentant ne peut demander au salarié de reprendre son activité dans une situation de travail où persiste un danger grave et imminent (loi no 91-1414 du 31-12-91) résultant par exemple d'une défectuosité du système de protection.

(Loi no 90-613 du 12-7-90) L'existence de la faute inexcusable de l'employeur, définie à l'article L. 452-1 du code de la sécurité sociale est présumée établie pour les salariés sous contrat à durée déterminée et les salariés mis à la disposition d'une entreprise utilisatrice par une entreprise de travail temporaire, victimes d'un accident de travail ou d'une maladie professionnelle alors qu'affectés à des postes de travail présentant des risques particuliers pour leur santé ou leur sécurité, ils n'auraient pas bénéficié de la formation à la sécurité renforcée prévue par l'article L. 231-3-1.

Art. L. 231-8-1 (Loi no 82-1097 du 23-12-82).-Aucune sanction, aucune retenue de salaire ne peut être prise à l'encontre d'un salarié ou d'un groupe de salariés qui se sont retirés d'une situation de travail dont ils avaient un motif raisonnable de penser qu'elle présentait un danger grave et imminent pour la vie ou pour la santé de chacun d'eux. Le bénéfice de la faute inexcusable de l'employeur définie aux articles L. 452-1 à L. 452-4 (L. 468) du Code de la sécurité sociale est de droit pour le salarié ou les salariés qui seraient victimes d'un accident du travail ou d'une maladie professionnelle alors qu'eux-mêmes ou un membre du comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail avaient signalé à l'employeur le risque qui s'est matérialisé.

Art. L. 231-8-2 (Loi no 82-1097 du 23-12-82).-La faculté ouverte par l'article L. 231-8 doit être exercée de telle manière qu'elle ne puisse créer pour autrui une nouvelle situation de risque grave et imminent.

Art. L. 231-9 (Loi no 82-1097 du 23-12-82).-Si un représentant du personnel au comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail constate qu'il existe une cause de danger grave et imminent, notamment par l'intermédiaire d'un salarié qui s'est retiré de la situation de travail définie à l'article L. 231-8, il en avise immédiatement l'employeur ou son représentant et il consigne cet avis par écrit dans des conditions fixées par voie réglementaire. L'employeur ou son représentant est tenu de procéder sur-le-champ à une enquête avec le membre du comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail qui lui a signalé le danger et de prendre les dispositions nécessaires pour y remédier.

En cas de divergence sur la réalité du danger ou la façon de le faire cesser, notamment par arrêt du travail, de la machine ou de l'installation, le comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail est réuni d'urgence et, en tout état de cause, dans un délai n'excédant pas vingt-quatre heures. En outre, l'employeur est tenu d'informer immédiatement l'inspecteur du travail et l'agent du service de prévention de la caisse régionale d'assurance maladie, qui peuvent assister à la réunion du comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail.

À défaut d'accord entre l'employeur et la majorité du comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail sur les mesures à prendre et leurs conditions d'exécution, l'inspecteur du travail est saisi immédiatement par l'employeur ou son représentant. (Loi no 91-1414 du 31-12-91) Il met en oeuvre, le cas échéant, soit la procédure de l'article L. 230-5, soit celle de l'article L. 231-5, soit celle de l'article L. 263-1.

Art. L. 231-10 (Loi no 91-1414 du 31-12-91).-Le chef d'établissement prend les mesures et donne les instructions nécessaires pour permettre aux travailleurs, en cas de danger grave, imminent et inévitable, d'arrêter leur activité et de se mettre en sécurité en quittant immédiatement le lieu de travail.

Art. L. 231-11 (Loi no 91-1414 du 31-12-91).-Les mesures concernant la sécurité, l'hygiène et la santé au travail ne doivent en aucun cas entraîner de charges financières pour les travailleurs.

Art. L. 231-12 (Loi no 91-1414 du 31-12-91).-Lorsqu'il constate sur un chantier du bâtiment et des travaux publics qu'un salarié ne s'est pas retiré de la situation de travail définie à l'article L. 231-8 alors qu'il existe une cause de danger grave et imminent résultant soit d'un défaut de protection contre les chutes de hauteur, soit de l'absence de dispositifs de nature à éviter les risques d'ensevelissement (loi no 96-452 du 28-5-96) « , soit de l'absence de dispositifs de protection de nature à éviter les risques liés aux opérations de confinement et de retrait de l'amiant » constituant une infraction aux obligations des règlements pris en application de l'article L. 231-2, l'inspecteur du travail (loi no 92-1446 du 31-12-92) « ou le contrôleur du travail, par délégation de l'inspecteur du travail dont il relève et sous son autorité », peut prendre toutes mesures utiles visant à soustraire immédiatement le salarié de cette situation, notamment en prescrivant l'arrêt temporaire de la partie des travaux en cause.

Lorsque toutes les mesures ont été prises pour faire cesser la situation de danger grave et imminent, l'employeur ou son représentant avise l'inspecteur du travail qui, après vérification, autorise la reprise des travaux.

En cas de contestation par l'employeur de la réalité du danger ou de la façon de le faire cesser, notamment par l'arrêt des travaux, celui-ci saisit le président du tribunal de grande instance qui statue en référé.

Un décret en Conseil d'État détermine les modalités d'application du présent article.

THESE SOUTENUE DEVANT L'INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES

NOM : <b>GARDES</b> Prénom : <b>Laurence</b>	date de soutenance <b>12 juillet 2001</b>
TITRE : <b>Méthodologie d'analyse des dysfonctionnements des systèmes pour une meilleure maîtrise des risques industriels dans les PME : Application au secteur du traitement de surface.</b>	
NATURE : <b>Doctorat</b> FORMATION DOCTORALE : <b>Sciences et techniques du déchet</b> Numéro d'ordre : <b>257 ID</b>	
CODE B.I.U.- Lyon :	
RESUME : En application des principes généraux de prévention, développés dans le cadre législatif de la protection des travailleurs, une analyse des risques doit être effectuée dans l'ensemble des installations industrielles. Dans les entreprises de petites et moyennes tailles (PME), ce principe de prévention est très peu appliqué et on peut attribuer en partie cette d'absence d'application au fait que les méthodes d'analyse proposées aux PME ne leur sont pas adaptées. Afin d'évaluer le degré d'adaptation ou d'inadaptation des méthodes existantes, nous avons étudié les caractéristiques des PME puis décidé de tester sur le terrain une méthode d'analyse des risques afin d'observer les blocages survenant à cette occasion. Dans ce but, nous avons alors mis en place dans trois PME de traitement de surface une méthode classique d'analyse des risques (MOSAR), choisie parmi les méthodes issues du mouvement de la sûreté de fonctionnement. Lors de cette phase expérimentale, de nombreux blocages sont apparus à chacune des étapes de l'analyse que sont la modélisation du système à étudier, l'identification des scénarios d'accidents, l'évaluation des risques, leur hiérarchisation et la mise en place de barrières de protection et de prévention. Nous avons analysé alors ces blocages d'apparence disparate et pu attribuer principalement leurs causes à un conflit de valeurs entre PME et institutions de prévention, à l'absence de connaissances de la part des PME des modèles d'apparition et de représentation des risques, et aux problèmes de définition par les institutions de modèles de représentation du risque en adéquation avec ceux des PME. Les pistes d'évolution que nous proposons suite à ces constats permettraient à l'entreprise de mener à bien, dans de meilleures conditions, une démarche complète d'analyse des risques dont le résultat se traduirait par une réduction pérenne de la fréquence et de la gravité des accidents qui la touchent.	
MOTS CLES : <b>analyse des risques, risques, PME, traitement de surface, MOSAR, sécurité</b>	
Laboratoire de recherche : <b>Département cindyniques, Centre des Sciences, Informations et Technologies pour l'Environnement</b>	
Directeur de thèse :	<b>Henry Londiche</b>
Président du jury :	<b>Pr Jean-Marie Blanchard</b>
Composition du jury :	<b>Pr André Laurent M. Henri-Simon Arbey M. Pierre Périlhon M. Michel Charles M. Bruno Debray</b>