
Etude de Dangers des Installations Classées SEVESO

METHODE D'ANALYSE DES RISQUES

—

Evaluation de la Criticité



IPSB

*Ingénierie de Procédés
Sucres et Biotechnologies*

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION	3
II. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	3
<i>II.1. Principe de la méthode.....</i>	<i>3</i>
<i>II.2. Tableaux d'analyse des risques</i>	<i>6</i>
<i>II.3. Quantification des causes et des conséquences</i>	<i>7</i>
<i>II.4. Grille de criticité APR.....</i>	<i>11</i>
III. ANALYSE QUANTIFIEE DES RISQUES	12
<i>III.1. Principe de la méthode.....</i>	<i>12</i>
<i>III.2. Scénarios "modèles" (nœuds papillon)</i>	<i>12</i>
<i>III.3. Quantification des causes et des conséquences</i>	<i>15</i>
<i>III.4. Grille de criticité MMR</i>	<i>20</i>
IV. CONCLUSION.....	23
V. ANNEXES.....	23

I. INTRODUCTION

Le risque lié à une installation se définit comme la combinaison **d'une probabilité d'occurrence** d'un événement redouté (*causes* – phase pré-accidentelle) et **de la gravité** de ses conséquences (*conséquences* - phase post-accidentelle).

La réduction des risques à la source repose sur la mise en œuvre de barrières :

- ☒ **de barrières préventives** agissant sur la probabilité d'occurrence d'un événement en prévenant un événement indésirable susceptible d'engendrer un accident,
- ☒ **de barrières limitantes** visant à atténuer l'intensité des effets d'un phénomène dangereux (par exemple : rideau d'eau asservi à une détection, mur coupe feu, plan d'urgence interne,...),
- ☒ **de barrières protectives** visant à limiter les conséquences sur les cibles potentielles par diminution de la vulnérabilité de ces dernières (maîtrise de l'urbanisation, éloignement des ateliers à risque, etc.).

L'analyse des risques est basée sur une démarche itérative qui permet d'apprécier l'impact des barrières existantes sur la réduction des risques, mais également, si nécessaire, de proposer des barrières complémentaires, et ce, en vue de réduire le risque à un niveau jugé acceptable.

Elle est réalisée en deux phases :

- ✓ une Analyse Préliminaire des Risques selon la méthodologie AMDEC (*Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité*) permettant de déterminer les scénarios majeurs à modéliser et à étudier,
- ✓ une Analyse Quantifiée des Risques permettant une analyse détaillée par une méthode arborescente (nœuds papillons, évaluation MMR) des scénarios majeurs retenus pour la modélisation et le positionnement de ceux-ci dans la grille MMR (scénarios impactant potentiellement des tiers).

II. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

II.1. PRINCIPE DE LA METHODE

L'installation étudiée est décomposée en sous-systèmes ; par exemple :

- ☒ **Dans le cas de silos de stockage** : tour de manutention, grenier, cellule de stockage proprement dite, cave, passerelle de liaison, postes de chargement vrac et équipements associés (élévateurs, transporteurs à bandes, redlers, dépoussiéreurs, etc.),
- ☒ **Dans le cas de stockage de produits chimiques** : citerne routière, flexible d'alimentation, cuve de stockage, aire de dépotage, circuit de distribution et équipements associés (pompes, etc.),
- ☒ **Dans le cas d'un circuit alcool** : colonne de distillation, tamis moléculaire, circuit de distribution, cuve de stockage, poste de chargement et équipements associés (pompes de transfert, etc.).

Pour chacun de ces systèmes, les séquences accidentelles (événements initiateurs, événement redouté central, conséquences) sont identifiées à partir :

- des risques liés aux produits, à l'exploitation des installations, aux agressions externes,
- du retour d'expérience de l'industriel (analyse des antécédents),
- de l'accidentologie industrielle,
- de la réglementation et des guides professionnels (guide de l'état de l'art sur les silos, guide sur les dépôts de liquides inflammables, etc.).

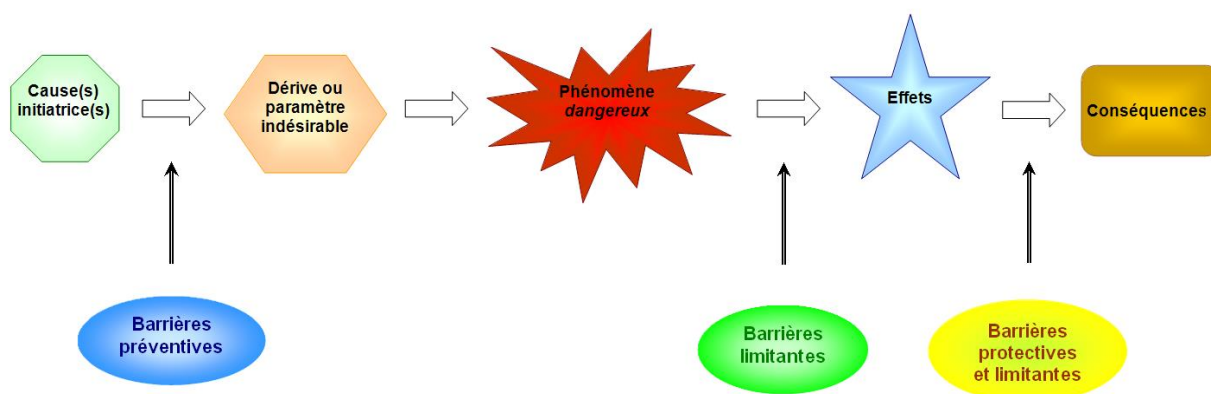
Les scénarios conduisant à un même phénomène dangereux sont ensuite décrits en tenant compte des barrières de sécurité passives existantes (exemple : mur coupe-feu, cloison de découplage, vitrages renforcés, etc.), depuis la cause initiatrice jusqu'aux effets et aux conséquences sur les personnes et sur l'environnement.

Au terme de cette première étape d'analyse, on estime pour le sous-système étudié :

- ↳ Une probabilité d'occurrence potentielle tenant compte du niveau de performance des mesures passives,
- ↳ Une gravité potentielle.

Le croisement de cette probabilité et de cette gravité permet de définir **un risque potentiel**.

On procède ensuite à l'identification des barrières préventives, limitantes et protectives existantes (*matérielles et organisationnelles*). Elles permettent de définir une probabilité résiduelle. **Le risque résiduel** peut ainsi être déterminé.



Principe de l'analyse des risques

Au regard du niveau de risque obtenu, des mesures complémentaires (*préventives, limitantes ou protectives*) sont proposées afin de réduire le risque à un niveau acceptable.

Ainsi, l'analyse des risques est basée sur une démarche **itérative** qui permet d'apprécier l'impact des barrières de sécurité existantes sur la réduction des risques, mais également, si nécessaire, de proposer des barrières de sécurité complémentaires, et ce, en vue de réduire le risque à un niveau jugé acceptable.

Le logigramme donné en page suivante permet de résumer la démarche de l'Analyse Préliminaire des Risques.

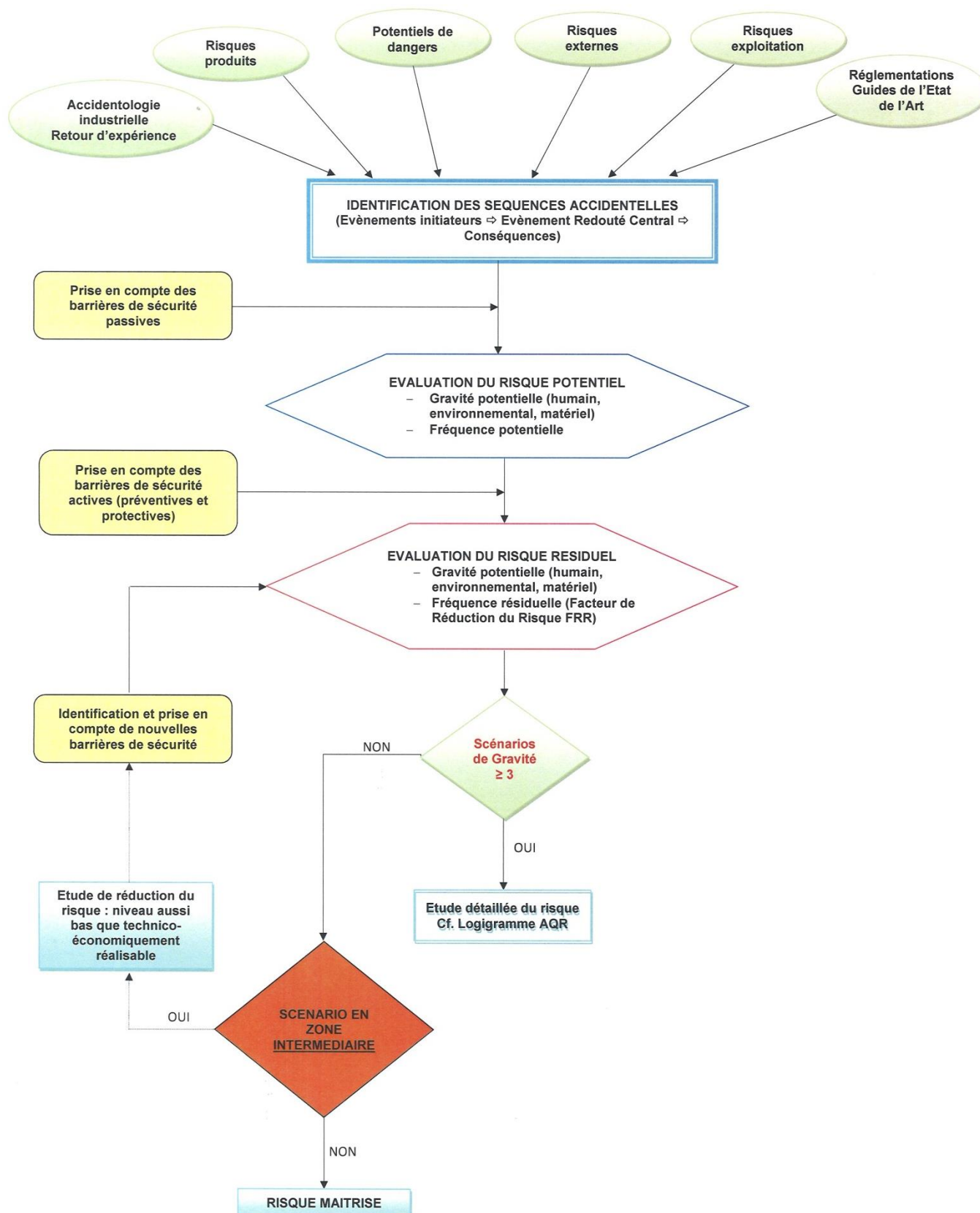


Schéma : Analyse Préliminaire des Risques

II.2. TABLEAUX D'ANALYSE DES RISQUES

Les réunions d'Analyse Préliminaire des Risques se déroulent autour de tableaux d'analyse dans lesquels sont référencés les paramètres ou événements indésirables associés aux sous-systèmes identifiés, leurs causes possibles et leurs effets.

L'analyse des risques doit être menée dans le cadre de réunions de travail au cours desquelles sont associés :

- *Le personnel d'exploitation de l'atelier ou de la zone considérée,*
- *Le personnel de maintenance,*
- *Le responsable ou l'animateur sécurité,*
- *Le bureau d'étude chargé de la conception des installations neuves.*

Chacun des membres du groupe de travail fait état au cours de la réunion de son expérience et de son point de vue sur la pertinence des scénarios d'accident analysés et sur l'adéquation des barrières retenues au regard du déroulement du scénario étudié (fonction sécurité, cinétique, efficacité, maintien dans le temps, etc.).

L'ensemble des données collectées dans les différentes étapes de l'analyse sont répertoriées dans le tableau suivant :

N°	Evénement redouté	Evénements initiateurs	Phénomène dangereux / Effets	Gp	Pp	Rp	Barrières de sécurité existantes	Gp	FRR	Pr	Rr	Propositions d'amélioration	Gp	FRR	Pr'	Rr'
		<i>Et</i> <i>ou</i>	Avec prise en compte des Barrières de sécurité passives (cloison de découplage, évent, etc)				Prévention					Prévention				
							Protection et limitation					Protection et limitation				

Avec :

Gp : Gravité potentielle,

Pp : Probabilité potentielle,

Rp : Risque potentiel,

FRR : Facteur de Réduction du Risque

Pr, Pr' : Probabilité résiduelle,

Rr, Rr' : Risque résiduel

Exemple de tableau d'analyse des risques

➤ Evénements initiateurs

Les événements redoutés (*scénarios d'accidents*) sont identifiés au travers de l'accidentologie (BARPI), des accidents survenus en interne dans l'Etablissement et des connaissances techniques actuelles.

Le retour d'expérience de l'Etablissement permet de dresser la liste, la plus exhaustive possible des causes d'événements initiateurs pouvant être à l'origine de l'événement redouté concerné.

Les causes peuvent être **indépendantes** entre elles (*porte ou*), une seule des causes conduisant ainsi à l'événement redouté ; ou en revanche **combinées** (*porte et*), l'événement redouté résultant ainsi nécessairement de la conjonction de plusieurs événements initiateurs.

➤ Scénarios d'accident

L'enchaînement d'événements, depuis l'événement initiateur jusqu'à l'accident, est décrit en tenant compte des **conséquences directes** sur l'installation en elle-même et les équipements connectés et des **conséquences indirectes** sur les ateliers situés dans l'environnement immédiat et susceptibles d'être impactés (*risque de propagation*). Les **effets dominos** potentiels sont ainsi pris en compte dans le scénario d'accident.

Les gravités sont estimées en termes de conséquences humaines, de conséquences environnementales et de conséquences sur les équipements.

➤ Barrières

Les barrières passives et actives sont recensées. Les PID et les schémas de fonctionnement (*avec instrumentation de dysfonctionnement*) permettent de faciliter ce recensement.

Les barrières passives se différencient des barrières actives dans la mesure où elles ne nécessitent aucune sollicitation dynamique pour être disponibles.

La distinction est également faite entre barrières de sécurité préventives, permettant de prévenir la survenue d'accident, et barrières de sécurité protectives et limitantes, permettant d'atténuer les conséquences d'un sinistre (limitation de l'intensité des effets et de la vulnérabilité des cibles exposées).

II.3. QUANTIFICATION DES CAUSES ET DES CONSEQUENCES

Introduction : démarche itérative

Cette méthode d'analyse des risques est une méthode itérative qui conduit à la mise en évidence des scénarios d'accidents majeurs et de barrières de sécurité existantes et/ou à mettre en place.

Ces scénarios accidentels sont quantifiés en terme de fréquence d'occurrence et de gravité des conséquences, et ce, en l'absence puis en présence de barrières de sécurité.

Dans un premier temps, le niveau de risque potentiel (niveau de risque d'origine) est déterminé en ne tenant compte que des barrières passives présentes.

En l'absence de référentiel pour un événement donné, le groupe de travail s'est déterminé pour une fréquence d'occurrence en fonction du retour d'expérience de l'établissement.

Dans un deuxième temps, la mise en place de barrières de sécurité actives préventives et limitantes sur les installations a permis de réduire les fréquences d'occurrence des événements initiateurs indésirables, la diminution de la fréquence d'occurrence étant fonction du type de la barrière.

Enfin, si au terme de cette deuxième cotation le niveau de risque résiduel n'est toujours pas acceptable, des mesures de sécurité complémentaires (*préventives, protectives ou limitantes*) sont envisagées et **un troisième niveau de cotation** est effectué.

Quantification des événements initiateurs (probabilités d'occurrence)

➤ Détermination de la probabilité de l'événement redouté (probabilité résultante)

Les fréquences d'occurrences individuelles des causes initiatrices sont déterminées par le groupe de travail, en se basant dès que cela est possible sur les différentes bases de données disponibles (ICSI, INERIS DRA34 opération j, GTDLI, FRED).

En l'absence de référentiel pour un événement donné, le groupe de travail se détermine pour une fréquence d'occurrence en fonction du retour d'expérience des différents sites et de l'échelle de probabilité publiée dans l'Arrêté Ministériel du 29 septembre 2005 (dit Arrêté PCIG : "Probabilité, Cinétique, Intensité et Gravité"), et ce, tout en tenant compte du retour d'expérience des exploitants et des constructeurs/concepteurs des équipements et procédés.

La probabilité de survenue de l'événement redouté résulte de la combinaison des probabilités individuelles (*associées à chaque cause*). Cette probabilité "résultante" peut être déterminée selon les règles de combinaison des probabilités suivantes :

- L'événement résultant d'une porte "OU" a la probabilité correspondant à la somme des probabilités des événements immédiatement antérieurs,
- L'événement résultant d'une porte "ET" a la probabilité correspondant au produit des probabilités des événements immédiatement antérieurs,
- Un événement certain a une probabilité de 1.

CLASSE DE PROBABILITE TYPE D'APPRECIATION	E	D	C	B	A
Qualitative	« événement possible mais extrêmement peu probable »	« événement très improbable »	« événement improbable »	« événement probable »	« événement courant »
Semi quantitative	Cette échelle est intermédiaire entre les échelles qualitative et quantitative, et permet de tenir compte des Mesures de Maîtrise des Risques mises en place				
Quantitative (par unité et par an)	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	

Échelle d'appréciation de la probabilité (Arrêté PCIG)

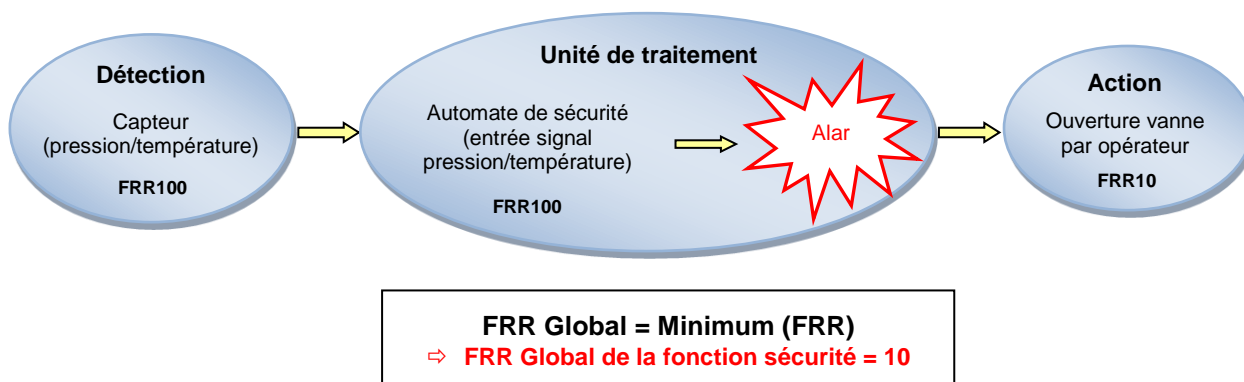
↳ Diminution de la probabilité d'occurrence

La présence de barrières de sécurité actives préventives permet de réduire les fréquences d'occurrence des événements indésirables (fréquence d'occurrence résiduelle).

Les barrières de sécurité actives limitantes permettent de réduire la fréquence d'occurrence des phénomènes dangereux.

La diminution de la fréquence d'occurrence est fonction du type de barrière de sécurité (système de conduite et d'exploitation, Systèmes Instrumentés de Sécurité, mesures de pré-dérive, mesures de rattrapage de dérive, etc.).

Ainsi, chaque barrière de sécurité est définie par un Facteur de Réduction du Risque (FRR). Il convient de préciser que le Facteur de Réduction du Risque à prendre en compte est celui de la fonction sécurité dans son ensemble par rapport au scénario de développement des événements, comme illustré dans l'exemple suivant.



Exemple d'agrégation du FRR

En présence d'une barrière de sécurité, la fréquence d'occurrence peut chuter en fonction du Facteur de Réduction du Risque (FRR) de celle-ci. Ainsi, un **Facteur de Réduction du Risque** de "10" réduit la probabilité d'une classe (10^{-1}), un **Facteur de Réduction du Risque** de "100" de deux classes (10^{-2}), etc.

Les règles de décote des fréquences d'occurrence utilisées sont rappelées dans le tableau suivant et sont décrites en **ANNEXE 3**.

Barrières de Sécurité	Facteurs de Réduction du Risque (FRR)
BARRIERES TECHNIQUES	
Système de conduite et d'exploitation avec asservissement sur détection de dysfonctionnement (supervision et automates)	10
Systèmes Instrumentés de Sécurité indépendant du système de conduite et d'exploitation : <ul style="list-style-type: none"> ▪ APIdS - Automate Programmable Industriel de Sécurité ▪ Sécurité Câblée 	100
Dispositifs de sécurité (passifs ou actifs) Mesures constructives (passives)	100
BARRIERES HUMAINES	
Mesures de pré-dérive (avant Evénement Redouté Central)	10 - 100 *
Mesures de rattrapage de dérive (après Evénement Redouté Central)	10

* Sous réserve que l'intervention humaine soit effectuée par un tiers par rapport à l'opérateur chargé du process. A défaut, si l'intervention humaine est réalisée par l'opérateur chargé du process, le facteur de réduction du risque est ramené à 10 (Source : Fiche 7 de la circulaire du 10 mai 2010).

Quantification de la cinétique accidentelle

↳ Définition de la cinétique accidentelle

La cinétique correspond à la vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables.

La prise en compte de cette vitesse est essentielle, car elle détermine les possibilités de mise à l'abri des personnes exposées : un accident très rapide peut surprendre, un accident plus lent laisse le temps de s'abriter et un accident très lent laisse le temps d'évacuer la zone.

La cinétique de déroulement d'un accident est qualifiée de **lente**, dans son contexte, si elle permet la mise en œuvre de mesures de sécurité suffisantes, dans le cadre d'un plan d'urgence externe, pour protéger les personnes exposées à l'extérieur des installations objet du plan d'urgence avant qu'elles ne soient atteintes par les effets du phénomène dangereux.

Par opposition, une cinétique est qualifiée de **rapide** si elle ne permet pas la mise en œuvre de mesures de sécurité suffisantes dans le cadre d'un plan d'urgence externe, pour protéger les personnes exposées à l'extérieur des installations objet du plan d'urgence avant qu'elles ne soient atteintes par les effets du phénomène dangereux.

Pour les phénomènes rapides tels que les explosions, le temps de réaction est quasi nul. Il faut donc envisager des barrières de protection ou de limitation constamment opérationnelles. Les mesures de sécurité envisageables sont donc les barrières passives comme par exemple les événements de décharge, des dispositions constructives visant à protéger les personnes type merlons de terre, etc.

Pour les phénomènes moins rapides, des mesures de détection permettent la mise en place des moyens d'intervention.

➔ **Prise en compte de la cinétique dans l'analyse des risques**

Le phénomène de cinétique accidentelle est pris en considération dans l'analyse des risques tant :

- dans le choix des mesures de prévention qui doivent être en adéquation avec le développement de la cinétique "pré-accidentelle",
- que dans le choix des barrières de protection ou de limitation qui doivent être opérationnelles en adéquation avec la vitesse de déroulement et de montée en puissance du phénomène redouté (cinétique "post-accidentelle").

Pour chaque phénomène dangereux étudié, la cinétique accidentelle est prise en compte dans le choix des barrières mises en place (ou à mettre en place).

L'adéquation du temps de réponse de la barrière au regard du déroulement du scénario constitue un des critères d'évaluation de la performance de la mesure de sécurité.

Quelques exemples de phénomènes dangereux et de barrières de sécurité sont donnés dans le tableau ci-après.

Événement redouté	Cinétique	Type de barrière	Exemple de barrière
SILO DE STOCKAGE			
Explosion dans un grenier	Rapide	Barrières passives protectives	Cloisonnement résistant au souffle, surfaces éventables, films appliqués sur vitrages, etc.
Explosion dans un élévateur	Rapide	Barrières actives limitantes	Détection / suppression d'explosion : suppresseur d'explosion asservi à une détection infra-rouge ou un capteur pression, etc.
		Barrières passives limitantes	Events d'explosion avec gaine de décharge, etc.
Incendie sur un transporteur	Lente	Barrières actives limitantes	Organe de sectionnement rapide (trappe guillotine, vanne guillotine, ...) asservi à une détection d"incendie, etc.
Auto-échauffement dans un silo	Lente	Barrières actives préventives	Silothermie (détection) associée à des mesures d'intervention (personnel), etc.
STOCKAGE DE LIQUIDES INFLAMMABLES			
Feu de nappe sur cuvette	Lente	Barrières actives limitantes	Dispositifs d'extinction incendie (couronne d'arrosage, déversoir à mousse, ...) asservis à une détection d'incendie, etc.
Boil over sur réservoir FOL	Lente	Barrières préventives et limitantes actives	Détection d'incendie associée à la mise en œuvre de plan d'urgence (évacuation), etc.
Explosion de cuve (création d'une ATEX)	Rapide	Barrières actives préventives	Inertage à l'azote, etc.
		Barrières passives préventives ou limitantes	Dispositions constructives : écran flottant, toit frangible, etc.
CUVE DE STOCKAGE DE PRODUITS CHIMIQUES			
Rupture de cuve	Rapide	Barrières passives limitantes	Cuvette de rétention, cuve double enveloppe, etc.
		Barrières actives préventives	Contrôle annuel des réservoirs, etc.

Quantification des conséquences (gravité)

Les gravités potentielles sont quant à elles établies en prenant en compte l'impact humain, l'impact environnemental ainsi que l'impact matériel à l'aide de l'échelle de cotation définie dans le tableau suivant.

Classe de gravité	Impact humain	Impact environnemental	Impact matériel
1	Atteinte limitée du personnel d'exploitation non posté – Effets mineurs	Pollution mineure limitée au point de fuite	Dommages faibles (arrêt production de courte durée)
2	Atteinte du personnel d'exploitation – Effets réversibles (blessures avec arrêt de travail)	Pollution limitée à l'atelier	Dommages sérieux (arrêt de production prolongé)
3	Atteinte du personnel d'exploitation – Effets irréversibles (blessures sérieuses pouvant entraîner la mort)	Pollution limitée au site	Dommages importants (installation hors service – pertes financières)
4	Atteinte du personnel du site non lié à l'exploitation (plusieurs décès) OU Atteinte extérieure au site	Pollution à l'extérieur du site	Destruction atelier – Pertes d'exploitation et financières
5	Atteinte de zones sensibles extérieures au site (voies de circulation, zones urbaines, ERP,...)	Pollution à l'extérieur du site – Atteinte environnementale de zones sensibles (eaux de surface, eaux souterraines,...)	Destruction et fermeture de l'atelier

Echelle de gravité APR

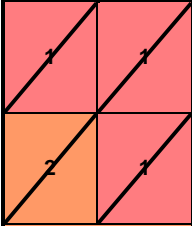
II.4. GRILLE DE CRITICITE APR

Les événements redoutés étudiés dans l'Analyse Préliminaire des Risques (APR) sont regroupés dans **une grille de criticité APR** permettant de déterminer le **niveau de risque** de chaque scénario accidentel associé. Le niveau de risque d'un scénario accidentel résulte de la combinaison entre fréquence d'occurrence et gravité des conséquences.

Gravité	Niveau de Risque				
5	1	1	1	1	1
4	2	2	1	1	1
3	3	2	2	2	1
2	3	3	3	2	2
1	3	3	3	3	3
Probabilité ↻ Fréquence/an	$<10^{-5}$ $EI < 10^{-5}$	10^{-5} $10^{-5} \leq TI < 10^{-4}$	10^{-4} $10^{-4} \leq I < 10^{-3}$	10^{-3} $10^{-3} \leq P < 10^{-2}$	$\geq 10^{-2}$ $TF \text{ à } F \geq 10^{-2}$

Grille de criticité APR

Trois zones sont délimitées dans la matrice APR :

NIVEAU DE RISQUE	SIGNIFICATION
 <p>Significatif</p>	<p>Risque externe : Zones d'effets potentielles à l'extérieur du site. Risque interne : Niveau de risque élevé.</p> <p>↳ Etude détaillée des risques :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Evaluation de l'intensité des effets des phénomènes dangereux (modélisation)</i> ▪ <i>Analyse Quantifiée des Risques</i>
<p>2</p> <p>Intermédiaire</p>	<p>Niveau de risque intermédiaire.</p> <p>↳ Etude de réduction des risques (aussi bas que technico-économiquement réalisable - ALARP).</p>
<p>3</p> <p>Acceptable</p>	<p>Niveau de risque acceptable.</p> <p>↳ Risque maîtrisé.</p>

A l'issue du positionnement dans la grille APR, les scénarios situés dans la zone de risque Significatif (gravité ≥ 3 , zones 1 ou 2) font l'objet de modélisation des effets des phénomènes dangereux et sont traités par l'Analyse Quantifiée des Risques.

Un exemple d'Analyse Préliminaire des Risques (tableau APR et positionnement dans la grille APR) est proposé en **ANNEXE 1**.

III. ANALYSE QUANTIFIEE DES RISQUES

III.1. PRINCIPE DE LA METHODE

Une fois l'APR réalisée, les scénarios aboutissant à une gravité supérieure ou égale à 3 (selon l'échelle de gravité APR) sont modélisés à l'aide d'outils de calculs ou de formules empiriques.

L'Analyse Quantifiée des Risques (AQR) permet le positionnement des scénarios majeurs (scénarios impactant potentiellement des tiers) dans la grille MMR.

Les scénarios positionnés dans la grille MMR, ayant potentiellement des effets à l'extérieur du site, sont développés sous forme d'arbres de défaillances et d'arbres d'événements, combinés en nœuds papillon, à partir des tableaux d'analyse des risques élaborés lors de l'Analyse Préliminaire des Risques (APR).

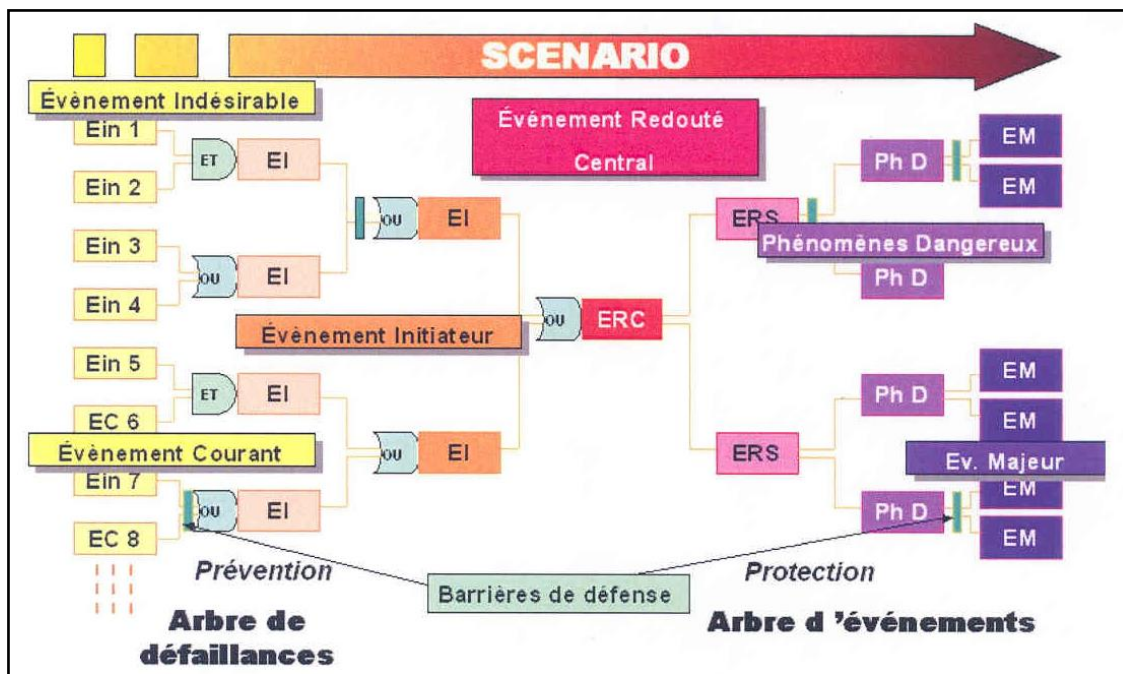
III.2. SCENARIOS "MODELES" (NŒUDS PAPILLON)

La représentation du scénario d'accident par des **méthodes arborescentes telles que celle du nœud papillon** permet d'apporter une démonstration renforcée de la bonne maîtrise du risque. Celles-ci démontrent clairement l'action des barrières de sécurité sur le déroulement d'un accident.

Les barrières de sécurité identifiées par l'APR et prises en compte dans l'AQR sont alors appelées **Mesures de Maîtrise des Risques (MMR)**. Elles sont positionnées sur le nœud papillon selon le type de mesure :

- Sur une branche de l'arbre de défaillances lorsque la MMR agit sur la probabilité d'occurrence d'un événement (*par exemple : sonde de température avec seuil haut alarmé entraînant la mise en sécurité d'une installation, etc.*) ; **Mesure de Maîtrise des Risques préventive**.
- Sur une branche de l'arbre d'événements lorsque la MMR vise à limiter les effets d'un phénomène dangereux (*par exemple : mur coupe feu, évent de décharge, etc.*) ; **Mesure de Maîtrise des Risques limitante**.

- Sur une branche de l'arbre d'événements lorsque la MMR vise à limiter les conséquences sur les cibles potentielles par diminution de la vulnérabilité de ces dernières sans modifier la probabilité d'occurrence du phénomène dangereux (*par exemple : distances d'éloignement, etc.*) ; **Mesure de Maîtrise des Risques protective.**



Représentation de scénario selon la méthode du nœud papillon (Source : INERIS Ω 7 – 2003)

Le logigramme suivant permet de résumer la démarche de l'Analyse Quantifiée des Risques.

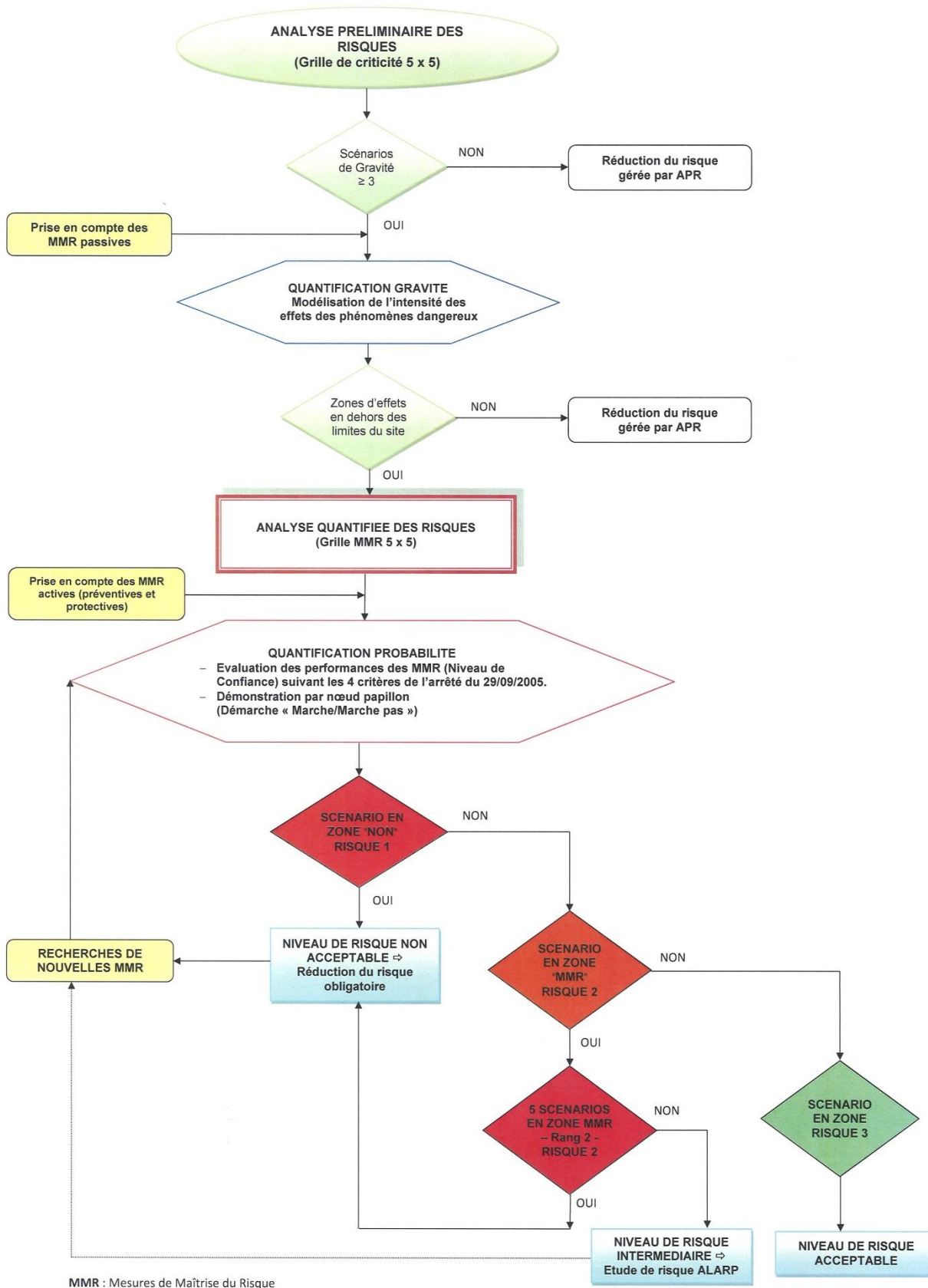


Schéma : Analyse Quantifiée des Risques

III.3. QUANTIFICATION DES CAUSES ET DES CONSEQUENCES

Quantification de l'événement redouté (probabilités d'occurrence)

Le phénomène dangereux, résultant de la combinaison d'un ou de plusieurs événements initiateurs, est coté en terme de probabilité ou de fréquence.

Cette cotation est réalisée lors de l'Analyse Préliminaire des Risques (APR).

Quantification des conséquences (gravité)

La gravité des conséquences d'un accident sur les personnes physiques résulte de la combinaison en un point de l'espace de l'intensité des effets d'un phénomène dangereux (effet thermique, effet toxique et effet de surpression) et de la vulnérabilité des personnes exposées à ces effets.

L'intensité des effets des phénomènes dangereux est définie par rapport à des valeurs de référence exprimées sous forme de seuils d'effets toxiques, d'effets de surpression, d'effets thermiques et d'effets liés à l'impact d'un projectile, pour les hommes et les structures.

L'Arrêté Ministériel du 29 septembre 2005 (dit Arrêté PCIG) fixe les valeurs seuils de référence pour ces différents effets (Cf. **ANNEXE 4** de ce document).

Les conséquences sont évaluées à l'aide de l'échelle d'appréciation de la gravité par rapport à l'exposition des cibles humaines à l'extérieur des installations, par rapport aux conséquences environnementales et aux conséquences sur les équipements (équipement dangereux ou équipement de sécurité du site).

Dans une approche majorante, si le phénomène dangereux génère plusieurs effets (*surpression, effets thermiques, projections de débris, etc.*), ce sont les conséquences les plus pénalisantes, et par voie de conséquence le niveau de gravité le plus élevé, qui est retenu.

La présence de Mesures de Maîtrise du Risque protectives et limitantes (*par exemple suppression d'explosion, etc.*) permet d'atténuer les conséquences d'un accident et de diminuer le niveau de gravité.

Référentiel en matière de gravité

Le référentiel en matière de gravité est l'échelle d'appréciation de la gravité des conséquences humaines d'un accident à l'extérieur des installations, définie dans l'Arrêté Ministériel du 29 septembre 2005.

NIVEAU DE GRAVITE DES CONSEQUENCES	Zone délimitée par le Seuil des Effets Létaux Significatifs (SELS) <i>"dangers très graves pour la vie humaine"</i>			Zone délimitée par le Seuil des Effets Létaux (SEL) <i>"dangers graves pour la vie humaine"</i>			Zone délimitée par le Seuil des Effets Irréversibles sur la vie humaine (SEI) <i>"dangers significatifs pour la vie humaine"</i>		
	Effets pression 200 mbar ⁽³⁾	Effets thermiques 8 kW/m ² ⁽³⁾	Effets toxiques CL 5%	Effets pression 140 mbar	Effets thermiques 5 kW/m ²	Effets toxiques CL 1%	Effets pression 50 mbar	Effets thermiques 3 kW/m ²	Effets toxiques Np ⁽²⁾
Désastreux	Plus de 10 personnes exposées ⁽¹⁾			Plus de 100 personnes exposées			Plus de 1.000 personnes exposées		
Catastrophique	Moins de 10 personnes exposées			Entre 10 et 100 personnes exposées			Entre 100 et 1.000 personnes exposées		
Important	Au plus 1 personne exposée			Entre 1 et 10 personnes exposées			Entre 10 et 100 personnes exposées		
Sérieux	Aucune personne exposée			Au plus 1 personne exposée			Moins de 10 personnes exposées		
Modéré	Pas de zone de létalité hors de l'établissement						Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à « une personne »		

⁽¹⁾ Personne exposée : en tenant compte le cas échéant des mesures constructibles visant à protéger les personnes contre certains effets et la possibilité de mise à l'abri des personnes en cas d'occurrence d'un phénomène dangereux si la cinétique de ce dernier et de la propagation de ses effets le permettent.

⁽²⁾ Seuil des effets irréversibles non précisé.

⁽³⁾ Seuil des effets létaux significatifs sur l'homme correspondant au seuil des effets dominos sur les structures.

Échelle d'appréciation de la gravité des conséquences humaines d'un accident à l'extérieur des installations

Démarche de maîtrise des risques

La présence de Mesures de Maîtrise du Risque actives préventives (*mesure technique ou mesure fondée sur une intervention humaine*) permet de réduire les fréquences d'occurrence des événements indésirables.

La diminution de la fréquence d'occurrence est fonction de la performance et du niveau de fiabilité des Mesures de Maîtrise du Risque.

Ainsi, chaque Mesure de Maîtrise du Risque est définie par un Niveau de Confiance (NC).

➤ Evaluation du niveau de performance des Mesures de Maîtrise des Risques

Le niveau de confiance des barrières de sécurité est évalué à l'aide des critères d'appréciation définis par l'Arrêté Ministériel du 29 septembre 2005.

Sont alors appelées **Mesures de Maîtrise du Risque (MMR)**, les barrières techniques ou humaines, remplissant les 4 conditions définies par l'arrêté ministériel précédemment cité :

- ↳ *Efficacité (concept éprouvé, dimensionnement adapté, résistance aux contraintes spécifiques, positionnement),*
- ↳ *Temps de réponse (adapté à la cinétique de survenue de l'événement),*
- ↳ *Testabilité (test et contrôle pour s'assurer du maintien des fonctionnalités de la barrière),*
- ↳ *Maintenabilité (maintien des performances et des compétences dans le temps "pérennité").*

Un Niveau de Confiance de "1" est attribué aux Mesures de Maîtrise du Risque.

Si l'un des 4 critères n'est pas rempli, la mesure ne peut être retenue comme Mesure de Maîtrise du Risque.

En ce qui concerne les barrières humaines (ou organisationnelles), l'évaluation de ces dernières est réalisée selon la fiche n°7 de la Circulaire du 10 mai 2010 (« *Mesures de maîtrise des risques fondées sur une intervention humaine* »).

Dans le cas particulier des barrières humaines de prédérive, la fiche n°7 de la Circulaire du 10 mai 2010 précise que le **Niveau de Confiance peut être évalué à 2** si le contrôle (ou la vérification) est réalisé par un autre opérateur que celui qui conduit le process.

De la même manière, pour les Mesures Techniques de Maîtrise du Risque, le **Niveau de Confiance peut être de 2**, si l'ensemble de la fonction sécurité est redondante ou indépendante du système de conduite.

Dans le cas particulier des Mesures de Maîtrise des Risques Techniques « passives », c'est à dire les barrières ne nécessitant ni sollicitation dynamique (mécanique, humaine) ni source d'énergie pour remplir leur fonction sécurité, l'INERIS propose de retenir par défaut un **Niveau de Confiance maximal de 2**.

Ainsi, chaque Mesure de Maîtrise du Risque est détaillée au travers d'une « fiche MMR » afin d'évaluer un Niveau de Confiance (NC). Il convient de préciser que le niveau de confiance à prendre en compte est celui de la fonction sécurité dans son ensemble par rapport au scénario de développement des événements (encore appelé **NC global**).

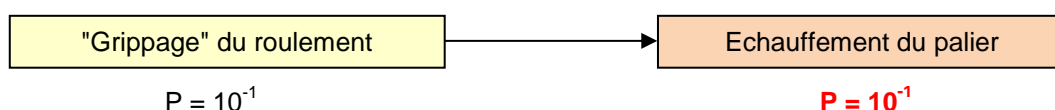
On retrouve sur cette fiche : le scénario auquel la MMR est rattachée, l'événement redouté et sa cinétique de survenue, la fonction de sécurité réalisée, le type de barrière, l'évaluation de la MMR.

↳ Décote de la probabilité

En présence d'une Mesure de Maîtrise du Risque, la fréquence d'occurrence peut chuter en fonction du Niveau de Confiance de celle-ci. Ainsi, un **Niveau de Confiance de "1"** réduit la probabilité d'une classe (10^{-1}), un **Niveau de Confiance de "2"** de deux classes (10^{-2}).

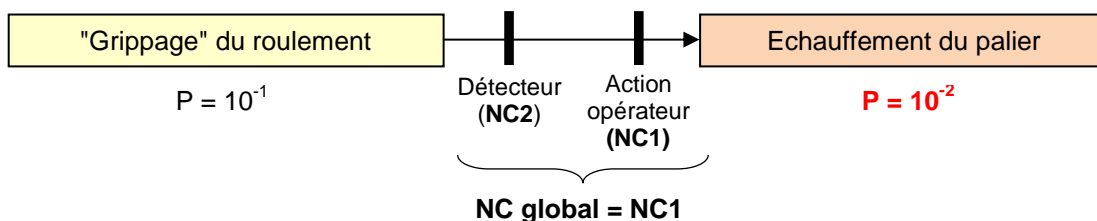
Par exemple, dans le cas d'une fonction sécurité constituée par une mesure technique « détecteur alarmé » relayée par une « action humaine » assurant la mise en sécurité ; c'est le niveau de confiance de l'ensemble de la fonction sécurité qui sera pris en compte ; à savoir le plus pénalisant entre la mesure technique et la mesure humaine [**NC global = minimum (NC)**].

Ainsi, si l'on considère à titre d'exemple l'événement "échauffement d'un palier", en l'absence de barrières de prévention, sa probabilité d'occurrence peut être de 10^{-1} suivant la séquence :



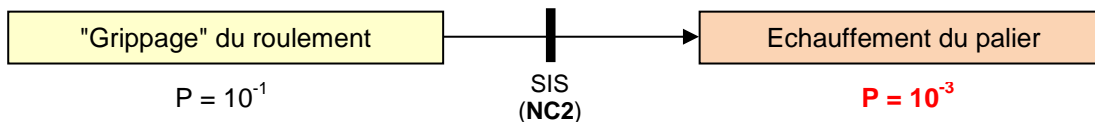
Exemple 1 : Arbre de défaillance sans MMR

Par contre, si l'arbre sur lequel le palier fait son office est doté d'un contrôleur de température avec report d'alarme en salle de contrôle (Mesures de Maîtrise du Risque préventive), la probabilité d'occurrence de l'événement "échauffement du palier" passe alors à 10^{-2} :



Exemple 2 : Arbre de défaillance avec MMR de niveau de confiance NC1

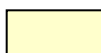
Cette approche de réduction du risque peut être complétée par mise en place de barrière complémentaire (procédure, asservissement, etc.). Ainsi en présence d'un Système Instrumenté de Sécurité (SIS) permettant la détection de la dérive (*détection d'une élévation de température*), l'analyse du signal (*centrale d'acquisition et de traitement*) et la transformation de ce signal en une action pour mise en position finale de sécurité (*actionneur*), la probabilité de l'événement "échauffement du palier" devient alors : 10^{-3} .



SIS : Système Instrumenté de Sécurité (détecteur (NC2) / unité de traitement (NC2)/ actionneur (NC2))

Exemple 3 : Arbre de défaillance avec MMR de niveau de confiance NC2

Légende



Événement initiateur



Événement redouté



Barrière préventive

↳ Démarche "Marche/Marche pas"

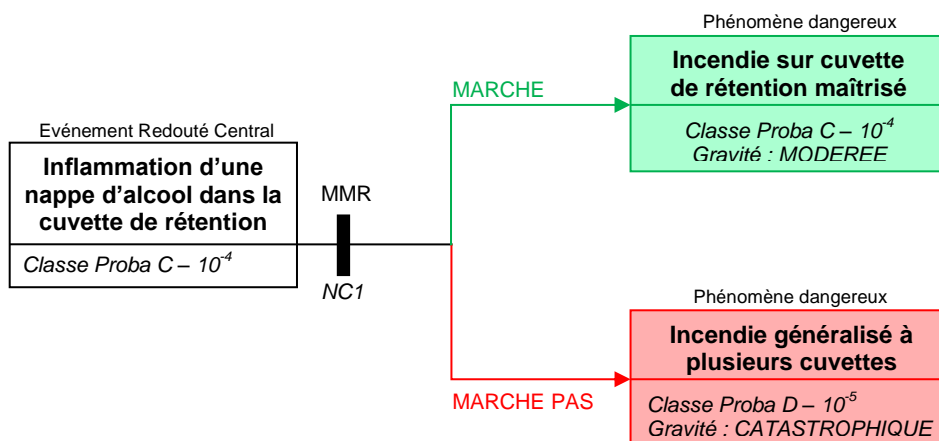
La représentation sous forme d'arbres d'évènements permet par ailleurs d'aborder deux alternatives appelées "Marche/Marche pas" :

- ▲ Le cas "**Marche**" suppose la Mesure de Maîtrise du Risque fonctionnelle,
- ▲ Le cas "**Marche pas**" suppose un échec de la Mesure de Maîtrise du Risque (défaillance/dysfonctionnement).

Avant l'**Evènement Redouté Central (ERC)**, si les Barrières de Sécurité fonctionnent, le chemin (arborescence du scénario) est interrompu avant d'arriver à l'Evènement Redouté Central. En revanche, si les Mesures de Maîtrise du Risque sont défaillantes, le chemin (arborescence du scénario) mène à l'ERC.

Après l'**ERC**, le scénario aboutit à un phénomène dangereux dont l'intensité des effets, et par la même, les conséquences en terme de gravité sur les personnes, varient selon que la Mesure de Maîtrise du Risque ait fonctionné ou non ("Marche/Marche pas").

Les deux arbres d'évènements présentés ci-après permettent d'appréhender cette démarche et d'illustrer les accidents correspondant à chacune des branches "Marche/Marche pas" ; notamment, les cotations gravité/probabilité caractérisant ces accidents.

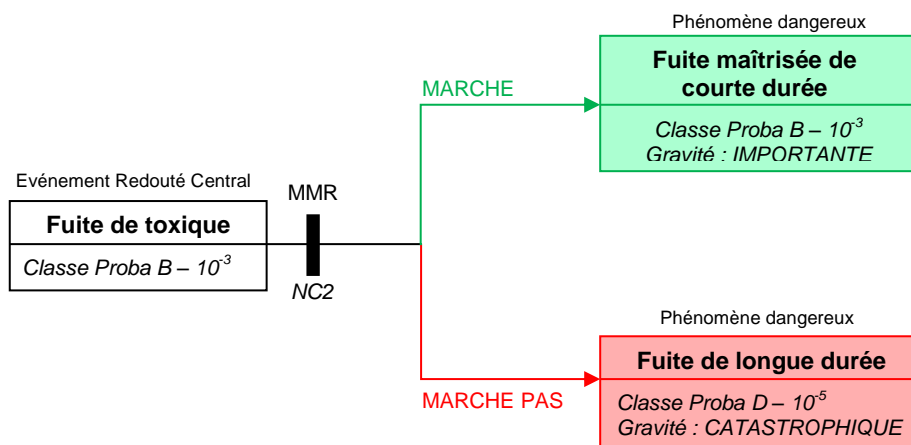


MMR = Détection incendie et extinction

- Détecteur incendie : NC2
- Automate de sécurité : NC2
- Déclenchement automatique du refroidissement des bacs : NC2
- Déclenchement manuel de l'extinction à la mousse du feu de cuvette : NC1

⇒ **NC Global : NC1**

Exemple 4 : Scénario d'incendie sur une cuvette de rétention de liquides inflammables



MMR = Fermeture automatique de vanne sur chute de pression

- Capteur de pression : NC2
- Automate de sécurité : NC2
- Vanne automatique : NC2

➔ **NC Global : NC2**

Exemple 5 : Scénario de fuite toxique

III.4. GRILLE DE CRITICITE MMR

Le niveau de risque d'un accident résulte de la combinaison entre fréquence d'occurrence et gravité des conséquences.

La grille de criticité établie pour l'ensemble des accidents identifiés sur le site permet de hiérarchiser les différents événements possibles et leurs conséquences ; puis de définir les priorités d'actions afin de réduire le risque d'accident à la source.

CONSEQUENCES HUMAINES			GRAVITE ⬇	NIVEAU DE RISQUE				
Effets Létaux Significatifs (SELS)	Effets Létaux (SEL)	Effets Irréversibles (SEI)						
Plus de 10 personnes	Plus de 100 personnes	Plus de 1.000 personnes	DESASTREUX (D)	NON partiel Risque 1 ⁽¹⁾ MMR ⁽²⁾ rang 2 Risque 2	NON rang 1 Risque 1	NON rang 2 Risque 1	NON rang 3 Risque 1	NON rang 4 Risque 1
1 à 10 personnes	10 à 100 personnes	100 à 1.000 personnes	CATASTROPHIQUE (C)	MMR rang 1 Risque 2	MMR rang 2 Risque 2	NON rang 1 Risque 1	NON rang 2 Risque 1	NON rang 3 Risque 1
1 personne	1 à 10 personnes	10 à 100 personnes	IMPORTANT (I)	MMR rang 1 Risque 2	MMR rang 1 Risque 2	MMR rang 2 Risque 2	NON rang 1 Risque 1	NON rang 2 Risque 1
Aucune	1 personne	1 à 10 personnes	SERIEUX (S)	Risque 3	Risque 3	MMR rang 1 Risque 2	MMR rang 2 Risque 2	NON rang 1 Risque 1
Aucune (pas de zone hors établissement)		1 personne	MODERE (M)	Risque 3	Risque 3	Risque 3	Risque 3	MMR rang 1 Risque 2
Zone NON (ou Risque 1) : Risque non acceptable Zone MMR (ou Risque 2) : Risque intermédiaire Zone vide (ou Risque 3) : Risque acceptable			PROBABILITE ⤴ FREQUENCE / AN CLASSE	$EI < 10^{-5}$ Classe E	$10^{-5} \leq TI < 10^{-4}$ Classe D	$10^{-4} \leq I < 10^{-3}$ Classe C	$10^{-3} \leq P < 10^{-2}$ Classe B	$TF \text{ à } F \geq 10^{-2}$ Classe A
			QUALITATIVE	Extrêmement Improbable (EI) <i>Pas impossible mais non rencontré au niveau mondial</i>	Très Improbable (TI) <i>Evénement déjà rencontré au niveau mondial mais réalisation de mesures correctives pour réduire significativement la probabilité</i>	Improbable (I) <i>Evénement déjà rencontré au niveau mondial sans que des mesures correctives ne garantissent une réduction significative de la probabilité</i>	Probable (P) <i>S'est produit et / ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation</i>	Très Fréquent à Fréquent (TF à F) <i>S'est produit sur le site considéré et / ou peut se produire plusieurs fois sur la durée de vie de l'installation, malgré d'éventuelles mesures correctives</i>

Grille de criticité (encore appelée grille de Mesure de Maîtrise des Risques - MMR)

Cette grille délimite trois zones de risques accidentels :

ZONES	DEFINITION DE LA ZONE
Zone NON (ou Risque 1)	Zone de risque élevée, figurée par le mot "NON". ➡ Risque non acceptable.
Zone MMR (ou Risque 2)	Zone de risque intermédiaire, figurée par le mot "MMR" (Mesure de Maîtrise du Risque). ➡ Risque intermédiaire.
Zone vide (ou Risque 3)	Zone de risque moindre, qui ne comporte ni "NON", ni "MMR". ➡ Risque acceptable.

Les cases "NON" et "MMR" sont graduées en rangs correspondant à un risque croissant :

- Depuis le rang 1 jusqu'au rang 4, pour les cases "NON",
- Depuis le rang 1 jusqu'au rang 2, pour les cases "MMR".

Cette gradation correspond à la priorité que l'on peut accorder à la réduction des risques, en s'attachant d'abord à réduire les risques les plus importants (correspondant aux rangs les plus élevés).

Selon la position des accidents dans la grille, des actions différentes doivent être envisagées, graduées en fonction du niveau de risque :

ZONES	REDUCTION DU RISQUE	
	<i>Installations nouvelles</i>	<i>Installations existantes</i>
Zone NON (ou Risque 1)	Le risque est jugé trop important. Le Préfet ne délivrera pas d'Autorisation. Il faut modifier le projet pour sortir de cette zone.	Il faut présenter des propositions de mise en place de mesures de réduction du risque à la source pour sortir de cette zone.
Zone MMR (ou Risque 2)	Si plus de 5 accidents se situent dans des cases "MMR de rang 2" alors le risque global est considéré comme élevé (zone NON de rang 1). Il faut proposer de nouvelles mesures de maîtrise du risque afin de ramener le nombre d'accidents à 5 ou moins dans cette zone.	
Zone vide (ou Risque 3)	Le risque résiduel est modéré. Il n'y a aucune obligation de mise en place de réduction du risque à la source complémentaire.	

La démarche de réduction des risques doit ainsi être menée jusqu'à un niveau de risque aussi bas que raisonnablement réalisable, techniquement et économiquement (Méthode ALARP : As Low As Reasonably Practicable). Les coûts associés à la sécurisation de l'installation ne doivent pas être disproportionnés par rapport à l'amélioration obtenue.

Remarque :

Si le risque résiduel n'a pu être ramené en dessous du "niveau 2" (MMR rang 2), il appartient à l'exploitant du projet ou du site de juger si la situation est acceptable ou si la conception du projet doit être revue.

Un exemple d'Analyse Quantifiée des Risques (nœud papillon et évaluation des MMR) est présenté en **ANNEXE 2**.

IV. CONCLUSION

L'analyse des risques est conduite en deux étapes :

- Une première étape d'Analyse Préliminaire des Risques qui permet le recensement de tous les scénarios susceptibles de survenir sur l'installation étudiée en se basant sur les potentiels de dangers identifiés, l'accidentologie, le retour d'expérience de l'exploitant, l'environnement de l'installation étudiée.

L'APR est réalisée selon une méthodologie AMDEC, méthode itérative. La cotation en probabilité s'appuie tant que possible sur des référentiels reconnus (base FRED, INERIS,...) et sur des règles de décote prédéfinies. La gravité est déterminée à l'aide d'une échelle tenant compte des conséquences potentielles à l'intérieur et à l'extérieur du site en termes de cibles humaines, environnementales et matérielles.

- Au terme de l'APR, les accidents considérés majeurs ont été identifiés et font l'objet de l'Analyse Quantifiée des Risques. L'AQR permet une analyse détaillée des risques.

Les scénarios majeurs sont étudiés sous forme de nœuds papillon. Les barrières prises en compte dans la décote en probabilité sont recensées sur les nœuds papillon et leur niveau de confiance est évalué. La gravité des scénarios est établie à partir des résultats des modélisations et des règles définies dans l'Arrêté PCIG et dans la fiche n°7 de la Circulaire du 10 mai 2010.

La combinaison de ces deux méthodes permet :

1. de garantir une évaluation précise et aussi exhaustive que possible des risques que présente une installation pour la sécurité des personnes, la protection de l'environnement et les outils industriels tant à l'intérieur du site (APR) qu'à l'extérieur du site (objet de l'AQR).
2. d'apprécier l'impact des mesures de sécurité existantes sur la réduction des risques, mais également, si nécessaire, de proposer des Mesures de Maîtrise des Risques complémentaires, et ce, en vue de réduire le risque à un niveau jugé acceptable.

V. ANNEXES

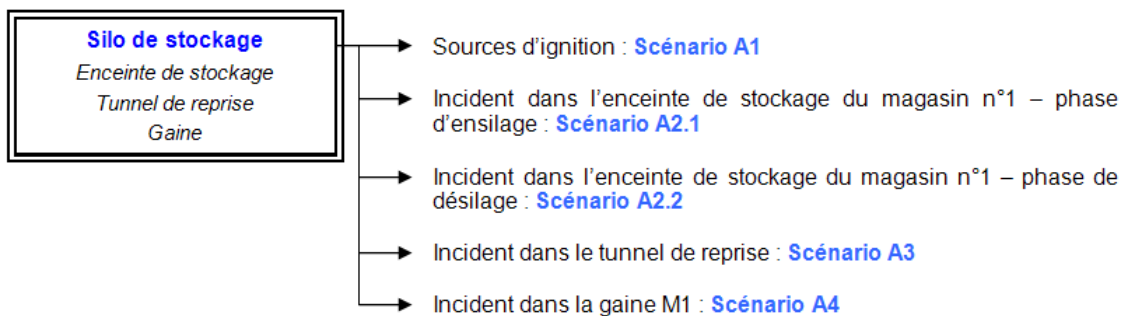
Annexe 1 - Exemple APR.....	24
Annexe 2 - Exemple AQR.....	24
Annexe 3 - Règles de décote des fréquences d'occurrence.....	24
Annexe 4 - Valeurs seuils	24

Annexe 1 - Exemple APR

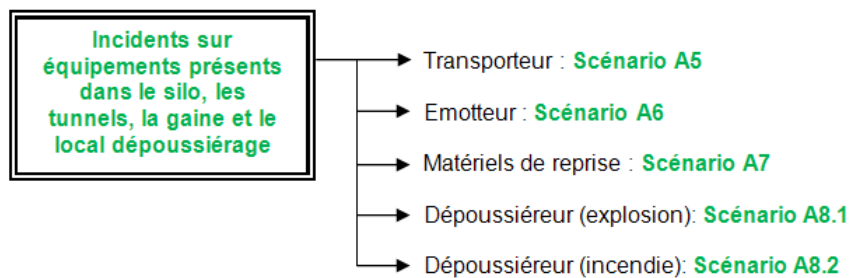
-

Explosion dans un tunnel de reprise

MAGASIN N°1



EQUIPEMENTS



SYNOPTIQUE DES SCENARIOS

N°	Evénement redouté	Evénements initiateurs	Phénomènes dangereux	Gp	Pp	Rp	Barrières de sécurité actives en place	FRR	Gr	Pr	Rr	Propositions d'amélioration	FRR	Gr'	Pr'	Rr'
A3	TUNNEL DE REPRISE Présence d'un nuage de poussière et inflammation avec explosion	a. Dépôt de poussières	A – Risque explosion si présence d'un nuage Inflammation du nuage de poussières. Si concentration dans les limites d'explosivité → Explosion.	3	1		Mesures préventives :	10	3	10 ⁻¹				3	10 ⁻¹	
		et			et											
		b. Mise en suspension de la poussière	b. Barrières de sécurité passives : - Surface soufflable (prise en compte des portes existantes).	1,2.10 ⁻¹				2,2.10 ⁻²								
		OU		OU			OU									
		c. Concentration de poussières dans le domaine d'explosivité (Zone ATEX 22)		10 ⁻²			10 ⁻²									
		ET	B - Effet domino (Propagation) Propagation de l'explosion au volume en communication : - Tunnels de liaison (sans objet, cf. mesures passives) - Magasin n°1 par les bouches de reprises cf. scénario A2.2	ET			ET		ET							
		d. Sources d'ignition génériques Cf. scénario A1		1,1			2.10 ⁻²		2.10 ⁻²							
		ou		ou			ou									
		e. Sources d'ignition provenant des équipements présents dans le volume	b. Barrières de sécurité passives : - Cloison de découplage entre tunnel de reprise et salle de croisement des tunnels	---	1,4.10 ⁻¹			5.10 ⁻⁴		5.10 ⁻⁴						
e1. Transporteur de reprise ARCS7314 Cf. Scénario A5	ou	ou										ou				
ou	ou	ou										ou				
e2. Déferrailleur ARCS7317																
ou																
e3 Emoteur ARCS7315 Cf. Scénario A6																
[(a x b) + c] x [d + (e1 + e2 + e3)]				3	1,8.10 ⁻¹	1			3	5,2.10 ⁻⁴	2			3	5,2.10 ⁻⁴	2

Prise en compte des probabilités d'occurrence liées aux équipements présents dans les volumes

TABLEAU D'ANALYSE DES RISQUES : SOURCES D'IGNITION

Prise en compte des Facteurs de Réduction du Risque dans la décote de probabilité, dès lors que les critères d'appréciation des performances sont satisfaits (efficacité, testabilité, etc)

GRILLE DE CRITICITE APR

Gravité ⚠	Niveau de Risque				
5					
4					
3					A3
2					
1					
Probabilité ↻ Fréquence / an	$<10^{-5}$	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	$\geq 10^{-2}$

Grille de criticité en l'absence de barrières de sécurité

Gravité ⚠	Niveau de Risque				
5					
4					
3			A3		
2					
1					
Probabilité ↻ Fréquence / an	$<10^{-5}$	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	$\geq 10^{-2}$

Grille de criticité tenant compte des barrières de sécurité actives existantes

Gravité ⚠	Niveau de Risque				
5					
4					
3			A3		
2					
1					
Probabilité ↻ Fréquence / an	$<10^{-5}$	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	$\geq 10^{-2}$

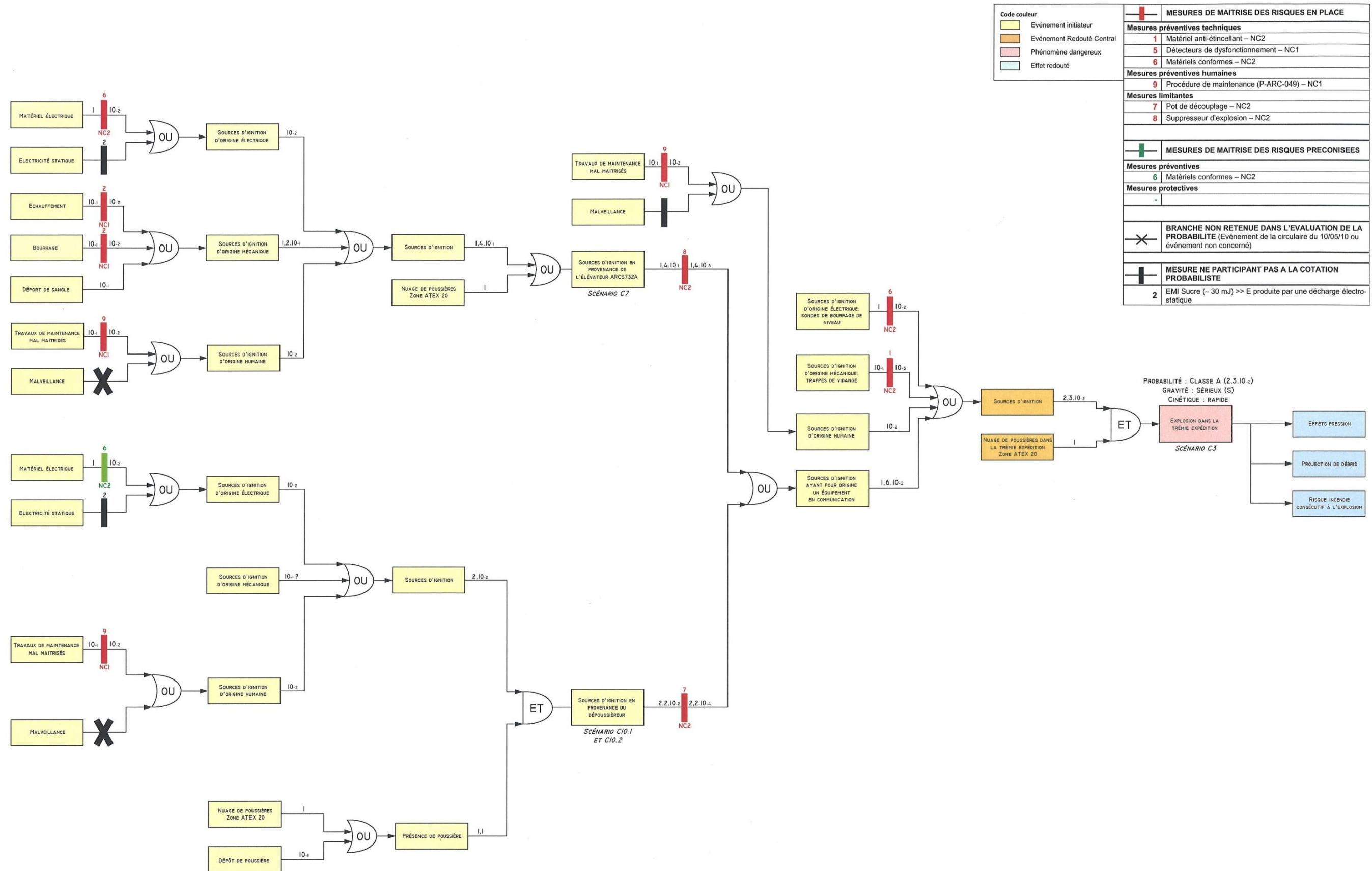
Grille de criticité tenant compte des barrières de sécurité préconisées

Annexe 2 - Exemple AQR

-

Explosion dans une trémie d'expédition

NŒUD PAPILLON : EXPLOSION D'UNE TREMIE D'EXPEDITION



EXEMPLE DE FICHE MMR

Système de détection et de suppression automatique d'explosion		
Scénario	C3	
Fonction de sécurité	Etouffer une explosion dans un équipement et éviter sa propagation aux équipements en communication (manutentions amont et aval, dépoussiéreur) 1- Détection : Détecteur de pression dans l'équipement 2- Traitement de l'information : Unité de contrôle 3- Action : Injection de poudre	
Evénement redouté	Explosion dans un élévateur	
Cinétique	Rapide	
Type de barrière	<input checked="" type="checkbox"/> <i>Technique</i> <input type="checkbox"/> <i>Humaine</i> <input checked="" type="checkbox"/> <i>Active</i> <input type="checkbox"/> <i>Passive</i> <input type="checkbox"/> <i>Préventive</i> <input checked="" type="checkbox"/> <i>Protective</i>	
Efficacité	<i>Concept éprouvé</i> <i>Dimensionnement</i> <i>Résistance aux contraintes spécifiques</i> <i>Positionnement</i> 100%	Cf. Guide de l'état de l'art sur les silos (version 3, 2008, INERIS/MEEDDAT) Système dimensionné par le fournisseur Système permettant de limiter la pression d'explosion réduite à une pression inférieure à celle de résistance de l'équipement Matériel adapté aux zones ATEX poussières Système installé par le fournisseur en pied et en tête de l'élévateur Bouchons chimiques sur canalisations de transport de sucre et de poussières de sucre
Maintenabilité	Contrat de maintenance avec le fournisseur	
Testabilité	Test tous les 2 ans par fournisseur Report d'alarme au poste de garde en cas de dysfonctionnement	
1 - Détecteur de pression		
Temps de réponse	Quelques ms	
Niveau de Confiance	NC2	
2 - Unité de contrôle		
Temps de réponse	Quelques ms	
Niveau de Confiance	NC2	
3 - Injection de poudre (Générateur de gaz + cartouche à poudre)		
Temps de réponse	Quelques ms	
Niveau de Confiance	NC2	
Temps de réponse de l'ensemble de la MMR	Quelques ms	
Niveau de Confiance Global	NC2	

Annexe 3 - Règles de décote des
fréquences d'occurrence

PHASE APR : BARRIERES DE SECURITE ET
FACTEURS DE REDUCTION DU RISQUE

PHASE AQR : MESURES DE MAÎTRISE DES
RISQUES ET NIVEAUX DE CONFIANCE

REGLES DE DECOTE APR - ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

BARRIERES DE SECURITE ET FACTEURS DE REDUCTION DU RISQUE (FRR)

BARRIERES DE SECURITE	EXEMPLES	FACTEURS DE REDUCTION DU RISQUE (FRR)
▪ BARRIERES TECHNIQUES		
▪ Système de conduite et d'exploitation avec asservissement sur détection de dysfonctionnement (supervision et automates)	▪ Arrêt des circuits de manutention sucre sur détection de dysfonctionnement (rotation, température palier, bourrage)	10
▪ Systèmes Instrumentés de Sécurité indépendant du système de conduite et d'exploitation : ▪ APIdS - Automate Programmable Industriel de Sécurité ▪ Sécurité Câblée	▪ Sécurité de niveau haut LSH entraînant l'arrêt des pompes de transfert (logique câblée) ▪ Détection / suppression d'explosion (détections IR et/ou ΔP reliées à une centrale d'acquisition dédiée, pilotant l'injection d'agent inerte)	100
▪ Dispositifs de sécurité (passifs ou actifs) ▪ ▪ Mesures constructives (passives)	▪ Soupape de sécurité ▪ Disque de rupture, évent d'explosion ▪ Clapet anti-retour ▪ Ecran flottant ▪ Mur coupe feu (REI) ▪ Merlon / mur résistant à la pression ▪ Matériels adaptés aux contraintes (ATEX, etc)	100
▪ BARRIERES HUMAINES		
▪ Mesures de pré-dérive (avant Evénement Redouté Central)	▪ Vérification de fermeture de la vanne de fond avant remplissage d'un réacteur	10 - 100 *
▪ Mesures de rattrapage de dérive (après Evénement Redouté Central)	▪ Intervention humaine sur alarme de pression haute	10

* Sous réserve que l'intervention humaine soit effectuée par un tiers par rapport à l'opérateur chargé du process. A défaut, si l'intervention humaine est réalisée par l'opérateur chargé du process, le facteur de réduction du risque est ramené à 10 (Source : Fiche 7 de la circulaire du 10 mai 2010).

REGLES DE DECOTE AQR - ANALYSE QUANTIFIEE DES RISQUES

CRITERES D'EVALUATION DES MESURES DE MAITRISE DES RISQUES (MMR)

CRITERES	ELEMENTS D'APPRECIATION	
	MMR TECHNIQUES (Source : Rapport INERIS Ω-10)	MMR HUMAINES (Sources : Rapport INERIS Ω-20 et Circulaire du 10/05/10 – Fiche 7)
EFFICACITE (% accomplissement de la fonction sécurité en considérant un fonctionnement normal de la MMR)	<ul style="list-style-type: none"> Aptitude à remplir la fonction sécurité dans son contexte d'utilisation et pendant une durée donnée. MMR devant répondre aux principes de : <ul style="list-style-type: none"> - dimensionnement adapté (fondé sur des normes / standards de dimensionnements, des essais in situ, le retour d'expérience, etc), - résistance aux contraintes spécifiques (corrosion, ATEX, etc), - positionnement adapté (par une étude d'implantation, etc). 	<ul style="list-style-type: none"> Adéquation des aptitudes du personnel chargé de l'action de sécurité par rapport à la tâche. Adéquation et adaptation des outils et interfaces de travail à l'opérateur : <ul style="list-style-type: none"> - disponibilité, présentation des informations et de leur documentation, - accessibilité et manœuvrabilité des outils, - adéquation de l'organisation (notamment entre les actions à réaliser et le personnel présent afin d'éviter la sur-sollicitation d'un opérateur unique), - gestion des remplacements (en cas d'absence), de la sous-traitance (encadrement adapté), des habilitations du personnel pour les fonctions spécifiques.
CINETIQUE	<ul style="list-style-type: none"> Cinétique de mise en œuvre de la MMR correspondant au temps de réponse de la barrière c'est-à-dire le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction sécurité : <ul style="list-style-type: none"> - temps de réponse de la MMR obligatoirement en adéquation avec la cinétique du phénomène à maîtriser (-> significativement inférieur à cette cinétique). - temps de réponse pouvant être vérifié par des mesures. 	<ul style="list-style-type: none"> Cinétique de mise en œuvre d'une barrière humaine correspondant au temps total sur l'ensemble des phases nécessaires à l'action de mise en sécurité (détection, diagnostic, prise des EPI puis intervention) : <ul style="list-style-type: none"> - NB : Critère uniquement applicable pour les mesures de rattrapage de dérive (exemple : intervention suite à alarme de pression haute), - NB : Requiert l'intégration de la charge de travail des hommes et notamment la réalisation de plusieurs tâches en parallèle.
MAINTENABILITE	<ul style="list-style-type: none"> Maintien de la performance et de l'intégrité de la MMR dans le temps par de la maintenance préventive suivant une périodicité établie à partir des données constructeur, du retour d'expérience de l'industriel, des agressions liées au procédé et/ou au produit, de la localisation du dispositif, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> Maintien de la compétence du personnel par les formations théoriques (formation initiale + recyclage) et pratique (exercice). Maintien des conditions matérielles et organisationnelles nécessaires à la réalisation de la tâche (gestion des modifications).
TESTABILITE	<ul style="list-style-type: none"> Vérification périodique de l'efficacité de la MMR par des tests portant sur l'ensemble de la barrière (du capteur à l'élément terminal) suivant une périodicité adaptée (a minima avant mise en service et à chaque redémarrage) : <ul style="list-style-type: none"> - test annuel (hors fonctionnement en période d'arrêt), - test en ligne (en fonctionnement normal), - auto-tests, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> Contrôles de connaissances et d'aptitudes pour vérifier l'application des enseignements de la formation. Contrôles et audits des conditions matérielles et organisationnelles dans lesquelles les opérateurs accomplissent les tâches.

DETERMINATION DU NIVEAU DE CONFIANCE (NC) DES MMR

Règles :

↳ Dès lors que les 4 conditions (efficacité, cinétique, testabilité et maintien dans le temps) sont remplies, **un Niveau de Confiance maximal de 1** est attribué à la Mesure de Maîtrise des Risques, et ce, qu'il s'agisse d'une mesure technique ou humaine.

Cas particuliers :

↳ Mesures de Maîtrise des Risques Humaines :

Dans le cas particulier des Mesures de Maîtrise des Risques Humaines de pré-dérive, la fiche n°7 de la Circulaire du 10 mai 2010 précise que le **Niveau de Confiance peut être évalué à 2** si le contrôle (ou la vérification) est réalisé par un autre opérateur que celui qui conduit le process.

↳ Mesures de Maîtrise des Risques Techniques « actives » :

De la même manière, pour les Mesures de Maîtrise des Risques Techniques « actives », **le Niveau de Confiance peut être de 2**, si l'ensemble de la fonction sécurité est redondante (sans mode de défaillance commun).

↳ Mesures de Maîtrise des Risques Techniques « passives » :

Dans le cas particulier des Mesures de Maîtrise des Risques Techniques « passives », c'est à dire les barrières ne nécessitant ni sollicitation dynamique (mécanique, humaine) ni source d'énergie pour remplir leur fonction sécurité, l'INERIS propose de retenir par défaut un **Niveau de Confiance maximal de 2**.

Annexe 4 - Valeurs seuils

-

Valeurs de références de seuils d'effets des
phénomènes dangereux pouvant survenir dans
les Installations Classées

(Source : Arrêté Ministériel du 29 septembre 2005)

L'intensité des effets des phénomènes dangereux est définie par rapport à des valeurs de référence exprimées sous forme de seuils d'effets toxiques, d'effets de surpression, d'effets thermiques et d'effets liés à l'impact d'un projectile, pour les hommes et les structures.

L'Arrêté Ministériel du 29 septembre 2005 fixe les valeurs seuils de référence pour ces différents effets. Ces valeurs sont reprises dans les tableaux ci-après.

Valeurs de références relatives aux seuils d'effets de surpression

Effets pression (mbar)	Effets sur l'homme	Effets sur les structures
20	Seuil des effets délimitant la zone des effets indirects par bris de vitres.	Seuil des destructions significatives des vitres
50	Seuil des Effets Irréversibles (SEI) délimitant la zone des dangers significatifs pour la vie humaine	Seuil des dégâts légers sur les structures
140	Seuil des Effets Létaux (SEL) délimitant la zone des dangers graves pour la vie humaine	Seuil des dégâts graves sur les structures
200	Seuil des Effets Létaux Significatifs (SELS) délimitant la zone des dangers très graves pour la vie humaine	Seuil des effets domino
300	---	Seuil des dégâts très graves sur les structures

Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets de surpression

Valeurs de références relatives aux seuils d'effets thermiques

Effets thermiques (kW/m²)	Effets sur l'homme	Effets sur les structures
3	Seuil des Effets Irréversibles (SEI) délimitant la zone des dangers significatifs pour la vie humaine	---
5	Seuil des Effets Létaux (SEL) délimitant la zone des dangers graves pour la vie humaine	Seuil des destructions de vitres significatives
8	Seuil des Effets Létaux Significatifs (SELS) délimitant la zone des dangers très graves pour la vie humaine	Seuil des effets dominos et correspondant au seuil de dégâts graves sur les structures
16	---	Seuil d'exposition prolongé des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton
20	---	Seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton
200	---	Seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes

Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets thermiques

Valeurs de références relatives aux seuils d'effets toxiques

Effets toxiques Concentration d'exposition	Effets sur l'homme	Référence
SER	Seuil des effets réversibles	Seuil de toxicité aiguë. Emissions accidentelles de substances chimiques dangereuses dans l'atmosphère (MEDD / INERIS 2003)
SEI	Seuil des effets irréversibles délimitant la zone des dangers significatifs pour la vie humaine	
SEL – CL 1%	Seuil des effets létaux délimitant la zone des dangers graves pour la vie humaine	
SELS – CL5%	Seuil des effets létaux significatifs délimitant la zone des dangers très graves pour la vie humaine	

Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets toxiques pour l'homme par inhalation

Valeurs relatives aux seuils d'effets liés à l'impact d'un projectile ou effets de projection

Compte tenu des connaissances limitées en matière de détermination et de modélisation des effets de projection, l'évaluation des effets de projection d'un phénomène dangereux nécessite, le cas échéant, une analyse, au cas par cas, justifiée par l'exploitant.

Pour la délimitation des zones d'effets sur l'homme ou sur les structures des installations classées, il n'existe pas à l'heure actuelle de valeur de référence.