

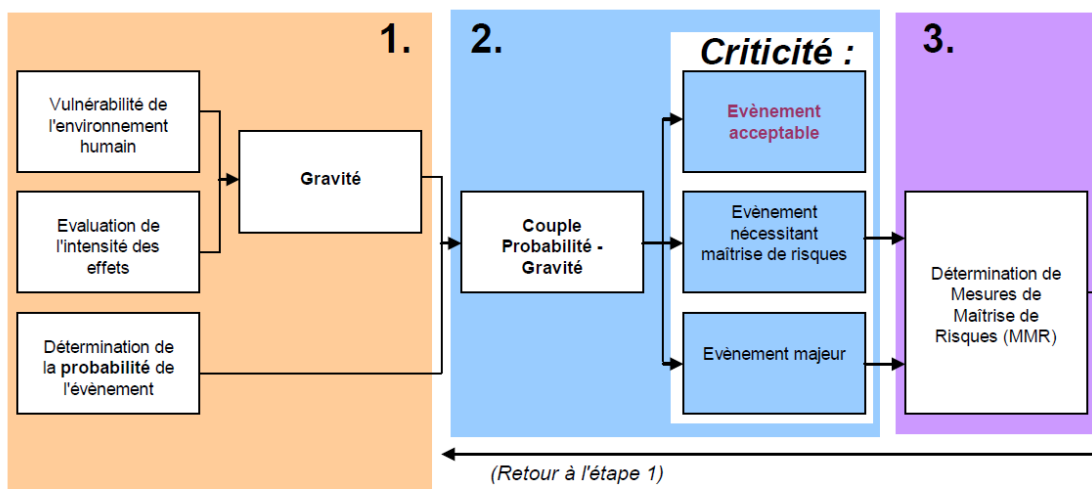


METHODOLOGIE DE L'ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES (ADR)

L'objectif de l'Analyse Détaillée des Risques (ADR) est de démontrer le degré de maîtrise des risques pour chacun des évènements redoutés identifiés dans l'APR de l'étape précédente.

A ce titre, elle est appliquée suivant la méthodologie suivante :

- ✓ Apprécier la cinétique, la probabilité et la gravité des évènements redoutés, avec :
 - Une évaluation plus précise de la probabilité en établissant des arbres des causes.
 - Une estimation de la fiabilité des éléments de prévention permettant de réduire la probabilité de l'évènement redouté.
 - Une évaluation de l'intensité des différents dommages possibles (effets thermiques, surpressions, effets toxiques...).
 - Une évaluation de l'exposition humaine.
- ✓ Déterminer la criticité d'un évènement redouté et ainsi mettre en évidence (ou non) les évènements majeurs à partir des couples probabilité / gravité obtenus
- ✓ En cas d'évènements majeurs, proposer des mesures complémentaires permettant de supprimer le risque d'accident majeur.



Cette méthodologie est issue de l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005 et de la circulaire DPPR/SEI2/CB-06-0388 du 28 décembre 2006.

L'arrêté ministériel du 29 septembre 2005 détermine les seuils réglementaires pour apprécier l'intensité des effets physiques des phénomènes dangereux, la gravité des accidents et les classes de probabilité de ces phénomènes et accidents. Cet arrêté fixe toutefois des valeurs de référence uniquement pour les effets toxiques (dispersion accidentelle de gaz dans l'atmosphère), les flux thermiques (incendies) et les surpressions (explosion).



Pour l'application au site étudié, les évènements redoutés potentiels étudiés dans l'ADR autres que ceux visés ci-dessus pour lesquels il existe des valeurs de références feront alors l'objet d'une approche qualitative du risque (en l'absence de seuils réglementaires).

Cinétique

L'étude de la cinétique permet de quantifier de façon plus ou moins précise le temps d'apparition d'un évènement. Deux types de cinétique peuvent être déterminés :

- *La cinétique pré-accidentelle, qui est la durée nécessaire pour aboutir à l'évènement redouté central, c'est à dire le délai entre l'évènement initiateur et la libération du potentiel de danger.*
- *La cinétique post-accidentelle, qui est déterminée par la dynamique du phénomène dangereux et l'exposition des cibles.*

Dans le cas des dangers associés à l'exploitation d'un casier de ressuyage des sédiments, on retiendra la cinétique des évènements incendie et chutes (personnel et engins).

Evaluation de la gravité

Chaque accident critique est étudié et dans la mesure du possible quantifié. Les effets thermiques, rayons de surpression, distances des seuils d'effets pour les émissions atmosphériques peuvent être quantifiés par des modélisations et comparés aux seuils de référence définis dans l'arrêté du 29 septembre 2005. En parallèle, une évaluation de l'environnement humain de l'établissement est réalisée. Ces éléments permettent de définir une gravité selon le tableau ci-dessous (gravité allant de modéré à désastreux).

Niveau de gravité des conséquences	Zone délimitée par le seuil des effets létaux significatifs (SELS)	Zone délimitée par le seuil des effets létaux (SEL)	Zone délimitée par le seuil des effets irréversibles sur la vie humaine (SEI)
Désastreux	Plus de 10 personnes exposées (*)	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1 000 personnes exposées
Catastrophique	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes	Entre 100 et 1 000 personnes exposées
Important	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes	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 »

(*) Personne exposée : en tenant compte le cas échéant des mesures constructives 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.

Tableau 1 : Eléments définissant la gravité



Pour les événements étudiés autres que ceux pour lesquels l'arrêté du 29 septembre 2005 fixe des seuils de références ou difficilement modélisables, le risque pourra être apprécié sur un mode qualitatif ou semi-quantitatif et être comparé à cette grille d'évaluation de la gravité.

Le nombre de personne exposée est calculé à partir de la fiche technique N°1 de la circulaire DPPR/SEI2/CB-06-0388 du 28/12/2006₁ : Fiche « Eléments pour la détermination de la gravité des accidents ». Cette fiche définit les règles de comptages des personnes susceptibles d'être exposées à des effets létaux ou irréversibles.

Pour exemple, on précisera ci-après la détermination du nombre de personnes potentiellement exposées en fonction de différents types d'occupation des sols :

Type de zone	Nombre de personnes exposées
Habitat en zone rurale	20 personnes / ha
Habitat en zone semi-rurale	40-50 personnes / ha
Habitat en zone urbaine	400-600 personnes / ha
Champs, prairies, forêts, friches...	1 personne / 100 ha
Voie routière non saturée	0.4 personnes / km / 100 véhicules-jour
Chemins de randonnées, de promenade	2 personnes / km / 100 promeneurs-jour

Tableau 2 : Règles de calculs du nombre de personnes exposées selon l'occupation des sols

Evaluation de la probabilité

Classes de probabilités

Le tableau ci-après met en relation les ordres de grandeur ainsi que les appréciations quantitatives des probabilités qui vont être calculées. Ce tableau découle de l'arrêté du 29/09/2005.

Méthode	Classe de probabilité				
	E	D	C	B	A
Semi Quantitative					
Qualitative	<p>Evénement possible mais extrêmement peu probable</p> <p><i>L'événement n'est pas impossible de part les connaissances actuelles, mais ne s'est pas rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années et d'installation</i></p>	<p>Evénement très improbable</p> <p><i>L'événement s'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais il n'a pas fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité</i></p>	<p>Evénement improbable</p> <p><i>Un événement similaire a déjà été rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité</i></p>	<p>Evénement probable</p> <p><i>L'événement s'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation</i></p>	<p>Evénement courant</p> <p><i>L'événement s'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installation, malgré d'éventuelles mesures correctives</i></p>
	Quantitative	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²

Tableau 3 : Tableau de cotation et d'appréciation des classes de probabilité - Arrêté du 29/09/05



L'objectif de ce tableau est de positionner chaque évènement dans une classe de probabilité. La méthodologie appliquée dans le cadre de la présente étude est la semi quantitative. Elle est explicitée dans les paragraphes suivants.

Réalisation des arbres de défaillance

Une méthode de représentation des scénarii d'évènements dangereux par un système d'arborescence peut être utilisée. Ce type de représentation présente l'avantage d'une lecture simple et immédiate qui permet de faire ressortir les différentes causes pouvant être à l'origine d'un évènement majeur et leurs interrelations. Cette représentation s'articule autour d'un évènement redouté central, avec :

- *D'un côté de l'arbre de défaillances le regroupement des évènements initiateurs (arbre des causes). Les liens entre ces évènements sont figurés par des portes « ET » ou « OU ». La porte « ET » signifie que l'ensemble des conditions amont doivent être présentes, tandis que la porte « OU » signifie que l'un des évènements amont suffit pour l'apparition de l'évènement indésirable.*
- *De l'autre côté de l'arbre des défaillances sont précisés les éventuels évènements redoutés secondaires et les phénomènes dangereux qu'ils peuvent entraîner ainsi que leurs conséquences (arbre des conséquences).*

Ce type de représentation permet également de démontrer la bonne maîtrise des risques, avec la possibilité de superposer à ce logigramme les différentes barrières de sécurité préventive et de protection mises en œuvre. Ces arbres de défaillances permettent ainsi la détermination des probabilités d'occurrence via une méthode d'« approche par barrière ».

Détermination de la probabilité

L'approche par barrière consiste tout d'abord à vérifier, sur la base de certains critères, si la barrière de sécurité peut être retenue pour le scénario étudié. Il est ensuite attribué un niveau de confiance aux barrières de sécurité retenues.

La combinaison de la fréquence d'occurrence de l'évènement initiateur et des niveaux de confiance des barrières de sécurité participant à la maîtrise d'un même scénario, permet d'estimer une classe de probabilité d'occurrence du scénario.

Cette démarche découle de travaux menés par l'INERIS dans le cadre de programmes de recherche financés par le Ministère chargé de l'environnement, à savoir le DRA 39 « *Évaluation des barrières de sécurité de prévention et de protection utilisées pour réduire les risques d'accidents majeurs* », le DRA-34 « *Analyse des risques et prévention des accidents majeurs* », ainsi que de diverses études réalisées par la Direction des Risques Accidentels.

La probabilité d'un évènement initiateur est issue de l'expérience et elle inclut des barrières de sécurité et leur efficacité. On considère notamment :



- *La résistance des matériels mis en jeu.*
- *Les procédures internes de sécurité mises en œuvre.*
- *Les procédures de sécurité qui permettent d'éviter l'évènement initiateur (source d'ignition par exemple).*

Cependant, la probabilité des événements initiateurs reste très souvent aléatoire, en l'absence de données bibliographiques suffisantes à l'heure actuelle. En conséquence, dans la présente étude, la démarche suivante a été retenue :

- 1) Prise en compte de la probabilité de l'évènement initiateur lorsque celle-ci existe et s'avère fiable.
- 2) Prise en compte des barrières organisationnelles et techniques (ainsi que des caractéristiques intrinsèques) mises en place au regard des événements courants pour déterminer la probabilité de l'évènement initiateur, chaque événement courant ayant par défaut une probabilité initiale de classe A (évènement courant).
- 3) Comparaison, lorsque cela s'avère possible, de la probabilité de l'évènement initiateur avec la probabilité du même évènement initiateur déterminé pour une autre branche d'activité.

- Définitions

Afin de faciliter la compréhension de la démarche d'évaluation de la probabilité d'un évènement dangereux, on précisera ci-après quelques définitions sur les termes employés :

- Barrière technique de sécurité (BTS) : barrière qui permet d'assurer une fonction de sécurité. Elle est constituée d'un dispositif de sécurité ou d'un système instrumenté de sécurité qui s'oppose à l'enchaînement d'évènements susceptibles d'aboutir à un accident.
- Dispositif de sécurité : c'est en général un élément unitaire, autonome, ayant pour objectif de remplir une fonction de sécurité, dans sa globalité. On distingue :
 - Le dispositif passif, qui ne met en jeu aucun système mécanique.
 - Le dispositif actif, qui met en jeu un dispositif mécanique (ressort, levier...).
- Efficacité : l'efficacité d'une BTS est évaluée au regard de son aptitude à remplir la fonction de sécurité pour laquelle elle a été choisie, dans son contexte d'utilisation et pendant une durée donnée de fonctionnement. Cette aptitude s'exprime en pourcentage d'accomplissement de la fonction définie, en considérant un fonctionnement normal (non dégradé). Ce pourcentage peut varier pendant la durée de sollicitation de la barrière technique de sécurité.
- Système instrumenté de sécurité (SIS) : combinaison de capteurs, d'unité de traitement et d'actionneurs (équipements de sécurité) ayant pour objectif de remplir une fonction ou sous fonction de sécurité.
- Equipement de sécurité : élément d'un SIS qui remplit une sous-fonction de sécurité.



- Fonction de sécurité : fonction ayant pour but la prévention et la protection d'événements redoutés. Les fonctions de sécurité identifiées peuvent être assurées à partir de barrières techniques de sécurité, de barrières organisationnelles (activités humaines), ou plus généralement par la combinaison des deux. Une même fonction de sécurité peut être réalisée par différentes barrières de sécurité. Une fonction de sécurité peut se décomposer en sous-fonctions de sécurité liées.

- Niveau de confiance (NC) : c'est une adaptation par l'INERIS des exigences des normes NF-EN 61508 et CEI 61511, notamment quant aux architectures des systèmes pour tous les équipements de sécurité, quelle que soit leur technologie.

- Principe de concept éprouvé : un équipement simple est de conception éprouvée soit, lorsqu'il a subi des tests de « qualification » par l'utilisateur ou d'autres organismes, soit lorsqu'il est utilisé depuis plusieurs années sur des sites industriels et que le retour d'expérience sur son application est positif. Pour cela, on peut s'appuyer sur :
 - Le retour d'expérience de l'utilisateur (exploitant, service maintenance, inspection...), voire du fournisseur.
 - L'accidentologie (retour d'expérience des accidents et incidents).
 - Les standards indiqués par des syndicats professionnels.

- Redondance : existence, dans une entité, de plus d'un moyen pour accomplir une fonction requise.

- Temps de réponse : il correspond à l'intervalle de temps entre le moment où une barrière de sécurité, dans un contexte d'utilisation, est sollicitée et le moment où la fonction de sécurité assurée par cette

Détermination du niveau de confiance (NC)

Le niveau de confiance des barrières de sécurité est déterminé selon la méthode définie par l'INERIS. Le niveau de confiance ne se substitue pas aux normes NF-EN 61508 et CEI 61511 relatives à la sécurité fonctionnelle. La démarche proposée est une méthode d'évaluation qualitative « simple » en vue d'évaluer la performance des barrières techniques et humaines de sécurité. Les niveaux de confiance des barrières de sécurité sont basés sur :

- La fiche N°7 de la circulaire DPPR/SEI2/CB-06-0388 du 28/12/2006.
- Le guide OMEGA 10 de l'INERIS portant sur l'évaluation des barrières techniques de sécurité.
- Le guide OMEGA 20 de l'INERIS portant sur l'évaluation des barrières humaines de sécurité.

Cas des barrières techniques de sécurité :

Avant de déterminer ce niveau de confiance pour les barrières techniques de sécurité (BTS), il est important de vérifier que cette BTS est de concept éprouvé, qu'elle est indépendante du procédé et qu'elle est indépendante d'une autre BTS. Le niveau de confiance est ensuite déterminé par :



- Une proportion de défaillance en sécurité (ou Safe Failure Fraction – SFF) qui est généralement inférieure à 60% mais qui selon les cas (bon retour d'expérience, essais, niveau SIL selon la norme NF-EN 61511...) peut augmenter vers des niveaux de l'ordre de 99%.
- Une tolérance aux anomalies matérielles qui est l'équivalent d'une redondance.

On obtient alors un niveau de confiance défini selon les grilles données dans le rapport Oméga 10 de l'Ineris pour les systèmes techniques dits « simples » (vannes, relais, interrupteurs...) ou « complexes » (système capable de traiter une information).

Proportion de défaillances en sécurité	Tolérances aux anomalies matérielles (redondance de barrières de sécurité)		
	0	1	2
<60%	NC1	NC2	NC3
60 – 90 %	NC2	NC3	NC4
90 – 99 %	NC3	NC4	NC4
> 99 %	NC3	NC4	NC4

Tableau 4 : Niveaux de confiance pour des systèmes techniques simples de sécurité (Extrait et adapté de la norme CEI-EN 61508 /Tab.1 de l'Oméga 10)

Proportion de défaillances en sécurité	Tolérances aux anomalies matérielles (redondance de barrières de sécurité)		
	0	1	2
<60%	NC0	NC1	NC2
60 – 90 %	NC1	NC2	NC3
90 – 99 %	NC2	NC3	NC4
> 99 %	NC3	NC4	NC4

Tableau 5 : Niveaux de confiance pour des systèmes techniques complexes de sécurité (Extrait et adapté de la norme CEI-EN 61508 / Tab.2 de l'Oméga 10)

Cas des dispositifs passifs de sécurité :

Pour déterminer le niveau de confiance d'un dispositif passif de sécurité (cuvette de rétention...) il faut déterminer sa probabilité moyenne de défaillance (ou taux de défaillance à la sollicitation/PFD). Une fois celle-ci estimée, le tableau suivant qui est inspiré de la norme NF EN 61508 permet de faire le lien avec le niveau de confiance.

Probabilité moyenne de défaillance	Sens d'évolution de la probabilité de défaillance	Niveau de confiance
$10^{-5} \leq \text{PFD} < 10^{-4}$	↓	NC4
$10^{-4} \leq \text{PFD} < 10^{-3}$		NC3
$10^{-3} \leq \text{PFD} < 10^{-2}$		NC2
$10^{-2} \leq \text{PFD} < 10^{-1}$		NC1

Tableau 6 : Evaluation d'un niveau de confiance en fonction de sa probabilité moyenne de défaillance

Le niveau de confiance pourra être maintenu ou décoté en fonction des procédures et des moyens (maintenance, inspection...) mis en œuvre par l'industriel pour maintenir dans le temps le niveau de confiance du dispositif.



Note : en l'absence d'études spécifiques ou d'un retour d'expérience suffisant permettant d'apprécier la probabilité de défaillance d'un système, le niveau de confiance retenu par défaut sera NC1.

Cas des barrières humaines organisationnelles :

Pour les barrières organisationnelles et selon la fiche N°7 de la circulaire du 28/12/2006, le niveau de confiance initial à retenir est déterminé selon les critères suivants :

- **NC2**, dans le cas d'une mesure de pré-dérive réalisée par une personne dédiée spécifiquement à cette action (spécialiste).
- **NC1**, dans le cas d'une mesure de pré-dérive réalisée par l'opérateur chargé du process.
- **NC1**, dans le cas de mesures de rattrapage de dérive (intervention sur un incident).

Dans un second temps, conformément aux recommandations de l'INERIS, ce niveau de confiance pourra être maintenu ou décoté, en fonction :

- De la simplicité de détection de l'évènement anormal.
- De la simplicité du diagnostic, quant aux choix de l'opération à mener pour empêcher le scénario redouté de se produire.
- De la simplicité de l'action de sécurité à conduire pour éviter ou en réduire les effets.
- De la pression temporelle à laquelle sont soumis les intervenants, si le temps d'intervention doit être bref ou si la cinétique des événements menant à l'accident est rapide.

Formations et consignes :

Les formations et consignes de sécurité sont des éléments qui participent à la fiabilité et au maintien du niveau de confiance d'autres barrières de sécurité. De ce fait, aucun niveau de confiance ne leur est appliqué de manière

Détermination de la probabilité :

Pour rappel, il existe 5 classes de probabilités définies dans l'arrêté du 29/09/2005. Elles sont indiquées ci-dessous.

Classe	E	D	C	B	A
--------	---	---	---	---	---

La probabilité d'occurrence est déterminée à partir des arbres des causes et des conséquences. Pour chaque branche de l'arbre, on part de la probabilité définie pour l'évènement initiateur (classe A prise par défaut, en l'absence de données bibliographiques précises) que l'on décode en fonction des niveaux de confiance des différentes barrières de sécurité mises en œuvre pour en réduire l'occurrence :

- en présence d'une barrière NC1 : décode d'une classe (A donnera B ; B donnera C ...).
- En présence d'une barrière NC2 : décode de deux classes (A donnera C).
- En présence d'une barrière NC1 et d'une barrière NC2 : décode de trois classes (A donnera D) etc...

Lors de passage de portes « ET » ou « OU », les règles de détermination de probabilités suivantes sont appliquées :



- ✓ Portes « ET » : une multiplication des deux classes de probabilité est réalisée. Par exemple : classe A x classe B = classe C.
- ✓ Portes « OU » : la probabilité de classe la plus élevée est retenue. Par exemple une probabilité de classe A ou une probabilité de classe B découleront sur la prise en compte d'une probabilité de classe A.

Détermination de la criticité

Une évaluation de la gravité et de la probabilité sera réalisée pour chaque phénomène dangereux étudié, selon les grilles définies dans l'arrêté du 29/09/2005. Ces deux paramètres forment un couple « gravité – probabilité » qui est alors placé dans le tableau ci-après, en vue de hiérarchiser le risque et définir la criticité du phénomène dangereux.

Gravité sur les personnes exposées au risque	Probabilité (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Majeur	Majeur	Majeur	Majeur	Majeur
Catastrophique	MMR	MMR	Majeur	Majeur	Majeur
Important	MMR	MMR	MMR	Majeur	Majeur
Sérieux			MMR	MMR	Majeur
Modéré					MMR

	Evènement pouvant occasionner un accident majeur nécessitant de modifier certaines dispositions d'exploitation	} Des mesures compensatoires doivent être proposées et une réévaluation de leur gravité ou de leur probabilité réalisée pour pouvoir tendre vers une criticité jugée acceptable
	Evènement nécessitant des mesures de maîtrise des risques (MMR) complémentaires spécifiques.	
	Evènement jugé acceptable ayant une faible probabilité et une gravité modérée au regard des dispositions déjà prises.	

Tableau 7 : Grille de criticité des évènements (couple Gravité – Probabilité)