



**Analyse des Risques et Prévention
des Accidents Majeurs
(DRA-34)**

Rapport Partiel d'Opération f
**Guide pour la prise en compte
du risque inondation
(Version 2004)**

Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable

*Unité « Evaluation des Risques »
Direction des Risques Accidentels*

Novembre 2004

Analyse des Risques et Prévention des Accidents Majeurs (DRA-34)

Rapport Partiel d'Opération f **Guide pour la prise en compte du risque inondation (Version 2004)**

Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable

Novembre 2004

PERSONNES AYANT PARTICIPE AU GUIDE

Nadine AYRAULT, Christophe BOLVIN

Ce document comporte 62 pages (hors couverture et annexes).

	Rédaction	Relecture	Vérification	Approbation
NOM	A. VALLEE	S. DESCOURRIERE	R. FARRET	D. GASTON
Qualité	Ingénieur à la Direction des Risques Accidentels	Ingénieur à la Direction des Risques Accidentels	Responsable de l'unité Evaluation des Risques Direction des Risques Accidentels	Directeur Adjoint Direction des Risques Accidentels
Visa	Signé	Signé	Signé	Signé

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	5
1.1 CONTEXTE.....	5
1.2 PROPOSITIONS DE L'INERIS DANS LE CADRE DU PROJET DRA-34	6
1.3 VALORISATION DES CONNAISSANCES ET COLLABORATIONS	7
1.4 RÉSULTATS ATTENDUS	8
1.5 STRUCTURE DU PROJET	8
1.6 PRÉSENTATION DÉTAILLÉE DE L'OPÉRATION F	9
1.7 OBJET ET STRUCTURE DU PRÉSENT DOCUMENT	10
2. LES INONDATIONS : DÉFINITIONS ET MÉCANISMES.....	11
2.1 DÉFINITIONS.....	11
2.2 LES TYPES D'INONDATIONS	12
2.2.1 Stagnation d'eaux pluviales	12
2.2.2 Débordement de cours d'eau.....	12
2.2.3 Rupture d'ouvrages ou d'embâcles.....	14
2.2.4 Ruissellement en secteur urbain.....	15
2.2.5 Crues torrentielles.....	15
2.2.6 Submersion des zones littorales ou lacustres.....	16
2.3 LES PARAMÈTRES D'UNE INONDATION	17
2.3.1 Le débit	17
2.3.2 La vitesse d'écoulement.....	18
2.3.3 La hauteur de submersion.....	18
2.3.4 La durée de submersion.....	18
2.3.5 La fréquence et la période de retour.....	19
2.3.6 Les facteurs aggravants.....	20
2.4 L'ALÉA	21
3. RISQUE INONDATION ET RÉGLEMENTATION.....	22
3.1 POLITIQUE DE PRÉVENTION DES RISQUES NATURELS	22
3.2 PLAN DE PRÉVENTION DU RISQUE INONDATION (PPRI)	22
3.2.1 Champ d'application - Objectifs.....	22
3.2.2 Elaboration du PPR.....	23
3.2.3 Les différentes étapes pour la réalisation d'un PPRI.....	24
3.2.4 PPRI et installations industrielles.....	33
3.3 LA PRÉVISION DES CRUES.....	33
3.3.1 Le SCHAPI.....	33
3.3.2 Les SPC.....	35
3.4 LA RÉGLEMENTATION IC ET LE RISQUE INONDATION.....	35
4. RETOUR D'EXPÉRIENCE.....	37
4.1 ACCIDENTS SURVENUS SUR DES INSTALLATIONS INDUSTRIELLES, AYANT POUR ORIGINE UNE INONDATION	
37	

4.2	BILAN DE L'IMPACT DES INONDATIONS DU SUD-EST (SEPTEMBRE 2002) SUR LES ACTIVITÉS PRÉSENTANT UN RISQUE TECHNOLOGIQUE	39
4.3	CONCLUSION	40
5.	MÉTHODE DE PRISE EN COMPTE DU RISQUE INONDATION DANS LES ÉTUDES DE DANGERS	41
5.1	DÉMARCHE GÉNÉRALE	41
5.2	DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES DIFFÉRENTES ÉTAPES.....	42
5.2.1	<i>Etape 1 : Caractérisation de l'aléa inondation</i>	<i>42</i>
5.2.2	<i>Etape 2 : Détermination des zones sur le site qui peuvent être touchées par une inondation....</i>	<i>44</i>
5.2.3	<i>Etape 3 : Identification des installations touchées par une inondation et sources potentielles d'accidents majeurs.....</i>	<i>45</i>
5.2.4	<i>Etape 4 : Analyse détaillée des risques associés aux installations touchées par une inondation et sources potentielles d'accidents majeurs</i>	<i>46</i>
5.2.5	<i>Etape 5 : Niveau de maîtrise des risques.....</i>	<i>51</i>
6.	MESURES DE PRÉVENTION, DE PROTECTION ET MOYENS D'INTERVENTION	52
6.1	MESURES DE PRÉVENTION	52
6.1.1	<i>Prévoir des mesures permanentes pour prévenir l'arrivée de l'eau sur le site industriel</i>	<i>52</i>
6.1.2	<i>Prévoir des mesures permanentes qui permettent de limiter l'action de l'eau sur les installations</i> <i>52</i>	
6.2	PLAN D'URGENCE INONDATION (OU POI), MOYENS D'INTERVENTION	54
6.3	GESTION APRÈS CRISE ET RETOUR À LA NORMALE	56
6.4	AUTRES MESURES.....	57
7.	INDEX - GLOSSAIRE	58
8.	RÉFÉRENCES	60
9.	LISTE DES ANNEXES	62

PREAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalents qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

Suite à la catastrophe de Toulouse en septembre 2001, le rapport parlementaire LOOS – LE DEAUT [1] a dressé un bilan des pratiques en terme de gestion des risques d'accidents majeurs sur les sites industriels. Ce rapport a fait apparaître notamment la nécessité de :

- Rénover la méthode des études de dangers (Partie 1 ; § 1.C, et à plus long terme, proposition 8) ;
- Mettre en place des lignes de défense successives, première condition d'une prise en compte des probabilités d'occurrence des événements redoutés (Partie 1 ; § 1.C.2b, et à plus long terme, propositions 9 et 13) ;
- Prendre en compte les aspects organisationnels dans l'évaluation des risques (Partie 1 ; § 1.C.3a).

Parallèlement à ce constat, d'autres remarques peuvent être formulées quant aux perspectives d'amélioration des études de dangers¹ :

- La prise en compte des effets dominos, demandée par la Directive Seveso II [2], implique une adaptation du contenu des études de dangers, afin de permettre une gestion commune de ces effets entre des sites industriels voisins.
- La plupart des études des dangers comportent une analyse de risques, dont la méthode et la forme ne sont pas imposées ; or cette analyse de risques peut être établie sans lien avec les analyses de risques menées par ailleurs sur les mêmes installations dans une optique d'hygiène et sécurité du travail.
- Cette analyse de risque est utilisée pour déterminer les Eléments Importants Pour la Sécurité, sur lesquels le Système de Gestion de la Sécurité est fondé. Ces éléments amènent incontestablement des gains en terme de sécurité. La question se pose alors de leur prise en compte dans le processus de gestion des risques majeurs.
- L'incidence des risques naturels est prise en compte par un certain nombre de moyens, parmi lesquels l'examen des zones inondables, le classement en terme de sismicité et les dispositions constructives que cela entraîne, ou l'application des règles DTU. Cependant, une réflexion de fond pour augmenter la sécurité des IC face aux risques naturels reste à mener.
- L'examen d'autres causes potentielles d'accidents génériques et diffuses, telles que les pertes d'utilité et la malveillance, améliore la qualité de l'analyse des risques.
- De façon générale, une étude de dangers doit être la plus claire et la plus cohérente possible. Elle doit être compréhensible par les riverains tout en apportant des éléments détaillés à

¹ Projet proposé avant la parution de la loi n° 2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages et avant la mise en place des PPRT qui en découlent. L'INERIS est par ailleurs impliqué dans l'aide à l'élaboration des PPRT dans le cadre d'un autre projet pour le MEDD (DRA-41).

l'Administration sur l'évaluation des risques et du niveau de maîtrise de ces risques par l'exploitant.

1.2 PROPOSITIONS DE L'INERIS DANS LE CADRE DU PROJET DRA-34

L'INERIS a proposé au Service de l'Environnement Industriel du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (MEDD) un appui technique visant à faire évoluer l'analyse de risque pratiquée dans le cadre des études de dangers, notamment sur les aspects identifiés dans le paragraphe précédent. Cet appui technique est formalisé dans le cadre du projet intitulé « Analyse des risques et Prévention des Accidents Majeurs », dont le déroulement est prévu de 2003 à 2006, avec un financement assuré principalement par le titre IV du MEDD.

De façon générale, l'étude des dangers doit constituer de la part de l'exploitant, tout à la fois, un engagement et une démonstration de la maîtrise des risques d'accidents majeurs. Afin d'être une démonstration, elle doit être agencée sur la base d'une démarche systémique au cœur de laquelle se trouve **l'analyse de risques**.

Le projet se propose de faire évoluer l'analyse des risques, notamment en ce qui concerne :

- les risques liés aux produits,
- les risques liés à l'exploitation des installations,
- le lien avec la sécurité aux postes de travail et les exigences du Code du Travail,
- les pertes d'utilité et les actes de malveillance,
- les effets dominos entre sites industriels voisins,
- les risques naturels et la vulnérabilité des installations à ces risques.

Il s'agit, pour chaque thème évoqué ci-dessus, d'améliorer :

- l'identification des risques (combinaison de la gravité, de la fréquence et de la vulnérabilité des cibles),
- leur estimation en vue de leur hiérarchisation,
- l'identification des mesures spécifiques, d'ordre technique et organisationnel, permettant de maîtriser ces risques,
- l'évaluation du bénéfice apporté par ces mesures en terme de réduction des risques, de façon logique, systématique et cohérente.

L'ensemble de cette démarche constitue l'analyse des risques. Le projet DRA-34 fera également des propositions sur la façon dont les résultats de cette analyse pourront ensuite être présentés et exploités dans le cadre de l'étude de dangers pour :

- Identifier des scénarios d'accidents, de gravité et de probabilité graduées en fonction de la prise en compte des mesures de réduction des risques,
- Estimer ou évaluer les conséquences de ces scénarios sur les cibles identifiées et leur probabilité d'occurrence,

- Faciliter l'utilisation des études de dangers dans le cadre de la gestion des risques (cartographie des risques, plans d'urgence internes et externes, décisions relatives à l'urbanisation ...).

1.3 VALORISATION DES CONNAISSANCES ET COLLABORATIONS

Le projet continue une action déjà entreprise depuis plusieurs années dans le cadre de l'appui technique à l'Administration sur le thème de la gestion des risques d'accidents majeurs industriels, notamment dans le cadre des projets suivants (achevés ou en cours) :

- Développement d'une méthode intégrée d'analyse des risques (BCRD-DRA-02),
- Analyse des risques et prévention des accidents majeurs (DRA-07), achevé en 2002,
- Mise en application sur le terrain de la Directive Seveso II (DRA-08), achevé en 2002,
- Evaluation des dispositifs de prévention et de protection utilisés pour réduire les risques d'accidents majeurs (DRA-39),
- Retour d'expérience (DRA-37),
- Appui technique à l'élaboration et la mise en œuvre des PPRT (DRA-41),
- Projet ASSURANCE, financé par la Commission Européenne dans le cadre du 4ème PCRD, qui propose une analyse comparée des méthodes d'analyse des risques et des approches sécurité à travers l'Europe (projet achevé en 2002),
- Projet ARAMIS, financé par la Commission Européenne dans le cadre du 5^{ème} PCRD, qui vise à développer une méthode intégrée d'évaluation dans le contexte de la directive SEVESO II,
- ...

Le projet s'appuiera également sur l'expérience de terrain acquise lors de prestations auprès des industriels :

- analyse des risques, étude de dangers et tierces expertises,
- assistance à la mise en place de Systèmes de Gestion de la Sécurité et audits de tels systèmes.

Les collaborations envisagées sont de trois types :

- avec les Pouvoirs Publics, ce qui assurera que les travaux réalisés seront utiles dans le cadre de la politique de gestion des risques ;
- avec des Industriels, par l'intermédiaire d'études de cas ;
- avec des experts européens de l'Analyse des Risques, pour connaître les pratiques existantes dans d'autres pays d'Europe ;
- avec d'autres spécialistes français (IRSN, INRS, ANACT, BRGM ...).

1.4 RESULTATS ATTENDUS

Les résultats attendus et les produits de sortie des travaux envisagés sont :

- des recommandations sur la façon de constituer des études de dangers,
- des documents plus techniques qui donneront une assise tant théorique que pratique aux recommandations en passant en revue les différents sujets que sont les effets domino, les pertes d'utilité, la malveillance, les risques naturels, les risques liés aux produits.

Ce projet pourra donner lieu à des publications dans des revues scientifiques françaises et internationales, ainsi qu'à des interventions dans des congrès. Il pourra également servir de base à des formations que l'INERIS dispensera aux différents acteurs concernés par les études de dangers (exploitants, bureaux d'études, inspecteurs de installations Classées, élus locaux, CHSCT, associations de riverains ...).

1.5 STRUCTURE DU PROJET

Le programme, qui a débuté en 2003, s'organise en 2004 autour des 9 opérations suivantes :

- Opération a : Redéfinition des études de dangers pour améliorer leur contenu et leur forme,
- Opération b : Méthodes systémiques de détermination d'ensemble de scénarios,
- Opération c : Exigences pratiques en terme de barrières de sécurité,
- Opération d : Examen des risques entraînés par les pertes d'utilité et la malveillance et de la façon de les intégrer dans l'analyse des risques,
- Opération e : Travail sur les concepts et méthodes de détermination des effets domino tant externes qu'internes (synergies d'accident),
- Opération f : Examen des conséquences pour les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement des risques naturels et de la façon de les intégrer dans l'analyse des risques,
- Opération g : Examen des pratiques découlant de l'application du code du travail dans les IC,
- Opération h : Intégration de la démarche Etude de dangers dans la gestion des risques environnementaux, interrompue en 2004,
- Opération i : Analyse des risques liés aux produits (nouvelle opération en 2004).

Le présent document est rattaché à l'opération f du projet.

1.6 PRESENTATION DETAILLEE DE L'OPERATION F

La France peut être soumise à différents types de phénomènes naturels tels que l'inondation, le séisme, les tempêtes, les mouvements de terrain, les feux de forêts...

Compte tenu de la densité du réseau hydrographique français, le territoire national est particulièrement soumis aux risques d'inondation. Un recensement effectué en 1998 permet d'estimer qu'une commune française sur trois (soit environ 14 000 communes) présente un risque d'inondation, en partie ou en totalité ; 300 grandes agglomérations sont concernées (source : Dossier d'Information sur le risque inondation, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2000, www.prim.net).

De plus, des événements récents en France et à l'étranger (inondations dans le Sud de la France et en Europe centrale...) ont fait de la prévention des risques naturels une préoccupation majeure en France. L'objectif principal est de réduire la vulnérabilité des personnes et des biens.

Parmi les enjeux existants, les installations industrielles à risques (soumises à la réglementation des Installations Classées) ne doivent pas être oubliées, car elles peuvent être fortement touchées quand survient une inondation. On peut citer en exemple les sites industriels en Ile-de-France (Paris Petite Couronne), au bord du Rhône, dans le Gard, sur la presqu'île d'Ambès...

L'annexe A du présent rapport montre notamment le parallèle entre les cartes nationales du risque inondation et du risque industriel (source : site internet www.prim.net).

Dans ce contexte, l'opération f du DRA-34 s'inscrit dans la continuité du projet DRA-13 "Risques naturels et environnement industriel" (Titre IV du MEDD), qui avait débuté en 2001.

L'objectif est de mener une réflexion globale sur l'incidence des risques naturels (inondation, séisme, mouvement de terrain, tempêtes) sur les installations industrielles, permettant de préciser en quoi les risques naturels peuvent être des facteurs aggravants et comment les prendre en compte dans l'étude de dangers et la politique de prévention des risques naturels, et ainsi des accidents majeurs sur le site.

Elle a pour finalité de proposer :

- une méthode pour la prise en compte des risques naturels dans les études de dangers (notamment au niveau de l'analyse de risques),
- des éléments d'aide pour la mise en place d'une politique de prévention des risques naturels sur les sites industriels (conception des installations, mesures de prévention, de protection, moyens d'intervention...).

Les travaux déjà réalisés sur la thématique ont été les suivants :

- Synthèse sur les différents mécanismes des phénomènes naturels (inondation, séisme, mouvement de terrain et tempête),
- Synthèse sur la réglementation en vigueur pour ces risques naturels, notamment celle qui s'applique aux IC,

- Analyse des accidents survenus sur des installations industrielles, suite à une inondation, un séisme, un mouvement de terrain, une tempête,
- Synthèse des résultats de l'enquête de terrain réalisée auprès des DRIRE, relative aux impacts potentiels des risques naturels sur les installations industrielles,
- Synthèse des résultats de l'enquête de terrain réalisée auprès de sites industriels (sites soumis à autorisation avec servitudes), relative aux impacts potentiels des risques naturels sur les installations industrielles,
- Bilan des inondations du Sud-Est (septembre 2002), relatif aux activités présentant un risque technologique, réalisé en collaboration avec l'Ecole des Mines d'Alès.

1.7 OBJET ET STRUCTURE DU PRESENT DOCUMENT

Le présent document a pour objectif de guider les industriels, les inspecteurs DRIRE et les bureaux d'études, à mieux prendre en compte le risque inondation dans les études de dangers, et ainsi au niveau des installations industrielles à risques.

Outre une introduction, ce document est organisé autour de 5 chapitres.

Le chapitre 2 éclaire le lecteur sur ce qu'est une inondation, quels sont les différents types d'inondation possibles, quels sont les paramètres associés à une inondation.

Une synthèse sur la réglementation française en vigueur concernant la prévention du risque inondation, et sa prise en compte au niveau des IC est réalisée au chapitre 3.

Le chapitre 4 a pour objet de présenter une analyse des incidents et accidents survenus dans le passé sur les installations industrielles, causés par une inondation.

Une méthode de prise en compte du risque inondation dans les études de dangers, et ainsi sur les sites industriels, est proposée au chapitre 5.

Le chapitre 6 donne une liste des mesures de prévention, de protection et d'intervention qui peuvent être mis en place sur les sites industriels (liste non exhaustive, à adapter au site industriel étudié).

2. LES INONDATIONS : DEFINITIONS ET MECANISMES

2.1 DEFINITIONS

Un cours d'eau s'écoule habituellement dans son **lit mineur**.

Le **lit majeur** est un espace occupé par un cours d'eau lors d'une inondation. Il peut être scindé en deux zones :

Le **débit** d'un cours d'eau en un point donné est la quantité d'eau (m^3) passant en ce point par seconde ; il s'exprime en m^3/s .

Une **crue** correspond à l'augmentation du débit d'un cours d'eau dépassant plusieurs fois le débit moyen. Elle se traduit par une augmentation de la hauteur d'eau.

Une **inondation** correspond au débordement des eaux hors du lit mineur à la suite d'une crue. C'est une submersion (rapide ou lente) d'une zone pouvant être habitée. Les eaux occupent alors le **lit majeur** du cours d'eau. Ce lit majeur peut être scindé en deux zones :

- une **zone d'écoulement**, au voisinage du lit mineur, où le courant a une forte vitesse ;
- une **zone de stockage des eaux**, où la vitesse est faible. Ce stockage est fondamental, car il permet le **laminage** de la crue, c'est-à-dire la réduction de la montée des eaux à l'aval.

Une inondation correspond à la submersion d'une zone par de l'eau d'origine autre que le réseau d'eau potable ou que les eaux d'assainissement dans le cadre d'un fonctionnement normal du réseau.

La provenance des eaux peut donc être :

- eaux de débordement d'un cours d'eau en crue, qui franchit les limites naturelles de son lit ou les protections élaborées par les hommes ;
- eaux en provenance du réseau d'assainissement, lui-même inondé par la montée des eaux d'une rivière en crue ;
- eaux de ruissellement sur les terrains avoisinant le site étudié ;
- eaux en provenance de la remontée de la nappe phréatique ;
- eaux issues de la rupture d'ouvrages ou d'embâcles (obstacles naturels).

2.2 LES TYPES D'INONDATIONS

Différents types d'inondations peuvent être observés.

2.2.1 Stagnation d'eaux pluviales

Certaines inondations sont dues à une capacité insuffisante d'infiltration, d'évacuation des sols ou du réseau d'eaux pluviales lors de pluies anormales. Les zones de stagnation des eaux de pluie (zones de dépression ou à pente très faible), en particulier en zone urbaine, est souvent le facteur déterminant des inondations des quartiers les plus bas. Lorsque ce type d'inondation intéresse des secteurs étendus, on parle d'inondation de plaine.

Ce type d'inondation n'est en général pas dangereux pour la vie humaine, mais peut engendrer des dégâts matériels parfois lourds.

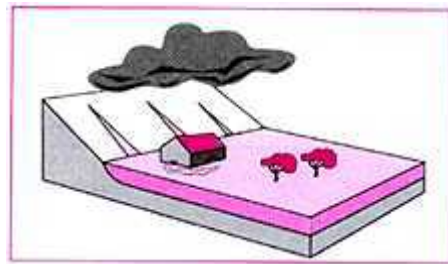


Figure 1 : Inondation par stagnation d'eau pluviales (source : MEDD)

2.2.2 Débordement de cours d'eau

Suite à des pluies violentes ou durables, l'augmentation du débit des cours d'eau peut être telle que ceux-ci peuvent gonfler au point de déborder de leur lit, pour envahir des zones généralement de faible altitude et de faible pente (cours aval des rivières).

Les dégâts peuvent être très élevés et surtout le risque de noyade existe (en particulier, lors de franchissements de gués lors de l'arrivée de l'onde de crue).

Les débordements peuvent être de deux types :

- Inondation par débordement direct ;
- Inondation par débordement indirect.

2.2.2.1 Inondation par débordement direct

C'est le cas le plus fréquent. Le cours d'eau sort de son lit mineur pour occuper son lit majeur par submersion de berge ou par contournement d'un système d'endiguement limité.

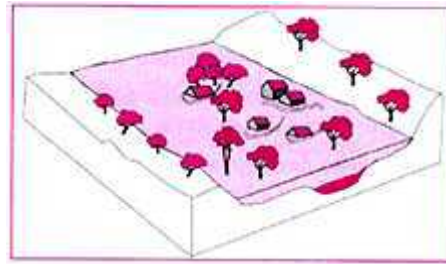


Figure 2 : Inondation par débordement direct (source : MEDD)

On distingue classiquement deux grandes sortes de phénomènes à l'origine des débordements directs :

- Les **crues océaniques** ou **crues de grande amplitude**, très amples et lentes, ont pour origine des précipitations abondantes réparties sur plusieurs jours ou semaines, qui gonflent les grands fleuves de plaine et leurs affluents pendant de longues périodes et provoquent un débordement lent. On parle alors d'inondations fluviales. Cependant, sur les petits affluents des grands fleuves ou dans les parties les plus en amont du cours, les montées d'eau sont susceptibles d'être plus rapides.
- Les **crues torrentielles**, rapides et violentes, quasi imprévisibles, caractéristiques des petits cours d'eau essentiellement de la façade méditerranéenne et en montagne, sont provoquées par des précipitations d'origine orageuse, localisées et intenses, réparties sur quelques heures ou une ou deux journées. Ce type d'inondation est décrit en détail au paragraphe 2.2.5.

Ces catégories sont très générales : les temps de propagation, les difficultés de prévision (et donc d'alerte), la violence des phénomènes ne sont pas toujours identiques pour chaque catégorie. Etre en climat océanique ne signifie pas forcément que les inondations menaçant la zone étudiée surviennent très lentement et sans violence. Il est donc important de chercher à apprécier les caractéristiques locales de la submersion le plus précisément possible.

2.2.2.2 Inondation par débordement indirect

Il peut se produire par remontée de l'eau dans les réseaux d'assainissement ou eaux pluviales, par remontée de nappes souterraines.



Figure 3 : Inondation par débordement indirect (source : MEDD)

Il s'agit de phénomènes difficiles à prévoir, surtout lorsqu'ils découlent du mauvais fonctionnement du réseau en période de crue : dysfonctionnement ou dimensionnement insuffisant des moyens de relevage des eaux usées vers la rivière de crue, absence ou fonctionnement défectueux des ouvrages empêchant l'intrusion des crues dans le réseau... Ils sont surtout connus lorsque le site les a subis par le passé.

2.2.3 Rupture d'ouvrages ou d'embâcles

Dans le cas des rivières endiguées, l'inondation survient brutalement soit par surverse (débordement au-dessus de la digue), soit par rupture de digue.

Une rupture d'endiguement peut provoquer l'entrée d'un mur d'eau de plusieurs mètres de haut, progressant à l'intérieur de la zone endiguée à une vitesse de l'ordre de 3 à 4 km/h, ce qui ne laisse généralement aucun délai d'intervention, sinon éventuellement pour évacuer in extremis la population.

Un embâcle consiste en **l'obstruction d'un cours d'eau** par la constitution d'une digue naturelle entraînant une retenue d'eau importante. La digue peut être constituée par des éléments solides arrachés à l'amont (arbres déracinés, voiture, glace...) et charriés par le cours d'eau ou provoquée par un glissement de terrain.

La lame déversante et l'affouillement (enlèvement localisé de la masse meuble à l'aval immédiat de l'obstacle sous l'effet du courant, des remous, du ressac) provoquent la rupture brutale de la digue, une augmentation brusque du courant, ainsi que la propagation d'une onde de crue destructrice, onde de crue d'autant plus importante que le volume de la retenue et la hauteur de la digue avant sa rupture étaient importants. L'eau peut alors emporter des voitures, des caravanes et, à plus forte raison, des piétons.

Une rupture d'embâcle peut se produire plusieurs jours après une période de pluies exceptionnelles ou l'apparition d'un mouvement de terrain.

2.2.4 Ruissellement en secteur urbain

En secteur urbain, des orages intenses (plusieurs centimètres de pluie par heure) peuvent occasionner un très fort ruissellement (peu d'infiltration à cause des terrains devenus imperméables car goudronnés), qui va saturer les capacités du réseau d'évacuation des eaux pluviales et conduire à des inondations aux points bas (exemple : Nîmes, 1988).

C'est un phénomène extrêmement localisé, intense, rapide et éphémère mais les eaux accumulées dans les points bas peuvent stagner plus longtemps.

Ce phénomène s'observe dans le cas de configurations particulières : versants à forte pente et/ou très imperméabilisés, petits cours d'eau très artificialisés, réseau d'assainissement sous-dimensionné et/ou topographie plane ou en cuvette, sol gelé...

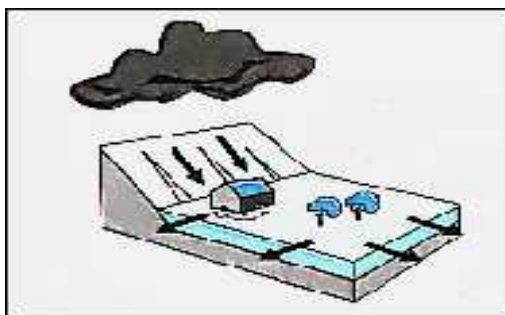


Figure 4 : Ruissellement en secteur urbain (source : MEDD)

2.2.5 Crues torrentielles

Lorsque des pluies abondantes et brutales se produisent dans le bassin versant d'un cours d'eau (qui n'est pas toujours un torrent), son débit augmente d'une façon importante. En raison de la forte pente, l'eau se charge en matériaux solides tels que sables et cailloux de tailles variées que le cours d'eau transporte vers l'aval.

Fréquemment, par suite de la forme du lit (rétrécissements dus à la présence d'ouvrages tels que ponts, buses..) ou par suite de la présence d'obstacles tels que des troncs d'arbres, ordures ménagères dans certains cas, le lit s'obstrue et le torrent déborde en causant des dégâts dans le voisinage, en détruisant les habitations et les installations occupant le lit majeur. La montée des eaux est rapide et brutale. Plus le relief sur lequel l'orage éclate est marqué, plus la concentration des eaux est foudroyante et importante, ce qui confère au cours d'eau la capacité de transporter toutes sortes de matériaux, rendant les torrents encore plus redoutables. On parle alors de **crues éclairs** qui constituent le risque humain le plus grand.

Les crues torrentielles sont donc des phénomènes à cinétique rapide qui se rencontrent dans les zones montagneuses, mais aussi sur des rivières alimentées par des pluies de grande intensité (pluies cévenoles ayant provoqué notamment le débordement de l'Ouvèze et l'inondation de Vaison-la-Romaine, Bedarrides...).

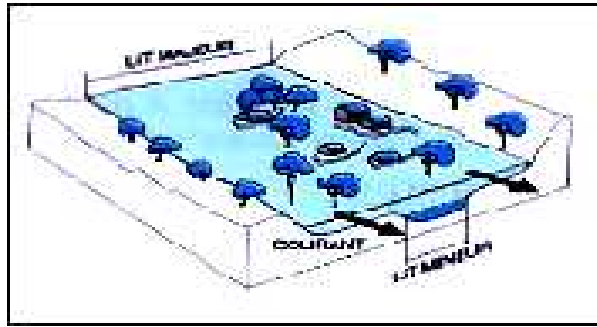


Figure 5 : Crue torrentielle (source : MEDD)

Dans certains cas, heureusement assez rares, il se forme une **lave torrentielle**. Celle-ci survient en général pendant des orages ou après de longues périodes de pluie, et lorsque le terrain comprend des matériaux meubles.

Il ne s'agit plus d'un simple transport liquide comme précédemment mais de l'écoulement d'une masse boueuse et rocailleuse considérable qui peut atteindre des vitesses allant de 1 à 10 m/s et avoir un très grand pouvoir abrasif.

Des écoulements de type lave torrentielle ont un pouvoir destructeur plus important qu'une crue torrentielle de débit équivalent, en raison, essentiellement, de la quantité des matériaux charriés ainsi que de la densité du fluide qui les transporte.

La lave torrentielle peut survenir le long d'une rivière lorsque :

- son bassin versant présente une partie sommitale vaste, dans des zones à fortes pentes,
- elle traverse des zones présentant un aléa mouvement de terrain affectant des formations géologiques particulières, peu cohérentes et présentant une quantité importante de matériaux fins.

Un cas particulier de lave torrentielle est celui des lahars, liés à une crise volcanique, qui correspondent à une mobilisation par les cours d'eaux, à partir des pentes supérieures du volcan, de matériel d'origine primaire (cendres, blocs) ou secondaire (matériel altéré).

2.2.6 Submersion des zones littorales ou lacustres

Les submersions marines sont des inondations temporaires de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques (forte dépression et vent de mer) et marégraphiques (marées de tempête, raz-de-marée) sévères provoquant des ondes de tempête. Elles envahissent en général des terrains situés en-dessous du niveau des plus hautes mers, mais aussi parfois au-dessus si des projections d'eaux marines franchissent des ouvrages de protection.

Les submersions sont dues :

- à la rupture ou à la destruction d'un cordon dunaire à la suite d'une érosion intensive, les eaux marines pouvant ainsi véhiculer d'importantes quantités de sédiments et créer des « épandages de tempête » ;
- au débordement ou à la rupture de digues ou d'ouvrages de protection, ou encore à leur franchissement exceptionnel par des « paquets de mer », ceci pouvant entraîner des projections de sable et de galets aux effets dommageables sur les fronts de mer urbanisés ;
- à des vagues de forte amplitude provoquées par des glissements sous-marins (en particulier sur la façade méditerranéenne).

Les submersions sont en principe de courte durée (de quelques heures à quelques dizaines d'heures, exceptionnellement quelques jours dans les marais maritimes comme aux Bas-Champs de Cayeux dans la Somme), en raison de leur origine. Elles se traduisent par l'invasion par des eaux salées particulièrement agressives.

Si à une surcôte due à ces submersions s'ajoute l'élévation du niveau de la mer, les conséquences peuvent être graves. En effet, on estime généralement que, depuis plus de 100 ans, l'élévation du niveau moyen des mers est d'environ 1,2 - 1,3, voire 1,5 mm/an. Cette élévation raccourcirait la période de retour des inondations catastrophiques de ce type.

2.3 LES PARAMETRES D'UNE INONDATION

2.3.1 Le débit

Le **débit** est un des paramètres caractéristiques d'une crue. C'est la quantité d'eau qui s'écoule en un point donné du cours d'eau. Il s'exprime en m^3/s .

Le débit d'un cours d'eau varie en fonction de la hauteur d'eau, de la surface transversale à une section donnée de ce cours d'eau et de la vitesse d'écoulement. Ainsi, l'augmentation de débit d'un cours d'eau entraîne celles de la vitesse d'écoulement d'eau et de la hauteur du plan d'eau au point considéré.

La courbe des débits en un point, en fonction du temps, est appelée **hydrogramme**.

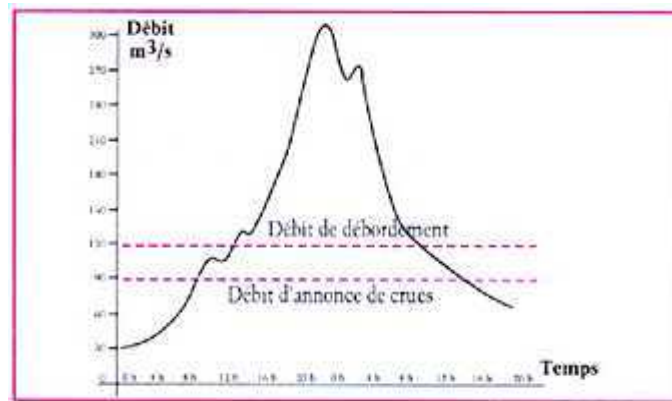


Figure 6 : Hydrogramme (source : MEDD)

2.3.2 La vitesse d'écoulement

La **vitesse d'écoulement** est mesurée, en un point donné, pour une inondation, au paroxysme du phénomène. Le courant peut atteindre des vitesses telles qu'il peut entraîner des objets d'une certaine taille, voire des personnes. Il augmente également le risque d'érosion des berges. En mettant en pression dynamique les constructions, il peut les fragiliser, les endommager ou les détruire.

2.3.3 La hauteur de submersion

La hauteur de submersion est mesurée, pour une crue donnée, lors du maximum de cette crue.

Elle est représentative des risques pour les personnes (noyades) et pour les biens, par endommagement direct (action de l'eau) ou indirect (par mise en pression statique).

La courbe des cotes (hauteurs d'eau) en fonction du temps est appelée **limnigramme**.

La **laisse** d'inondation est la trace laissée par le niveau des eaux les plus hautes : les dégradations sont fonction de la durée, de la hauteur de submersion et de la vitesse d'écoulement.

2.3.4 La durée de submersion

La durée de submersion représente la durée approximative pendant laquelle une surface donnée de terrain reste inondée.

Cette durée peut varier de quelques heures à plusieurs mois.

2.3.5 La fréquence et la période de retour

Grâce à l'analyse des **crues historiques** (dates, secteurs concernés, débits, laisses...), on procède à une classification des crues en fonction de leur **fréquence** (probabilité qu'un événement a d'apparaître chaque année ou nombre moyen d'événements similaires se produisant pendant une période donnée à un endroit donné).

A l'inverse, la **période de retour** est l'intervalle moyen de temps séparant des événements similaires (crues d'intensité comparable, en débits ou hauteurs, ou en couple débit-hauteur), lorsqu'on observe les événements à l'échelle de plusieurs siècles. Ainsi, **la crue centennale** est une crue de forte amplitude qui, chaque année, a une probabilité sur cent de se produire (crue dont le débit atteint le niveau A sur la Figure 7). La crue trentennale est une crue qui a une probabilité sur trente de se produire (crues dont le débit atteint le niveau B sur la Figure 7).

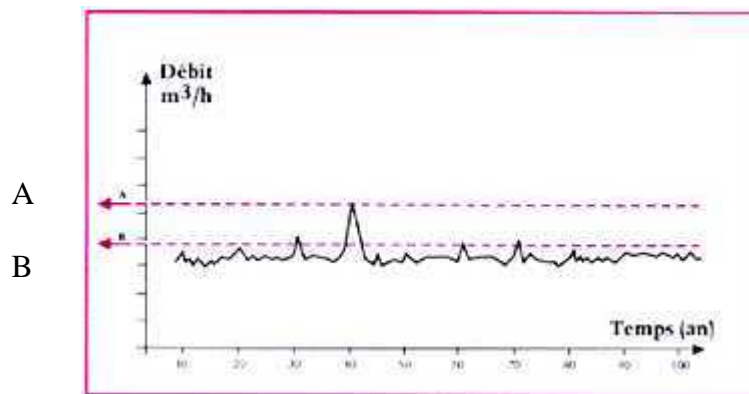


Figure 7 : Fréquence des crues (source : MEDD)

	Sur 1 an	Sur 30 ans (continus)	Sur 100 ans (continus)
Crue décennale (fréquente)	10 % ou 1 "chance" sur 10	96 % soit presque "sûrement" une fois	99,997 % soit "sûrement" une fois
Crue centennale (rare)	1 % ou 1 "chance" sur 100	26 % ou 1 "chance" sur 4	63 % ou 2 "chances" sur 3
Crue millennale (exceptionnelle)	0,1 % ou 1 "chance" sur 1000	3 % ou 1 "chance" sur 33	10 % ou 1 "chance" sur 10

Tableau 1 : Probabilité de voir une crue de fréquence donnée atteinte ou dépassée au moins une fois sur une période donnée (source : Guide méthodologique PPR Risques d'inondation [6])

Les valeurs données dans le tableau précédent expriment, en termes de "chances", le risque de dépasser au moins un fois une crue de période de retour T au cours d'un nombre d'années n :

$$R = 1 - (1 - (1/T))^n$$

2.3.6 Les facteurs aggravants

Le déroulement de l'inondation peut être perturbé par des phénomènes plus ou moins artificiels et souvent aléatoires, qui sont d'autant plus gênants qu'ils viendront aggraver l'aléa (défini au paragraphe 2.4), en augmentant les hauteurs et durée de submersion ou les vitesses. Lorsque c'est possible, il convient d'apprécier les circonstances particulières susceptibles d'aggraver les effets de la seule montée des eaux.

Les phénomènes évoqués ci-dessous sont des exemples de facteurs aggravants, et ne constituent pas une liste exhaustive. Il convient donc de s'interroger sur les particularités du site étudié et de son environnement pour évaluer la potentialité de tels phénomènes aggravants.

2.3.6.1 Défaillance des dispositifs de protection

Le rôle des dispositifs de protection (digues, déversoirs...) peut être limité, comme en ont témoigné les inondations dans le passé.

Leur comportement et leur efficacité sont fonction de leur mode de construction, de la qualité de leur gestion et de leur entretien, ainsi que de la crue de référence pour laquelle ils ont été dimensionnés.

La rupture ou la submersion d'une digue peut, dans certaines circonstances, exposer davantage la plaine alluviale aux inondations que si elle n'était pas protégée.

En particulier, le déferlement d'eau ajoute un phénomène aggravant sur une bande de terrain proche de l'ouvrage.

2.3.6.2 Le transport et dépôt de produits indésirables

L'inondation prend en charge puis abandonne sur son parcours des produits polluants, des matières toxiques ou des germes pathogènes. Ces produits sont particulièrement abondants en zones urbaines ou industrielles, et justifient des précautions particulières.

2.3.6.3 Phénomènes d'embâcles et de débâcles

Sur certaines rivières et/ou dans certaines configurations, il peut se produire des embâcles, c'est-à-dire des amoncellement de matériels (arbres déracinés, voitures emportées, glace...) au niveau d'un ouvrage ou d'un rétrécissement du cours d'eau, qui provoque momentanément une retenue d'eau à l'amont.

Comme signalé au paragraphe 2.2.3, lorsque ces embâcles cèdent (débâcle), la rupture provoque la décharge violente d'une grande quantité d'eau et de corps flottants. A l'aval, les

caractéristiques de l'inondation changent brutalement (accélération du courant, brusque montée des eaux, transport solide), et ceci de manière difficilement prévisible.

2.3.6.4 La surélévation de l'eau en amont des obstacles

Tout obstacle à l'écoulement (pont, remblai, mur) provoque une surélévation de l'eau en amont et sur les côtés, qui est d'autant plus grande que l'obstacle intercepte une section importante de l'écoulement.

2.4 L'ALEA

L'aléa pour une inondation peut être défini de la manière suivante :

- "L'aléa est initialement défini comme la probabilité d'occurrence d'un phénomène naturel. Toutefois, pour les PPR, on adopte une définition élargie qui intègre l'intensité des phénomènes (hauteurs et durées de submersion, vitesses d'écoulement) et qui permet de traiter plus facilement les événements difficilement probabilisables comme la plupart des crues torrentielles." (Guide méthodologique Plans de Prévention des risques naturels PPR, Risques d'inondation [6])
- "Le terme d'aléa s'applique au phénomène physique à l'origine du sinistre, ici l'inondation. Il se caractérise par plusieurs paramètres hydrauliques qui expliquent la capacité plus ou moins destructrice de l'inondation. Il se caractérise également par sa probabilité d'apparition appelée aussi période de retour." (Guide pour la conduite des diagnostics de vulnérabilité [3]).

Il est à noter que, dans le cadre de la mise en place des Plans de Prévention des Risques Technologiques (PPRT), la notion d'aléa naturel a été reprise et adaptée. La circulaire du 2 octobre 2003 relative aux mesures d'application introduites par la loi n°2003-699 en matière de prévention des risques technologiques dans les installations classées définit l'aléa de la sorte : "L'aléa est la probabilité qu'un phénomène accidentel produise en un point donné des effets d'une gravité potentielle donnée, au cours d'une période déterminée. L'aléa est donc l'expression, pour un type d'accident donné, du couple probabilité d'occurrence / gravité potentielle des effets".

Comme défini plus haut, l'aléa relatif à l'inondation pourra être défini en intensité par des paramètres hydrauliques et en probabilité d'occurrence par une période de retour. Cet aléa naturel pourra éventuellement, en tant qu'événement initiateur d'un accident technologique, entraîner un aléa technologique. Cet aléa technologique aura alors une gravité et une probabilité d'occurrence propres.

3. RISQUE INONDATION ET REGLEMENTATION

3.1 POLITIQUE DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS

La finalité première de la prévention des risques naturels est de réduire la vulnérabilité des personnes et des biens.

La mise en œuvre de la politique de prévention doit répondre à l'objectif de réduire ou de limiter l'impact des risques naturels en se développant principalement autour des points suivants :

- améliorer le développement et l'expression cartographique des connaissances des aléas naturels,
- favoriser l'information préventive et la formation à la culture du risque,
- maîtriser l'urbanisation et développer les aménagements de protection pour le bâti existant,
- assurer le suivi et, le cas échéant, la surveillance des phénomènes naturels afin de mieux les connaître, mais aussi d'informer et de donner l'alerte en cas de besoin,
- organiser les secours,
- assurer l'indemnisation et la reconstruction,
- mettre en place le retour d'expérience (élément capital dans l'amélioration de la prévention des risques).

3.2 PLAN DE PREVENTION DU RISQUE INONDATION (PPRI)

3.2.1 Champ d'application - Objectifs

La loi du 2 février 1995² (article L.562-1 du Code de l'Environnement) a créé les plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR), qui constituent aujourd'hui l'un des instruments essentiels pour la prévention des risques naturels en France.

Le PPR relève de la responsabilité de l'Etat.

Le PPR peut être mono-risque, notamment en présence d'un risque naturel plus préoccupant, ou au contraire multirisque, par exemple lorsque les phénomènes sont indissociables ou que les risques sont d'un même niveau de priorité.

² Loi n°95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement (Loi Barnier)

Son objet est de cartographier les zones soumises aux risques naturels et d'y définir les règles d'urbanisme, de construction et de gestion qui s'appliqueront au bâti existant et futur. Il permet également de définir des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde à prendre par les particuliers et les collectivités territoriales.

Le PPR est une servitude d'utilité publique annexée au Plan Local d'Urbanisme (PLU) de la commune. C'est la procédure spécifique à la prise en compte des risques naturels dans l'aménagement du territoire.

3.2.2 Elaboration du PPR

Le décret du 5 octobre 1995³ précise les modalités de mise en œuvre des PPR.

Pour accompagner l'élaboration des PPR, la Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction et la Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques ont réalisé une série de guides méthodologiques avec le concours de représentants des administrations, d'experts et de bureaux d'études. Ces guides comprennent un ouvrage général [4] et des ouvrages spécifiques par risque [5] [6] [7] [8] [9].

3.2.2.1 Prescription du PPR

Le point de départ de la procédure du PPR est l'arrêté de prescription pris par le Préfet.

Dans le cas où le périmètre d'application du PPR s'étendrait sur plusieurs départements, l'arrêté est pris conjointement par les Préfets intéressés et précise celui qui est chargé de conduire la procédure.

L'arrêté est notifié aux maires des communes concernées.

3.2.2.2 Consultations

Le PPR est soumis à un ensemble de consultations définies par l'article 7 du décret du 5 octobre 1995. Il est soumis à enquête publique et, dans tous les cas, à l'avis des conseils municipaux des communes dont le territoire est inclus dans le périmètre.

D'autres organismes sont consultés en fonction du contenu du projet (conseils généraux et régionaux, chambre d'agriculture, centre régional de la propriété forestière...).

Tous ces avis sont réputés favorables dans les 2 mois de leur saisine.

Les collectivités locales n'ont qu'un rôle consultatif.

³ Décret n°95-1089 du 5 octobre 1995 relatif aux plans de prévention des risques naturels prévisibles

3.2.2.3 Approbation et publication du PPR

A l'issue de ces consultations, le PPR, éventuellement modifié pour tenir compte des avis recueillis, est approuvé et notifié aux communes concernées par arrêté préfectoral.

Le PPR doit être affiché pendant un mois en mairie, publié dans deux journaux locaux ou régionaux et la population informée qu'elle peut venir le consulter. Il fait l'objet d'une mention au Recueil des actes administratifs de l'Etat.

3.2.2.4 Modification ou révision du PPR

Selon l'article 8 du décret n°95-1089, la modification du PPR est réalisée selon la même procédure et les mêmes conditions que son élaboration initiale. Mais elle peut être partielle, ce qui simplifie la procédure lorsque le PPR a été approuvé sur l'ensemble d'un bassin de risque. En effet, dans ce cas :

- les consultations administratives et l'enquête publique ne sont effectuées que dans les communes sur le territoire desquelles les modifications proposées seront applicables,
- le projet de modification est un document simplifié comprenant les 2 pièces suivantes : une note de synthèse présentant l'objet des modifications envisagées et un exemplaire du PPR tel qu'il serait après ces modifications.

3.2.3 Les différentes étapes pour la réalisation d'un PPRI

L'élaboration du PPRI se traduit par quatre étapes principales, après délimitation du périmètre d'étude, qui donnent lieu à la réalisation de plusieurs cartes techniques et d'une carte réglementaire :

- une carte informative des phénomènes naturels
C'est une carte descriptive des phénomènes d'inondation observés ou historiques, destinée à informer et sensibiliser les élus et la population.
- une carte des aléas
La carte des aléas correspond à une phase interprétative effectuée à partir d'une approche purement qualitative. Elle classe les aléas en plusieurs niveaux (fort, moyen, faible, négligeable), en tenant compte, si possible, à la fois de la nature des phénomènes, de leur probabilité d'occurrence et de leur intensité.
- une évaluation des enjeux
L'objectif est d'identifier et de qualifier les enjeux qui seront soumis à une inondation (crue de référence) : espaces urbanisés, champs d'expansion des crues,

équipements sensibles ou stratégiques, établissements industriels ou commerciaux, voies de circulation...

La carte des enjeux sert d'interface avec la carte des aléas pour délimiter le plan de zonage réglementaire.

- le plan de zonage du PPRI

Il est destiné à prévenir le risque inondation en réglementant l'occupation et l'utilisation des sols. Il délimite les zones dans lesquelles sont définies les interdictions, les prescriptions réglementaires ou les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde.

Les études engagées dans le cadre du PPRI seront menées en étroite liaison étroite avec l'ensemble des acteurs (services de l'Etat, représentants des collectivités territoriales...), dans un cadre spatial préalablement défini (bassin de risque et périmètre d'étude), et à partir de l'état actuel des connaissances (priorité aux études qualitatives).

3.2.3.1 *La délimitation du périmètre d'étude*

La première étape de l'élaboration d'un PPRI consiste à délimiter les espaces qui seront étudiés, cartographiés et réglementés. Le périmètre d'étude doit s'inscrire dans un espace géographique homogène : le bassin de risque.

Le bassin de risque correspond à une entité géographique cohérente au regard de critères topographiques, géologiques, morphologiques et hydrodynamiques, dont l'occupation conduit à exposer les hommes, les biens ou les activités aux aléas d'inondations.

Le PPRI s'inscrit dans une stratégie de prévention des inondations à l'échelle d'un bassin versant ou d'un tronçon important de vallée. Ce raisonnement conduit normalement à définir un périmètre d'étude pluri-communal pouvant parfois couvrir de vastes territoires.

3.2.3.2 *La conduite des études d'aléas*

Les études techniques mises en œuvre pour l'élaboration du PPRI s'appuient sur l'état des connaissances du moment. La priorité est accordée aux études qualitatives, c'est-à-dire des études dont les résultats, exprimés par des valeurs approchées ou par des mesures enregistrées au cours d'évènements historiques, sont uniquement issus de l'exploitation des données disponibles, de l'analyse en retour des évènements passés et des observations de terrain, sans recourir à de nouvelles études spécifiques.

- Collecte d'informations

La compréhension du fonctionnement des cours d'eau et de leurs zones inondables nécessite la collecte d'informations diverses, partagées en deux catégories :

- Données générales

Elles concernent notamment :

- la climatologie, en particulier les caractéristiques pluviométriques correspondant au bassin versant,
- les facteurs conditionnant le ruissellement (lithologie, pédologie, occupation des sols...),
- les caractéristiques géométriques principales du bassin versant : superficie totale et superficie des sous bassins, pentes, compacité,
- l'évolution subie par le bassin versant au cours de l'époque historique (les 100-200 dernières années) : défrichements, déprise agricole, reforestation, changement de culture ou de techniques culturales, urbanisation couvrant une part significative du bassin versant, grands ouvrages modifiant le régime des crues...

- Données hydrométéorologiques et hydrauliques

Il s'agit notamment :

- des études existantes à finalité hydrométéorologique et hydraulique portant sur le bassin versant,
- des réseaux de mesures, et plus précisément du positionnement et de la caractérisation des stations de mesures pluviométriques et débitométriques, des repères de crues (indication des Plus Hautes Eaux Connues PHEC et des crues correspondantes) et des laisses de crues récentes,
- des crues historiques connues : dates, débits et hauteurs d'eau, extension spatiale, dégâts enregistrés dans le secteur,
- des données quantitatives disponibles concernant la pluviométrie (en particulier les intensités pluviométriques maximales enregistrées dans le secteur), les mesures et calculs des débits des grandes crues, les mesures de hauteur d'eau effectuées sur les stations limnimétriques ou sur des repères de crue.

- Approche hydrogéomorphologique

Cette approche est fondée sur une approche naturaliste, destinée à mettre en évidence les différentes unités du relief, à reconstituer leur évolution morphologique et à examiner leur mode de fonctionnement vis-à-vis des écoulements superficiels et souterrains, en tenant compte à la fois de leurs spécificités topographiques, géologiques, morphologiques, et des modifications apportées par les implantations humaines.

Elle permet de délimiter, au sein des plaines alluviales, les zones qui sont exposées à des crues fréquentes, rares ou exceptionnelles et celles qui ne sont jamais submergées.

Il s'agit de repérer les aménagements tels que : digues, remblais, ouvrages d'art, seuils, barrages, épis, extraction de matériaux...

- Analyse des données historiques

Effectuée conjointement à l'approche hydrogéomorphologique, l'analyse des données historiques constitue une étape importante de la démarche et présente les intérêts suivants :

- Au plan technique
 - dresser un historique des évènements,
 - retrouver certaines caractéristiques des crues passées, en particulier la valeurs de leurs principaux paramètres physiques (maxima des hauteurs d'eau, des débits) et leur extension spatiale,
 - comprendre les conditions de la genèse et de la propagation des crues,
 - évaluer leurs conséquences dommageables vis à vis des personnes et des biens,
 - déterminer les fréquences des crues de référence, dans les cas favorables où l'on dispose de longues séries d'informations fiables,
- Au plan pédagogique
 - raviver la mémoire collective (épisodes pluvieux de grande intensité et répétitifs, inondations importantes),
 - justifier de manière objective les zonages d'aléas qui seront effectués.
- La carte informative

Cette carte constitue une synthèse de plusieurs types d'informations relatives aux évènements connus qui ont été jugés représentatifs des manifestations prévisibles de crues sur le secteur d'étude. Elle résulte de l'exploitation des données et peut superposer :

- les caractéristiques hydrogéomorphologiques du bassin versant,
- les informations qualitatives et quantitatives de la crue historique retenue : surfaces inondées, hauteurs d'eau, vitesses d'écoulement, durée de submersion, zones d'accélération (ruptures de digues)
- les conséquences physiques et humaines de cette crue : érosion des sols, atterrissement (amas de terres, de sables apportés par les eaux), dégâts, dommages, victimes...
- les principaux éléments structurants de l'espace (routes, voies ferrées, digues, ouvrages hydrauliques) ayant une incidence sur le régime ou le mode d'écoulement des crues, en précisant leur date de réalisation pour les restituer dans leur contexte historique.

- Cartographie des aléas

La circulaire du 24 janvier 1994⁴ précise que l'événement de référence à retenir pour le zonage est, conventionnellement "la plus forte crue connue, ou dans le cas où celle-ci serait plus faible qu'une crue de fréquence centennale, cette dernière".

Les niveaux d'aléas sont déterminés en fonction de l'intensité des paramètres physiques de l'inondation de référence, qui se traduisent en termes de dommages aux biens et de gravité pour les personnes. Ce sont essentiellement les hauteurs d'eau, les vitesses d'écoulement et les durées de submersion, ou dans certains cas la vitesse de montée de l'eau.

Des exemples de qualification de l'aléa sont données ci-après :

<i>Hauteur</i>	<i>Aléa</i>
H < 1 m	Moyen ou Faible
H ≥ 1 m	Fort

Tableau 2 : Qualification de l'aléa en fonction de la hauteur de submersion

<i>Hauteur</i>	<i>Vitesse</i>	<i>Faible</i> (stockage)	<i>Moyenne</i> (écoulement)	<i>Forte</i> (grand écoulement)
H < 0,5 m		Faible	Moyen	Fort
0,5 m < H < 1 m		Moyen	Moyen	Fort
H > 1 m		Fort	Fort	Très fort

Tableau 3 : Qualification de l'aléa en fonction de la hauteur de submersion et de la vitesse d'écoulement

Chaque zone d'aléa est cartographiée par un code de couleurs conventionnelles, dont l'intensité croissante caractérise le niveau d'aléa.

⁴ Circulaire du 24 janvier 1994 relative à la prévention des inondations et à la gestion des zones inondables

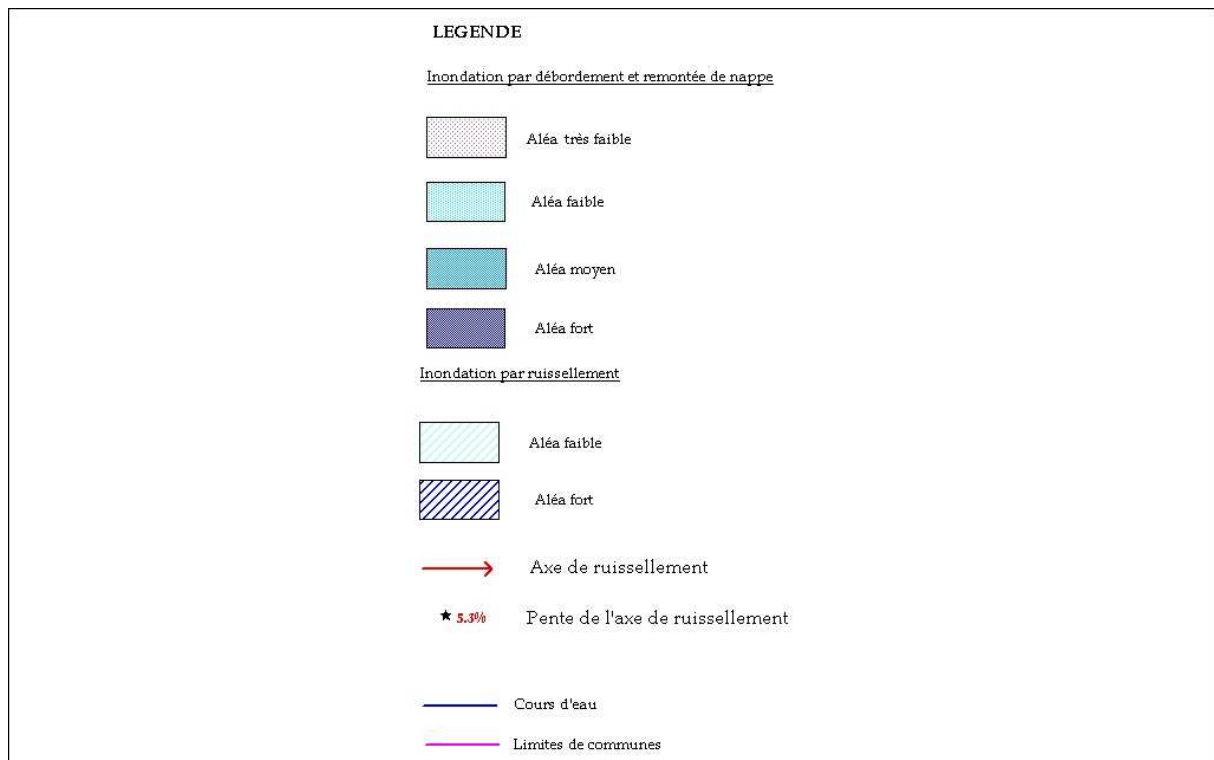
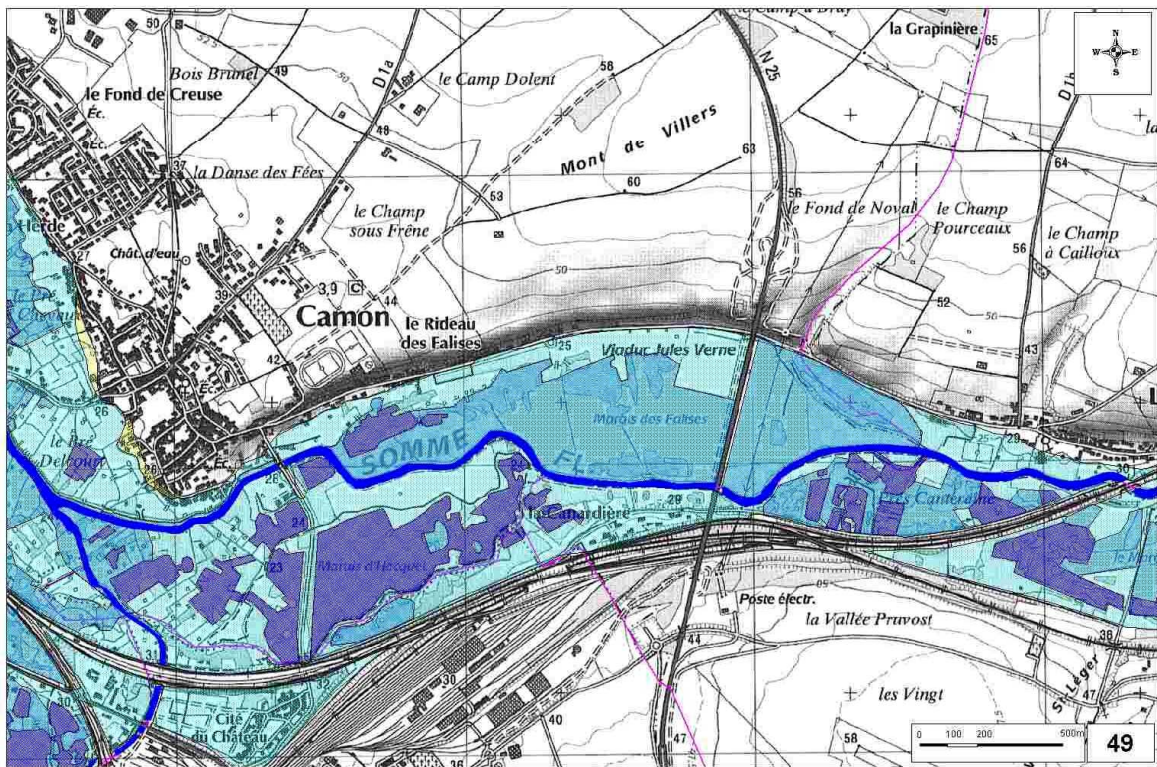
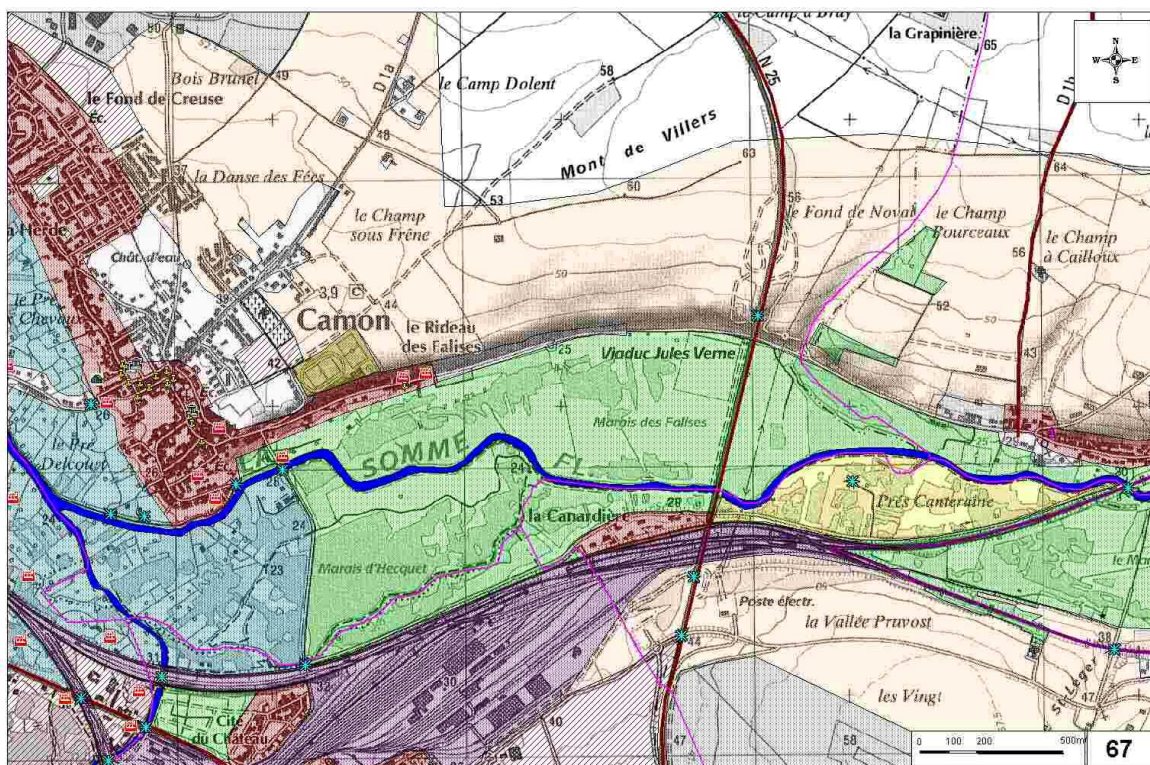


Figure 8 : Exemple de carte des aléas, commune de Camon (Somme)
(source : site internet de la Préfecture de la Somme)

3.2.3.3 L'évaluation des enjeux

Les enjeux à identifier et à qualifier sont les suivants :

- les espaces urbanisés,
- les champs d'expansion des crues,
- les établissements recevant du public (inondables ou hors eau susceptibles d'accueillir une population de sinistrés...),
- les équipements sensibles ou stratégiques : centres de secours, réseaux (téléphone, eau potable, électricité...),
- les établissements industriels et commerciaux,
- les voies de circulation susceptibles d'être coupées ou au contraire utilisables pour l'acheminement des secours ou l'évacuation,
- les zones qui pourraient offrir des possibilités d'aménagements...



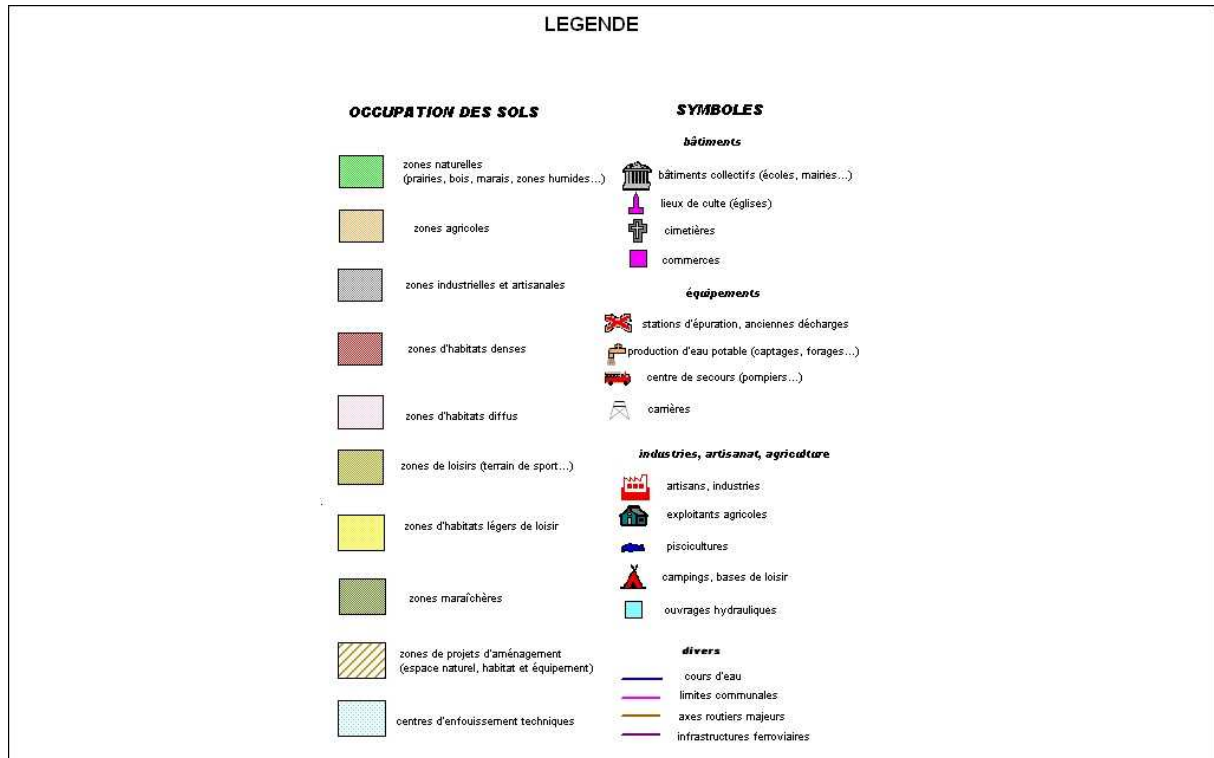


Figure 9 : Exemple de carte des enjeux, commune de Camon (Somme)
(source : site internet de la Préfecture de la Somme)

3.2.3.4 Zonage réglementaire et règlement

Le plan de zonage réglementaire délimite les zones dans lesquelles sont applicables des interdictions, des prescriptions réglementaires homogènes, et /ou des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde.

Ceci conduit à considérer, à titre d'exemple, deux types de zones ; les unes inconstructibles, dites "rouges", les autres constructibles sous conditions, dites "bleues". Mais d'autres représentations peuvent être possibles (voir Figure 10 suivante).

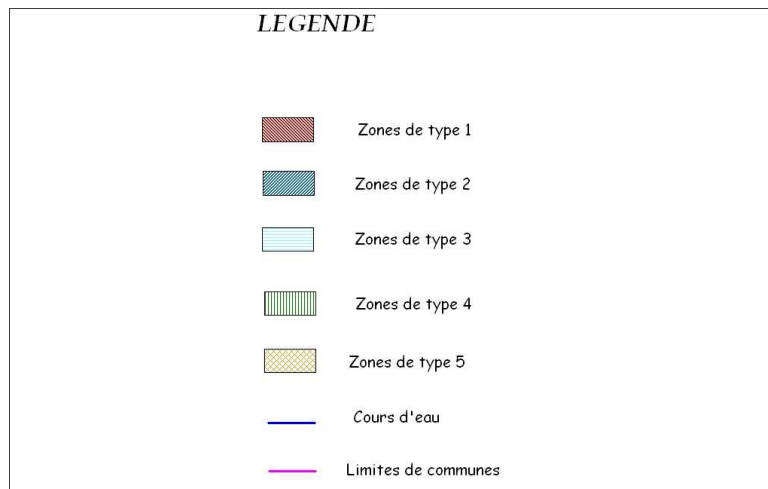
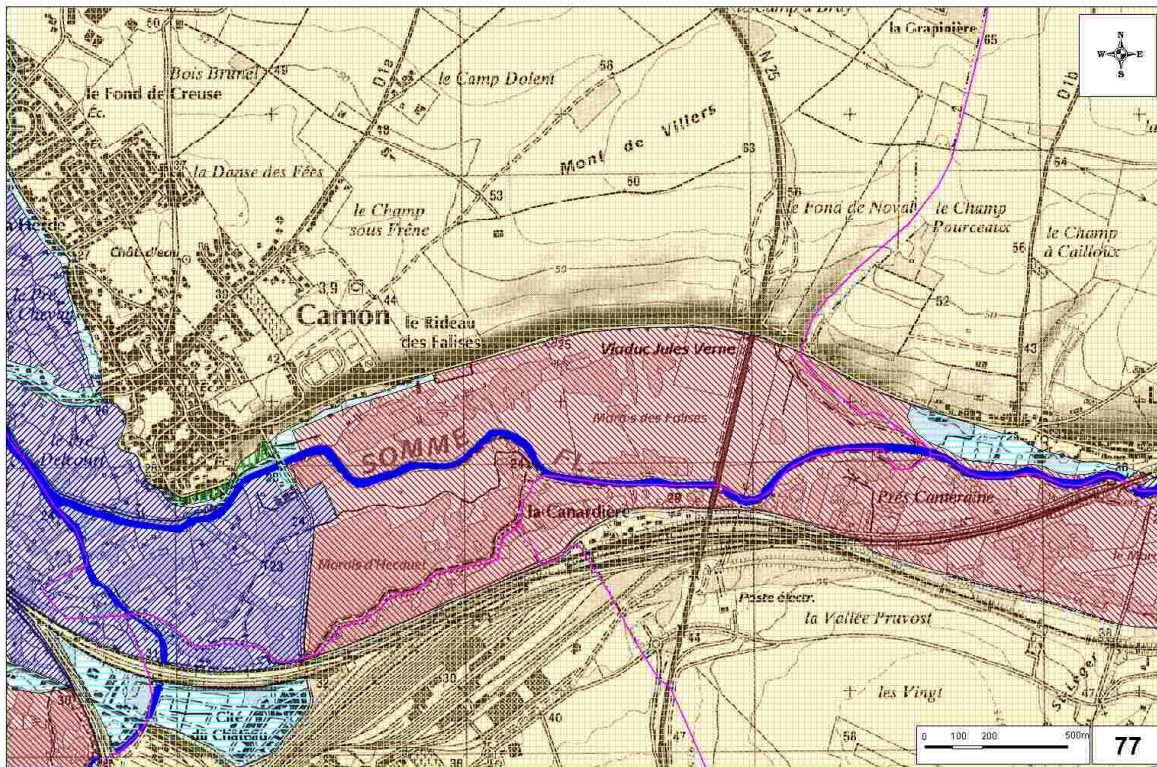


Figure 10 : Exemple de zonage réglementaire, commune de Canon (Somme)
(source : site internet de la Préfecture de la Somme)

Le règlement précise les mesures associées à chaque zone du document cartographique.

Le PPRI réglemente les projets d'installations nouvelles :

- avec un champ d'application étendu puisqu'il peut interdire ou soumettre à prescriptions tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle, pour leur réalisation, leur utilisation ou leur exploitation,

- avec des moyens d'action variés allant de prescriptions de toutes natures (règles d'urbanisme, de construction, d'exploitation...) jusqu'à l'interdiction totale.

Le PPRI peut également définir des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises par les collectivités publiques et par les particuliers.

Enfin, le PPRI peut agir sur l'existant, avec un champ d'application équivalent à celui ouvert pour les projets nouveaux. Toutefois, pour les biens régulièrement autorisés, on ne peut imposer que des "aménagement limités", dont le coût est inférieur à 10 % de la valeur vénale ou estimée de ces biens.

3.2.4 PPRI et installations industrielles

Les PPRI peuvent interdire ou soumettre à des prescriptions, non seulement les constructions et ouvrages, mais également les aménagements et les exploitations agricoles, industrielles, forestières, artisanales et commerciales.

Ces mesures d'interdiction ou de prescription s'appliquent dans les zones délimitées, c'est-à-dire non seulement aux zones fortement exposées à un risque, mais aussi à celles qui ne seraient pas directement exposées mais dont les constructions, les ouvrages, biens et activités pourraient aggraver ou provoquer de nouveaux risques.

Les autorités disposent donc ici d'un véritable outil permettant d'imposer aux industriels de prendre des mesures afin de limiter les conséquences d'un phénomène naturel. Certains départements ont déjà fait cette démarche (par exemples : PPRI des communes d'Iton et Beaumont-le-Roger dans l'Eure, PPRI de la Vallée de la Seine et de l'Oise dans le département des Yvelines...).

3.3 LA PREVISION DES CRUES

La prévision des crues s'articule autour des deux entités suivantes :

- le Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévision des Inondations (SCHAPI),
- les Services de Prévision des Crues (SPC).

3.3.1 Le SCHAPI

Face à la menace des inondations brutales en France, le SCHAPI (Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévision des Inondations) a été créé en juin 2003.

Rattaché à la Direction de l'Eau du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, le SCHAPI est implanté à Toulouse pour favoriser les synergies avec Météo France et les équipes scientifiques qui y sont rassemblées.

Il réunit des experts en météorologie et en hydrologie.

Ses principales missions consistent en :

- l'appui aux services de prévision des crues

Le SCHAPI assure, sur l'ensemble du territoire national, une mission d'animation, d'assistance, de conseil et de formation auprès des services intervenant dans le domaine de la prévision des crues et de l'hydrologie.

- une veille 24 h / 24 pour les crues rapides

Cette mission de veille hydrométéorologique est exercée, en période de crue, 24 h sur 24, en appui aux services de prévision, pour notamment les bassins versants sujets à des crues torrentielles.

Le service tient informé la Direction de l'Eau et les Directions Régionales de l'Environnement concernées de l'évolution de la situation hydrométéorologique.

- l'information des services et du public

Le SCHAPI contribue aux actions de communication sur les événements hydrologiques en cours, en privilégiant une vision globale et synthétique en complément des services de prévision des crues.

A cette fin, il publie, en liaison avec les services de prévision des crues une carte de vigilance "inondation".

Cette carte (disponible sur Internet) délimite une échelle de risque sur les cours d'eau faisant l'objet de prévision des crues et comprend, suivant un code de couleurs, une représentation du réseau hydrographique, qui est complété par un commentaire sur les évolutions de la situation.

Le SCHAPI est d'astreinte tous les jours de l'année pour publier cette carte de vigilance "inondation". Sa "mise en vigilance" est effectuée selon des critères provenant de la carte de vigilance météorologique (couleur orange sur les secteurs surveillés) et des mesures de niveaux d'eau.

Il peut ainsi alerter les services d'événements hydrométéorologiques qui menacent leur territoire.

En période de crise, la carte est actualisée plusieurs fois par jour.

- la coordination scientifique et technique

Le service assure au plan national la coordination scientifique et technique du domaine de la prévision des crues en liaison avec des organismes scientifiques et techniques de l'Etat.

Il définit notamment avec Météo France la consistance des données, des outils, des procédures, des produits et des méthodes de nature météorologique nécessaires à ses missions et à celles des services de prévision des crues et des Directions Régionales de l'Environnement.

3.3.2 Les SPC

Le dispositif d'annonce des crues de l'Etat est en cours de réorganisation.

L'objectif est le passage de l'annonce des crues à la prévision des crues, grâce à la mise en place de services de prévision des crues (SPC) en nombre réduit, aux compétences renforcées, disposant d'une taille critique suffisante pour acquérir le niveau d'expertise requis et dont les territoires d'intervention répondent à la logique de bassin versant.

22 services de prévision des crues (SPC) remplaceront d'ici fin 2005 les 52 services d'annonce des crues (SAC) qui existent déjà. Ces services seront rattachés à 12 Directions Départementales de l'Environnement (DDE), 7 Directions Régionales de l'Environnement (DIREN), 2 Services de la Navigation (SN) et une Direction Interrégionale de Météo France.

3.4 LA REGLEMENTATION IC ET LE RISQUE INONDATION

L'analyse des textes réglementaires relatifs aux IC met en évidence plusieurs textes, qui, de par leur contenu, indiquent que les agressions externes, donc entre autres les risques naturels (ici l'inondation), doivent être traités dans les études de dangers. Il s'agit notamment du décret du 21 septembre 1977⁵, de la circulaire du 10 mai 2000⁶, de la loi du 30 juillet 2003. Il est toutefois important de souligner que ces textes restent très généraux et ne proposent pas de démarche pour traiter cet aspect.

Plus spécifiquement, dans le programme pluriannuel de modernisation de l'inspection des installations classées en DRIRE et le programme d'actions nationales 2004 édicté par le MEDD (février 2004), il est demandé que les études de dangers remises au titre de l'arrêté ministériel du 10 mai 2000 comprennent les éléments d'appréciation des mesures de protection des installations contre la crue centennale, notamment pour les sites soumis à autorisation avec servitudes (AS) situés dans les zones de fort aléa.

On notera également que seuls le risque sismique et le risque foudre font l'objet de textes réglementaires particuliers destinés spécifiquement aux IC.

⁵ Décret n°77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour l'application de la loi n°76-663 du 19 juillet 1976 relative aux Installations Classées pour le Protection de l'Environnement, et ses décrets de modifications

⁶ Circulaire du 10 mai 2000 relative à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses dans certaines catégories d'installations classées pour le protection de l'environnement soumises à autorisation (application de la directive Seveso II)

De plus, pour les installations nucléaires, il existe des Règles Fondamentales de Sécurité (RFS). Pour l'inondation, ces RFS définissent une cote majorée de sécurité (CMS) s'appuyant partiellement sur une approche probabiliste ; cette CMS doit être prise en compte pour la conception de chaque installation nucléaire. La façon de déterminer cette cote varie en fonction du site considéré (fluvial, en bord de mer, en estuaire). Il est donc prévu de protéger les centrales nucléaires contre les inondations considérées comme plausibles, par un calage correct du niveau de la plate-forme.

4. RETOUR D'EXPERIENCE

Une synthèse des incidents et accidents, causés par une inondation, survenus dans le passé sur les installations industrielles a été réalisée [10].

Cette analyse et les enseignements qu'il est possible d'en tirer permettent de juger de la vraisemblance de certains scénarios majeurs causés par l'inondation. Cela fournit également des renseignements précieux quant aux causes récurrentes, au déroulement des accidents, à l'importance de leurs conséquences et aux performances de certaines barrières de sécurité.

4.1 ACCIDENTS SURVENUS SUR DES INSTALLATIONS INDUSTRIELLES, AYANT POUR ORIGINE UNE INONDATION

Le retour d'expérience (source base ARIA du BARPI, Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles, site internet www.aria.environnement.gouv.fr) montre que les accidents ayant pour origine une agression d'origine naturelle représentent 7,5 % des accidents entre 1992 et 2003, et 9,3 % des accidents en 2003. Il est à noter que la répartition des causes est donnée en pourcentage du nombre d'accidents français pour lesquels la cause est connue (658 accidents, soit 33 % des événements répertoriés en 2003 et 6 799 accidents, soit 39 % des accidents enregistrés de 1992 à 2003). Plusieurs causes peuvent être à l'origine d'un même événement.

En annexe B, le lecteur trouvera :

- le résumé des 34 cas d'incidents ou d'accidents recensés suite à une interrogation de la base ARIA du BARPI, lancée en juillet 2001,
- une liste d'accidents (dont certains sont déjà répertoriés par le BARPI) survenus suite à une inondation. Les accidents sont présentés selon le type de dommages générés par l'inondation, à savoir :
 - une pollution des eaux et / ou du sol,
 - un incendie,
 - des dommages aux installations,
 - des ruptures de canalisations,
 - des dommages indirects du type chômage technique.

Certains accidents témoignent également de l'efficacité de certaines mesures mises en place :

- pour diminuer l'occurrence et / ou les conséquences d'inondations,
- suite à des inondations précédentes.

A l'examen des accidents recensés, nous pouvons remarquer que les conséquences des inondations sur les sites industriels sont de deux grands types :

- Les conséquences directes, qui correspondent aux :
 - dommages aux bâtiments,
 - dommages aux installations (réservoirs, canalisations...),
 - dommages aux équipements électriques (moteurs, transformateurs, câbles, armoires...), aux équipements thermiques (fours, chaudières...), aux compresseurs, pompes et moteurs à combustion, aux équipements mécaniques,
 - dommages aux stocks de matières premières et de produits finis.
- Les conséquences indirectes, qui correspondent aux :
 - pertes d'exploitation,
 - chômage technique (une des premières conséquences des inondations affectant les sites industriels).

L'accidentologie a permis également de mettre en lumière certaines actions entreprises pour éviter l'inondation d'un site ou limiter ses conséquences.

Ainsi, les mesures suivantes sont possibles, suivant le site étudié :

- installer des digues, des levées qui constituent des barrières de protection contre le flux d'eau autour du site à protéger. Néanmoins, la construction de tels ouvrages est régie par une réglementation relativement contraignante afin d'éviter de déplacer le risque inondation vers d'autres sites (industriels, habitations),
- construire des murets de protection autour des équipements les plus importants (à risque, vitaux pour le fonctionnement du site), les plus sensibles à l'eau,
- assurer l'ancrage des réservoirs,
- déplacer les stocks et équipements critiques hors de la zone inondable, lorsque cela est possible,
- rehausser certains équipements au-dessus de la ligne d'eau maximale probable,
- réaliser un endiguement général provisoire autour du site,
- assurer les coupures d'alimentation en gaz et électricité.

Pour limiter les conséquences d'une inondation, le plan d'urgence peut être déclenché afin de mettre les installations en sécurité et d'interrompre toute activité.

4.2 BILAN DE L'IMPACT DES INONDATIONS DU SUD-EST (SEPTEMBRE 2002) SUR LES ACTIVITES PRESENTANT UN RISQUE TECHNOLOGIQUE

Du 8 au 9 septembre 2002, des précipitations exceptionnelles se sont abattues sur le département du Gard et dans une moindre mesure, sur ceux de l'Hérault, de la Drôme, du Vaucluse et des Bouches-du-Rhône.

Outre l'importance des hauteurs cumulées, c'est la surface couverte par les pluies diluviennes qui a transformé cet épisode orageux en de terribles inondations sur 85 % du territoire gardois et une partie des zones limitrophes.

Le bilan humain est élevé, les dommages matériels sont importants. De nombreux particuliers, collectivités ou entreprises ont été profondément touchés.

Le retour d'expérience de ces événements a été réalisé, pour mieux comprendre l'impact possible du risque inondation sur les activités présentant un risque technologique [11]. Ainsi, les installations industrielles et le transport de matières dangereuses ont fait l'objet d'une analyse.

Les points à noter issus de ce retour d'expérience sont les suivants :

- En majorité, les industriels n'avaient pas connaissance de l'existence ou non d'un PPRI sur leur secteur.
- Le risque inondation était traité en général dans l'étude de danger pour les IC (autorisation et autorisation avec servitudes).
- Quelques rares mesures de prévention avaient été mises en place par les entreprises, surtout celles qui avaient déjà vécu une ou plusieurs inondations dans le passé.
- Concernant les dégâts matériels, les entreprises ont été plus ou moins touchées, suivant leur situation géographique.
- Les entreprises ont subi d'importantes pertes financières. L'ampleur est très différente selon les industriels. Pour les entreprises peu touchées, les pertes sont souvent liées à l'arrêt de l'activité ou de la production, plus qu'à la perte de matériel. Certaines entreprises ont perdu de la clientèle.
- Il n'y a pas eu d'accident industriel majeur suite aux inondations. Mais de nombreux incidents ont été observés, qui auraient pu conduire parfois à un accident majeur.
- Les entreprises ont été informées par les médias, comme tous les autres riverains des zones touchées. Il n'y a pas eu d'alerte particulière pour les installations industrielles à risques.
- De façon générale, devant l'importance du phénomène, les sites industriels ont mis en sécurité leurs installations, la production a été soit réduite, soit arrêtée.
- Les inondations ont entraîné des coupures de réseaux sur les sites (manque d'eau, plus de moyen de communication avec l'extérieur, perte d'électricité...). Des problèmes d'accès aux sites se sont également posés.

- Les plus petites structures sont restées fermées pendant une longue période (personnel en chômage technique). Après les inondations, la production, ainsi que l'approvisionnement en matières premières, ont été ajustés. Le retour à la normale s'est fait progressivement, et le retard a été rattrapé (pour les sites de taille plus importante).
- Une aide extérieure a été nécessaire pour les opérations de nettoyage et la remise en état des sites les plus touchés.
- Les entreprises ont apporté des aides diverses à leurs employés sinistrés (notamment pour les grandes entreprises), et aux sinistrés extérieurs aux sites (autres entreprises ou particuliers).
- Il n'y a pas eu d'incident significatif, relatif au transport de matières dangereuses, ce qui peut s'expliquer par le fait que les fortes précipitations ont eu lieu dans la nuit de dimanche à lundi, période pendant laquelle peu de poids-lourds sont en circulation.
- Une solution alternative de transport a été adoptée pour l'approvisionnement d'un site (transport des matières dangereuses par la route à la place du fer). Les autorités ont été informées de ce changement, mais il a été constaté qu'aucune étude préalable des risques engendrés par la solution alternative n'a été réalisée.
- Suite à ces inondations, des travaux d'aménagements et des réflexions seront à mener de la part des collectivités locales et des entreprises.

4.3 CONCLUSION

Les accidents témoignent du fait que le fonctionnement des installations industrielles peut être mis en défaut par l'inondation. Et selon la violence du phénomène et les installations touchées, des accidents majeurs (incendie, explosion, nuage toxique, pollution environnementale) peuvent même être générés.

Ce retour d'expérience montre que le risque inondation doit être pris en compte sur les installations industrielles, comme une cause potentielle d'accident majeur.

5. METHODE DE PRISE EN COMPTE DU RISQUE INONDATION DANS LES ETUDES DE DANGERS

5.1 DEMARCHE GENERALE

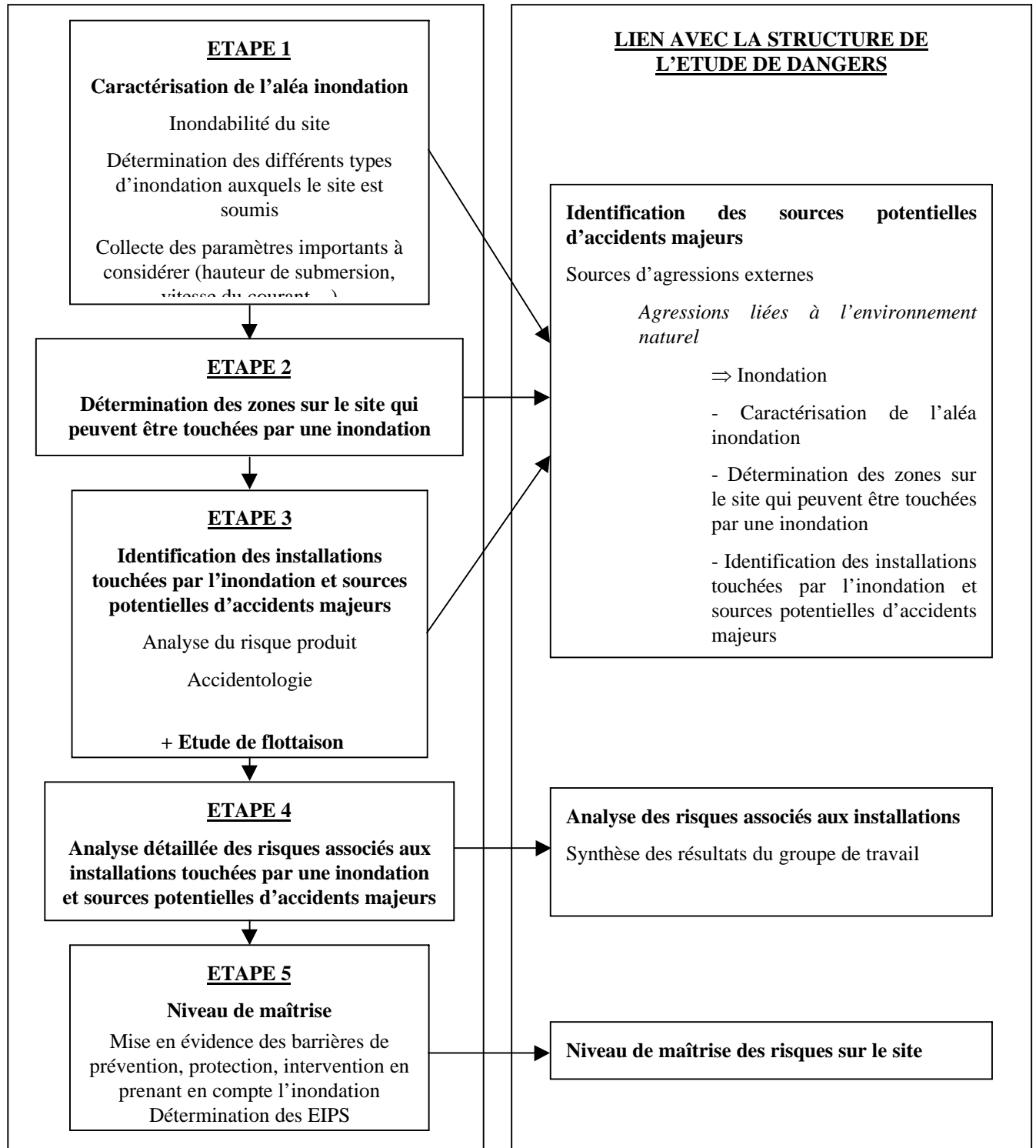


Figure 11 : Démarche générale de prise en compte du risque inondation dans une étude de dangers

5.2 DESCRIPTION DETAILLEE DES DIFFERENTES ETAPES

5.2.1 Etape 1 : Caractérisation de l'aléa inondation

Il s'agit dans un premier temps de caractériser le risque inondation et de savoir si le site industriel peut être inondé ou non. Dans l'affirmative, il faut donc fixer un ou plusieurs scénarios d'inondation de référence, et en recueillir les paramètres principaux.

Il n'existe pas de référence unique (comme peut l'être le zonage sismique en France) pour le risque inondation. Pour ce faire, l'industriel pourra trouver des informations sur les inondations de son secteur en se reportant aux documents ou aux organismes tels que :

- les plans de prévention du risque inondation (PPRI approuvé, les documents les plus intéressants pour un industriel étant la carte d'aléas et le règlement), les atlas des zones inondables, les Dossiers Départementaux des Risques Majeurs (DDRM), les Dossiers Communaux Synthétiques (DCS), disponibles auprès des communes, des DIREN, des DDE et/ou des Préfectures de la zone considérée (ces informations peuvent être en ligne sur les sites Internet de ces différents organismes),
- le site Internet du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable www.environnement.gouv.fr,
- le site Internet www.prim.net (site sur la prévention des risques majeurs),
- les études particulières réalisées à l'occasion de la révision d'un PLU ou de l'aménagement d'une zone d'activité, disponibles dans les communes (voir également les informations en ligne sur les sites Internet des communes),

Les paramètres qui peuvent être importants à considérer sont les suivants :

- Hauteur de submersion
Elle correspond à la hauteur d'eau que peut atteindre la crue de référence sur le site.
C'est le paramètre le plus fréquemment utilisé et le plus aisé à obtenir pour apprécier les dommages potentiels.
Si la cote de référence n'est pas située au droit du site (cas fréquent), il faudra envisager un report topographique pour l'exploiter localement (tenir compte de la topographie du terrain séparant le point de référence du site industriel, et de la topographie du site industriel lui-même).
- Vitesse de courant
La force de courant a également un caractère destructeur par sa capacité d'arrachage et de transport des objets.
Elle est souvent difficile à déterminer de façon fiable.
- Durée de submersion
Elle dépend avant tout de la nature de la crue mais également de la configuration du site.

- Vitesse de montée des eaux

Elle correspond à la durée nécessaire à la crue pour atteindre son maximum.

Elle conditionne la capacité à pouvoir ou non prendre des mesures efficaces pour réduire les dommages.

- Période de survenue des crues

Elle peut être importante pour les entreprises qui ont une activité à caractère saisonnier.

La vulnérabilité de l'entreprise peut être renforcée si les crues coïncident avec la période de forte activité ou lorsque l'entreprise entrepose des produits sensibles au risque inondation.

L'objectif est de collecter les valeurs de ces différents paramètres et de les présenter dans l'étude de dangers.

Par ailleurs, le site étudié peut être soumis à différents types d'inondation, qu'il faut identifier :

- débordement direct d'un cours d'eau,
- débordement indirect par remontée de nappe ou remontée d'eau par les différents réseaux d'assainissement,
- ruissellement,
- rupture d'ouvrage de protection,
- submersion de zone littorale,
- possibilité de phénomènes d'embâcles et de débâcles.

L'objectif est de ne pas se limiter qu'à l'inondation la plus courante de débordement d'un cours d'eau, et donc de ne pas occulter les autres types possibles d'inondation pour les entreprises sensibles qui peuvent manifestement y être exposées du fait de leur situation.

L'analyse de toutes ces données précédemment décrites permet de savoir :

- si le site industriel peut être inondé ou non, et si une analyse du risque inondation plus détaillée doit être menée,
- quelles sont les différents scénarios d'inondation de référence à considérer, pour chacun des types d'inondation auxquels le site peut être soumis, et ceci en accord avec les informations disponibles et approuvées (PPRI, atlas des zones inondables...) au niveau des services déconcentrés de l'Etat (communes, DIREN, DDE, Préfectures...).

En fait, il n'est pas nécessaire de poursuivre l'analyse (c'est-à-dire les étapes 2, 3, 4 et 5 ci-après) si, à partir des données recueillies, le site ne peut pas être soumis à une inondation.

5.2.2 Etape 2 : Détermination des zones sur le site qui peuvent être touchées par une inondation

L'objectif de cette étape est de déterminer sur le site étudié les zones qui pourraient être touchées par une inondation, à partir :

- des informations recueillies sur la connaissance du risque inondation lors de l'étape 1 (définition d'un ou de plusieurs scénarios d'inondation de référence),
- de la topographie du terrain sur lequel est implanté le site industriel,
- de l'implantation des bâtiments et des installations sur ce terrain (plan de masse du site).

L'industriel pourra, dans l'étude de dangers, faire une cartographie des zones potentiellement inondées sur son site, et ceci pour plusieurs niveaux d'eau, et pour tous les types d'inondation rencontrés.

Les figures suivantes sont un exemple simplifié de représentation :

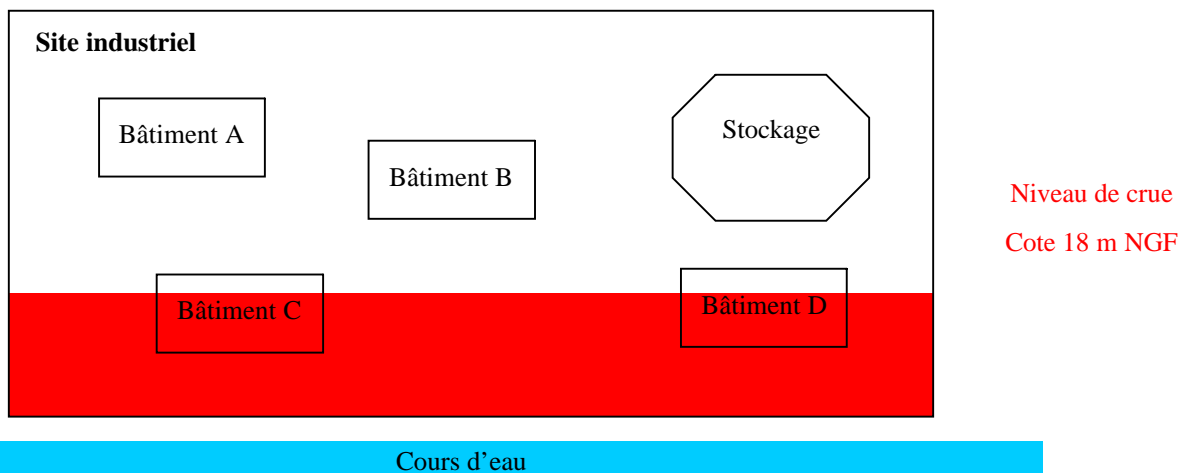


Figure 12 : Cartographie des zones inondées sur le site étudié, pour un niveau de crue de 18 m NGF

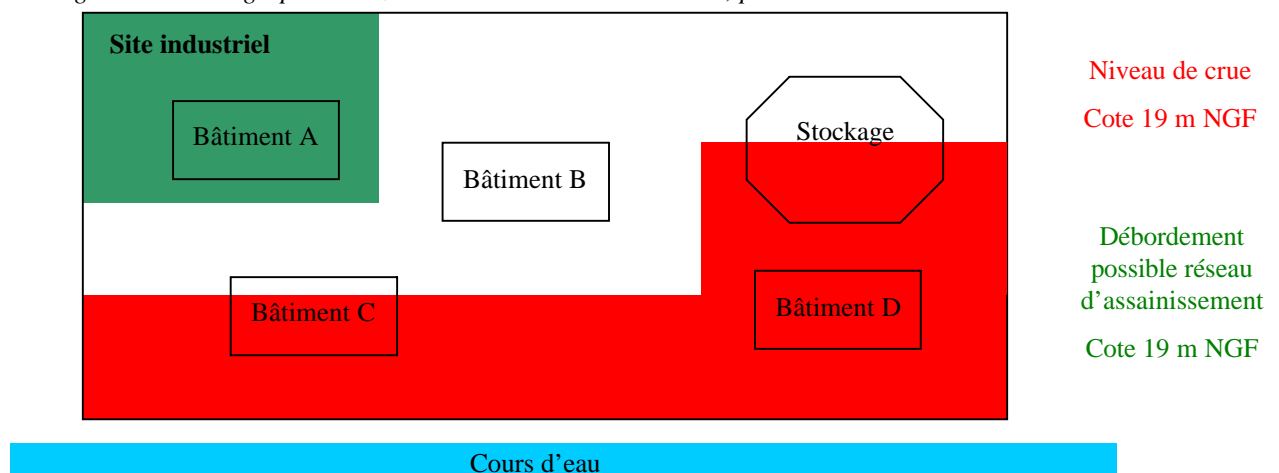


Figure 13 : Cartographie des zones inondées sur le site étudié, pour un niveau de crue de 19 m NGF, avec débordement possible du réseau d'assainissement

5.2.3 Etape 3 : Identification des installations touchées par une inondation et sources potentielles d'accidents majeurs

Une fois déterminées les zones qui pourraient être touchées par une inondation sur le site, l'objectif de cette étape 3 est d'identifier les installations comprises dans ces zones, pour lesquelles l'inondation pourrait être une cause potentielle d'accidents majeurs.

Pour identifier ces installations, il est possible de s'appuyer notamment sur :

- l'analyse des dangers liés aux produits,
- l'analyse des dangers liés aux équipements,
- l'accidentologie (retour d'expérience des inondations déjà vécues sur le site, ou sur d'autres sites similaires),
- une étude de flottaison de réservoirs.

5.2.3.1 Risque produit

De façon générale, dans une étude de dangers, il convient de recenser les substances et préparations dangereuses présentes sur le site, et évaluer les dangers présentés par ces produits, et les incompatibilités des produits entre eux.

Dans le cadre de l'analyse du risque présenté par une inondation, l'intérêt se portera plus particulièrement sur les produits présents dans les installations susceptibles d'être touchées par une inondation et l'incompatibilité de ces produits avec l'eau.

5.2.3.2 Accidentologie

L'industriel s'attachera à recenser les crues connues qui ont touché le site, les accidents ou événements indésirables survenus suite aux inondations recensées et les enseignements qui en ont été tirés.

5.2.3.3 Etude de flottaison

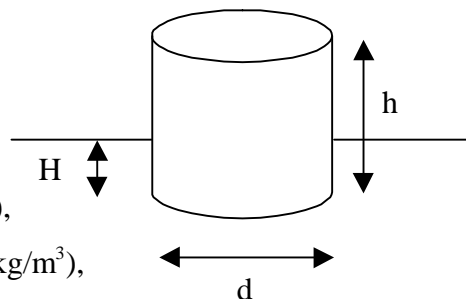
L'un des risques lors d'une inondation est la flottaison. Il concerne les fûts, les réservoirs (aériens ou enterrés), les matériaux divers... qui se mettront à flotter et dériver en raison de la présence d'eau.

Il peut être intéressant pour un site industriel et dans le cadre de l'étude de dangers d'étudier la flottaison des réservoirs de grande capacité, contenant des produits dangereux.

Pour caractériser la flottaison, on utilise le principe de la Poussée d'Archimède.

Prenons, à titre d'exemple, le cas d'un réservoir cylindrique posé au sol. Soient :

- H : hauteur d'eau (en m),
- h : hauteur du réservoir (en m),
- d : diamètre du réservoir (en m),
- m : masse du réservoir (contenant + contenu) (en kg),
- γ : masse volumique du liquide dans le réservoir (en kg/m^3),
- g : accélération de la pesanteur ($9,81 \text{ m/s}^2$).



Si on applique le principe de la Poussée d'Archimède, on a une force verticale, dirigée vers le haut : $F = \gamma V$, V étant le volume immergé.

$$V = H.\pi.(d/2)^2, \text{ d'où } F = \gamma. H.\pi.(d/2)^2$$

Le poids du réservoir est : $P = mg$.

Si $P > F$, le réservoir ne flotte pas et reste posé sur le sol.

Si $P \leq F$, le réservoir flotte.

Ainsi, suivant les cas à traiter, on peut être amené à déterminer :

- pour quelle hauteur d'eau le réservoir se met à flotter,
- si, pour une hauteur d'eau donnée, le réservoir se met à flotter,
- quel est le niveau de remplissage minimum du réservoir pour que le réservoir ne se soulève pas (à une hauteur d'eau donnée).

5.2.4 Etape 4 : Analyse détaillée des risques associés aux installations touchées par une inondation et sources potentielles d'accidents majeurs

Dans le cadre de l'étude de dangers, des analyses de risques, réalisées en groupe de travail à l'aide d'un outil systématique, permettent d'identifier, pour les installations sources potentielles d'accidents majeurs, les scénarios d'accidents sur le site, ainsi que les mesures que l'industriel a mis ou prévoit de mettre en place pour maîtriser les risques.

Ainsi, il s'agit ici de prendre en compte le risque d'inondation comme une source d'agression externe lors des réunions d'analyse de risques réalisées pour les installations du site (identifiées à l'étape 3), susceptibles d'être soumises à ce risque et d'être source potentielle d'accidents majeurs.

Le lecteur trouvera en annexe C, comme outil d'aide à l'analyse, un exemple de tableau d'analyse de risque, où des situations de dangers, leurs causes et leurs conséquences sont identifiées, pour des réservoirs atmosphériques (température ambiante, ou à double enveloppe avec régulation de pression), des stockages sous pression (sphères, cigares, citernes...), des silos verticaux, des entrepôts, des canalisations (aériennes ou enterrées), des équipements électriques, des équipements thermiques, des bassins de rétention, des stations d'épuration... qui sont potentiellement soumis à une inondation.

De plus, sont données ci-dessous les conséquences possibles d'une inondation sur certains équipements (ou installations) rencontrés sur un site industriel : réservoirs, entrepôts, canalisations, bâtiments, équipements électriques, équipements thermiques, compresseurs, pompes, équipements mécaniques, équipements de bureaux, chariots élévateurs et véhicules, aires extérieures, utilités, voies de communication...

- Réservoirs

Les réservoirs enterrés subiront des poussées importante sous l'effet de l'eau, notamment s'ils sont peu remplis ou si leur contenu est plus léger que l'eau. Les réservoirs mal arrimés pourront être arrachés, ce qui les endommagera et pourra provoquer un déversement de produits.

Les réservoirs aériens peuvent être déplacés ou entraînés par les eaux, si le niveau atteint par l'eau est suffisant, et leur ancrage insuffisant face à la poussée hydraulique. Des installations voisines pourront également être endommagées en cas de choc.

Les prises d'air, les trappes de visites, les vannes non étanches... peuvent être la source d'une entrée d'eau dans les réservoirs selon leur localisation par rapport au niveau d'eau, entraînant des risques de pollution.

Le noyage prolongé peut entraîner des problèmes de corrosion pour les capacités métalliques.

- Entrepôts

Les dommages aux stocks peuvent être importants, surtout lorsque le conditionnement est en papier ou en carton. Certains matériaux sont en effet sensibles à l'eau et à l'humidité, et leur séchage est très difficile.

Il ne faut pas perdre de vue également que les stocks peuvent être endommagés bien au dessus de la ligne d'eau, par remontée de l'eau sous l'effet de la capillarité.

Les stockages de produits dangereux sur palettes peuvent s'affaisser, exposant des stocks qui n'étaient pas susceptibles d'être atteints ni par l'eau, ni par capillarité.

Les racks de stockage métalliques offrent une meilleure protection, ils peuvent cependant être également endommagés en cas de choc avec des éléments flottants.

- Canalisations

Les canalisations peuvent être rompues et laisser échapper le produit transporté.

Cette rupture peut être la conséquence d'une poussée de l'eau pour les canalisations souterraines ou l'affaissement des structures de soutien pour les canalisations aériennes.

La rupture peut également résulter du déplacement d'un réservoir de stockage relié ou du choc avec un élément flottant.

- Bâtiments

Les bâtiments peuvent subir les dommages suivants : dégâts dus aux remontées de la nappe, dommages dus aux remontées capillaires à l'intérieur des parois, dommages par corrosion des éléments métalliques utilisés dans la structure des constructions, affouillement affectant des fondations et des constructions...

Les bâtiments subissent moins de dommages si l'eau peut s'écouler librement et de façon égale des deux côtés de la paroi, car les forces hydrostatiques sont équilibrées. Mais si l'eau s'écoule uniquement à l'extérieur du bâtiment, elle peut entraîner des déséquilibres importants qui peuvent aller jusqu'à la chute du mur.

Les bâtiments anciens avec des murs maçonnés posent moins de problème que des constructions plus récentes avec des isolants comme de la laine de verre, difficile à sécher. Ce matériau présente de plus l'inconvénient d'absorber l'eau par capillarité sur d'importantes hauteurs. Une fois gonflée d'eau, la laine de verre peut s'écrouler en un tas informe au pied de la paroi qui la contient et ne plus assurer l'isolation qui est attendue d'elle.

Le problème d'insalubrité du bâtiment après retrait des eaux sera d'autant plus important que les eaux étaient chargées (en matières en suspension, ou en produits toxiques ou corrosifs).

Des dommages aux fondations peuvent être observés. Des vitesses d'écoulement élevées ou de longues durées d'immersion peuvent, dans certaines configurations de sols et de construction, provoquer des déformations, voire des cassures au niveau de la dalle.

Des dommages particuliers peuvent aussi être engendrés par des débris ou des éléments flottants lourds transportés par les eaux.

- Equipements électriques

Les équipements électriques sont particulièrement sujets à endommagement par l'eau, en particulier s'ils se trouvent sous tension lors de l'arrivée des eaux. Les courts-circuits provoquent des dégâts parfois irréversibles. Ils peuvent également être à l'origine d'incendies ou d'explosions.

Les moteurs électriques fermés peuvent être nettoyés et séchés avant remise en route, alors que les moteurs électriques ouverts (souvent les plus anciens) nécessitent souvent un rebobinage.

Les transformateurs scellés sont peu susceptibles d'être endommagés. Par contre, les bobinages des transformateurs secs à refroidissement à l'air peuvent être en contact avec l'eau, entraînant des arcs électriques si le transformateur est sous tension. Dans le cas où il est hors circuit, le risque est d'endommager les isolants. La plupart des transformateurs à huile sont susceptibles d'être infiltrés par les eaux d'inondation, ce qui nécessite un nettoyage et un séchage avant remise en marche. Une attention particulière doit être apportée aux transformateurs aux PCB lors du nettoyage, du fait de la très grande stabilité de ce produit dans l'environnement.

Les coupe-circuit haute tension peuvent également être sujets à des arcs électriques et à des contaminations par l'eau, nécessitant des nettoyages.

Les équipements électriques de basse tension ne subissent généralement pas de dommages liés aux arcs électriques, mais ils doivent être nettoyés.

Les dommages aux matériels informatiques, électroniques de contrôle ou de puissance peuvent être importants mais ils peuvent aussi être limités si la durée de submersion n'est pas trop longue et si un nettoyage est rapidement entrepris.

Les câbles électriques, pour autant qu'ils aient été en bon état au moment de l'inondation, ne devraient pas subir de dommages importants. Un état dégradé des isolants peut engendrer des perturbations importantes lors du redémarrage.

- Equipements thermiques (fours, chaudières...)

Ils peuvent subir des dommages importants notamment s'ils étaient en fonctionnement ou encore chauds lors de la montée des eaux (choc thermique). Des explosions peuvent être redoutées dans certains cas.

Les réfractaires peuvent être très endommagées lors du séchage, même si celui-ci est lent.

Les isolants de type laine de roche ou laine de verre peuvent être séchés sans trop d'effets négatifs, mais ils peuvent également s'affaisser dans les structures en laissant des zones insuffisamment isolées.

Les dépôts de matières en suspension dans les eaux peuvent être très difficiles à enlever, que ce soit dans les chambres de combustion ou dans les brûleurs.

- Les compresseurs, les pompes, les moteurs à combustion

La plupart de ces équipements peuvent supporter des immersions assez courtes sans grand dommage. Ils nécessitent cependant un démontage pour le nettoyage, séchage et graissage avant redémarrage.

- Equipements mécaniques

Les dommages sont en général assez limités sur ce type de matériel, sauf lorsqu'ils doivent répondre à des critères de haute précision. Certaines machines peuvent également subir des corrosions néfastes.

Par ailleurs, les équipements mécaniques peuvent être rendus inopérants non pas du fait de dommages directs, mais par les dommages que peuvent subir les systèmes de commande numérique les pilotant, qui sont plus sensibles aux dégâts des eaux.

- Equipements de bureaux

Les matériaux constitutifs des bureaux subissent en général des dommages assez importants, nécessitant des remplacements ou des travaux importants.

Les papiers, les archives sont souvent détériorés soit parce qu'ils ont été directement atteints par les eaux, soit par le phénomène de capillarité, soit uniquement par le taux d'humidité.

Le papier est en cause, mais aussi les encres.

La restauration n'est pas toujours possible et des informations importantes peuvent être perdues définitivement.

- Les chariots élévateurs, les véhicules

Les chariots élévateurs, ainsi que les véhicules qui n'auront pas pu être évacués, peuvent subir des dommages importants.

- Aires extérieures

L'inondation ou le retrait des eaux peut entraîner des dommages aux voies de circulation, entraînant l'impossibilité d'accès des véhicules sur le site.

- Utilités

L'approvisionnement en utilités (eau, électricité, gaz,...) peut être perturbé par l'inondation des centres distributeurs, des infrastructures de transport ou le déclenchement d'un PSSI (Plan de Secours Spécialisé Inondation) par le préfet avant que l'entreprise elle-même ne soit inondée. Cela peut avoir une influence sur la sécurité de certaines installations ou perturber leur mise en sécurité.

Il est à noter que la perte d'utilités fait par ailleurs l'objet d'une analyse spécifique dans le cadre du projet DRA-34.

- Voies de communication

Les zones de communication desservant le site peuvent être inondées et interdire l'accès au site des services de secours pendant la crise ou compromettre l'évacuation des équipements démontables avant la crise. En zone urbanisée, l'évacuation des populations peut également surcharger les voies de communication ou mobiliser fortement les services de secours.

- Autres conséquences

L'inondation peut avoir des conséquences sur les employés présents sur le site (risque de noyade).

Des substances dangereuses en provenance du site même ou d'un site amont peuvent être dispersées sur le site. Ces substances peuvent engendrer des pollutions des cours d'eau mais aussi des pollutions plus durables des sols du site.

Des pertes d'exploitation dues à une cessation temporaire de l'activité viennent s'ajouter aux dégâts matériels.

5.2.5 Etape 5 : Niveau de maîtrise des risques

Compte tenu des scénarios d'accidents majeurs identifiés, il s'agit de démontrer la bonne maîtrise des risques sur le site.

Les scénarios d'accidents majeurs identifiés à l'étape 4 précédente sont cotés en gravité et fréquence. Le niveau de gravité est relié aux conséquences observées, le niveau de probabilité est relié aux performances des barrières de sécurité techniques et organisationnelles.

Ces scénarios sont positionnés sur une grille de criticité en vue de juger du niveau de maîtrise des risques. Des mesures complémentaires peuvent être nécessaires pour obtenir des situations jugées acceptables.

Les barrières de sécurité (techniques et organisationnelles, en prévention, protection, intervention) associées aux scénarios d'accidents majeurs ayant pour cause une inondation seront donc mises en lumière. Le lecteur pourra d'ailleurs, comme outil d'aide, se reporter à la liste de mesures de prévention, protection et intervention donnée au chapitre 6 suivant.

Chacune de ces barrières devra pouvoir être opérationnelle malgré la présence d'eau sur le site.

Suivant le cas étudié, certaines de ces barrières pourront être retenues comme Eléments Importants Pour la Sécurité (EIPS).

L'INERIS propose par ailleurs une méthode pour déterminer les EIPS à l'issue de l'analyse des risques d'accidents majeurs sur un site industriel (voir rapport "Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs - Elements Importants Pour la Sécurité (EIPS)", 2003, disponible sur le site Internet de l'INERIS). Les EIPS liés au risque inondation sont alors définis avec l'ensemble des EIPS par application de cette méthode.

Par ailleurs, il conviendra de vérifier que pour l'étude de dangers de l'ensemble du site industriel étudié, les barrières identifiées en prévention, protection et intervention pour les scénarios d'accidents majeurs indépendamment de l'inondation, ne seront pas amoindries du fait de l'inondation.

6. MESURES DE PREVENTION, DE PROTECTION ET MOYENS D'INTERVENTION

Ce chapitre a pour objectif de donner une liste (non exhaustive) d'exemples de mesures de prévention, protection et intervention, qu'un industriel pourrait mettre en place s'il est soumis à un risque d'inondation.

Les mesures mises en œuvre sont à adapter au cas étudié.

6.1 MESURES DE PREVENTION

L'industriel peut mettre en œuvre certaines mesures techniques et organisationnelles pour prévenir les conséquences d'une inondation sur les installations industrielles.

6.1.1 Prévoir des mesures permanentes pour prévenir l'arrivée de l'eau sur le site industriel

- Construction de digues

Ces digues doivent impérativement être correctement dimensionnées et faire l'objet d'un entretien et de contrôles réguliers par un organisme compétent, pour assurer leur pérennité et leur efficacité.

Leur mise en place nécessite une étude préalable pour ne pas aggraver le risque d'inondation aux alentours.

- Mise en place des vannes manuelles sur le réseau d'assainissement afin d'éviter les remontées

L'inondation d'un site peut être due à des remontées des eaux provenant des réseaux. Il est donc important de prévenir cette source d'inondation par la mise en place de dispositifs d'obturations ou de vannes.

6.1.2 Prévoir des mesures permanentes qui permettent de limiter l'action de l'eau sur les installations

- Condamnation et étanchéification de certaines ouvertures

- Mise en place de murets autour des équipements sensibles

La construction de murets est intéressante dans le cas d'une hauteur d'eau attendue inférieure à 20 cm.

Les ouvertures possibles dans ces murets devront par contre faire l'objet d'une obturation rapide, en cas de risque avéré d'inondation.
- Ancrage des réservoirs

L'ancrage est nécessaire pour tout réservoir aérien qui risque d'être submergé au delà de 70 % de son volume.
- Rehausse des installations électriques

Ces installations électriques doivent être protégées des risques directs de court-circuit, mais également d'incendie.
- Rehausse des archives, documents papiers importants pour l'entreprise
- Rehausse de certaines machines
- Elévation de la connectique et des cellules de commande des systèmes automatiques démontables

Ces équipements sont fragiles et doivent éviter le contact avec l'eau.
- Etude technique de la bonne efficacité des événements

En prévision des inondations, il convient de vérifier que les événements des équipements sensibles pourront toujours remplir leur fonction de sécurité en cas d'inondation.
- Repérage des systèmes de coupure des réseaux d'alimentation électrique et réseaux gaz

Ce repérage permet de rendre les vannes de sectionnement des réseaux visibles en cas d'inondation. Les interventions du personnel ou des services de secours se verront alors facilitées.
- Etude de la faisabilité de déplacement des éléments sensibles

Il s'agit de déplacer les éléments sensibles dans des zones moins exposées au risque d'inondation.

- Prise en compte du risque inondation dans l'étude de dangers du site

6.2 PLAN D'URGENCE INONDATION (OU POI), MOYENS D'INTERVENTION

Le plan d'urgence doit être développé sur la base de l'analyse de risques inondations. Il doit ainsi lister les points sensibles sur le site (lieux de travail ou installations), et les actions à mettre en œuvre pour garantir leur protection, ainsi que celle du personnel. Il doit donc être communiqué à tout le personnel, et notamment aux équipes qui auront en charge certaines actions "le jour J". Ce plan est parfois intégré au Plan d'Opération Interne de l'établissement.

Le plan d'urgence inondation doit également tenir compte des actions de gestion du risque inondation par les institutions, notamment le Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI), le Plan de Secours Spécialisé Inondation (PSSI), les plans d'urgence communaux.

Il doit notamment intégrer les éléments suivants :

- Identification précise du seuil de déclenchement du plan d'urgence (exemple : hauteur d'eau maximale admissible sur le site)
- Présentation des moyens pour se tenir informé de la montée des eaux : échelle graduée sur le site, ou point à proximité, liaison privilégiée avec le service de prévision des crues, Météo France ou autres services officiels afin de connaître la montée de la crue et la tendance climatique, contrôle du niveau de la nappe phréatique à l'aide de piézomètre, surveillance régulière, relevés de l'évolution de la montée de l'eau...
- Description de l'organisation en cas de déclenchement du plan (composition de la cellule de crise, désignation d'un responsable des opérations...)
- Cartographie des zones qui pourraient être potentiellement inondées sur le site
- Liste des zones sensibles à protéger
- Liste des organismes à contacter

A ce propos, l'entreprise peut avoir intérêt à prendre le temps de rencontrer physiquement ces personnes contacts, pour s'assurer de la qualité des échanges et de la bonne compréhension mutuelle en période de crise.

Il est nécessaire de s'assurer que le personnel pourra communiquer librement sur le site (communication interne) et que le site pourra toujours être en communication avec l'extérieur (pompiers, inspecteurs DRIRE, fournisseurs et clients...). Plusieurs solutions alternatives peuvent être envisagées : téléphone fixe ou portable, Internet, radio...

- Liste des actions à mener et des personnes concernées (hiérarchisation et chronologie des actions, outils de décision...)
- Inventaire du matériel disponible en cas du déclenchement du plan d'urgence inondation

Il est important de prévoir tous les équipements de protection individuelle (bottes de sécurité, gants, etc.) afin de permettre un accès facile au personnel en cas d'inondation.

En parallèle, il convient de prévoir en stock, le matériel nécessaire à la mise en place du plan d'urgence (sable, fuel, matériel d'obturation, etc...).

- Organisation pour assurer l'intervention des secours (repérage visible en cas d'inondation) et la sécurité du personnel

Le plan d'urgence devra être mis à jour, si l'activité a subi des modifications importantes, s'il y a eu évolution des caractéristiques de l'aléa, s'il y a eu des modifications dans les informations opérationnelles (ex : coordonnées téléphoniques des personnes contactées).

Il ne faut pas occulter le fait qu'en cas d'inondation une partie plus ou moins importante du personnel ne soit pas disponible (employés dont les biens propres ont pu être affectés par l'inondation, accès à l'entreprise peut être difficile en cas de crue...).

En cas d'inondation imminente sur le site industriel, les actions suivantes peuvent être engagées :

- Déplacer les véhicules et les éléments non mobiles non indispensables
- Arrimer les éléments susceptibles de se déplacer, ceci afin d'éviter qu'un objet vienne impacter et percer une canalisation ou un réservoir
- Vider toutes les installations contenant des déchets solides ou liquides, l'élimination au préalable permettant d'éviter les pollutions des eaux
- Louer des groupes électrogènes au besoin pour secourir les EIPS
Il est important de conserver les fonctions de sécurités des EIPS, et de tout organe de sécurité (et donc leur alimentation)
- Equiper portes et fenêtres de systèmes d'obturation (panneaux mobiles par exemple), condamner et étanchéifier certaines ouvertures
- Réaliser un endiguement général provisoire autour du site, ou de certains points (terre, sable, structures de type conteneur en tissu...)

- Remplir les réservoirs susceptibles de flotter (cuves enterrées ou aériennes), à condition que les produits stockés soient compatibles avec l'eau
- Protéger certains équipements contre la rouille (retarder les phénomènes de corrosion), lorsque le matériel ne peut pas être déplacé
- Mettre en sécurité les installations, notamment par la mise en œuvre d'actions, comme isoler les capacités, arrêter les transferts de produits, arrêter la production, etc...
- Faire intervenir des sociétés extérieures ou de location pour les engins de levage nécessaires au déplacement de certains équipements, à la mise en place d'endiguement...

6.3 GESTION APRES CRISE ET RETOUR A LA NORMALE

Après l'inondation, les mesures suivantes peuvent être prises de manière à ce que le site industriel redémarre dans les meilleures conditions et dans les meilleurs délais.

- Nettoyer et sécher les équipements en commençant par les plus critiques
- Pomper l'eau stagnante, vérifier la teneur de ces eaux avant rejet
- Dégager les débris sur le site (à traiter comme des déchets), nettoyer les bâtiments, en stockant les eaux et les boues, avant élimination
- Vérifier et maintenir les systèmes de protection contre l'incendie
- Remettre progressivement en service les réseaux électriques, uniquement après vérification par du personnel compétent
- Vérifier l'état des stockages, les sécuriser
- Trier les stocks, matériels et équipements récupérables
- Assurer l'élimination des déchets

- Prévoir l'intervention de sociétés extérieures pour l'assèchement et la remise en état du site

Il ne faut pas perdre de vue que les sociétés spécialisées dans la maintenance, le nettoyage et la remise en état des sites seraient fortement sollicitées en cas d'inondation d'ampleur régionale, parfois même au delà de leur capacité. Aussi, l'industriel doit réfléchir à plusieurs scénarios et prévoir le cas où les sociétés spécialisées ne pourraient pas lui consacrer tout le temps souhaité.
- Il n'est pas exclu que l'approvisionnement du site industriel par route / fer / canalisation de transport soit interrompu ou limité. Si une solution alternative de transport (expédition ou réception) doit être adoptée pour le site, le faire en accord avec les autorités, en ayant au préalable réaliser l'étude de sécurité de la solution alternative
- Tirer les enseignements sur les conséquences du sinistre : efficacité des mesures qui ont été prises, identification de celles qui auraient pu être prévues, plan d'urgence et sa mise en œuvre
- Faire une évaluation économique :
 - des dommages potentiels aux installations et aux produits fabriqués
 - des dommages pour la santé ou l'environnement consécutifs à un accident ou une pollution, déclenchés par une inondation
 - des pertes d'exploitation potentielles

Il faut porter attention à cette phase de gestion d'après crise et de retour à la normale, afin d'éviter de réaliser des opérations, sans respecter les règles de l'art pour gagner du temps et redémarrer l'exploitation.

6.4 AUTRES MESURES

D'autres mesures plus générales peuvent être prises par l'industriel :

- Informer le personnel sur les conséquences d'une inondation sur le site, sur le contenu du plan d'urgence (réunion d'informations, marquage des crues passées à l'aide de repères sur le site...)
- Discuter avec son courtier en assurances ou son assureur

L'industriel doit s'assurer de l'adéquation au risque inondation de sa couverture Dommages, Pertes d'Exploitation, Responsabilité civile, qu'elle soit générale ou spécifiquement prévue pour les atteintes à l'environnement.

7. INDEX - GLOSSAIRE

ANACT	:	Agence Nationale pour l'Amélioration des Conditions de Travail
ARAMIS	:	Accidental Risk Assessment Methodology for the IndustrieS, in the frame of Seveso II directive
ARIA	:	Analyse, Recherche et Information sur les Accidents
BARPI	:	Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles
BRGM	:	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CHSCT	:	Comité d'Hygiène, Sécurité et Conditions de Travail
DCS	:	Dossiers Communaux Synthétiques
DDE	:	Direction Départementale de l'Équipement
DDRM	:	Dossiers Départementaux des Risques Majeurs
DIREN	:	Direction Régionale de l'Environnement
DPPR	:	Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques
DRA	:	Direction des Risques Accidentels (INERIS)
DRIRE	:	Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
DTU	:	Documentation Technique Unifiée
EIPS	:	Éléments Importants Pour la Sécurité
IC	:	Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
INERIS	:	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
INRS	:	Institut National de Recherche et de Sécurité
IRSN	:	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
MEDD	:	Ministère de l'Écologie et du Développement Durable
MU	:	Maîtrise de l'Urbanisation
PCRD	:	Programme Cadre de Recherche et Développement
PHEC	:	Plus Hautes Eaux Connues
PLU	:	Plan Local d'Urbanisme
POI	:	Plan d'Opération Interne
PPR	:	Plan de Prévention des Risques
PPRI	:	Plan de Prévention du Risque Inondation
PPRT	:	Plan de Prévention des Risques Technologiques
RFS	:	Règles Fondamentales de Sécurité
SCHAPI	:	Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévision des Inondations
SEI	:	Service de l'Environnement Industriel
SGS	:	Système de Gestion de la Sécurité

SIG : Système d'Information Géographique
SN : Service de la Navigation
SPC : Service de Prévision des Crues

8. REFERENCES

- [1] Assemblée Nationale – Constitution du 4 octobre 1958 – Onzième législature -
Rapport fait au nom de la Commission d’Enquête sur la sûreté des installations
industrielles et des centres de recherche et sur la protection des personnes et de
l’environnement en cas d’accident industriel majeur
F. Loos et J.Y. Le Déaut
- [2] Council Directive 96/82/EC on the control of major-accident hazards involving
dangerous substances, 9 December 1996.
- [3] Ministère de l’Aménagement du Territoire et de l’Environnement (Direction de la
Prévention des Pollutions et des Risques)
Guide pour la conduite des diagnostics des vulnérabilités aux inondations pour les
entreprises industrielles
Bruno Ledoux Consultants - SAGERIS, 2000
- [4] Ministère de l’Aménagement du Territoire et de l’Environnement, Ministère de
l’Équipement, des Transports et du Logement
Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR) : Guide général
Editions La Documentation française - 1997
- [5] Ministère de l’Aménagement du Territoire et de l’Environnement, Ministère de
l’Équipement, des Transports et du Logement
Plans de prévention des risques littoraux : Guide méthodologique
Editions La Documentation française - 1997
- [6] Ministère de l’Aménagement du Territoire et de l’Environnement, Ministère de
l’Équipement, des Transports et du Logement
Plans de prévention des risques d’inondation : Guide méthodologique
Editions La Documentation française - 1999
- [7] Ministère de l’Aménagement du Territoire et de l’Environnement, Ministère de
l’Équipement, des Transports et du Logement
Plans de prévention des risques de mouvements de terrain : Guide méthodologique
Editions La Documentation française - 1999
- [8] Ministère de l’Aménagement du Territoire et de l’Environnement, Ministère de
l’Équipement, des Transports et du Logement
Plans de prévention des risques sismiques : Guide méthodologique
Editions La Documentation française - 2002
- [9] Ministère de l’Aménagement du Territoire et de l’Environnement, Ministère de
l’Équipement, des Transports et du Logement
Plans de prévention des risques d’inondation : Mesures de prévention
Editions La Documentation française - 2002

- [10] N. AYRAULT, I. VUIDART
Synthèse sur les risques dus aux séismes, inondations, mouvements de terrain et tempêtes : accidentologie
Rapport INERIS DRA-NAy-2001-28654/01, Novembre 2001
- [11] A. VALLEE, O. DOLLADILLE
Impact des inondations du Sud-Est (septembre 2002) sur les activités présentant un risque technologique
Rapport INERIS DRA-2003-AVa/ODo-46054, Décembre 2003

9. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation précise	Nb de pages
A	Cartes nationales du risque inondation et du risque industriel	1
B	Analyse des accidents industriels causés par une inondation	Non reproduit
	Folio 1 : Résultats de l'interrogation de la base de données ARIA du BARPI Folio 2 : Liste d'autres accidents	
C	Outil d'aide à la réalisation de l'analyse des risques en groupe de travail Exemple de tableau d'analyse de risque pour des équipements industriels soumis à une inondation	5

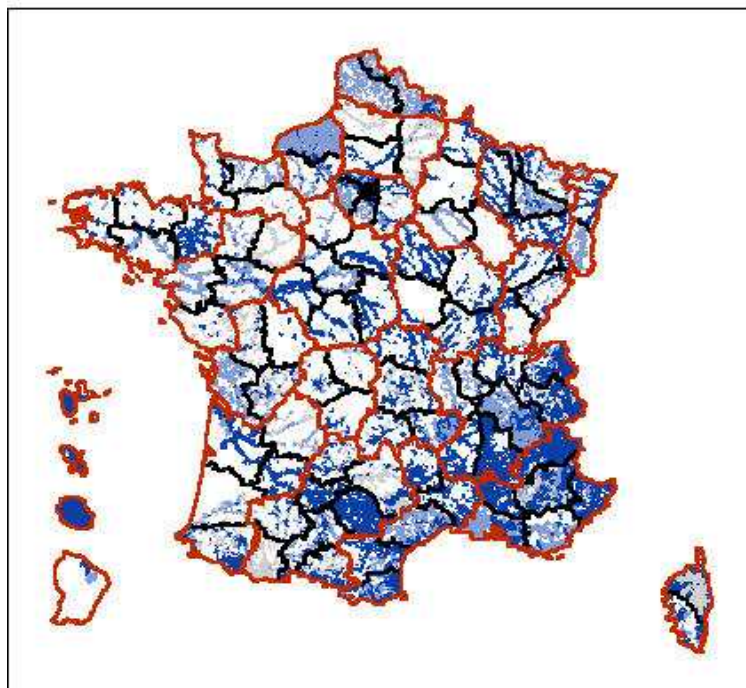
ANNEXE A :

**CARTES NATIONALES DU RISQUE INONDATION
ET DU RISQUE INDUSTRIEL**

CARTES NATIONALES DU RISQUE INONDATION ET DU RISQUE INDUSTRIEL

(source : site internet www.prim.net)

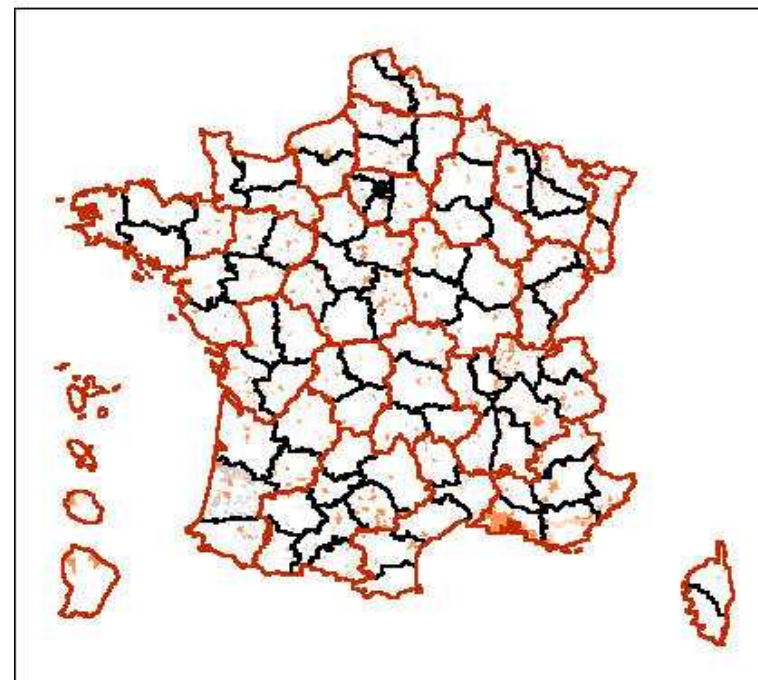
RISQUE INONDATION



- Risques avec enjeux humains
- Communes où le risque (enjeu humain) n'est pas encore clairement défini
- Communes soumises à l'aléa inondation sans enjeu humain

- Limite de région
- Limite de département

RISQUE INDUSTRIEL



- Risques avec enjeux humains
- Communes où le risque (enjeu humain) n'est pas encore clairement défini
- Communes soumises à l'aléa inondation sans enjeu humain

ANNEXE B :

**ANALYSE DES ACCIDENTS INDUSTRIELS
CAUSES PAR UNE INONDATION**

Folio 1

Résultats de l'interrogation de la base de données ARIA du BARPI

"Accidents causés par des inondations"

Référence n°ED5086D

Etat des données au 12/07/2001

Folio 2

Liste d'autres accidents

LISTE D'AUTRES ACCIDENTS

1 - DOMMAGES DIRECTS

1.1 - Pollution des eaux et du sol

Atelier de traitement du bois à Dampniat (Corrèze), le 28 octobre 1988 :

Lors de l'inondation d'un site de stockage de boues de curage de fosses de traitement, 40 kg de produits (lindane et pentachlorophénate de sodium) sont déversés dans la Corrèze entraînant une pollution du cours d'eau sur 14 km. 15 tonnes de poissons morts furent repêchés.

Le 17 février 1994, à Saint Paul les Durance (13) :

Base ARIA

Dans un centre d'étude nucléaire, une fuite de liquide radioactif se produit lors du transfert d'un effluent depuis un laboratoire vers une cuve de stockage. De fortes pluies ont provoqué une remontée de la nappe rendant impossible l'utilisation des bacs de rétention situés sous les cuves qui ne sont apparemment plus étanches. Afin de limiter les risques, les effluents sont évacués par une tuyauterie vers une cuve extérieure de stockage. 100 litres du produit s'échappent du tuyau vers un caniveau d'où ils débordent. Ils se répandent sur le sol d'un vide sanitaire qu'il contamine sur 4 m² et une profondeur de 50 cm. L'activité du sol est mesurée à 100 méga-Bq par m³ en rayonnement bêta et gamma. L'accident est classé de niveau 1.

Forge, emboutissage, estampage, métallurgie des poudres à Saint-Nicolas d'Aliermont (Seine-Maritime), le 16 juin 1993 :

Une pollution interne se produit dans une usine à la suite de l'inondation d'un local en sous-sol de 300 m² contenant divers réservoirs (solution de sels de chrome et de cyanure, réservoirs de lessive de soude et d'acide chlorhydrique). Des analyses révèlent la présence de chrome et de cyanure dans un volume d'eau estimé à 1 000 m³. Ce dernier sera traité par la station d'épuration de l'entreprise dans le cadre d'une opération de longue durée.

Inondations d'une station d'épuration d'une usine d'assemblage automobile au Mans (Sarthe), le 20 janvier 1995 :

La montée des eaux de la Sarthe noie la station d'épuration de l'usine. L'unité de traitement est arrêtée pendant une semaine et les rejets rejoignent directement la rivière. Les activités les plus polluantes de l'usine sont interrompues, les effluents les plus chargés sont stockés et les cuves situées dans les zones basses sont lestées.

1.2 - Incendie

Le 13 octobre 1993, à Saint Avold (57) :

Base ARIA

Un incendie se déclare dans un bâtiment jouxtant une société spécialisée dans la fabrication de conteneurs et de poubelles en matière plastique. Les importants moyens mobilisés maîtrisent rapidement l'incendie. Une partie du stock et de la toiture du bâtiment sont détruits. L'accident a pour origine une défaillance des circuits électriques à la suite d'inondations. Les dommages matériels s'élèvent à 1,4 MF.

Le 25 septembre 1998 en Corée (POHANG) :

Base ARIA

De fortes pluies (plus de 600 mm en une journée) inondent une usine fabriquant des conducteurs électriques à base de calcium. L'alimentation électrique est coupée. L'eau entre en contact avec du calcium stocké en fût de 150 kg, produisant de l'hydrogène (7,5 kg par fût). La chaleur de réaction enflamme le gaz. L'incendie a été combattu à l'aide de sable. Il n'y a pas de victimes. Les dommages internes s'élèvent à 60000 USD et les dommages externes à 1,4 millions USD. Les fûts étaient probablement insuffisamment scellés. A la suite de l'accident, il a été décidé de limiter la quantité de calcium sur le site et d'assurer une formation au risque.

Production et distribution d'électricité à Orbey (Ht Rhin) le 28 juillet 1994 : *Base ARIA*

Des pluies torrentielles entraînent de nombreuses inondations. L'une d'elles provoque un feu de transformateur dans l'usine hydroélectrique du Lac Noir. Une autre inondation sinistre les ateliers d'une usine de mécanoplastie.

Transport par conduites à San Jacinto River (Etats Unis) le 20 octobre 1994 : *Base ARIA*

A la suite d'une inondation par la rivière San Jacinto, un pipeline se rompt, du gasoil se déverse et s'enflamme. Des centaines de personnes sont évacuées à cause de nuages de vapeur de gasoil. 120 maisons, 70 appartements, 2 nurseries et 1 hôpital sont évacués. Des habitations et des arbres sont détruits par l'incendie. 12 personnes dont 3 policiers sont légèrement blessés.

Inondations dans le sud-est du Texas (USA) mi-octobre 1994 :

Lors d'inondation ayant fait au moins 18 morts et 120 blessés, avec plus de 10 000 personnes déplacées, deux oléoducs de la Colonia Pipeline Co, construits sous le lit d'une rivière se sont rompus le 20 Octobre 1994, provoquant une explosion et un incendie. Le lendemain, la rupture d'un troisième oléoduc de la Texaco Inc. a déclenché une marée noire menaçant de polluer la baie de Galveston, riche en espèces d'oiseaux et de poissons. Après une semaine de pluie, 33 comtés ont été déclarés sinistrés.

1.3 - Dommages aux installations

Inondation d'un établissement classé SEVESO à Marle (Aisne) le 21 décembre 1993:

De fortes pluies entraînent l'inondation de la totalité du site spécialisé dans la formulation, le conditionnement et le stockage de produits phytosanitaires. La hauteur d'eau au sein de l'entreprise oscille entre 0,54 et 1 m d'eau. Par sécurité, bien qu'aucune pollution n'ait été constatée, les produits susceptibles d'être touchés sont mis sur racks hors d'eau. Les dommages directs atteignent 15 MF et les pertes d'exploitation 3 MF.

Inondation d'une usine mécanique de précision en France :

L'inondation du site a entraîné un tassement de terrain, provoquant une cassure de la dalle et un décalage de quelques millimètres des lignes de fabrication qui ne peuvent pas fonctionner sans être parfaitement alignées. Des travaux importants de stabilisation et de redressement des lignes ont dû être entrepris.

Inondations dans une usine de fibres et polymères - Amérique du Sud :

A la suite de fortes pluies, et malgré les mesures de prévention adoptées (obturation des issues et pompage des eaux de pluie), un mur extérieur cède sous la pression de l'eau, inondant une usine de fabrication et stockage de produits textiles en moins de 15 minutes. Les balles de textiles hydrophiles, stockées au sol, sont perdues. Le matériel électrique et les moteurs des organes de transfert – le plus souvent en sous-sol – sont endommagés. Les causes principales sont une augmentation des surfaces imperméabilisées alentours et un affaissement du sol entraînant le mur d'enceinte suite à des travaux de canalisation. Dommages directs d'environ 20 millions US\$ - Pertes d'exploitation d'environ 2 millions US\$ (20 jours de production).

1.4 - Rupture de canalisations

Rupture d'un pipeline par choc (28 octobre 1984 - USA)

Le 27 et 28 octobre 1984, deux pipelines se rompent à environ 0,8 Km l'un de l'autre au niveau du ruisseau Caddo près de Fox (Oklahoma), déversant un total de 1500 barils (200 tonnes) de fuel dans ce ruisseau.

Le 27 octobre, un pipeline souterrain de 6", de la société Mobil Pipe Line (Texas), s'est rompu en un point situé sous un ruisseau. Environ 500 barils de brut ont été déversés dans ce ruisseau. La corrosion avait affaibli le pipeline en divers points.

Le lendemain, un pipe aérien de 4", appartenant à la compagnie TOTAL Pipeline de Denver (Colorado) a déversé environ 1000 barils de brut par une brèche. **Cette brèche a été provoquée par le choc d'un arbre** entraîné par le courant très rapide de la rivière. Quelques jours avant l'accident, de fortes pluies avaient en effet augmenté à la fois le niveau de la rivière et le courant.

La rivière Caddo se jette dans la rivière Washita qui alimente le lac Texoma, un point de refuge important pour les oiseaux migrateurs (20 000 oiseaux). La distance entre le lieu du rejet et le lac est de 140 Km.

Pour prévenir toute pollution du lac, les deux compagnies ont collaboré et ont mis en place un barrage flottant de 1530 m de long à l'aval de la rivière Washita. Dix points de contrôles consistant en la mise en place de barrages flottants dans le Creek et le Washita ont été installé. Des absorbeurs et différents équipements de récupération ont permis de nettoyer les rivières. 145 personnes ont participé au nettoyage.

Le 7 novembre, 1000 barils de fuel non réutilisables et 475 barils réutilisables ont été récupérés. Selon l'EPA, aucun dommage significatif sur l'environnement, sur la faune et la flore du lac n'a été engendré par ces épandages.

De fortes pluies ont conduit à la rupture d'un pipeline au Texas (13 juin 1991):

De fortes pluies dans l'ouest du Texas (USA) ont causé la rupture d'un pipeline de 10" de la Diamond Shamrock. 320 m³ de fuel se sont déversés dans la rivière Brazos située à 10 Km au sud de Knox city (Texas).

Une importante tempête a détaché le support de la canalisation provoquant le fléchissement puis la rupture du pipeline. La hauteur des eaux et un courant très fort rendait impossible toute intervention pour contenir le fuel dans la zone de la brèche. Le fuel a été conduit jusqu'à 75 miles au sud-est de la source de fuite. Les responsables ont tenté de limiter l'épandage du fuel en installant des barrages flottants, mais des débris, notamment des branches d'arbres arrachés par la tempête et entraînés par le courant les cassent, les rendant inopérables.

L'équipe d'intervention a réussi à contenir le fuel au niveau de l'embouchure du lac de Possum Kingdom en déployant 6 barrages flottants.

Les mauvaises conditions climatiques, le fort courant du fleuve et les débris issus de la tempête ont gêné le nettoyage de la zone. En effet, au lieu de nettoyer de larges zones avec des absorbants, ils doivent travailler sur de petites zones, autour des débris. De nombreuses flaques de fuel sont présentes sur les rives du fleuve.

La Diamond Shamrock a mis en place un plan d'action pour faire face à la rupture de ce pipeline. Des opérateurs ont ainsi très rapidement arrêté le transfert de fuel par ce pipe et des défenseurs de la compagnie, officiellement nommés se sont rendus sur le terrain peu de temps après qu'un détecteur positionné sur le pipe ait détecté la fuite. "Ces derniers auraient été capables de contenir le fuel dans la zone du rejet si les conditions météorologiques n'avaient été aussi défavorables."

Transport par conduites à San Jacinto River (Etats Unis) le 20 octobre 1994: Base ARIA

(cf paragraphe 1.2 - Incendie)

Inondations dans le sud-est du Texas (USA) mi octobre 1994:

(cf paragraphe 1.2 - Incendie)

2 - DOMMAGES INDIRECTS

2.1 - Chômage technique

ZI inondée à Saint Sigolène en Haute Loire le 23 Août 1993:

A la suite de violents orages sur la commune, la zone industrielle est particulièrement atteinte. L'inondation des bâtiments d'une entreprise provoque la mise en chômage technique de 38 personnes.

Extraction de pierres à Glomel (Cotes d'Armor) le 1^{er} novembre 1994 :

Une carrière rejette ses eaux usées dans l'étang de Crasius. Durant les périodes pluvieuses, des eaux colorées en jaune provenant de l'étang en crue se déversent dans l'Elle. Lors d'une crue, 2 usines de production d'eau potable situées sur le cours de la rivière, dans le Morbihan, doivent arrêter leurs pompes durant 15 jours à la suite de l'augmentation de la teneur en fer de l'eau pompée (0,2 à 1,5 mg/l pour l'usine de Gourin et 0,35 à 1 mg/l pour l'usine de Faouet). Des pompes de secours dans des ruisseaux et étangs voisins sont remis en service.

Fabrication de charpentes et de menuiseries à Cluny (Saône et Loire), le 13/11/1996 :

A la suite de la crue de la Crosne, une menuiserie industrielle doit suspendre son activité et mettre ses 280 employés en chômage technique.

Activité indéterminée à Avallon (Yonne), le 23 septembre 1999 :

A la suite d'inondation provoquées par de violents orages, 2 établissements industriels et commerciaux sont sérieusement endommagés. Vingt personnes sont au chômage technique.

Poudrerie au Pont de Buis les Quimerch (Finistère) :

Suite aux importantes inondations, les installations de la poudrerie sont sous les eaux. L'usine est arrêtée et les 230 employés sont mis en chômage technique.

Il ne s'agit que de quelques exemples représentatifs. Le retour d'expérience montre que le chômage technique est une des premières conséquences des inondations affectant les entreprises.

Fin 1999, une tempête s'est abattue sur la France inondant de très nombreux sites industriels. Tous les domaines d'activités ont été touchés. Il n'y a pas eu d'accidents graves, les principaux dommages sont des dommages matériels et des pertes d'exploitation.

3 - INTERVENTION FACE AU RISQUE INONDATION

3.1 - Avant inondation

Fonderie à Charleville Mézières (Ardennes) en 1993 et 1995 :

La fonderie en bordure de Meuse a été inondée faiblement en 1991 puis de manière importante en 1993 et 1995 (respectivement 1 m et 1.6 m d'eau aux points les plus bas). Pour ces deux événements, l'inondation a duré 2 semaines auxquelles il faut ajouter 2 semaines de remise en état du site. Les dommages directs se sont élevés à 5 MF en 1993 et 18 MF en 1995. L'étude détaillée des dommages pour ces deux sinistres a montré que sans les aménagements consécutifs à la crue de 1993 et les réflexes de gestion de crise acquis lors de cette inondation, les dommages de 1995 auraient été sensiblement plus importants (surélévation définitive de la zone de stockage des produits finis, stockage d'une partie des matières première et des composants de fabrication dans l'atelier le moins exposé, démontage rapide des moteurs électriques lors de la montée des eaux...).

Il a été estimé que la mise en œuvre intégrale des recommandations techniques et du plan de sauvegarde proposés devrait permettre une sauvegarde complète des biens mobiles et de 80% des biens non transportables, et ce pour une crue sensiblement supérieure à celle de 1995.

Industrie chimique de base à Lauterbourg (Bas Rhin), le 15 mai 1999 :

Une usine chimique risque d'être inondée à la suite de brèches dans une digue allemande canalisant le Rhin en forte crue. Des digues artificielles sont rehaussées pour parer à toute éventualité. L'usine déclenche son P.O.I., stoppe sa production et prend les dispositions nécessaires pour protéger ses installations et y mettre en sécurité ses stocks de produits sensibles. Les pertes d'exploitation sur le site s'élèveront à plusieurs millions de francs par jour. L'eau noiera 500 ha de terrains en Allemagne et en France mais s'arrêtera à quelques mètres de l'usine. Des problèmes de communication ont été relevés lors de la gestion de la crise (les autorités allemandes ont sous-estimée les risques encourus par l'usine).

3.2 - Après inondation

Traitement des métaux et mécanique générale à Sainte-Suzanne (Sarthe), le 17 février 1990 :

Suites à des crues importantes, des fûts contenant des produits acides et du cyanure, stockés dans une cuvette de rétention, ont été renversés et noyés. Certains d'entre eux se sont ouverts. Les services d'incendie et de secours procèdent au stockage des fûts intacts et au pompage du liquide pollué retenu dans les cuvettes. Tout risque de pollution est écarté.

Inondation d'un dépôt de produits phytosanitaires et d'engrais à Acy-Romance (Ardennes), le 22 décembre 1993 :

L'Aisne en crue inonde le dépôt. L'eau entraîne des fûts et dissout des produits chimiques. La porte du bâtiment est murée afin de confiner les produits dangereux dans l'installation.

Inondation d'un site industriel regroupant 2 industriels pour la fabrication de dispositifs de chauffage et de climatisation automobile dans la Sarthe, le 25 janvier 1995 :

Suite à une inondation en 1965, une surélévation d'un mètre du bâtiment abritant l'un des deux sites industriels avait été faite.

Le délai d'annonce de la DDE, de 24 heures, permet de mettre hors de danger certaines machines, les stocks, les bureaux, les ordinateurs et les dossiers de l'entreprise. Les armoires électriques mobiles et les machines de la ligne de production qui peuvent être déplacées sont surélevées. Des travaux de maçonnerie sont réalisés, mais se révèlent inefficaces. La production continue le plus longtemps possible, jusqu'à ce qu'il y ait des risques électriques.

Le lendemain soir, il y a 45 cm d'eau dans le bâtiment. L'eau est aussi remontée par les égouts et les plaques d'évacuation. On se déplace en barque dans l'usine qui reste inondée pendant 8 jours. Des machines ont été déplacées dans des locaux fournis par la Région. Les constructeurs automobiles ont été solidaires de leurs sous-traitants. Finalement, il n'y a pas eu de retard dans les livraisons.

A la suite de ce sinistre, l'éventualité d'un déménagement a été envisagée. Finalement, un plan de sécurisation a été mis en œuvre, et des travaux ont été réalisés : construction d'un mur d'enceinte de l'ensemble du terrain, canalisation de tous les rejets dans des bassins de décantation afin de les repomper vers la Sarthe.

ANNEXE C :

**OUTIL D'AIDE A LA REALISATION DE L'ANALYSE
DES RISQUES EN GROUPE DE TRAVAIL**

**EXEMPLE DE TABLEAU D'ANALYSE DE RISQUE POUR DES
EQUIPEMENTS INDUSTRIELS SOUMIS A UNE INONDATION**

TABLEAU D'ANALYSE DE RISQUES

Prise en compte du risque inondation

(Exemple non exhaustif)

Risque : Inondation			Système : stockages aériens	
Equipement	Situation de danger	Causes	Conséquences	Mesures de prévention et de protection
Réservoir atmosphérique (tous types)	Brèche (→ ruine pour les faibles capacités)	<ul style="list-style-type: none"> • Impact d'objet (ex. : camions citernes) • Effet de vague (pression d'eau, surtout pour crues et laves torrentielles) • Réaction chimique au contact de l'eau avec certains matériaux (sodium, acétylène...) : exothermicité, emballement... • Réservoirs dans un local en sous-sol (noyage) 	<ul style="list-style-type: none"> • Pollution des sols et nappes (ex. : engrais) • Nuage toxique • Explosion • Feu de cuvette (si court-circuit) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mise hors d'eau : réservoirs surélevés au-dessus du niveau des plus hautes eaux, citernes surélevées • Amarrage ; ancrage des réservoirs sur un support servant de lestage • Vidange des réservoirs • S'il s'agit de petits réservoirs (type fûts), les placer dans une cuvette de rétention
	Mouvement du bac	Bac mal ancré et courant violent (ou effet de vague)	<ul style="list-style-type: none"> • Fuite (ballotement et cf. scénario X) • Impact sur des équipements 	<ul style="list-style-type: none"> • Ancrage des réservoirs • Grilles entourant les réservoirs pour limiter leur déplacement
	Perte d'instrumentation	<ul style="list-style-type: none"> • Perte des utilités (électricité – pneumatique) • Problème de connectique • Noyage • Arrachage 	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de contrôle des paramètres 	

Risque : Inondation			Système : stockages aériens	
Equipement	Situation de danger	Causes	Conséquences	Mesures de prévention et de protection
Réservoir atmosphérique double enveloppe à régulation de température	Perte de régulation de température → changement de température	<ul style="list-style-type: none"> • Pertes d'utilités • Infiltration d'eau • Fuite caloporteur 	<ul style="list-style-type: none"> • Vaporisation du produit • Montée en pression (ex. : TDI) pouvant entraîner l'éclatement du bac 	
	Inondation de la cuvette de rétention	<ul style="list-style-type: none"> • Pluviométrie importante • Ruissellement vers une cuvette en dénivelé • Rupture des bords 	<ul style="list-style-type: none"> • Perte d'un dispositif de sécurité 	<ul style="list-style-type: none"> • Vider la cuvette • Construire des bords résistants •
Stockages sous pression (sphères, cigares...)	Montée en pression	<ul style="list-style-type: none"> • Effet de vague (pression d'eau, surtout pour crues et laves torrentielles) • Hausse de température due à une réaction chimique avec l'eau (exothermicité, emballement) avec certains matériaux (sodium, acétylène...) ou à un feu de cuvette 	<ul style="list-style-type: none"> • BLEVE • Eclatement de bac 	<ul style="list-style-type: none"> • Soupape de sécurité • Confinement
Réservoirs de stockage soutenus par des pieds	Rupture des pieds → fuite, voire ruine	<ul style="list-style-type: none"> • Impact d'objet • Pression d'eau (courant turbulent) • Effet de vague 	<ul style="list-style-type: none"> • Pollution des sols et nappes (ex. : engrais) • Nuage toxique • Explosion • Incendie (si court-circuit) 	

Risque : Inondation			Système : stockages enterrés	
Equipement	Situation de danger	Causes	Conséquences	Mesures de prévention et de protection
Citerne	Introduction d'eau dans la citerne	<ul style="list-style-type: none"> • Immersion par remontée de nappe • Manque d'étanchéité 	<ul style="list-style-type: none"> • Fuite → Pollution des sols et nappes • Nuage toxique Réaction chimique avec l'eau (exothermicité, emballement) → explosion 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuves à double enveloppe ; contrôles d'étanchéité • Ancrage des citernes sur un support servant de lestage (surtout les citernes enterrées).
	Brèche	<ul style="list-style-type: none"> • Poussée d'Archimède 		<ul style="list-style-type: none"> • Réservoirs suffisamment enterrés

Risque : Inondation			Système : entrepôts	
Equipement / produit	Situation de danger	Causes	Conséquences	Mesures de prévention et de protection
Bâtiment	Chute du mur (structure)	<ul style="list-style-type: none"> • Affouillement • Effet de vague 	<ul style="list-style-type: none"> • Détérioration des marchandises • Pollution • Dégâts sur les équipements 	<ul style="list-style-type: none"> • Protéger les bâtiments par des murets résistants, • Inspecter si des fissures se creusent
Produits conditionnés	Perte de conditionnement → épandage	<ul style="list-style-type: none"> • Emballages ne résistant pas à l'eau • Choc (eau, agression mécanique due aux charriages d'objets ou des produits eux-mêmes ou à la chute d'un mur) 	Pollution	<ul style="list-style-type: none"> • Mise hors d'eau : stockages sur racks, étagères, trémies.
Vrac liquide ou fûts	Epandage	<ul style="list-style-type: none"> • Choc (eau, agression mécanique due aux charriages d'objets ou des produits eux-mêmes ou à la chute d'un mur) 	Pollution Réaction chimique	Confinement du dépôt en murant les portes

Risque : Inondation			Système : approvisionnement	
Equipement / produit	Situation de danger	Causes	Conséquences	Mesures de prévention et de protection
Canalisation aérienne, pipeline	Fuite liquide et/ou gazeuse	<ul style="list-style-type: none"> • Choc → brèche • Mouvement de la canalisation ou du bac → Rupture piquage • Détachement de support → fléchissement → rupture 	<ul style="list-style-type: none"> • Pollution des sols et nappes • Nuage toxique • Nuage inflammable → UVCE • Feu de nappe (si court-circuit) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ancrage des réservoirs. • Eloigner les pipes du lit des rivières • Consolider et augmenter le nombre de supports si nécessaire • Débitmètre
Canalisation enterrée, pipeline	Fuite liquide et/ou gazeuse	<ul style="list-style-type: none"> • Mouvement de la canalisation ou du bac → Rupture piquage • Détachement de support → fléchissement → rupture (mouvements de terrain dus à l'inondation) 	<ul style="list-style-type: none"> • Pollution des sols et nappes • Nuage toxique • Nuage inflammable → UVCE 	
Equipements électriques (vannes, pompes, compresseurs), pomperie incendie, instrumentation (capteurs), sprinklage	Dysfonctionnement	<ul style="list-style-type: none"> • Perte d'utilités (coupure d'électricité) • Arrachage par le courant ou par objets • Noyage, encrassement 	Perte de contrôle du système de sécurité	Débitmètres
Equipements thermiques (fours, chaudières...)			Explosion	Murets de protection

Risque : Inondation			Système : installations annexes	
Équipement / produit	Situation de danger	Causes	Conséquences	Mesures de prévention et de protection
Station d'épuration	Fuite	Débordement	Pollution des sols et nappes	Ouvrage tampon pour vidange
Bassins de rétention (lagunages, réservoirs de décantation pour des eaux résiduaires de process (sucrieries, raffineries, distilleries, papeteries...) ou des lixiviats)	Déversement du contenu du bassin (risque de sinistre en cascade si plusieurs bassins se commandent entre eux)	Rupture d'une digue ou d'un mur due à un affleurement et mouvement du sous-sol	Pollution des sols et nappes	
Matériel électrique (tableaux électriques, transformateur)	Court-circuit	Noyage, encrassement	Incendie	Repérer et actionner les systèmes de coupure des réseaux d'alimentation électrique

