



Université de la Méditerranée
Centre d'Océanologie de Marseille



Rapport de stage
DU Pollution et Environnement

OLIVERI Céline

VULNERABILITE ET PROTECTION DES ETABLISSEMENTS INDUSTRIELS FACE AU RISQUE INONDATION DANS LE CADRE DU GROUPE DE TRAVAIL RISQUES NATURELS DU SPPPI PACA



Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
Provence-Alpes-Côte d'Azur

Directeur de stage : J. VALLART
Ingénieur divisionnaire de l'Industrie et des Mines
Adjoint au chef de la Division "Environnement industriel, Risques et Sous-sol",
Responsable du "Pôle Risques"

Année universitaire 2003-2004

REMERCIEMENTS

Ce stage a été réalisé du 5 janvier 2004 au 25 juin 2004, au sein de la Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (DRIRE PACA). Il s'est intégré dans la formation délivrée dans le cadre du Diplôme Universitaire Pollution et Environnement et a été nécessaire à la validation des acquis de cette année.

Dans le domaine de la protection de l'environnement, l'activité de la DRIRE s'exerce pour le compte du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (MEDD), sous l'autorité des préfets de départements. La DRIRE a pour mission principale de contrôler les activités industrielles susceptibles d'avoir un impact sur l'environnement, ceci dans le cadre de la réglementation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE). Cette mission de service public, définie par la loi, vise à prévenir et à réduire les dangers et les nuisances liés à ces installations afin de protéger les personnes, l'environnement et la santé publique. La DRIRE a également un rôle d'animation des acteurs de l'environnement, avec pour la région PACA :

- 3 réseaux de surveillance de la qualité de l'air,
- 1 Secrétariat Permanent pour les Problèmes de Pollution Industrielle (SPPPI),
- 10 commissions locales d'information et de concertation (CLIC) en prévision.

Je remercie le Directeur de la DRIRE PACA, Philippe LEDENVIC, le chef de la Division Environnement industriel / Risques / Sous-sol (DERS), Laurent NEYER, et bien sûr mon maître de stage, Jacques VALLART, pour m'avoir accueillie au sein de la DRIRE en tant que stagiaire. Je remercie particulièrement ce dernier pour sa disponibilité durant toute la durée du stage.

Je remercie Marc FRENGER, pour l'aide qu'il m'a apportée tout au long du stage ; Gilbert BOISSIER, pour sa gentillesse et ses conseils dans le domaine de l'informatique ; Christian CONCHE, pour la rapidité avec laquelle il a accédé à mes demandes et résolu les questions logistiques ; Patricia JUGAN, pour son aide précieuse en bureautique ; Christine UNTERNAHRER, pour sa bonne humeur et son efficacité dans la gestion de mes ordres de mission ; Carole CROS et Astrid OLLAGNIER pour tous leurs conseils, concernant aussi bien mon stage que d'autres sujets plus généraux ; Franck KALOUSTIAN, pour m'avoir donné son avis éclairé sur ma prose anglaise. Merci également aux autres stagiaires présents au sein de la division, avec qui j'ai pu échanger de nombreuses idées très instructives.

Plus généralement, je remercie l'ensemble de la DRIRE, et plus spécialement toute l'équipe de la DERS pour son accueil chaleureux, son soutien, son aide et l'ambiance très conviviale qu'elle a su créer pendant toute la période du stage.

A toutes les personnes que j'aurais pu oublier, je m'en excuse sincèrement et vous remercie de votre aide.

SOMMAIRE

RESUME ET ABSTRACT	4
INTRODUCTION	5
1. LES INONDATIONS	6
1.1. Définitions	6
1.2. Les causes d'une inondation	6
1.3. Les types d'inondations.....	7
1.4. Les paramètres d'une inondation	10
1.5. L'aléa	11
1.6. Les facteurs aggravants	12
2. MATERIEL ET METHODES	13
2.1. Zone étudiée	13
2.2. Recensement des informations sur le risque inondation	14
2.3. Entrevues avec les différents partenaires.....	14
2.4. Visites sur les sites industriels	14
2.5. Réunions du GT Risques naturels	14
3. RESULTATS	16
3.1. Informations recensées sur le risque inondation.....	16
3.2. Informations recensées lors des visites sur les sites.....	18
4. DISCUSSION DES RESULTATS	25
4.1. Conséquences des inondations sur la zone étudiée et mesures prises.....	25
4.2. Conséquences générales des inondations	25
4.3. Propositions techniques	25
CONCLUSION ET PROSPECTIVES	29
BIBLIOGRAPHIE	30
SITES INTERNET	31
ANNEXES	

RESUME

De par sa situation géographique et climatique, la région Provence-Alpes-Côte d'Azur est soumise à des pluies violentes, entraînant souvent de graves dommages aussi bien en terme de vies humaines que de dégâts matériels. Afin de préserver l'intégrité des installations industrielles présentes sur le territoire, et par voie de conséquence l'économie régionale et l'environnement, le Secrétariat Permanent pour les Problèmes de Pollution Industrielle (SPPPI), instance de concertation régionale entre élus, associations, industriels et administrations, a lancé en janvier 2004 un groupe de travail (GT) sur le thème des risques naturels, avec pour but prioritaire d'évaluer l'impact des inondations sur les installations et de mettre en place une charte de bonnes pratiques applicables par les industriels afin de réduire lesdits impacts.

Il existe plusieurs types d'inondations et les causes sont diverses. Le potentiel de destruction d'une inondation est définie par de nombreux paramètres qu'il est nécessaire d'intégrer pour définir au mieux l'aléa ; les dégâts causés par une celle-ci aux installations industrielles peuvent être catastrophiques : pertes des réseaux divers (électrique, informatique, téléphonique, eau potable), destruction totale ou partielle de matériels et de stocks, pertes importantes d'exploitation et de clientèle. Les mesures de prévention et de protection sont nombreuses (construction de digues autour du site, murets de protection autour des équipements importants, ancrage des réservoirs, rehaussement des niveaux d'exploitation et des stocks, sécurisation des moyens de communication,...) mais du fait que le risque d'inondation est très mal évalué dans les études de dangers des installations, ces mesures ne sont donc que rarement appliquées ; néanmoins, suite à la dernière inondation de décembre 2003, nombreux sont les industriels ayant décidé de mieux intégrer ce risque dans leur étude de dangers et leur plan d'urgence interne et de mettre en place des mesures préventives plus efficaces. Il est toutefois nécessaire d'impliquer les collectivités dans cette problématique, l'aménagement des zones industrielles étant à leur charge.

ABSTRACT

Due to its geographic and climatic situation, the Provence-Alpes-Côte d'Azur region is subjected to violent rains. They often cause serious damages about material as well as human lifes. To preserve integrity of the industrial units there and as a result both regional economy and environnement, a natural risks taskforce has been launched in january 2004. Its first aim is to evaluate the impact of flooding on the plants and to set up a good practices charter from the industrials.

There are several kind of floods and their causes are various. Furthermore, the weight of flooding results from many parameters. They must be considered to evaluate properly the risk probability. Damages caused by flooding on industrial units can be catastrophic thus : various networks losses (electrical, computers, telephone, drinking water), total or partial destruction of stocks or material and business losses. The possible preventive and protective measures are numerous (dykes building around the plant, protective low walls around important equipments, tanks cramping, running levels and stocks raising, making communication ways safe). But since flooding risk is not enough taken into account in risks analysis, these measures are seldom used ; nevertheless, after the december 2003 floods, most of the industrials decided to pay more attention on this risk in their risks analysis and in their internal emergency plan. They decided also to set up more efficient preventive measures. Communities must be involved in this issue because they are responsible for the regional development.

INTRODUCTION

En France, les inondations représentent le risque naturel le plus courant et le plus dommageable, aussi bien en terme de pertes humaines que de dégâts matériels ; compte tenu du réseau hydrographique correspondant à 280 000 km de cours d'eau, peu de secteurs géographiques sont épargnés par ce risque. Mais il apparaît bien souvent que le thème soit méconnu des industriels. Cette méconnaissance porte aussi bien sur la prise en compte du risque lors de la conception des installations que son intégration dans la politique de prévention et de gestion du risque et de ses conséquences. Par ailleurs, il existe peu d'études sur l'impact réel des inondations sur les installations industrielles. Il est donc nécessaire d'améliorer la connaissance de ce phénomène naturel et en particulier en quoi il peut être un facteur aggravant à l'origine de sur-accidents, et ce afin d'améliorer la prévention et la gestion en cas de crise.

Afin de mener à bien cette étude, la DRIRE PACA a lancé, lors de la commission plénière du SPPPI en juin 2003, un groupe de travail (GT) Risques naturels ayant pour objectif d'étudier l'ensemble des risques naturels susceptibles d'impacter les installations industrielles, avec pour finalité de trouver des moyens de réduire l'impact de ces risques. Compte tenu de réglementations et de travaux déjà engagés sur le séisme d'une part et compte tenu des inondations du Rhône et de ses affluents en 2002 et 2003 d'autre part, le groupe de travail s'attache d'abord au risque "inondation". Ce GT a donc à charge de recenser les risques naturels, leurs intensités et probabilités associées et de définir par analogie avec d'autres domaines le niveau d'acceptabilité. Il rappelle ensuite les règles applicables en terme d'analyse de l'impact et établit des règles de prévention du risque.

Dans un premier temps, une présentation du risque est nécessaire, afin de définir les différents types d'inondations, leurs causes, les paramètres à intégrer pour définir au mieux l'aléa, les facteurs aggravants. La seconde partie du rapport s'attache à la méthodologie appliquée pour recueillir les informations utiles à l'étude de ce risque ; elle définit la zone étudiée, présente les différents partenaires et experts consultés dans le cadre de l'étude menée, les sites visités, le sujet des réunions du GT. La troisième partie recense les informations recueillies au cours des démarches entreprises et fait état des conséquences observées sur les sites touchés par les inondations. La quatrième partie permet d'appréhender les conséquences générales d'une inondation et présente les mesures de prévention et de protection applicables. Enfin, il est montré en conclusion que les industriels seuls ne pourront pas résoudre le problème des inondations si les collectivités territoriales, responsables de l'aménagement du territoire, ne s'impliquent pas dans les études concernant ce risque ; en effet, si les études de dangers sont à la charge des exploitants, des moyens de prévention doivent néanmoins être aménagés par les collectivités (aménagement de zones d'activités, réseaux pluviaux, bassins d'orage, etc) afin de gérer au mieux les problèmes rencontrés en cas de risque avéré.

(dans le présent rapport , les noms des entreprises visitées ou intervenantes et de leur personnel ont été retirées à la demande de ces dernières pour cause de confidentialité)

1. LES INONDATIONS

1.1. Définitions

Le terme **inondation** correspond à une submersion (lente ou rapide) d'une zone pouvant être habitée. La provenance des eaux peut 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 ou par un ruissellement ;
- eaux de ruissellement sur les terrains avoisinant le site étudié ;
- eaux en provenance de la remontée de la nappe phréatique ;
- cas rare mais grave de la rupture d'un endiguement.

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

Un cours d'eau s'écoule habituellement dans son **lit mineur** (figure 1).

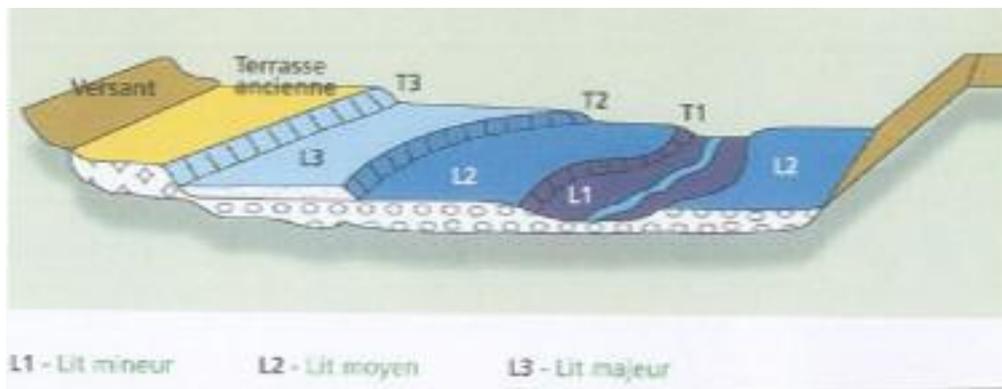


Figure 1 : Caractéristiques physiques d'un cours d'eau

Le **lit majeur** est un espace occupé par un cours d'eau lors d'une inondation (figure 1). Il peut être scindé en 2 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 en aval.

(BALLAIS J.L *et al.*, 1996 ; Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2000 ; VUIDART I., juin 2001)

1.2. Les causes des inondations

Chaque cours d'eau, du plus petit torrent aux grandes rivières, collecte l'eau d'un territoire plus ou moins grand appelé son **bassin versant**. Lorsque des pluies abondantes et/ou durables surviennent, le débit du cours d'eau augmente et peut entraîner le débordement des eaux. Plusieurs facteurs interviennent :

- l'intensité et la répartition des pluies dans le bassin versant. La fonte des neiges s'ajoute parfois à ces pluies, accentuant le risque ;
- la pente du bassin et sa couverture végétale qui accélèrent ou ralentissent les écoulements ;
- l'absorption par le sol et l'infiltration dans le sous-sol qui alimentent les nappes souterraines. Un sol saturé par des pluies récentes n'absorbe plus ;
- l'action de l'homme : déboisements, feux de forêts qui rendent le sol plus propice au ruissellement. A cause de l'imperméabilisation due au développement des villes, l'eau ne s'infiltré plus et surcharge les systèmes d'évacuation.

1.3. Les types d'inondations

Différents types d'inondations sont susceptibles d'affecter une région, chacun ayant un degré de gravité spécifique.

1.3.1. Stagnation d'eaux pluviales

Elles sont dues à une capacité insuffisante d'infiltration, d'évacuation de 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, sont souvent le facteur déterminant des inondations des quartiers les plus bas (figure 2). 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 (VUIDART I., juin 2001).

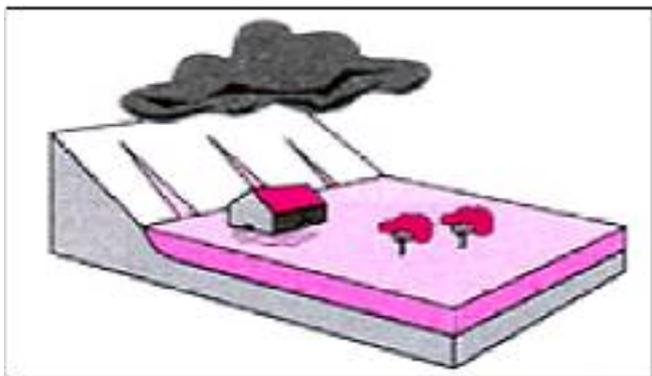
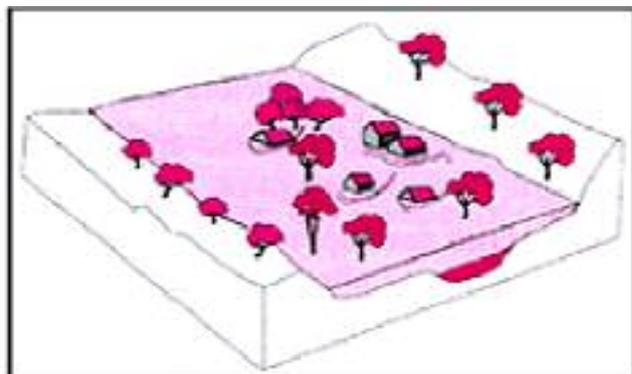


Figure 2 : Inondation par stagnation d'eaux pluviales

1.3.2. Débordement de cours d'eau

Suite à des pluies violentes ou durables, l'augmentation des cours d'eau peut être telle que ceux-ci gonflent au point de déborder de leur lit, pour envahir des zones généralement de faible altitude et de faible pente. Les dégâts peuvent être très élevés, et surtout le risque de noyade existe (en particulier lors du franchissement de gués lors de l'arrivée de l'onde de crue). Ils peuvent être de 2 types : débordement direct ou débordement indirect.



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 3). On distingue 2 grandes sortes de phénomènes à l'origine des débordements directs :

- les crues océaniques ou crues de grande amplitude, très amples et lentes ;
- les crues torrentielles, rapides et violentes, quasi imprévisibles.

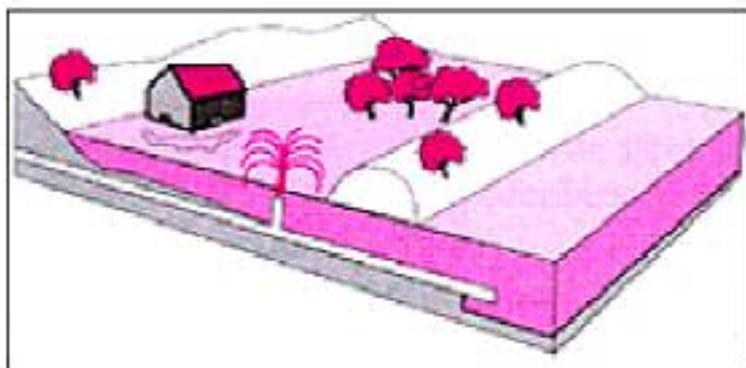


Figure 3 : Inondation par débordement direct

Débordement indirect : il peut se produire par remontée de l'eau dans les réseaux d'assainissement ou d'eaux pluviales, par remontée de nappes alluviales, par la

rupture d'un système d'endiguement ou d'autres ouvrages de protection (figure 4). 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 (VIDART I., juin 2001 ; DOLLADILLE O., VALLEE A., décembre 2003).

Figure 4 : Inondation par débordement indirect

1.3.3. Rupture d'ouvrages ou d'embâcles

Un embâcle consiste en l'obstruction d'un cours d'eau par la constitution d'une digue naturelle ou artificielle entraînant une retenue d'eau importante. La digue peut être constituée par des éléments solides arrachés à l'amont et charriés par le cours d'eau ou provoquée par un glissement de terrain. Dans le cas des rivières endiguées, l'inondation survient brutalement soit par surverse (débordement au-dessus de la digue), soit par rupture de la digue (figure 5).

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.

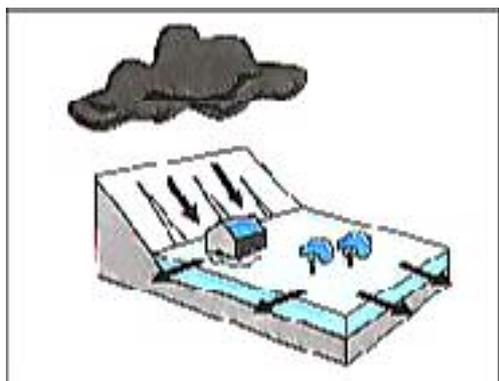


La lame déversante et l'affouillement de la masse obstruant le cours d'eau provoquent la rupture brutale de la digue, une augmentation brusque du courant, ainsi que la propagation d'une onde de crue destructrice, d'autant plus importante que le volume de la retenue et la hauteur de la digue avant sa 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 (VIDART I., juin 2001 ; DOLLADILLE O., VALLEE A., décembre 2003).

Figure 5 : Rupture d'une digue entraînant la submersion des zones en aval (Source : Commission Géologique du Canada)

1.3.4. Ruissellement en secteur urbain

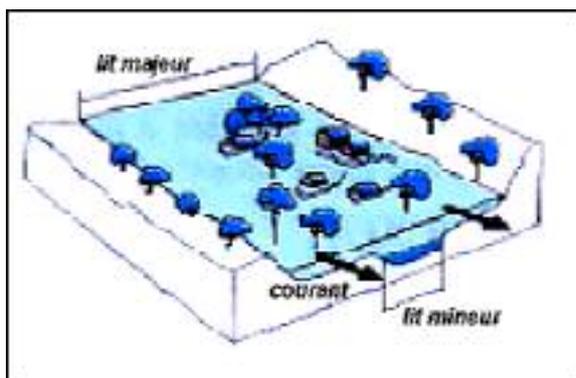
En secteur urbain, des orages intenses (plusieurs cm de pluie par heure) peuvent occasionner un très fort ruissellement (peu d'infiltration à cause des terrains devenus imperméables car goudronnés) qui va saturer les capacités du réseau d'évacuation des eaux pluviales et conduire à des inondations aux



points bas des villes (exemple : Nîmes, 1988) (figure 6). C'est un phénomène extrêmement localisé, intense, rapide et éphémère, mais les eaux accumulées dans les points bas peuvent stagner plus longtemps (exemple : Arles, 2003). Ce phénomène s'observe dans le cas de configurations particulières : versants à forte pente et/ou très imperméabilisés, petits cours d'eau très artificialisés, réseaux d'assainissement sous-dimensionnés et/ou topographie plane ou en cuvette, sol gelé...(VIDART I., juin 2001 ; DOLLADILLE O., VALLEE A., décembre 2003).

Figure 6 : Ruissellement en secteur urbain (source MATE)

1.3.5. Crues torrentielles



Lorsque des pluies abondantes et brutales se produisent dans le bassin versant d'un cours d'eau, 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 (figure 7). Fréquemment, par suite de la forme du lit (rétrécissements dus à la présence d'ouvrage 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 (VIDART I., juin 2001 ; DOLLADILLE O., VALLEE A., décembre 2003).

Figure 7 : Crue torrentielle (source MATE)

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 pas d'un simple transport solide 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 écoulement de type lave torrentielle peuvent avoir 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 (VIDART I., juin 2001).

1.3.6. 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 (figure 8). Ces 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) en raison de leur origine. Elles se traduisent par l'invasion par des eaux salées particulièrement agressives. Si à une surcote 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 (VUIDART I., juin 2001).



Figure 8 : Marée de tempête

1.4. Les paramètres d'une inondation

1.4.1. Le débit

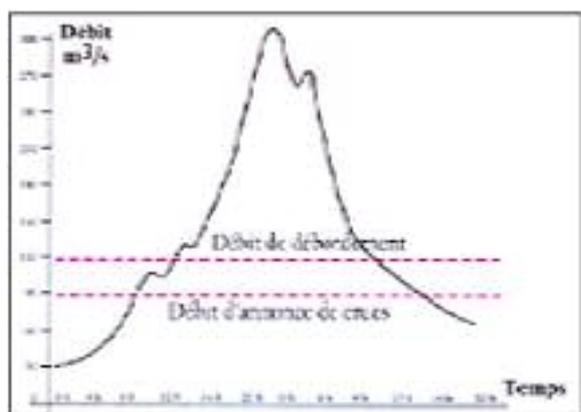


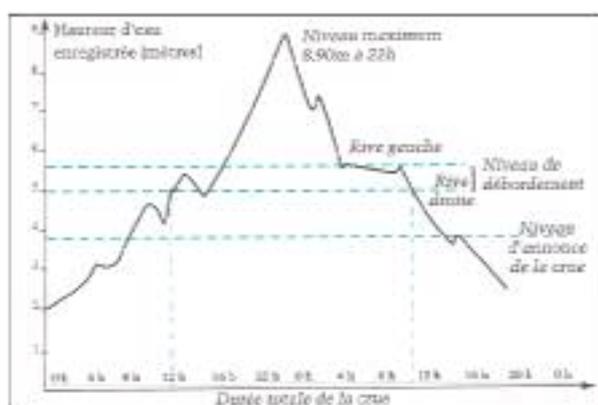
Figure 9 : Exemple d'hydrogramme de crue

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 ; on le donne 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. La courbe des débits en un point en fonction du temps est appelée **hydrogramme** (figure 9) (JACQ A., 1990 ; VUIDART I., juin 2001).

1.4.2. La vitesse d'écoulement

La **vitesse d'écoulement** est mesurée ou évaluée, en un point donné, pour une inondation spécifique, 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 (JACQ A., 1990).

1.4.3. La hauteur de submersion



La **hauteur de submersion** est mesurée, pour une crue donnée, lors du maximum de cette crue (c'est ce qu'on appelle la **pointe de crue historique** ou de **référence** fixée). Cette hauteur 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** (figure 10). La **laisse d'inondation** est la trace laissée par le niveau des eaux les plus hautes sur les constructions et le terrain, ainsi que par la boue ou les déchets véhiculés par la crue, et qui se sont accrochés sur les piles des ponts, les murets, dans les branches, aux poteaux, etc. On cherche à repérer cette laisse (ou à la prévoir) pour l'aménagement des zones inondables (JACQ A., 1990 ; VUIDART I., juin 2001).

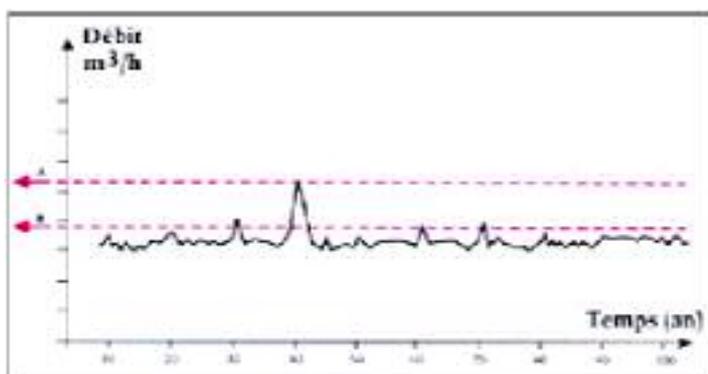
Figure 10 : Limnigramme schématique d'une crue

1.4.4. La durée de submersion

La **durée de submersion** représente la durée approximative pendant laquelle une surface donnée de terrain reste inondée. Cette durée varie de quelques heures à 1 mois. Elle est surtout significative des interruptions d'accès à une zone donnée, des pertes d'exploitation pour une activité spécifique et des dégradations souvent irréversibles sur les cultures (JACQ A., 1990).

1.4.5. La fréquence et la période de retour

Grâce à l'analyse des crues historiques (dates, secteurs concernés, débits, laisses...), on procède à une classification de ces crues en fonction de leur **fréquence** (probabilité qu'un événement a d'apparaître chaque année ou nombre moyen d'évènements similaires se produisant pendant une période donnée à un endroit donné, figure 11). A l'inverse, la **période de retour** est l'intervalle moyen



de temps séparant des évènements similaires (crues d'intensité comparable, en débits ou en hauteurs, ou en couple débit-hauteur), lorsque l'on observe les évènements 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 ; la crue millennale est une crue ayant une probabilité sur mille de se produire (tableau 1) (JACQ A., 1990 ; VUIDART I., juin 2001).

Figure 11 : Fréquence des crues

Tableau 1 : Fréquence de crues et pourcentages d'occurrence sur un temps déterminé (Source : DDE 13)

	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

Ces paramètres peuvent varier de façon importante en fonction des caractéristiques géomorphologiques du site : bassin versant, couvert végétal, qualité du sol (terre, pavés, asphalte...) (VUIDART I., juin 2001).

1.5. L'aléa

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 (VUIDART I., juin 2001).

Les principaux paramètres pour évaluer l'aléa sont :

- la période de retour des crues,
- la hauteur et la durée de submersion,
- la vitesse d'écoulement,
- la torrencialité du cours d'eau.

Il en découle le classement suivant, par ordre de gravité :

- **aléa faible** : profondeur inférieure à 1 mètre sans vitesse ;
- **aléa moyen** : profondeur de submersion comprise entre 1 et 2 m avec vitesse nulle à faible ou profondeur inférieure à 1 m mais avec vitesse moyenne à forte (on entend par vitesse moyenne à forte toute vitesse capable de déséquilibrer un adulte) ;
- **aléa fort** : profondeur de submersion supérieure à 2 m avec vitesse nulle à faible ou profondeur comprise entre 1 et 2 m avec vitesse moyenne à forte. Une zone de danger particulier est représentée par une bande de 300 m à l'arrière des levées pour tenir compte du risque de rupture ;
- **aléa très fort** : profondeur de submersion supérieure à 2 m avec vitesse moyenne à forte ou zone de danger particulier située à l'aval immédiat d'un déversoir (tableau 2).

Tableau 2 : Grille d'évaluation de l'aléa (crue centennale) sur les critères hauteur-vitesse applicables dans la zone urbaine

Vitesse Hauteur (m)	Faible	Moyenne	Forte	Très fort (> 1m/s)
H<0,20	faible	faible	moyen	fort
0,2<H<0,5	faible	moyen	fort	très fort
0,5<H<1,0	moyen	fort	fort	très fort
H>1,0	fort	fort	très fort	très fort

1.6. Facteurs aggravants

L'urbanisation et l'implantation d'activités dans les zones inondables se sont faites en grande partie dans des secteurs attractifs souvent sans tenir compte de leur vulnérabilité. En parallèle, l'augmentation du niveau de vie, le développement des réseaux d'infrastructures ont accru dans des proportions notables la valeur globale des biens et la fragilité des activités exposées.

La diminution des champs d'expansion des crues consécutive à l'urbanisation et aggravée par l'édification de digues ou remblais a pour conséquence une réduction de l'effet naturel d'écrêtement des crues bénéfique aux secteurs habités en aval des cours d'eau.

L'aménagement parfois hasardeux des cours d'eau sans respecter leur fonctionnement global a entraîné la modification locale de rivières sans se soucier des conséquences en amont ou en aval. Ces aménagements peuvent avoir pour conséquences préjudiciables l'accélération de crues en aval et l'altération du milieu naturel.

La formation et la rupture d'embâcles : les matériaux flottants transportés par le courant s'accumulent en amont des passages étroits. La rupture éventuelle de ces embâcles provoque une onde puissante et dangereuse en aval.

La défaillance des dispositifs de protection : le rôle de ces dispositifs (digues, déversoirs) est limité. Leur utilisation peut parfois exposer davantage la plaine alluviale que si elle n'était pas protégée.

L'utilisation ou l'occupation des sols sur les pentes des bassins versants : le bassin versant constitue l'aire géographique d'alimentation du cours d'eau. Toute modification qui empêche le laminage de la crue ou la pénétration des eaux dans le sol favorise une augmentation du ruissellement, un écoulement plus rapide et une concentration des eaux pouvant ainsi contribuer à aggraver les crues. Le déboisement, la suppression des haies, l'imperméabilisation des sols (routes, parkings,...) sont des facteurs qui contrarient le laminage de la crue et la pénétration de l'eau dans le sol.

Le transport et le dépôt de produits indésirables entraînés par l'eau puis abandonnés peuvent déclencher des accidents technologiques (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2000).

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Zone étudiée

2.1.1. Situation géographique et caractéristiques climatiques



Protégées par le Massif Central et les Alpes, la Provence et la Côte d'Azur sont sous influence méditerranéenne, jusqu'aux premiers contreforts des Alpes, où le climat devient montagnard (figure 12). Ce sont les régions les plus ensoleillées de France. Une sécheresse estivale, des pluies irrégulières et parfois torrentielles en automne, une luminosité de l'air exceptionnelle les jours de mistral, voici les traits principaux du climat de cette région.

Les précipitations annuelles, faibles sur le delta du Rhône (moins de 600 mm), s'élèvent à 800 mm sur le littoral montagneux et à 1 000 mm dans les Alpes. La sécheresse estivale est nettement marquée : juin, juillet et août reçoivent, suivant les stations, entre 9 et 15 % du total annuel des précipitations.

Figure 12 : Carte représentant la situation géographique de la région PACA

Le littoral connaît moins de 50 jours de pluie, le reste de la région moins de 100. Nice (800 mm) et Marseille (550 mm) reçoivent des quantités respectivement voisines de celles de Brest et de Paris, mais sur trois fois moins de jours ; les averses n'en sont donc que plus violentes. Ces pluies ont un impact important sur les cours d'eau, aussi bien côtiers qu'à l'intérieur des terres (Rhône, Durance), ainsi que sur le ruissellement. Ces phénomènes touchent l'ensemble du territoire de la région (annexes 1 et 2). De plus, une aggravation de ce phénomène est à craindre avec le réchauffement climatique.

2.1.2. Environnement industriel

La région PACA est marquée par une présence importante d'établissements à risques, essentiellement (mais pas uniquement) situés autour de l'étang de Berre dans les Bouches du Rhône (annexe 3). Les domaines sont très divers : raffinage, pétrochimie, chimie, chimie fine, métallurgie, liquides inflammables, gaz inflammables liquéfiés, explosifs, produits agro-pharmaceutiques mais également silos de céréales.

Il y a actuellement 57 établissements recensés en PACA classés par la directive SEVESO seuils hauts (en droit français, soumis à "autorisation avec servitudes") et 27 classés SEVESO seuils bas. Ces établissements font l'objet d'une réglementation spécifique, particulièrement contraignante : la directive européenne SEVESO 2, publiée en 1996 et transcrite en droit français en 2000. Cette directive s'applique aux établissements SEVESO 1 depuis février 2001.

2.2. Recensement des informations sur le risque inondation

Une recherche Internet préalable a permis de collecter bon nombre d'informations, notamment sur la typologie des inondations, le zonage et la cartographie des risques dans la région. Cette recherche a également permis d'accéder aux textes réglementaires définis dans le paragraphe suivant (accès par prim.net et legifrance.gouv.fr). Par la suite, plusieurs entrevues ont été menées avec des experts (INERIS, BRGM) et des services d'état (DDE, DIREN) ; ces entrevues ont permis de recueillir des données relativement précises et concrètes sur la définition de l'aléa et les méthodes de détermination des zones inondables.

2.3. Entrevues avec les différents partenaires

Afin de définir au mieux le travail qui doit être effectué, la DRIRE a voulu rencontrer, dans le cadre du Groupe de Travail (GT) Risques du SPPPI PACA, les différents partenaires associés à ce GT (tableau 3). Ces entrevues ont permis de recueillir dans un premier temps des données sur ce qui existe concernant le risque inondation ; ensuite, il a été possible lors des discussions engagées de définir les priorités à traiter et les thèmes d'études à développer. Cela a permis de mettre en place un fil conducteur pour la gestion de l'étude menée au sein du GT.

Tableau 3 : Les différents partenaires rencontrés par la DRIRE PACA dans le cadre du GT Risques naturels du SPPPI

Autorités locales	Date de l'entretien	Personnes interrogées	Personnes menant l'interview
INERIS (Aix-en-Provence)	13 janv. 2004	M. REVALOR	M. VALLART, Mlle OLIVERI (DRIRE PACA)
DDE Bouches du Rhône (Marseille)	13 janv. 2004	M. JENIN	M. VALLART, Mlle OLIVERI
DIREN PACA (Aix-en-Provence)	14 janv. 2004	M. MICHELS	M. VALLART, Mlle OLIVERI
DRIRE Languedoc-Roussillon (Montpellier)	4 fév. 2004	M. BEAUCHAUD, M. SAULIERE	M. VALLART, MLLE OLIVERI
BRGM PACA (Marseille)	10 fév. 2004	M. SOLAGES	M. VALLART
DRIRE PACA (Marseille) Section des Grands Barrages	25 fév. 2004	M. PAUCHON	Mlle OLIVERI
INERIS (Aix-en-Provence)	26 fév. 2004	Mme VALLEE, M. DOLLADILLE	M. VALLART, Mlle OLIVERI
Météo France (Aix-en-Provence)	24 mars 2004	M. GREGORIS, M. SOL	M. VALLART, Mlle OLIVERI

2.4. Visites sur les sites industriels

Lors des études menées dans le cadre du stage et du GT, il semblait utile, voire nécessaire, de se déplacer sur les sites ayant subi des inondations, dans le but de constater concrètement les dégâts et de pouvoir discuter avec les responsables sur ce qui est et a été fait pour prévenir le risque.

2.5. Réunions du GT Risques naturels

Les réunions du GT ont pour but principal de faire un état des lieux et d'acter de l'avancement des travaux et des études entrepris ; elles permettent également de rappeler les objectifs du GT et d'éviter ainsi les dispersements qu'il pourrait y avoir. Le pilote de ce GT Risques naturels est un industriel représentant "Environnement Industrie", le secrétariat du SPPPI est assuré par la DRIRE PACA. Le tableau 5 reprend les dates, lieux et personnes présentes lors de ces réunions, et permet grâce à l'ordre du jour de définir clairement quelles ont été les actions menées pour aboutir aux objectifs du GT.

Tableau 5 : Réunions du GT Risques naturels du SPPPI

Réunions	Dates	Lieu	Ordre du jour	Partenaires présents
Réunion préparatoire	24 fév. 2004	DRIRE PACA (Marseille)	<ul style="list-style-type: none"> - Rappel des objectifs du GT - Constitution du groupe plénier et réunion de lancement prévisible - Proposition d'étude prioritaire sur les inondations - Autres thèmes de risques naturels - Nature des conclusions attendues 	<ul style="list-style-type: none"> - DRIRE PACA - DDE 13 - DIREN PACA - DRIRE LR - INERIX (Aix) - BRGM (Marseille) - CYPRES - Environnement Industrie - Union des Industries Chimiques (UIC) - Union Française des Industries Pétrolières (UFIP)
1 ^{ère} réunion officielle	05 avril 2004	DRIRE PACA Antenne de Martigues	<ul style="list-style-type: none"> - Rappel des objectifs du GT - Etat des connaissances de l'aléa inondation et prise en compte au titre de l'urbanisme (DIREN, DDE 13) - Vulnérabilité des sites industriels et retour d'expérience des dernières inondations (INERIS) - Débat et échanges 	<ul style="list-style-type: none"> - Environnement Industrie - DRIRE PACA - DDE 13 - DIREN PACA - DRIRE LR - INERIS - BRGM - CYPRES - UIC - UFIP - Groupement des Assurances / Mission Risque Naturel - Conseil Général 13
2 ^{ème} réunion officielle	10 mai 2004	DRIRE PACA Antenne de Martigues	<ul style="list-style-type: none"> - Informations recensées sur le risque inondation et notion de fréquence de crues (DRIRE PACA et DDE 13) - Retour d'expérience pour les sites inondés en 2003 (et autres) et mesures prises au niveau des ICPE (DRIRE PACA) - Vision des assureurs (Groupement des Assurances) - Base de communication pour la réunion plénière SPPPI du 28 septembre 2004 (pilote et secrétariat du GT) 	<ul style="list-style-type: none"> - Environnement Industrie - DRIRE PACA - DIREN PACA - DRIRE LR - BRGM - CYPRES - Conseil Général 13 - Groupement des Assurances / Mission Risque Naturel

3. RESULTATS

3.1. Informations recensées sur le risque inondation

3.1.1. Informations générales

La recherche Internet effectuée au début du stage a permis de définir la typologie des inondations et grâce aux rapports de la Direction des Risques Accidentels (DRA) de l'INERIS, il a été possible de compléter les données recueillies. Le zonage et la cartographie des risques naturels ont également pu être obtenus de cette manière (voir références des sites Internet).

Les entretiens avec des partenaires du GT (DIREN, DDE) ont aussi apporté des informations sur le risque inondation, notamment en ce qui concerne les atlas des zones inondables et la méthodologie appliquée pour déterminer lesdites zones (méthode hydrogéomorphologique).

Atlas des zones inondables

Ces documents portent à la connaissance des collectivités locales et du public les informations disponibles sur les risques d'inondation, sous forme de textes et de cartes. Leur publication intervient dans le cadre de la politique générale de prévention des risques. Les atlas sont établis à partir des relevés des événements historiques (quand ils sont connus) et d'études de modélisation, basées sur une méthode appelée méthode hydrogéomorphologique (BALLAIS J.L. *et al*, 1996). Pour chaque vallée, un atlas comporte généralement une notice explicative, une carte générale de repérage (1/200 000) et une série de cartes thématiques (1/25 000) figurant les plus hautes eaux connues (PHEC) et les inondations de fréquence plus grande.

Les services producteurs de ces informations sont les :

- DIREN Bourgogne, Corse, Franche-Comté, Languedoc-Roussillon, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Rhône-Alpes ;
- DDE, DDAF, RTM (Restauration des Terrains en Montagne).

Méthode hydrogéomorphologique

La caractérisation hydrogéomorphologique des zones inondables s'appuie sur des critères d'identification et de délimitation que sont : la morphologie, la sédimentologie et l'occupation des sols.

L'étude de la morphologie permet une visualisation de la disposition spatiale des différents lits d'un cours d'eau (figure 1). L'observation de la sédimentologie et de la répartition des espèces végétales dans l'espace alluvial permet d'apporter des informations complémentaires aux données d'ordre morphologique. La localisation des constructions a soigneusement intégré dans le passé le fonctionnement du milieu alluvial ; son observation fournit par conséquent de précieuses indications sur le risque d'inondation. En effet, les constructions anciennes se situent de manière quasi systématique en bordure externe de zone inondable.

Un certain nombre de modifications en fonction des conditions géomorphologiques régionales et des transformations apportées par l'homme peuvent changer le schéma général obtenu ; il est donc nécessaire, lors d'une analyse hydrogéomorphologique, de différencier les informations liées au fonctionnement naturel du milieu alluvial de celles qui découlent des actions anthropiques, et qui peuvent modifier le comportement du cours d'eau en crue (BALLAIS J.L. *et al*, 1996).

3.1.2. Textes réglementaires

Il existe plusieurs outils réglementaires relatifs aux inondations parmi lesquels la circulaire du 24 janvier 1994, relative à la prévention des inondations et à la gestion des zones inondables ainsi que les plans de surface submersibles (PSS), remplacés en 1995 par les PPR. Parmi les autres textes réglementaires, on peut citer la loi n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau, qui aborde notamment l'entretien

des cours d'eau, et l'arrêté interministériel du 27 février 1984 (mis à jour par l'arrêté du 11 février 1997), qui définit les modalités d'annonces des crues (VIDART I., octobre 2001).

Toutefois, il est noté qu'il n'existe pas de réglementation spécifique aux ICPE pour le risque naturel "inondation", mais des textes généraux PPR-Inondation ou RFS (Règles Fondamentales de Sécurité, pour le nucléaire). Ces RFS définissent une cote majorée de sécurité (CMS) s'appuyant partiellement sur une approche probabiliste ; cette CMS doit ensuite être prise en compte pour la conception de chaque installation nucléaire. La façon de déterminer cette cote varie en fonction du type du site (fluvial, en bord de mer, en estuaire). Il est donc prévu de protéger les centrales nucléaires contre les inondations d'origine externe considérées comme plausibles, par un calage correct au niveau de leur plateforme (LIBMANN J., 1992 ; MICHEL B. *et al.* 1994 ; Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, Secrétariat d'Etat à l'Industrie, Ministère de l'aménagement du Territoire et de l'Environnement, 1999).

Pour limiter les risques naturels dans les secteurs urbanisés, la loi du 2 février 1995 (loi Barnier) a créé les plans de prévention des risques naturels (PPR) dont l'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. Le PPR approuvé vaut servitude d'utilité publique annexé au plan d'urbanisme de la commune. Il y a donc lieu de tenir compte de ses prescriptions dans l'analyse des études des dangers remises par les industriels et lors de l'établissement des prescriptions imposées dans l'arrêté préfectoral d'autorisation du site. Les PPR se déclinent en PPRI (Plan de Prévention des Risques Inondation) lorsqu'ils visent le risque "inondation". Le règlement du PPRI approuvé par arrêté préfectoral peut fixer des prescriptions spécifiques aux installations classées. Il peut s'agir notamment :

- de limiter leur implantation,
- d'imposer la mise en place de mesures de prévention,
- de demander la mise en place d'un programme de réduction de la vulnérabilité,
- de prescrire un registre détaillant l'évaluation des risques et les dispositions pour y faire face

(Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2000 ; Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, 2002 ; Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques, Sous-direction de la prévention des risques majeurs, 2002 ; BARBAY D., 2004 ; GUYARD C., 2004).

L'annexe 5 fait référence au PPRI adopté dans le département des Yvelines, et qui pourrait constituer une base de travail pour élaborer une réglementation spécifique aux ICPE pour le risque inondation, comme cela a déjà été fait pour le risque sismique et le risque foudre.

3.1.3. Mesures prises au niveau des ICPE

Le Plan d'Opération Interne (POI)

L'arrêté préfectoral d'autorisation peut prévoir, après consultation de la direction départementale des services d'incendie et de secours (DD SIS), l'obligation d'établir un POI en cas de sinistre. Ce POI définit les mesures d'organisation, les méthodes d'intervention et les moyens nécessaires que l'exploitant doit mettre en oeuvre pour protéger le personnel, les populations et l'environnement. Le POI est demandé principalement pour les installations présentant les risques les plus importants pour les personnes et l'environnement (notamment les installations faisant l'objet d'un plan particulier d'intervention). Le décret du 21 septembre 1977 modifié impose l'élaboration d'un POI à tout établissement soumis à servitudes d'utilité publique (SEVESO).

Le POI est établi par l'exploitant sous sa responsabilité. Il a pour but d'organiser la lutte contre le sinistre et doit, en particulier, détailler les moyens et équipements mis en oeuvre. Il ne peut être établi que sur la base d'une étude de dangers comportant une analyse des différents scénarios d'accidents possibles et de leurs conséquences les plus pénalisantes. Il doit reproduire les mesures d'urgence qui incombent à l'exploitant sous le contrôle de l'autorité de police, notamment en matière d'alerte du public, des services, des concessionnaires et des municipalités concernés.

La réalisation d'exercices d'application du POI doit être effective, afin d'en vérifier la fiabilité et d'en combler les lacunes éventuelles. Il est souhaitable que de tels exercices aient lieu au moins une fois par an. Les différents services concernés doivent être informés de ces exercices et y être associés en tant que de besoin. Le décret du 21 septembre 1977 modifié impose dorénavant à l'exploitant de mettre à jour et de tester son POI à des intervalles ne dépassant pas 3 ans.

Le Plan Particulier d'Intervention (PPI)

Etabli sous l'autorité du Préfet, le PPI établit les mesures à prendre et les moyens de secours à mettre en œuvre en cas de sinistre s'étendant à l'extérieur de l'installation industrielle et menaçant la sécurité des populations. Le PPI prévoit :

- l'alerte des populations par un signal d'alerte spécifique (pour écouter la sirène) ;
- le confinement rapide des populations situées dans le périmètre de sécurité par la mise en place de centre d'accueil ;
- l'interdiction temporaire de la circulation et du stationnement dans le périmètre de sécurité par la mise en place de barrages routiers et de patrouilles de police ;
- la mesure et le contrôle de la toxicité atmosphérique par des équipes spécialisées ;
- l'information des populations sur le déroulement des opérations par radio ;
- la mise en place de cellules d'urgence médicale.

Il est systématique pour les sites SEVESO (décret du 6 mai 1988).

3.2. Informations recensées lors des visites sur les sites

Les différentes visites effectuées sur les sites ayant subi une (ou des) inondation(s) ont permis de constater concrètement quels sont les différents dommages causés lors de ces événements parfois catastrophiques. La dernière inondation datant de décembre 2003, pour la plupart des entreprises les dégâts n'étaient plus visibles ; parfois, quelques indices restaient encore sur l'impact qu'a eu ce phénomène sur les installations. L'état des lieux qui suit recense les diverses conséquences qu'ont engendré les inondations subies par les industriels.

3.2.1. Papeterie à Tarascon

C'est une unité de production de pâte à papier kraft blanchie de résineux suivant un procédé ECF, c'est-à-dire sans utilisation de chlore. La production de l'usine est de l'ordre de 250 000 t/an. L'effectif est d'environ 280 personnes.

L'entreprise est soumise à autorisation avec servitudes d'utilité publique. Le site est classé SEVESO 2 seuil haut à cause du chlorate sec utilisé dans les process.

L'usine est située au sud de l'agglomération de Tarascon, sur la zone industrielle, en bordure du Rhône.

L'inondation subie par l'usine en décembre 2003 correspond à un débordement direct de cours d'eau (submersion de berges), le Rhône en l'occurrence.

Le courant était relativement fort puisqu'il a entraîné l'arrachage de la clôture au nord-ouest du site sur 1 km (en amont du site). De plus, des stocks de tronçons de bois ont été emportés et ont arraché une partie de la clôture côté sud (en aval du site). Il a été impossible de circuler en bateau à un certain moment, la navigation à contre-courant étant trop difficile.

Lors de la crue, le niveau du Rhône est monté à 11 m ; les hauteurs d'eau atteintes en différents endroits du site ont été les suivants :

- 20 cm d'eau à l'entrée de l'usine ;
- 40 cm d'eau dans les ateliers d'exploitation et les bureaux ;
- 1,5 à 1,6 m d'eau dans certains bureaux situés dans des points bas ;
- 1,6 m au niveau de certains bâtiments.

L'eau est rentrée préférentiellement par le parking situé à l'entrée de l'usine, côté Rhône ; la clôture de ce côté a un peu protégé les installations du courant.

Pendant l'inondation, il y a eu perte des réseaux informatique, EDF, eau potable (utile pour les process), téléphonique et fax. Les archives ont été inondées et ont dû être séchées par cryogénie.

L'eau a entraîné la flottaison de 4500 t de bois, qui ont été emportés en arrachant une partie de la clôture ; il n'y a pas eu d'autres enlèvements que celui du bois. Certains lots de pâte ont été couchés mais sans être emportés.

Au niveau des stockages, il y a eu perte de 6000 t de bois et 2000 t de pâte à papier ; les balles les plus basses, et par capillarité celles en hauteur, ont été mouillées et donc perdues.

400 moteurs ont été noyés sous les eaux et ont nécessité un long travail de nettoyage.

Des postes électriques ont été noyés.

L'eau est passée par-dessus les cuves de rétention. Les cuves de stockage, ancrées ou non, n'ont pas bougé, en raison du liquide contenu assurant une masse ; par contre, le stockage de peroxydes, vide (en cours de mise en service), a été déplacé.

Les fosses de rétention n'ont pas toutes été remplies.

Il y a eu des problèmes au niveau de la station d'épuration (-7 m par rapport à l'usine) et la mise en place de décanteurs primaires a été nécessaire pour évacuer les limons. Les filtres ont été colmatés et ont entraîné 6 arrêts de production jusqu'au 6 janvier 2004.

Le système de sécurité des machines a bien fonctionné et a été contrôlé après la crue.

Il n'y a pas eu d'effets d'impact avec des flottants sur les cuves et les divers équipements ; la clôture a pu servir de protection contre les différents débris charriés par le fleuve.

Les wagons de transport des marchandises sont restés sur leurs rails.

Les produits chimiques présents dans les bacs n'ont pas bougé, seuls quelques conteneurs vides ont été déplacés ; ces conteneurs ont un volume d'une dizaine de m³ chacun et la plupart étaient pleins au moins au tiers. Quelques fûts sont partis, mais pas les gros bacs.

Lors de la visite du site, des nids de poule dus au ravinement par le courant ont pu être observés.

La canalisation du réseau d'eau incendie n'a pas bougé, bien qu'en aval des stocks de bois emportés par la crue.

L'arrêt de l'usine a entraîné un coût de 11 millions d'euros, dont 5 millions de franchise. Ce coût correspond à des pertes directes, mais la vente des pâtes souillées à des prix beaucoup plus faibles que ceux du marché a également porté préjudice à l'entreprise. Il n'y a pas eu de chômage technique.

L'usine était conçue pour se prémunir d'une crue centennale (1856). Suite à l'inondation de 2003, le plan d'action sera légèrement modifié ; des mesures de prévention seront mises en place pour protéger les archives et les serveurs informatiques.

Un projet de digue est à l'étude, sachant qu'elle constitue une contrainte imposée par les assureurs et les actionnaires du site. Une surélévation des installations étant impossible car trop coûteuse, seule la construction de cette digue pourrait permettre la pérennité de l'usine. La hauteur de la digue sera calée sur cette nouvelle crue de 2003 qui sera la référence en terme de PHEC (plus hautes eaux connues), avec une occurrence estimée à 300 / 500 ans. Cette construction de digue doit faire l'objet d'une autorisation avec enquête publique au titre de la police des eaux.

3.2.2. Dépôt de produits dangereux à Arles

La nature des activités de l'entreprise est l'entreposage et la distribution, sans transvasement, de produits finis phytosanitaires, sans vente directe au public dans l'installation. La capacité maximum de stockage est de 3000 t, dont environ 48% sont représentés par des marchandises rentrant dans le cadre de la législation sur les matières dangereuses. L'effectif du personnel est de 6 à 8 personnes.

Le site est classé SEVESO seuil haut. Il n'était pas classé en zone inondable car protégé par une digue fiable ; mais depuis l'inondation, la DDE a déclassé les zones de "protégées par une digue fiable" à "submersibles protégées par une digue".

L'installation est située dans la zone industrielle d'Arles. Le Grand Rhône se trouve à 750 m à l'ouest, le canal du Vigueirat à 1100 m à l'est.

L'inondation de décembre 2003 sur le site a été entraînée par la rupture d'une digue sur Avignon. Le 03/12, le débit du Rhône a fortement augmenté. A 4h du matin cette nuit-là (du 03/12 au 04/12), un fax de la Mairie est transmis et prévoit 20 cm d'eau dans la zone avec demande d'évacuation. Les quais du bâtiment étant à une hauteur de 1,2 m par rapport au sol, les locaux étaient donc censés être hors d'atteinte des eaux.

Des premières mesures conservatrices ont néanmoins été prises : de 9h à 12h, le personnel a été évacué et seulement 2 personnes sont restées pour remonter les marchandises sensibles sur les quais. A midi, l'eau a dépassé le niveau des quais de chargement et est rentrée dans les cellules de stockage, suivant le dénivelé de 90 cm par rapport aux quais.

La fermeture des vannes a été effectuée, afin d'éviter toute remontée des eaux du réseau pluvial.

Les 2 personnes qui s'étaient chargées de mettre une partie du stock hors eaux ont coupé l'électricité et le générateur à mousse ; elles ont ensuite évacué le site, alors que l'eau atteignait 90 cm dans les cellules de stockage, et ont rejoint le PC des pompiers.

Le retour sur le site s'est fait le 05/12 au matin. L'eau avait atteint 1,43 m dans les stocks, 50 cm au-dessus des quais (figures 13 et 14). Elle est redescendue 14j. plus tard. Pendant toute la durée de la submersion, des rondes de surveillance des locaux ont été faites (figure 15), ainsi que du niveau de l'eau. Le 12/12, il n'y avait plus d'eau dans les bureaux (où il y a eu 40 cm d'eau).

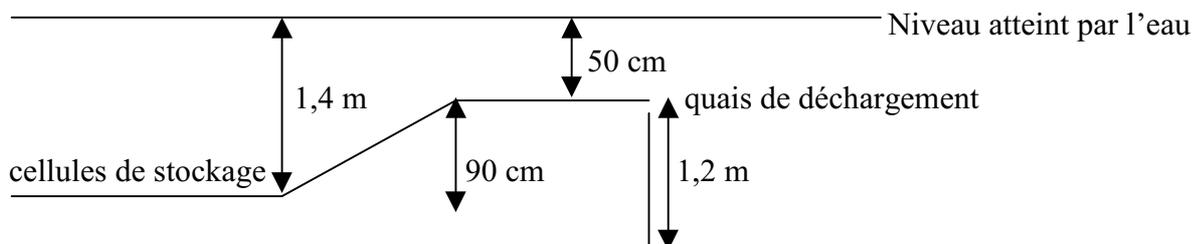


Figure 13 : Schéma des quais et des cellules de stockage de l'entreprise PSS représentant les différentes hauteurs d'eau atteintes sur le site (les échelles ne sont pas respectées).



Figure 14 : Niveau d'eau atteint dans les cellules de stockage



Figure 15 : Vue extérieure du niveau d'eau atteint sur le site

bureaux
quais de déchargement

Au moment de l'inondation, il y avait 1300 t de marchandises dans les halls de stockage dont 400 au sol. Environ 1/4 du stock a pu être sauvegardé, le reste est parti en destruction ou a été déclassé.

Les emballages, très solides pour les matières dangereuses, n'ont pas subi de gros dégâts ; les palettes n'ont pas bougé, seuls quelques cartons ont été emportés par le courant. Beaucoup de produits sont liquides et conditionnés dans des bidons en plastique, des fûts en fer, en aluminium ou en carton (ces derniers ont été endommagés).

Des palettes de chlore (en galets) emballées dans des fûts kraft ont été mouillées, les fûts se sont affaissés, ce qui a provoqué des odeurs qui ont alerté à tort les pompiers en patrouille sur le site ; il n'y a en effet pas eu de déversement dans l'eau. Une pollution aux hydrocarbures a été constatée mais pas du fait de l'installation.

Des fissures ont pu être observées dans les dalles du sol des cellules de stockage.

Tous les moteurs des chariots élévateurs, garés sur le quai, ont été noyés.

Les archives ont été touchées dans les locaux administratifs, mais sans grandes conséquences (figure 16).



Des déchets ont dû être traités, suite à un épandage de Suprend (matière dangereuse, polluante), produit intermédiaire.

Il n'y a pas de traces visibles de chocs ou de déformations au niveau des racks.

Suite à cette catastrophe, des mesures de prévention ont été décidées : dans la gestion informatisée des stocks, les marchandises sensibles seront automatiquement mises au niveau 1. Au sol, il n'y aura que les fûts (en fer, bidons).

Figure 16 : Niveau atteint par l'eau dans les locaux administratifs

La mise en place d'une liaison téléphonique a été demandée à la commune afin de pouvoir contacter directement le service municipal d'annonce des crues.

Le site sera sous surveillance 24h/24 (système d'astreinte) en cas de problème, ce qui est aussi valable en cas d'inondation. Par expérience, et donc par mesure de précaution, même en cas d'alerte mineure, toutes les marchandises seront mises en sécurité.

Le risque pollution sera envisagé et devra être pris en compte.

Un projet de batardeaux (sur une hauteur de 90 cm) est également à l'étude pour protéger les cellules de stockage des eaux, au niveau des portes (avec un système de glissières) ; les issues de secours également seront isolées.

Le risque inondation sera intégré dans l'EDD, mais dans 5 ans. La conduite à tenir, des prescriptions, sont également à intégrer dans le POI.

3.2.3. Usine de purification de solvants à Peypin

La société, implantée sur la commune de Peypin, exploite depuis 1971 un site de distillation, purification, régénération, mélange, conditionnement et négoce de solvants et produits chimiques destinés principalement à l'industrie pharmaceutique. L'effectif est d'environ 70 personnes.

Le site est certifié ISO 9002 (qualité) et ISO 14001 (environnement).

Suite aux violentes intempéries survenues dans la nuit du 03/09/02 au 4/09/02, des eaux de ruissellement de la Zone Industrielle (ZI) de Valdonne arrivant en coin du site ne pouvant plus s'écouler dans une canalisation bouchée par la boue situé sur la ZI se sont dirigées à l'intérieur du site. Suite à cette arrivée d'eau, le bassin de rétention des eaux a débordé et de l'eau s'est déversée dans le local en fosse sous le niveau du sol contenant le moto-pompe incendie provoquant :

- le démarrage du moteur par mise en protection,
- le démarrage de la protection incendie et de la protection mousse sur les stockages,

- la détérioration mécanique très importante du moteur lorsque l'eau a été aspirée par l'admission d'air.

Le niveau de l'eau est arrivée au seuil de la porte (soit une hauteur d'environ 2 m). A noter que la pompe de vidange placée en annexe a joué un rôle mais n'a pas pu absorber l'ensemble de l'eau récupérée de l'extérieur par le site.

Afin de prévenir un événement similaire, l'entrée du local en fosse a été relevée ; des marches situées à l'extérieur permettent d'y accéder. De plus, l'exploitant effectue dorénavant une surveillance du réseau pluvial et de l'entretien des ouvrages (avec signalement à la mairie en cas de manquement).

3.2.4. Entreprise de stockage à Rognac

La société, implantée dans la commune de Rognac, est une entreprise de stockage, ré-étiquetage, préparation, reconditionnement et palettisation. Elle entrepose, sur une surface totale de 11 000 m² constituée de 2 hangars, des produits phytosanitaires, des produits vrac en silo, des matières plastiques et des groupes électrogènes de la société EDF. Le personnel est composé d'un effectif de 37 personnes, sur site pendant toute la journée.

Cette entreprise n'est pas classée SEVESO seuil bas, du fait du stockage de produits phytosanitaires ne dépassant pas un tonnage de 100 t.

Le site est ceinturé d'une ligne de chemin de fer, avec en amont une ligne SNCF surélevée constituant une digue.

Le site a subi 2 inondations depuis son implantation : en 1993 et en 1994.

L'inondation de septembre 1993 a fait suite à une période pluvieuse intense de 2-3 j. Du fait de l'embranchement SNCF (qui constitue un canal pour les eaux de pluie, par les passages souterrains), la collecte des eaux provenant de la colline située derrière le site a entraîné un phénomène très rapide de montée des eaux. Cette eau a traversé le site sous la forme d'une vague pour aller se déverser par le portail d'entrée dans l'avenue. La vague d'eau a duré entre 3 et 4h (durée très courte entre la montée et la descente des eaux) et a inondé les locaux (bureaux et cellules de stockage) sous 50 cm d'eau. Cette vague a été très soudaine et s'est produite vers 6-7 h du matin ; personne n'étant sur place à cette heure-là, la constatation de l'inondation n'a été faite que plus tard dans la matinée, et aucune mesure préventive n'a donc pu être envisagée. Les dégâts ont été principalement dus aux dommages causés aux machines et aux bureaux, le réseau informatique a été coupé. Lors de cette inondation, il y avait peu de produits pharmaceutiques ; le site stockait à ce moment des produits phytosanitaires inflammables, des peluches et des gilets de sauvetage pour plates-formes pétrolières. Il n'y a pas eu d'arrêt des appareils de conditionnement. Les pertes financières se sont élevées à 7 MF et il y a eu des pertes importantes de clients.

La seconde inondation en oct.-nov. 1994 a été plus importante. La vague engendrée par des pluies très abondantes et intenses ayant duré entre 24 et 48h a eu une hauteur de 80 cm et est restée sur le site plus de 10h. L'eau a suivi le même chemin que lors de la première inondation. Les machines ont été peu touchées, les dommages étant essentiellement tournés vers les bureaux et les marchandises de produits chimiques stockées dans les cellules ; l'entrepôt P2, plus haut que le P1, a été moins touché ; le réseau informatique a également été coupé lors de cette inondation. Les pertes financières se sont élevées à 6 MF.

Suite à la seconde inondation, la commune a entrepris la construction d'un canal souterrain canalisant l'eau sous toute la zone industrielle (ce canal se jette dans l'étang de Berre). L'aménagement d'un bassin de rétention en amont du site industriel permet le relargage du surplus d'eau dans le canal.

Au niveau des installations, des murets de 20 cm de haut ont été installés devant les issues de secours, permettant d'empêcher l'eau de rentrer dans les cellules ; ces murets ont été laissés en place après la construction du canal.

En cas de nouvelle inondation, la mise en protection de certaines marchandises serait possible. Le temps de réaction est relativement court, vu que le personnel est en astreinte 24h/24. Il serait donc

possible de mettre sur pied 3 ou 4 personnes afin de sécuriser les équipements et marchandises sensibles.

3.2.5. Usine d'explosifs à St Martin de Crau

C'est une usine de fabrication de produits explosifs située sur la commune de St Martin de Crau dans le canton d'Arles au nord-ouest des Bouches du Rhône. L'usine est implantée au cœur de la plaine de Crau ; le paysage est très peu urbanisé. L'usine emploie 63 personnes.

Le site est classé SEVESO seuil haut au titre de la réglementation européenne et soumise à autorisation avec servitudes d'utilité publique au titre de la réglementation française.

Un marais d'une quinzaine d'hectares se trouve à proximité des locaux administratifs, au nord-est du site. De nombreux canaux arrivent à ce marais, qui sert d'exutoire au trop-plein des eaux des prés situés aux alentours. Un canal sert à évacuer l'eau vers la Chapelette, au nord-ouest. Une pompe de relevage de 150 m³/h assure la prise d'eau au niveau de ce canal.

Avant les inondations de décembre, le site n'avait jamais rencontré de problèmes ; en effet, il ne se trouve pas en zone inondable.

En hiver, les canaux sont vides et entretenus à ce moment là. L'écoulement des eaux de pluie se fait en temps normal dans le marais.

L'inondation de décembre 2003 résulte du fait que le canal de Langlade situé au sud de l'usine s'est trouvé rempli (chose anormale) alors que les martelières en aval du site étaient fermées ; l'origine de ce phénomène (naturelle ou humaine) n'a pas été établie. Les fortes pluies qui avaient duré toute la semaine ont inondé tous les terrains et fait monter le niveau de l'eau dans le canal, qui a débordé sur la route (au sud-ouest de l'usine). L'eau s'est écoulée sur la route sous la forme d'une vague et s'est engouffrée sur le site par les différentes ouvertures, pour atterrir dans le marais. La montée du niveau des eaux a été fulgurante, et s'est faite à vue d'œil. La pompe de 150 m³/h n'a pas suffi et a été noyée ; la production a donc été arrêtée en prévision de l'inondation du site. 4 petites pompes mobiles étaient disponibles, qu'il a fallu cibler et placer aux endroits stratégiques. Des pompes de secours ont été réquisitionnées auprès d'industriels, permettant d'assurer une capacité de pompage de 2000 m³/h ; cela a permis d'équilibrer le débit des eaux qui arrivaient dans le marais. Le pompage s'est déroulé pendant une semaine afin de retrouver le niveau d'eau normal dans le canal de la Chapelette ; ce niveau d'eau était 2 m au-dessus du niveau habituel.

Le niveau de l'eau a atteint 1,2 m à certains endroits du site (au sud-ouest) ; 50 à 60 cm à d'autres, juste en dessous des tapis sécheurs ; 80 cm à 1m sur la Place des Pétrisseurs, 20 cm au niveau des cabines de séchage (figures 17 et 18).



Figure 17 : Hauteur d'eau atteinte sur le site



Figure 18 : Hauteur d'eau atteinte au niveau d'ateliers d'exploitation

Les bâtiments de production n'ont pas été touchés, ni aucun équipement sensible.

L'eau pompée sur le site était évacuée dans un petit marais situé au nord. Le niveau d'eau est donc monté et a fini par inonder la zone nord, où il y avait un transformateur. Heureusement, les pompes de grande puissance sont arrivées à ce moment et ce transformateur n'a pas subi de dommages.

Les pertes financières sont essentiellement dues à l'arrêt de la production pendant 2 semaines ; cette perte représente 35 t de production pendant 10j. (le kilo se vend entre 2,3 et 3 euros). Le rattrapage de l'arrêt n'a pas pu se faire.

Aucune mesure n'est prise au niveau du POI ou de l'EDD concernant les inondations. L'industriel a l'intention de noter dans le POI des numéros de téléphone d'entrepreneurs pouvant être contactés en cas de problème (pour l'obtention de pompes notamment).

3.2.6. Usine d'explosifs à Sorgues

Cet établissement n'a pas été visité dans le cadre du stage et du GT Risques naturels mais des informations concernant les inondations de décembre 2003 ont néanmoins pu être recensées lors d'une visite d'inspecteurs des installations classées.

La vocation originelle de l'usine était la production d'explosifs militaires pour les besoins des Armées au moment de la Première Guerre Mondiale. Le savoir-faire de l'établissement est depuis toujours la production de produits nitrés.

L'usine est implantée dans la Zone Industrielle de Sorgues. Le terrain qui se situe dans la plaine alluviale du Rhône est plat et se trouve à une altitude comprise entre 21 m NGF au bord de l'Ouvèze et 25 m NGF au Nord. Les cours d'eau les plus proches du site sont le Rhône et son affluent l'Ouvèze.

En décembre 2003, l'étendue de l'inondation a été plus importante que lors à la crue de novembre 2002. Le site a été en partie inondé, mais le POI mis en place a été efficace : des dépôts de produits explosifs ont pu être vidés et déplacés en prévision de la crue ; il n'y a pas eu d'entraînement de produits polluants dans les eaux. L'inondation et ses conséquences sont restées sous contrôle sans difficulté.

Le risque inondation étant déjà pris en compte dans le POI de l'installation, avec des règles de suivi de la montée des eaux, aucune mesure nouvelle de prévention n'est envisagée.

3.2.7. Cas hors PACA : usine à Saint-Gilles

Cet établissement n'a pas été visité, les informations ont été transmises par M. SAULIERE de la DRIRE Languedoc-Roussillon.

Le 4 décembre 2003 au matin, la Préfecture du Gard a annoncé téléphoniquement à l'inspection des installations classées une montée des eaux sur la commune de Saint-Gilles, suite aux fortes pluies tombées sur la région les jours précédents et à des ruptures de digues à certains endroits.

Dès le 3 décembre 2003, la société avait pris la précaution de mettre à une hauteur de 1,8 m les produits les plus sensibles et ceux qui présentaient des emballages cartonnés ; par précaution, ne sachant pas quelle serait l'amplitude de la montée des eaux, les produits ont été remontés à une hauteur de 3 m.

Des constatations effectuées quelques jours plus tard par l'inspection, il ressort que l'eau est montée à une hauteur de 90 cm dans les cellules de stockage et de 57 cm au niveau du quai de déchargement et des bureaux. Les produits sensibles étant à une hauteur de 3 m, la montée des eaux dans les 3 cellules de stockage n'a pas généré de pollutions accidentelles.

Les établissements ont pompé les eaux contenues dans les cellules de stockage qui ont fait office de rétention, pour les rejeter à l'extérieur des bâtiments.

L'usine a pu satisfaire à la demande de ses clients depuis son siège social, ce qui a évité une perte d'exploitation ; par contre, le coût des dommages causés au matériel s'élève à 77 700 euros et celui dû aux produits phytosanitaires endommagés (emballages, étiquettes abîmés) est de 41 000 euros.

4. DISCUSSION DES RESULTATS

4.1. Conséquences des inondations sur la zone étudiée et mesures prises

Pour partie, l'inondation subie a été la première qu'a connue le site: il n'existait donc pas de plan de prévention pour ce risque. Néanmoins, les mesures d'intervention immédiate ont été efficaces, et ce, sans avoir eu le secours des services publics, très engagés dans l'assistance aux populations sinistrées. Leur aide a néanmoins été appréciée dans la gestion post-accidentelle.

Les dégâts observés ont principalement touché les stocks et les machines ; les pertes d'exploitation également ont représenté une large part des dommages, avec perte de clientèle dans certains cas .

Suite aux inondations, les industriels ont pris les mesures de prévention et de protection suivantes :

- réévaluation du risque et surveillance de la montée des eaux pour les crues;
- construction de digues ou de murets permanents ou temporaires;
- surélévation des stocks;
- surveillance des réseaux pluviaux externes au site;
- intégration du risque inondation dans le POI et l'étude de dangers.

4.2. Conséquences générales des inondations

Les inondations affectent les personnes, les communications, les biens et les activités mais aussi le milieu naturel (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2000). Les effets peuvent être directs ou indirects.

Parmi les effets directs on distingue :

- les dommages aux personnes (mort par noyade, électrocution, personnes blessées, isolées, déplacées) ;
- les dommages aux biens et aux activités économiques (cultures asphyxiées, bétail noyé, contraction de maladies, détériorations dues à l'eau, à la boue et aux limons véhiculés par les eaux, destruction des habitations, paralysie des services publics, ...) ;
- les dommages aux ouvrages (ponts, routes, voies ferrées, ...) ;
- les dommages à l'environnement (dépôts de débris, déchets, boues en tous genres, asphyxie de la faune et de la flore, ...) (JACQ A., 1990).

Les effets indirects concernent principalement la pollution et les accidents technologiques qui résultent des inondations. Le chômage technique et les pertes d'exploitation induites pour les entreprises ou les commerces font également partie de ces effets indirects.

- **La pollution** : les inondations entraînent fréquemment dans leur sillage des risques de pollution : le fonctionnement des égouts est perturbé, des réseaux d'eaux usées peuvent être mis en charge et déborder, des stations d'épuration peuvent être submergées. L'eau dans son "débordement" emporte tout ce qu'elle trouve sur son passage et le répand sur de très longues et très larges distances : débris, déchets, ordures, boues, limons, liquides dangereux ou toxiques (pesticides, herbicides), fûts de produits chimiques, ... (JACQ A., 1990) ;



- **Les accidents technologiques** : les accidents et incidents dus à une inondation ont des conséquences plus ou moins importantes. Ils sont présentés selon le type de dommages générés, à savoir : une pollution des eaux, du sol et/ou de l'air ; un incendie ; des dommages aux installations, un arrachage de cuves (figure 19) ; des ruptures de canalisations ; des dommages indirects du type chômage technique (AYRAULT N., novembre 2001 ; DOLLADILLE O., VALLEE A., décembre 2003).

Figure 19 : Cuve à gaz dans un vignoble dévasté

Cela peut sembler paradoxal mais le risque d'incendie ou d'explosion est très important lors d'une inondation. Des réservoirs de liquides ou de gaz inflammables peuvent être endommagés (par la pression de l'eau, par des débris véhiculés par les eaux, etc), les liquides inflammables peuvent être dispersés sur de grandes surfaces et s'infiltrer avec les eaux sur tout un site, alors même que les risques de courts-circuits sont très élevés. Il est donc très important d'être conscient de ce risque et de ne pas négliger la protection des moyens de lutte contre l'incendie lors d'une inondation (AYRAULT N., novembre 2001).

De plus, de nombreux équipements sont généralement fortement touchés lors d'une inondation. Les équipements électriques sont très exposés au risque, en particulier s'ils sont sous tension au moment de l'arrivée des eaux. En effet, comme le montre le paragraphe précédent, ces équipements sont souvent à l'origine d'incendie lors d'inondation. De même, les équipements thermiques peuvent subir des dommages importants notamment s'ils étaient en fonctionnement lorsque l'eau les a atteints ; des explosions peuvent être redoutées dans certains cas. Concernant les compresseurs, pompes et moteurs à combustion, la plupart de ces équipements peut supporter des immersions assez courtes sans grands dommages. Par contre, les stocks de matières premières et de produits finis subissent généralement des dommages pouvant être très importants (AYRAULT N., novembre 2001).

4.3. Propositions techniques

4.3.1. Mesures de prévention

Il est nécessaire à l'heure actuelle, au vu des événements des dernières années, d'effectuer une meilleure analyse du risque inondation dans les EDD, à l'image de ce qui est fait pour le séisme.

Aujourd'hui, les critères retenus par les services de l'état (DDE, DIREN) sont les PHEC ou à défaut les crues centennales pour le risque courant (pour les particuliers). Les PPRI sont généralement basés sur ces niveaux ; mais l'inondation d'Arles constitue désormais le niveau des PHEC, avec une fréquence définie comme étant de l'ordre de la crue d'occurrence 300-500 ans. Des critères plus stricts peuvent être retenus pour les installations industrielles (le PPRI des Yvelines a retenu une surélévation de 20 cm par rapport aux PHEC, annexe 5). Sur des sites très lourds (sensibles en terme d'environnement), une demande d'études plus précises est faite (études hydrogéomorphologiques, historiques) sur le risque inondation, qui doivent être basées sur des critères reconnus par les services compétents (DDE, DIREN).

Les réseaux urbains sont calculés pour un risque décennal, ce qui est également le cas pour les zones industrielles ; il faudrait porter une attention particulière à ces zones qui ne sont protégées que pour des risques de crue décennale (comme par exemple le dépôt de Rognac , où les équipements réalisés après les inondations ne garantissent pas une protection totale contre la crue centennale).

La détermination d'un aléa centennal voire millénal est calculable par extrapolation à partir des données trentenales ou cinquentenales.

Concernant les EDD, plusieurs consignes peuvent être appliquées afin de mener au mieux ces études :

- identifier le(s) type(s) d'inondation au(x)quel(s) il est soumis ;
- collecte des données (topographie du site industriel, données hydrogéologiques, hydrologiques ; données sur les crues (PHEC, débit de crue, vitesse de montée des eaux, durée de submersion...) ; retour d'expérience sur les crues qui ont déjà touché le site, ou d'autres sites similaires) ;
- choix d'un scénario de crue de référence ;
- détermination des zones du site étudié qui seront touchées par l'inondation ;
- pour ces zones : risque produit, incompatibilités des produits entre eux, incompatibilités ou réactions avec l'eau ;
- analyse de risques détaillée, identification des scénarios d'accidents majeurs, des Eléments Importants Pour la Sécurité (EIPS), évaluation des conséquences, en tenant compte du risque inondation ;

- étude de flottaison et / ou renversement des équipements ;
- descriptif des moyens d'intervention.

(Source : Présentation INERIS lors du GT du 05 avril 2004)

Malgré toutes les mesures de prévention possibles pouvant être mises en place sur un site, il ne faut pas non plus négliger l'annonce de l'imminence d'une crue, par tous les moyens possibles. Deux sont particulièrement efficaces : les radios, qui couvrent tout le territoire, et le téléphone grâce à des moyens d'appels simultanés massifs (GUYARD C., 2004).

Actuellement, une réforme est mise en place qui prévoit une réduction du nombre de services d'annonce des crues (SAC) ; de 52, ils passeront à 22 et deviendront les services de prévision des crues (SPC). L'objectif est de gagner du temps sur l'alerte, grâce à la mise en place de modèles de prévision élaborés dont ne disposent généralement pas les SAC. Enfin devrait également permettre d'améliorer les circuits d'information, grâce à un système d'information à flot continu. Néanmoins, cette réforme ne supprimera pas totalement les dommages, notamment les dégâts matériels ; en effet, "dans ce domaine, le risque zéro n'existe pas". La prévision devrait s'améliorer avec SCHAPI, le Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévision des Inondations créé en juin 2003 par le MEDD, et qui aura pour mission de développer une carte de vigilance des inondations au niveau national, selon le principe de la carte de vigilance météo (DERREY V., MAUGER M., 2003 ; GUYARD C., 2004).

4.3.2. Mesures de protection au niveau des installations industrielles

L'accidentologie a permis de mettre en lumière certaines actions entreprises pour éviter l'inondation d'un site ou limiter ses conséquences. Ainsi, on peut installer et effectuer :

- des digues, des levées qui constituent des barrières de protection contre le flux d'eau tout autour du site à protéger. Mais 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) ;
- des murets de protection autour des équipements les plus importants (à risque, vitaux pour le fonctionnement de la société), les plus sensibles à l'eau ;
- le bon positionnement des événements ;
- l'ancrage des réservoirs ;
- la sécurisation des moyens de communication ;
- la condamnation et l'étanchéification de certaines ouvertures ;
- le rehaussement de certains équipements au-dessus de la ligne d'eau maximale probable ;
- le déplacement des stocks et équipements critiques hors de la zone, lorsque cela est possible ;
- la réalisation d'un endiguement général provisoire autour du site ;
- la coupure des alimentations en gaz et électricité ;
- le pompage des eaux, au niveau le plus immédiat et le plus local dans la limitation des dégâts (AYRAULT, nov. 2001 ; GUYARD C., 2004)

Les cinq premières mesures sont permanentes, alors que les suivantes sont temporaires et établies en cas de risque annoncé (traitées dans le POI).

La surveillance des équipements du réseau pluvial, notamment lors qu'ils sont extérieurs au site, permet de s'assurer de leur efficacité (exemple de SdS).

D'autres mesures peuvent également réduire les risques et les dommages engendrés par une inondation :

- implantation d'un bâtiment isolé dans le sens du courant, afin de limiter l'effet d'obstacle à l'écoulement de l'eau ;
- création d'accès routiers permanents aux bâtiments, pour faciliter l'intervention des secours ;
- mise hors d'eau des réseaux électrique, téléphonique, informatique, de gaz, d'eau potable ;
- réalisation de bassins de stockage des eaux pluviales ;
- renforcement de la structure des bâtiments, pour permettre aux constructions de résister aux forces exercées par les écoulements de la crue de référence et aux tassements différentiels après décrue ;

- constructions sur vide sanitaire, permettant de mettre le plancher hors d'eau au-dessus d'un volume vide, ou calage des planchers au-dessus de la cote de la crue de référence ;
- création d'une zone de refuge hors d'eau, constituant une zone d'attente des secours ;
- mise hors d'eau des réseaux et des équipements sensibles dans le bâtiment (chaudière, ballon d'eau chaude,...) ;
- contrôle des objets flottants, dangereux ou polluants (par lestage, arrimage, étanchéité, mise hors d'eau des cuves et citernes) ;
- mise en place de dispositifs de vidange de zones inondées, afin de favoriser l'évacuation des eaux des zones inondées et réduire le temps de submersion (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, 2002).

4.3.3. Mesures d'intervention (POI, PPI, PPRI)

Des consignes particulières, tenues à jour et affichées dans les lieux fréquentés par le personnel, doivent indiquer :

- la conduite à tenir en situation de pré-alerte météo, et annonce de crues ;
- la procédure d'alerte et les mesures à prendre en cas d'alerte ;
- la constitution de l'équipe d'intervention et les mesures d'urgence ; ces mesures doivent notamment rappeler les précautions à prendre selon la nature des produits et les équipements concernés ;
- la procédure d'évacuation du personnel ;
- les lieux de rassemblement et de refuge spécialisés.

Ces consignes doivent prendre en compte les dispositions du plan de prévention des risques (PPR) qui sont applicables aux installations (ESTRADE G., 2003).

Pour limiter les conséquences d'une inondation, le POI peut être déclenché afin de mettre les installations en sécurité et d'interrompre toute activité (transfert de produits par exemple).

Des délais sont possibles pour les cas de crues de fleuves uniquement ; dans les autres cas, il est nécessaire de consulter la météo afin de disposer de temps de réaction satisfaisants.

Il est à noter qu'en cas de crise, les industriels ne peuvent pas compter sur les services de secours ; ces derniers sont toutefois disponibles pour la gestion de l'après-crise et le retour à la normale (phase de nettoyage notamment).

CONCLUSION ET PROSPECTIVES

Toutes les formes d'inondations redoutées s'observent en PACA, et le risque est présent sur tout le territoire régional ; l'inondation est en effet le risque naturel le plus fréquent en France et également le plus dommageable, aussi bien en terme de vies humaines que de dégâts matériels. De plus, une aggravation est à craindre suite au réchauffement climatique. Au niveau des installations industrielles, il est donc nécessaire d'effectuer des études précises sur ce risque, dans le but d'en définir les différents types, les intensités et les probabilités d'occurrence à prendre en compte, afin de pouvoir réduire les impacts en terme de dommages à l'entreprise mais aussi concernant l'environnement ; en effet, les conséquences de l'entraînement de produits toxiques dans le milieu naturel peuvent être catastrophiques, aussi bien au niveau de la santé publique que de l'environnement. Des études sont toujours utiles même pour des sites existants, car des mesures de prévention ou de protection *a posteriori* peuvent être envisageables.

Concrètement, il faudrait mettre en place des règles applicables pour l'analyse d'impact et de prévention du risque. A ce sujet, la circulaire du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable du 15 Janvier 2004 "Actions nationales 2004" a souligné que la prévention des risques "inondation" doit être davantage prise en compte dans les études des dangers des sites SEVESO (BARBAY D., 2004).

Actuellement, il n'y a pas de réglementation spécifique aux ICPE concernant le risque d'inondation, contrairement à ce qui a déjà été fait pour le risque foudre et le risque sismique. Il est à noter qu'on peut réglementer différemment les sites selon leur impact environnemental (cas du risque normal et spécial, à l'image du risque séisme) notamment pour les SEVESO ou les stockages de toxiques pour l'environnement (rubrique IC 1170) : il faut pour cela aller au-delà du risque centennal ou des PHEC.

Le risque d'inondation est un risque associé aux aménagements extérieurs, contrairement au risque foudre ou au risque sismique ; il y a donc une part de responsabilité ou d'action des collectivités territoriales dans la conception des zones industrielles. Il est important d'intéresser ces acteurs de l'aménagement du territoire à cette problématique, car ils ont la possibilité d'œuvrer pour la réduction de l'impact des inondations sur les établissements classés SEVESO.

BIBLIOGRAPHIE

- AYRAULT N., novembre 2001. *Risques Naturels et Environnement Industriel (DRA-013). Rapport intermédiaire. Opération a : synthèse sur les risques dus aux séismes, inondations, mouvements de terrain et tempêtes - accidentologie*. INERIS, Direction des Risques Accidentels : 57 p.
- BALLAIS J.L., GARRY G., MASSON M., 1996. *Cartographie des zones inondables. Approche hydrogéomorphologique*. Les Editions Villes et Territoires, Paris.
- BARBAY D., 2004. *Note sur les risques "inondation"*. DRIRE Haute-Normandie, Rouen : 12 p.
- DERREY V., MAUGER M., 2003. Inondations : de l'annonce à la prévision. *Equipement magazine*, 147 : 11-15.
- DOLLADILLE O., VALLEE A., décembre 2003. *Analyse des risques et prévention des accidents majeurs (DRA-34). Rapport partiel d'Opération f. Impact des inondations du Sud-Est (septembre 2002) sur les activités présentant un risque technologique*. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, INERIS, Direction des Risques Accidentels : 46 p.
- ESTRADE G., 2003. *Rapport de l'Inspecteur des Installations Classées*. DRIRE PACA : 2 p.
- GUYARD C., 2004. Inondations : Subir la pluie, pas la crue. *Hydroplus*, 143 : 26-32.
- JACQ A., 1990. *Le risque Inondation*. Secrétariat d'Etat à l'Environnement, Délégation aux Risques Majeurs, Paris : 48 p.
- LIBMANN J., 1992. *Approche et analyse de la sûreté des réacteurs à eau sous pression*. Commissariat à l'Energie Atomique : 205 p.
- MICHEL B., PELLE P., RICHEZ P., 1994. *Mémento de la sûreté nucléaire en exploitation*. EDF Production et Transport, Exploitation du Parc Nucléaire, Département Sûreté Nucléaire : 348 p.
- Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2000. *Dossier d'information : Inondation*. MEDD : 12 p.
- Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et Ministère de l'Equipement, des Transports et du Logement, 2002. *Plans de Prévention des Risques naturels (PPR) Risques d'inondation, recueil des mesures de prévention*. La Documentation Française, Paris : 159 p.
- Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques, Sous-direction de la prévention des risques majeurs, 2002. *Les Plans de Prévention des Risques naturels (PPR), fiche synthétique*. MEDD: 10 p.
- Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, Secrétariat d'Etat à l'Industrie, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 1999. *Sûreté nucléaire en France, Législation et Réglementation*. Recueil de textes publié par la Direction de la Sûreté des installations nucléaires : 508 p + 3 p. non num.

VUIDART I., juin 2001. *Risques naturels et environnement industriel (DRA-013). Rapport intermédiaire. Opération a : synthèse sur les risques dus aux séismes, inondations, mouvements de terrain et tempêtes - définitions et mécanismes.* INERIS, Direction des Risques Accidentels : 62 p.

VUIDART I., octobre 2001. *Risques naturels et environnement industriel (DRA 013). Rapport intermédiaire. Opération b : synthèse sur la réglementation française en vigueur concernant la prévention des risques naturels.* INERIS, Direction des Risques Accidentels : 61 p.

SITES INTERNET

<http://cigale/des/INDEX.HTM>

<http://www.cemagref.fr>

<http://www.environnement.gouv.fr>

<http://www.drire.gouv.fr>

<http://www.journal-officiel.gouv.fr>

<http://www.legifrance.gouv.fr>

<http://www.meteo.fr/meteonet/index.htm>

<http://www.paca.drire.gouv.fr/environnement/index.html>

<http://www.paca.environnement.gouv.fr>

<http://www.prim.net>

<http://www.spppi-paca.org>

<http://www.yvelines.equipement.gouv.fr>

<http://hydro.rnde.tm.fr>

<http://www.irma-grenoble.com>

<http://www.enpc.fr/cergrene/HomePages/oms/gdrisques/inondation/Sommaire.html>

<http://www.cypres.org>

<http://www.brgm.fr>

Annexes 1 et 2 : cartographie du risque inondation et du recensement des arrêtés de catastrophes naturelles : disponibles sur le site de la DIREN PACA : www.paca.environnement.gouv.fr

Annexe 3 : cartographie des implantations de sites: éliminée pour cause de confidentialité

Annexe 4 : photo SPOT IMAGE non reproductible

Annexe 5 : jointe

Annexe 5 : Extrait du Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) de la Vallée de la Seine et de l'Oise dans le département des Yvelines

Prescriptions et recommandations

CHAPITRE I - Prescriptions

Ce chapitre énumère les prescriptions techniques applicables quelle que soit la zone inondable concernée, zone verte, zone rouge, zone bleue et zone jaune.

Article 1 - Prescriptions générales de prévention

- Les ascenseurs doivent être munis de dispositifs leur permettant de fonctionner en période de crue ;
- tout stockage des produits toxiques ou dangereux, relevant notamment de la nomenclature des installations classées doit être mis hors d'eau, c'est-à-dire au-dessus des PHEC majorée de 0,20 m ou dans un récipient étanche résistant à la crue centennale et lesté ou fixé afin qu'il ne soit pas emporté par la crue ;
- les postes d'arrivée et de distribution vitaux (eaux, gaz, électricité...), ainsi que les locaux techniques liés au fonctionnement des installations autorisées, sont situés au dessus de la cote des PHEC majorée de 0,20 m ou placés à l'intérieur d'un cuvelage accessible en tout temps ; ils doivent être dotés d'un dispositif de coupure des réseaux si ceux-ci sont situés sous la cote des PHEC majorée à 0,20 m ;
- dans tous les cas, les équipements vulnérables dangereux ou polluants nécessaires à ces activités, sont situés au-dessus des PHEC majorée de 0,20 m, qu'ils soient à l'extérieur ou à l'intérieur des constructions ;
- les réseaux d'assainissement doivent être de type séparatif ;
- les réseaux électriques intérieurs et ceux situés en aval des appareils de comptage doivent être dotés d'un dispositif de mise hors service automatique ou installés au dessus des PHEC majorée de 0,20 m ;
- les ouvrages et les matériels techniques notamment ceux liés aux canalisations, équipements et installations linéaires (câbles, lignes, transport d'énergie, de chaleur ou des produits chimiques, canalisation d'eau et d'assainissement, etc.) sont étanches ou équipés d'un dispositif de mise hors service automatique ou installés au-dessus des PHEC majorée de 0,20 m ;
- les citernes non enterrées doivent être fixées à l'aide de dispositifs résistants à une crue atteignant la cote des plus hautes eaux connues ou situées au-dessus de celle-ci. Les ancrages des citernes enterrées doivent être calculés de façon à résister à la pression engendrée par la crue correspondant aux plus hautes eaux connues. L'évent des citernes doit être élevé au dessus de la cote des plus PHEC majorée de 0,20 m.

Article 2 - Prescriptions visant à la préservation des fonctions hydrauliques du fleuve

Dans tous les cas, les travaux ne pourront être autorisés qu'à la condition qu'ils garantissent le maintien des fonctions hydrauliques du fleuve.

On distinguera deux cas, selon que les travaux sont soumis ou non à la loi sur l'eau ou relèvent du régime ICPE.

Il est précisé que seuls les travaux et aménagements soumis à la loi sur l'eau seront soumis à l'instruction du Service de navigation de la Seine ; ceux relevant du régime des installations classées pour la protection de l'environnement feront l'objet d'une consultation du service navigation de la Seine dans le cadre de l'instruction du dossier par la Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (DRIRE).

Article 2.1 - Travaux ou aménagements non soumis à la loi sur l'eau ou ne relevant pas du régime des installations classées pour la protection de l'environnement (articles L. 214-1 et suivants ou L. 512-1 et suivants du code de l'environnement)

Le pétitionnaire doit mettre en œuvre les mesures compensatoires et/ou correctives nécessaires afin de garantir les principes suivants :

- préservation de la surface et du volume du champ d'expansion de la crue,
- conservation de la libre circulation des eaux de surface (évacuation, écoulement),
- maîtrise du ruissellement.

On distinguera, en particulier, les cas suivants :

Article 2.1a - Remblais

- Tout remblaiement (partie comprise entre la cote du TN* et les PHEC) doit être intégralement compensé par un déblai équivalent.
- Les déblais compensatoires doivent être trouvés sur le terrain supportant l'opération et situés à une altitude comprise entre la cote de la retenue normale (RN)* (annexe 2bis) et celle des PHEC (cf. annexe 2, figures 1 et 1bis).
- En cas d'impossibilité technique, des déblais compensatoires pourront être acceptés ailleurs sur la commune, dans la mesure où le volume perdu a été compensé au même niveau lors de la propagation de la crue.
- La continuité de la circulation des eaux de surface devra être préservée par la mise en place de tout moyen approprié (buses, par exemple), à hauteur d'un dispositif suffisant par tranche de 50 mètres pour un linéaire donné.

*Article 2.1b - Sous-sols**

Les sous-sols ou partie enterrées inondables à partir de la cote du TN* et non cuvelés, établis entre le niveau de la RN* (annexe 2bis) et celui des PHEC*, peuvent être considérés comme venant en compensation de remblais (cf. annexe 2, figures 2 et 4).

Article 2.1c - Bâtiments hors sol

Les volumes de bâtiments situés sous la cote des PHEC qui ne sont pas inondables par submersion à partir de la cote du TN*, car étanches, doivent être compensés au même titre que les remblais (cf. annexe 2, figure 3, 3bis et 4).

Article 2.1d - Imperméabilisation

Les conditions normales de ruissellement seront recherchées. Les zones d'aménagement nouveau, ainsi que les aires de stationnement de plus de 200 m², devront restituer un débit de ruissellement égal au débit généré par le terrain naturel*, notamment par l'emploi de techniques dites alternatives au ruissellement pluvial (infiltration, chaussées réservoir, bassin de stockage-restitution, etc.).

Article 2.1e - Haies et clôtures

Les haies et clôtures doivent être conçues et/ou entretenues de manière à garantir le libre écoulement ou la libre évacuation des eaux de surface (clôtures à 4 fils, à large mailles, fourreaux, barbacanes, etc.).

Article 2.1f - Dignes et ouvrages de protection

L'intégralité du volume d'expansion perdu doit être compensé (remblais + volume préservé).

Article 2.2 - Travaux ou aménagement soumis à la loi sur l'eau ou relevant du régime des installations classées pour la protection de l'environnement (articles L. 214-1 et suivants ou L. 512-1 du code de l'environnement)

Le pétitionnaire doit s'engager à mettre en œuvre les mesures compensatoires et/ou correctives fixées par l'arrêté préfectoral ou validées par le récépissé de déclaration délivré par le Préfet en application de ces réglementations.

Article 3 - Documents à fournir

Toute demande d'occuper ou d'utiliser le sol devra être accompagnée :

- de plans établis dans le système de référence français NGF normal, indiquant :
 - l'altimétrie du terrain avant et après les travaux,
 - la cote du premier plancher habitable* ou fonctionnel* de la construction,
 - les voies d'accès ;
- d'un plan coté au 1/5.000^e localisant l'aménagement ou la construction projeté par rapport au fleuve et indiquant son emprise au sol* ;
- si le projet relève de l'article 2.1 ci-dessus, d'une notice explicative décrivant les mesures compensatoires proposées à l'aide, pour ce qui concerne le respect du principe de conservation du champ d'expansion de la crue, des exemples illustrés par les figures jointes en annexe 2 ;
- si le projet relève de l'article 2.2, de l'acte d'engagement précité.

CHAPITRE II - Recommandations

Il est souhaitable que :

- toute opportunité puisse être saisie pour réduire le nombre et la vulnérabilité des constructions déjà exposées, en recherchant des solutions pour assurer l'expansion de la crue et la sécurité des personnes et des biens ;
- tous travaux ou aménagements pour permettre la reconquête du champ d'inondation soient favorisés.

Il est fortement conseillé de prévoir :

- des sous-sols inondables ou des pilotis, de préférence à des remblais pour les constructions à usage d'habitation ;
- des dispositifs de vidange et de pompage pour les planchers situés sous la cote des PHEC ;
- des matériaux d'isolation thermique et phonique situés sous la cote les plus hautes eaux connues (PHEC) majorée de 0,20 m et insensibles à l'eau ;
- des fondations et revêtements de sols et de murs, ainsi que des matériaux d'isolation thermique et phonique situés sous la cote des plus hautes eaux connues (PHEC) majorée de 0,20 m et résistants à l'eau ;
- le parcage des véhicules et engins mobiles au niveau du terrain naturel, de façon à conserver leurs moyens de mobilité et de manœuvre en vue de permettre, à tout moment, une évacuation rapide.

NB : pour les constructions existantes en zones inondables, non conformes aux dispositions du présent titre, il est recommandé aux propriétaires de prévoir un programme de travaux permettant à terme de les respecter.

(Source : <http://www.yvelines.equipement.gouv.fr/EnvironnementRisques/>)