Concertation & Action Inondation

Etude des vals de Loire dans les départements du Cher et de la Nièvre

Inondations : sommes-nous prêts ?

Etude des vals de Loire dans les départements du Cher et la Nièvre

Note méthodologique
Cartes de synthèse des risques d'inondation

Novembre 2011

l'Europe s'engage dans le bassin de la Loire

PLAN LOIRE GRANDEUR NATURE

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Région Centre

Conseil Général Cher

Etablissement Public Loire

Etude des vals de Loire dans les départements du Cher et de la Nièvre

Rapport de phase 1

Note méthodologique

Cartes de synthèse des risques d'inondation

hydratec groupe setec

Tour Gamma D
58, quai de la Rapée
75583 Paris cedex 12
☎ : 01 40 04 64 02
🖷 01 43 42 24 39

ASCONIT CONSULTANTS

Parc Scientifique Tony Garnier
6-8, espace Henry Vallée
69366 LYON CEDEX 07
☎ 04 78 93 68 90
🖷 04 78 94 11 98

Réf : 016F270
Date : 14 nov. 2011

Sommaire

I. INTRODUCTION ____ *4*

II. IDENTIFICATION DE QUATRE FAMILLES DE CRUES ____ *5*

III. QUALIFICATION DE L'ALEA HYDRAULIQUE ____ *7*

III.1 La hauteur de submersion ____ 7

III.2 La vitesse de survenance de l'inondation ____ 8

III.3 La durée de submersion ____ 8

IV. RECENSEMENT DES ENJEUX ____ *9*

IV.1 Les enjeux considérés ____ 9

IV.2 La définition de zones d'enjeux homogènes ____ 10

V. DIAGNOSTIC DES RISQUES D'INONDATION ____ *11*

V.1 Caractérisation de l'importance du risque d'inondation ____ 11

V.2 Approche de classification du risque d'inondation ____ 12

I. Introduction

La présente note vise à préciser la méthodologie retenue pour la réalisation de la première phase de l'étude, en particulier pour :

- une approche de qualification de l'aléa d'inondation, en tenant compte à la fois des hauteurs d'eau, des mécanismes d'inondation et des durées de submersion, afin de mieux appréhender la dangerosité potentielle et l'impact des conditions d'écoulement ;
- la qualification de niveaux de risque d'inondation sur le territoire d'étude, selon une approche spécifique à l'étude ;
- la production de cartes de synthèse des risques d'inondation.

Il est précisé que cette méthode propose une approche de la qualification des risques d'inondation particulière et spécifique à l'étude des vals de Loire dans les départements du Cher et de la Nièvre. Les notions d'aléa, d'enjeu, de vulnérabilité et au final de risque sont déclinées de manière différente à celle mise en œuvre dans le cadre de l'élaboration des plan de prévention des risques (PPR). Il s'agit, dans le cadre de notre démarche, d'élaborer des outils de compréhension du territoire et d'aide à la décision en vue de définir en concertation des actions de réduction du risque d'inondation.

II. Identification de quatre familles de crues

Sept scénarios hydrologiques de crue sont étudiés dans le cadre de l'étude : un scénario réel récent (2003) et six scénarios théoriques synthétiques issus de l'étude Loire moyenne, dont les débits de pointe sont présentés ci-après :

Crue	La Loire à Nevers écrêtée par Villerest (m^3/s)	L'Allier à Livry (m^3/s)	La Loire à Givry (m^3/s)
Novembre 2008	1 850	860	2 450
Décembre 2003	2 120	1 580	3 370 (mesure) / 3 650 (calcul)
50 ans	2 300	2 100	4 300
70 ans	2 600	2 500	5 000
100 ans	3 300	2 800	5 900
170 ans	3 500	3 100	6 570
200 ans	3 900	3 300	7 080
500 ans	4 500	4 100	8 570

Les conditions d'écoulement de ces scénarios sur la zone d'étude sont modélisées à l'aide du modèle LM11-VA, présenté dans le rapport « diagnostic hydraulique et hydrologique ». L'analyse des résultats obtenus permet de mettre en évidence l'existence de quatre familles de crue :

1. **les crues qui engendrent des débordements localisés**, dans des zones à faibles enjeux, ne générant pas de dommages conséquents (exemple, la crue de 2008);

2. **les crues qui provoquent une inondation des vals par remous** ou suite au déclenchement des déversoirs. La ligne d'eau de ces crues reste en deçà du niveau de crête des digues, le risque de brèche par surverse est à priori faible et limité à certains secteurs très localisés. Les dommages résultant de l'inondation peuvent être relativement importants (cas de la crue de 2003 et du scénario 50 ans) ;

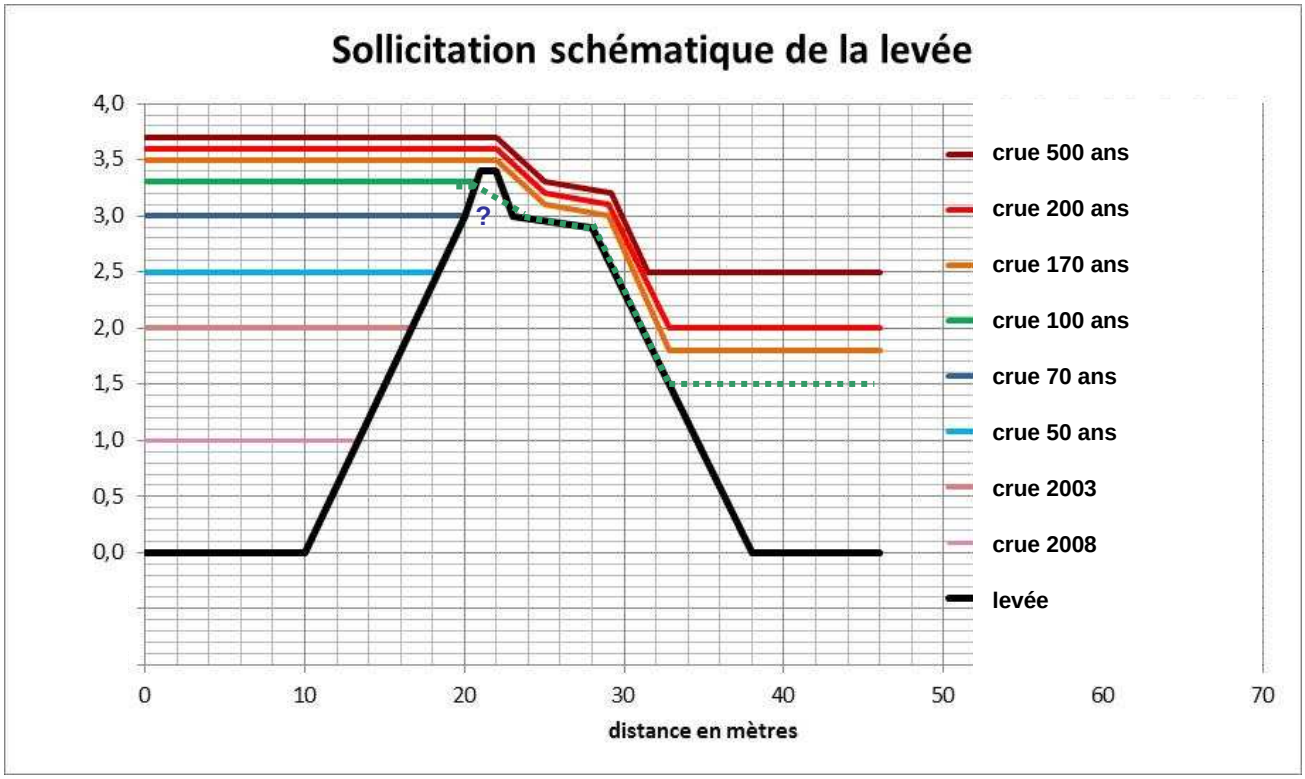
3. **les crues pour lesquelles les lignes d'eau sont plus élevées et atteignent le sommet des digues** ou s'appuient sur les banquettes. Le risque de brèche est alors élevé sur ces secteurs. Les vals sont déjà inondés par remous et suite au fonctionnement de l'ensemble des déversoirs (cas des scénarios 70 et 100 ans) ;

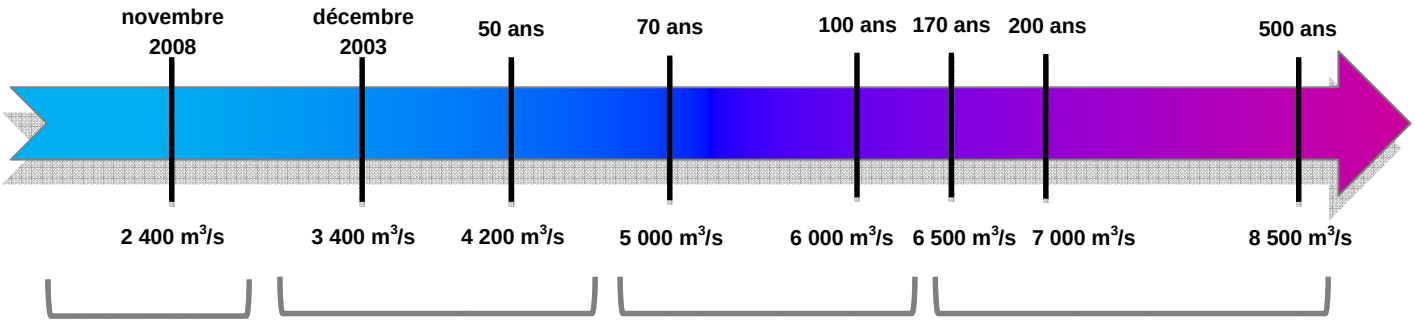
4. les crues supérieures aux précédentes, qui provoquent **un dépassement généralisé du système de protection**. Le risque de brèche est particulièrement élevé et l'ensemble du lit majeur de la Loire est inondé. La rive droite est inondée de manière conséquente par débordement naturel ou remontée de la Loire dans les différents affluents (cas des scénarios 170, 200 et 500 ans).

Afin de décrire les quatre familles de crues décrites précédemment, il est retenu les dénominations suivantes dans le cadre de l'étude :

- **Crues ordinaires** pour les crues de débordements localisés (type 2008)
- **Crues importantes** pour les crues de premiers dommages (type 2003 et 50 ans)
- **Crues fortes** pour les crues approchant la limite de capacité du système de protection (70 et 100 ans)
- **Crues catastrophiques** pour les crues de dépassement généralisé du système de protection (170, 200 et 500 ans).

Les schémas présentés ci-après illustrent ces différentes familles de scénarios.





Crues ordinaires	Crues importantes	Crues fortes	Crues catastrophiques
=	=	=	=
Inondation par remous, dommages localisés	*Fonctionnement des déversoirs, premiers dommages importants, le risque aux personnes est localement important*	*Ouvertures de brèches par surverse, fortes atteintes aux biens et personnes*	*Submersion généralisée des levées – atteintes majeures au territoire et aux personnes*

III. Qualification de l'alea hydraulique

L'aléa d'inondation peut être caractérisé par plusieurs paramètres. Pour un scénario de crue donné, il est retenu de considérer les paramètres hydrauliques suivants pour qualifier l'aléa d'inondation dans le champ d'inondation :

- la hauteur de submersion maximale ;
- la vitesse de survenance de l'inondation ;
- la durée de submersion.

III.1 La hauteur de submersion

Le niveau de risque n'est pas directement proportionnel à la hauteur d'eau de manière linéaire, mais peut évoluer par seuils. Dans la perspective de caractériser les risques liés plus particulièrement aux personnes et au bâti, il est retenu les classes de hauteurs suivantes :

De 0 à 0.5m :
Le bâtiment peut « résister » à l'inondation, en contenant les eaux hors du bâtiment ou en surélevant ou protégeant le mobilier. L'inondation peut toutefois provoquer des dommages importants aux bâtiments sans protection et dans les caves et sous-sols.
Le déplacement des personnes est encore possible dans le cas de vitesses d'écoulement faibles, et très dangereuses à des vitesses moyennes à fortes pour les enfants et les adultes non-sportifs notamment.

De 0.5m à 1m :
L'inondation est susceptible de provoquer des dommages important sur le rez-de-chaussée du bâtiment, mais ces derniers peuvent être limités par une bonne anticipation de l'évènement. Les retours d'expérience sur les effets des crues passées montrent que dès que la hauteur de l'eau dépasse celle de l'allège, sauf mesure préventive particulière, 70 à 80% du potentiel d'endommagement du rez-de-chaussée est atteint.
Pour des vitesses d'écoulement faibles, il est généralement considéré que seul un adulte sportif est en capacité de se déplacer. Dans le cas de vitesses moyennes à fortes, les déplacements sont très dangereux voire impossibles.

De 1m à 2.5m :
A partir de 1m, il est considéré qu'empêcher l'eau d'entrer dans le bâtiment peut s'avérer dangereux pour sa structure. La quasi-totalité du potentiel d'endommagement du rez-de-chaussée est atteinte. La sécurité des personnes résidant en rez-de-chaussée sans abris refuge est mise en cause. Le danger lié au déplacement de personnes dans la zone inondable est particulièrement élevé.

Plus de 2.5m :
S'il existe, l'étage supérieur d'un bâtiment est atteint. Dans le cas d'une habitation, cet étage n'offre plus de refuge à ses habitants. Ce seuil correspond à la hauteur retenue dans le guide « le bâtiment face à l'inondation – diagnostiquer et réduire sa vulnérabilité » du CEPRI.

III.2 La vitesse de survenance de l'inondation

Dans le cas du fonctionnement d'un déversoir ou de l'ouverture d'une brèche, l'inondation s'accompagne de fortes vitesses d'écoulement et de montée des eaux. Ces vitesses peuvent provoquer l'endommagement de la structure des bâtiments, aggraver les équilibres statiques sur les parois des ouvrages et bâtiments, éroder le sol et provoquer l'affouillement des fondations, ou encore provoquer des chocs de matériels ou de matériaux véhiculés par les flots.

En outre, l'inondation rapide est susceptible de désorganiser le territoire et de considérablement pénaliser le déroulement de la gestion de crise, et ainsi de mettre en cause la sécurité des personnes exposées.

Il est ainsi retenu de caractériser l'inondation en distinguant deux phénomènes :

- une inondation lente et progressive ;
- une inondation rapide et brutale, au débouché d'un déversoir ou dans l'axe d'écoulement des eaux derrière une brèche.

Ce critère est identifié dans les vals endigués en rive gauche d'après les résultats des simulations par le modèle hydraulique et dans les secteurs exposés à de fortes vitesses d'écoulement en rive droite, à dire d'expert.

III.3 La durée de submersion

La durée de submersion est un facteur qui conditionne fortement les dommages au bâti. Plus une inondation est longue, plus elle favorise la diffusion de l'humidité dans les murs et la dégradation des matériaux par gonflement ou hydrolyse. Par exemple, dans le cas d'une plaque de plâtre cartonnée, il est estimé que si elle est immergée :

- moins d'une journée : il y a 20% de chances qu'elle soit endommagée ;
- de 2 à 3 jours : il y a 50% de chances qu'elle soit endommagée ;
- plus de 3 jours : il y a 100% de chances qu'elle soit endommagée.

Ce facteur peut également conditionner la sécurité des personnes notamment en terme de gestion des personnes non évacuées présente dans la zone inondée.

Il est retenu le seuil de durée de submersion de 48 h préconisé par le CEPRI dans le guide « le bâtiment face à l'inondation – diagnostiquer et réduire sa vulnérabilité » pour caractériser un endommagement supplémentaire du bâti lié à la durée de submersion importante. Cette valeur correspondrait à la durée moyenne au-delà de laquelle l'eau finit par s'infiltrer dans le bâtiment et provoque des dommages supplémentaires.

IV. Recensement des enjeux

Le recensement des enjeux présents sur le territoire d'étude fait l'objet d'un rapport et d'une cartographie spécifique, dont les principaux éléments sont rappelés ci-après.

IV.1 Les enjeux considérés

L'analyse des enjeux résulte du croisement :

- d'éléments de connaissance identifiés dans le cadre de l'élaboration de l'état des lieux des connaissances ;
- de l'exploitation de bases de données (SIRENE, BD TOPO, BD CARTO, etc.) ;
- de données recueillies lors de visites de terrain et des rencontres avec les élus locaux.

Les enjeux ont été considérés au sens de la directive européenne inondation, suivant les quatre thématiques : santé humaine, environnement, patrimoine culturel et activité économique. Le détail des critères permettant de caractériser les différents enjeux évalués est présenté ci-après :

L'enjeu santé humaine :

- population en zone inondable
- typologie des logements (collectif, ancien, résidentiel récent, avec étage refuge, etc.)
- services de santé (praticiens, hôpitaux, maisons de retraite, etc.)

L'enjeu environnement :

- ICPE
- Zones sensibles ou protégées (NATURA 2000, ENS, arrêtés de protection du biotope, ZNIEFF I et II, ZICO, sites inscrits et classés)

L'enjeu patrimoine culturel :

- musées (fréquentation)
- monuments historiques

L'enjeu activité économique :

- établissements économiques exposés (établissements, effectifs, etc.)
- établissements et exploitations agricoles

En complément de ces quatre thématiques, il a été identifié des enjeux relatifs aux réseaux et à la gestion de crise :

- réseaux de transport,
- réseaux d'eau potable et d'assainissement,
- réseaux de gaz, d'électricité, de télécommunications,
- services administratifs intervenant dans la gestion de crise en zone inondable et hors zone inondable : (préfectures, mairies),
- services de secours et de gestion de crise en zone inondable et hors zones inondable (SDIS, etc.),
- ERP de grande capacité d'accueil hors zone inondable,
- Etablissements scolaires et de formation,

- Etablissements de soutien médical et psychologique.

IV.2 La définition de zones d'enjeux homogènes

Dans le cadre de l'évaluation et du recensement des enjeux sur le territoire, il a été défini des zones d'enjeux homogènes du point de vue de la typologie et de la répartition des enjeux contenus dans ces zones, et en particulier de la typologie du bâti.

V. Diagnostic des risques d'inondation

Ce paragraphe a pour objet de présenter une approche de caractérisation du risque d'inondation sur le territoire, pour la réalisation d'une partie de la cartographie du diagnostic global de la phase 1 de l'étude (cartographie du risque). L'objectif est de permettre de synthétiser les connaissances acquises relatives à l'inondation des vals et aux enjeux potentiellement exposés, afin de présenter une vue d'ensemble du territoire localisant les différentes zones de dommages potentiels et caractérisant l'importance du risque.

V.1 Caractérisation de l'importance du risque d'inondation

Il est retenu de caractériser le risque d'inondation, à l'échelle des zones d'enjeux homogènes définies dans le cadre du recensement des enjeux, à l'aide de 4 niveaux de risques.

Le niveau de risque affecté à une zone d'enjeux est la résultante de la qualification d'un niveau de risque pour différents types d'enjeux exposés considérés indépendamment, en retenant le niveau de risque le plus élevé rencontré parmi ces types d'enjeux.

Il a été proposé pour cela de retenir les types d'enjeux suivants :
- Santé humaine (habitat, population, services de santé) ;
- Activité économique ;
- Environnement (ICPE) ;
- Patrimoine culturel (musées, monuments historiques) ;
- Enjeux particuliers (réseaux, service de gestion de crise et de secours, établissements scolaires ou de formation).

Le raisonnement tient compte de la typologie des enjeux présents dans chaque zone d'enjeux homogènes, sans tenir compte de la quantité d'enjeux, de façon à ne pas dévaluer les zones de petites superficie ne contenant que peu d'enjeux mais potentiellement exposés à d'importants dommages, par rapport à des zones plus grandes, contenant plus d'enjeux exposés aux mêmes dommages. La quantité d'enjeux exposés dans chaque zone est toutefois portée sur les cartographies afin de pouvoir compléter l'analyse.

Cette analyse conduit à l'identification d'un niveau de risque par zone d'enjeux homogènes (le niveau le plus fort est retenu dans le cas où l'aléa n'est pas uniforme sur une même zone d'enjeux). Ces niveaux de risque seront représentés sur les cartes par une couleur : un dégradé allant du jaune au rouge suivant l'importance du risque.

Trois cartes de synthèse des risques d'inondation ont été élaborées pour chacun des sept scénarios de crue, au format A2. Elles présenteront respectivement les secteurs de Bec d'Allier / Cours-les-Barres, La Charité-sur-Loire et Léré / St Satur.

Il est porté sur ces cartographies :
- le fond de plan IGN 25 000 ;
- l'étendue des zones inondables ;
- les zones d'enjeux homogènes, caractérisées par :
    - le niveau de risque ;
    - le nombre d'habitants exposés ;

- le nombre d'établissements relatifs à une activité économique ;
- l'effectif cumulé de salariés de ces établissements.

Des zooms sont réalisés sur les zones d'enjeux denses, pour faciliter la lecture des cartes (exemple : La Charité sur Loire).

U.2 Approche de classification du risque d'inondation

Les 4 niveaux de risque ont été définis comme suit :

Niveau 1 : Le risque est modéré, la sécurité des personnes n'est à priori pas mise en cause et les atteintes aux enjeux peuvent être limitées par des mesures appropriées.

Niveau 2 : Le risque est important sur les personnes non protégées et sur les enjeux. Premières atteintes à des enjeux stratégiques pour le territoire comme les activités économiques, les réseaux, les établissements scolaires, le patrimoine historique ou les musées.

Niveau 3 : Le risque est très important sur les personnes non protégées et sur les enjeux. Premières atteintes à des enjeux stratégiques tels que les services de santé, les services de gestion de crise, les services de secours, les installations ICPE.

Niveau 4 : Le risque est majeur sur les personnes et sur les enjeux. Le potentiel d'endommagement maximum des enjeux est globalement atteint.

Pour chaque type d'enjeux, le niveau de risque a été qualifié (selon un niveau de 1 à 4) par croisement avec l'aléa (classe de hauteur, type d'inondation, durée de submersion). Comme indiqué précédemment, il a été retenu comme niveau de risque de la zone d'enjeux homogènes le niveau de risque le plus fort résultant de l'analyse indépendante des différents types d'enjeux.

Les tableaux en page suivante présentent l'approche retenue dans le cadre de l'étude de classement des niveaux de risque pour les différents types d'enjeux en fonction de l'aléa auxquels ils sont exposés. Pour chaque catégorie d'enjeu, cette classification repose notamment sur les éléments d'analyse suivants :

- **l'habitat** : l'analyse tient compte des risques sur les biens mobiliers contenus dans l'habitation et des risques sur la structure interne et externe du bâtiment ;
- **les personnes résidant en habitation sans étage refuge** : cette analyse est conduite sur les zones d'enjeux dans lesquelles les habitations sont majoritairement de plein pied, sans étage refuge, et tient également compte de la difficulté d'intervention des secours en cas d'inondation rapide et brutale ;
- **les services de santé** : il est considéré que, dès le début de l'inondation du bâtiment, le service ne peut plus fonctionner correctement, et qu'un aléa plus fort augmente les dommages et les capacités de redémarrage du service de santé après la crise ;
- **les établissements relatifs à une activité économique** : il est considéré que dès le début de l'inondation du bâtiment l'activité ne peut plus fonctionner, que la production est interrompue et que les biens matériels (outils, stocks, …) sont exposés. Un aléa plus fort augmente le potentiel de dommages et les capacités de redémarrage de l'activité après la crise ;

- **les installations ICPE** : les ICPE (stations services, etc.) présentent un risque de pollution important dès le début de l'inondation ;
- **les musées et monuments historiques** : ces établissements présentent un caractère et des biens souvent uniques et à fortes valeurs patrimoniales. Les dommages peuvent se produire dès la survenance de la crue, et la probabilité de dommages irréversibles augmente avec l'aléa dont en particulier la durée de submersion du bâtiment ;
- **les réseaux** : il est considéré dans cette analyse que les réseaux ne sont plus en état de fonctionner dès le début de l'inondation de l'installation, et pénalisent le territoire. Un aléa plus fort augmente les risques de dommages et les capacités de redémarrage de l'installation ;
- **les services de la gestion de crise et les services de secours** : les services de la gestion de crise et de secours ne peuvent à priori plus assurer leurs missions dès le début de l'inondation de leurs locaux. Un aléa plus fort augmente les risques de dommages et les capacités de redémarrage de ces services ;
- **les établissements scolaires et de formation** : les établissements concernés seront fermés dès le début de l'inondation des locaux. L'enjeu principal se situe dans leurs capacités à redémarrer après la crise, pénalisées avec l'augmentation de l'aléa.

Hauteur de submersion	< 0,5 m				0,5 m à 1 m			
Type d'inondation	lente et progressive		rapide et brutale		lente et progressive		rapide et brutale	
Durée de submersion	< 48 h	> 48 h	< 48 h	> 48 h	< 48 h	> 48 h	< 48 h	> 48 h
Santé humaine								
Habitations	1	2	2	2	2	3	3	3
Personnes résidant en maison sans étage refuge	1	2	2	2	2	3	3	3
Services de santé	3	3	3	3	3	3	4	4
Activité économique								
Etablissements	2	2	2	2	2	3	3	3
Environnement								
ICPE	3	3	3	3	3	3	3	3
Patrimoine culturel								
Musées, monuments historiques	2	3	2	3	2	3	2	3
Enjeux particuliers								
Réseaux	2	2	2	2	2	2	3	3
Service de gestion de crise	3	3	3	3	3	3	3	3
Services de secours	3	3	3	3	3	3	3	3
Etablissements scolaires et de formation	2	3	2	3	2	3	3	3

Hauteur de submersion	1 m à 2,5 m				> 2,5 m			
Type d'inondation	lente et progressive		rapide et brutale		lente et progressive		rapide et brutale	
Durée de submersion	< 48 h	> 48 h	< 48 h	> 48 h	< 48 h	> 48 h	< 48 h	> 48 h
Santé humaine								
Habitations	3	3	4	4	4	4	4	4
Personnes résidant en maison sans étage refuge	4	4	4	4	4	4	4	4
Services de santé	4	4	4	4	4	4	4	4
Activité économique								
Etablissements	3	3	4	4	4	4	4	4
Environnement								
ICPE	3	3	4	4	4	4	4	4
Patrimoine culturel								
Musées, monuments historiques	3	3	4	4	4	4	4	4
Enjeux particuliers								
Réseaux	3	3	4	4	4	4	4	4
Service de gestion de crise	3	3	4	4	4	4	4	4
Services de secours	3	3	4	4	4	4	4	4
Etablissements scolaires et de formation	3	3	4	4	4	4	4	4