Les inondations relatives aux eaux marines

Comment se manifestent-elles ?

On distingue les inondations dues à :

- **un raz-de-marée** : énorme vague consécutive à un tremblement de terre ou une éruption volcanique qui submerge brutalement la frange littorale,
- **une tempête** (cf. la rubrique se rapportant à ce risque), pouvant provoquer une hausse du niveau de la mer et la submersion des secteurs insuffisamment ou non protégés. Lorsqu'un tel phénomène se conjugue avec une marée à fort coefficient, comme ce fut le cas lors de la tempête Xynthia, le risque de submersion marine s'avère particulièrement élevé. Il s'agit d'un phénomène difficilement prévisible dans son amplitude.
- **la rupture** d'un ouvrage de protection sous l'effet d'une tempête peut également conduire à une inondation.

En quoi le département est-il concerné ?

La Loire-Atlantique possède une façade maritime de plus de 130 kilomètres. La configuration de cette façade (alternance de séquences de côtes basses meubles et de côtes rocheuses d'altitude très variable) peut en certains endroits faciliter les phénomènes de submersions marines qui, dans certaines circonstances, peuvent constituer un risque dans les secteurs urbanisés exposés.

Par ailleurs, l'estuaire de la Loire, que l'on assimilera ici à la partie comprise entre Nantes et Saint-Nazaire, subit de façon significative l'influence océanique des marées. Il faut donc considérer que le risque de submersion marine concerne à la fois les communes du littoral et celles riveraines de l'estuaire de la Loire.

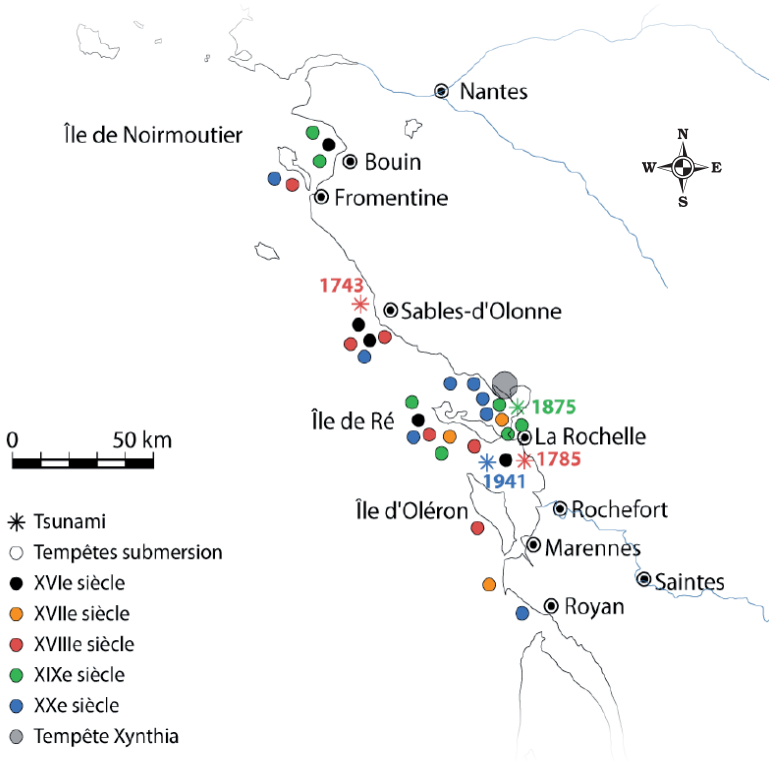
Quelques données historiques

Le littoral de Loire-Atlantique subit régulièrement des tempêtes causant des phénomènes de submersion et d'érosion des côtes meubles. La baie de Bourgneuf apparaît historiquement comme la zone la plus sensible à la submersion du littoral de la Loire-Atlantique (Ministère de l'Ecologie - Retour d'expérience sur la tempête Xynthia en Loire-Atlantique et Vendée – CETE Ouest - juin 2012).

Avant 1950, les tempêtes les plus marquantes sur cette zone semblent être celles de **1877**, **1924** (on parle pour cette tempête de raz-de-marée) et **1937**.

Après 1950, les tempêtes les plus importantes sont celles du **15-16 octobre 1987** (qualifiée à l'époque de tempête du siècle), du **11 février 1990**, des **25 et 27 décembre 1999** (Lothar et Martin) et, plus récemment, celle survenue dans la nuit du **27-28 février 2010** (Xynthia).

L'événement faisant aujourd'hui référence au niveau régional en matière de gestion des risques littoraux (submersion marine et érosion côtière) correspond à la tempête Xynthia.



Les territoires du risque maritime en Poitou-Charente-Vendée (1500-2010) E. Garnier 2010

Quels sont les risques dans le département ?

Repère de submersion marine

Bien que considéré comme négligeable sur nos côtes, le risque raz-de-marée n'en concerne pas moins l'ensemble du littoral du département, ainsi que les communes situées de part et d'autre de la Loire.

À l'inverse, **les tempêtes** sont fréquentes (cf. chapitre suivant).

Selon l'orientation, la puissance des vents et la pression atmosphérique, elles sont susceptibles d'entraîner une élévation exceptionnelle du niveau de l'océan (surcote atmosphérique) qui, venant s'ajouter à une marée de fort coefficient (lors de la pleine mer), peut entraîner la submersion de terrains habituellement à l'abri de ce phénomène.

Le scénario majeur correspond ainsi à la conjonction de vents d'ouest à sud-ouest dépassant les 130 km/h avec une marée de coefficient 120 (vents soufflant lors de la haute mer). En fonction des circonstances, les tempêtes peuvent notamment se traduire par :

- **Des vagues** : la hauteur des vagues dépend de la vitesse du vent et de la durée de son action. Sur la côte, ces vagues peuvent être modifiées par le profil du fond marin, les courants de marée, la topographie du rivage. Un vent établi soufflant à 130 km/h peut entraîner la formation de vagues déferlantes d'une hauteur de 15 m avec des risques de submersion marine.
- **Des modifications du niveau normal de la marée** et, par conséquent, de l'écoulement des eaux dans les estuaires. Cette hausse temporaire du niveau de la mer (marée de tempête) peut être supérieure de plusieurs mètres par rapport au niveau d'eau « normal » et devenir particulièrement dévastatrice.

L'analyse des données collectées au lendemain de la tempête Xynthia permet de mieux cerner les phénomènes en cause ainsi que les risques qui peuvent y être associés (source CETE Ouest) :

Surcote marine

Lors de la tempête Xynthia les phénomènes dépressionnaires ont provoqué une surélévation du niveau de la mer liée à la combinaison de trois éléments :

- une surcote barométrique par rapport au niveau de pression atmosphérique moyen,
- une modification importante des mouvements des masses d'eau liée au vent,
- les vagues qui déferlent à l'approche des côtes entraînant une augmentation du niveau d'eau.

Marée à fort coefficient

Le fait que la tempête ait atteint les côtes au plus haut d'une grande marée de vives-eaux (coefficient 102 sur une échelle variant de 20 à 120) a de surcroît amplifié ces effets négatifs. La surcote observée à Saint-Nazaire a été de l'ordre d'un mètre (selon les séries de données un écart de quelques centimètres est possible), correspondant à un niveau de 4,20 m NGF.

Cette concomitance de la tempête avec un fort coefficient de marée à laquelle s'ajoute l'effet de la houle est à l'origine des phénomènes de submersion rares notamment sur les côtes de la Loire-Atlantique.

Origines des submersions

Les entrées d'eau constatées, dues à la tempête Xynthia, ont les origines suivantes.

Franchissement par paquets de mer

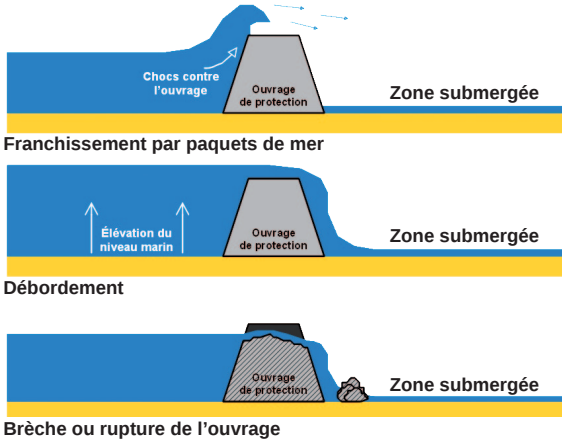
Le choc des vagues contre un ouvrage (digue...) permet à l'eau de passer au-dessus de celui-ci.

Débordement

Lorsque le niveau marin est plus élevé que l'ouvrage ou le terrain naturel, l'eau passe par-dessus et inonde les terrains situés en arrière.

Formation de brèches

La rupture d'une protection naturelle (cordon dunaire) ou artificielle (digue ou autre ouvrage) permet l'entrée d'eau dans les espaces situés en arrière.



Origines des submersions

Conséquences

Sur l'activité économique et l'environnement

les débordements des protections naturelles ou artificielles ont conduit à la submersion de vastes zones de marais (marais du Mès et de Guérande) ; la propagation à l'intérieur des terres de la submersion a notamment été facilitée par la dégradation des protections (rupture de digue ou brèches) et par la remontée d'eau dans un réseau hydraulique secondaire dense (étiers, canaux).

Sur les biens et les personnes

Des secteurs urbanisés ont subi ce phénomène de submersion comme, Saint-Brevin-les-Pins, Saint-Nazaire, Le Croisic, Pornic, La Baule-Escoublac, Le Pouliguen et les Moutiers-en-Retz.

L'onde de tempête s'est également propagée dans l'estuaire de la Loire avec une faible atténuation de la surcote observée à Saint-Nazaire (0,9 mètres au marégraphe de Nantes), produisant les mêmes effets, notamment la submersion de vastes zones de marais.

Compte tenu des effets du changement climatique, notamment de l'élévation du niveau moyen des océans, il convient d'entretenir une certaine vigilance vis-à-vis du risque de submersion pour le littoral.

Les communes concernées par ce risque figurent dans le tableau suivant. Hormis Lavau-sur-Loire et Saint-Viaud, toutes ces communes ont obtenu la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle pour les dégâts occasionnés lors de la tempête Xynthia.

Communes du littoral	Asserac, Batz-sur-Mer, Bourgneuf-en-Retz, Guérande, La Baule, La Bernerie-en-Retz, La Plaine-sur-Mer, La Turballe, Le Croisic, Les Moutiers-en-Retz, Le Pouliguen, Mesquer, Piriac-sur-Mer, Pornic, Pornichet, Préfailles, Saint-Brevin-les-Pins, Saint-Michel-Chef-Chef, Saint-Nazaire
Communes estuariennes	Bouée, Cordemais, Corsept, Donges, Frossay, Lavau, La Chapelle-Launay, Le Pellerin, Montoir-de-Bretagne, Paimboeuf, Saint-Etienne-de-Montluc, Saint-Viaud

Quelles sont les mesures prises dans le département ?

Suite à la tempête Xynthia et aux crues soudaines survenues quatre mois plus tard dans le secteur de Draguignan (83), l'État a adopté un dispositif d'urgence, nommé Plan submersions rapides (PSR). Ce plan dont la mise en œuvre se poursuit dans le cadre de la stratégie nationale de gestion des risques d'inondation arrêtée le 7 octobre 2014, couvre notamment les risques d'inondation par submersions marines, crues soudaines, ou rupture de digue. L'architecture du PSR s'articule autour de quatre axes :

- maîtrise de l'urbanisation et adaptation du bâti existant,
- amélioration de la connaissance des aléas et des systèmes de surveillance ou de prévision, de vigilance et d'alerte,
- fiabilité des ouvrages et des systèmes de protection,
- amélioration de la culture du risque au sein de la population et des mesures de sauvegarde.

Les principales mesures mises en œuvre dans le département ces dernières années s'organisent dans le cadre des plans et programmes qui suivent.

Plans de prévention des risques littoraux (PPRL)

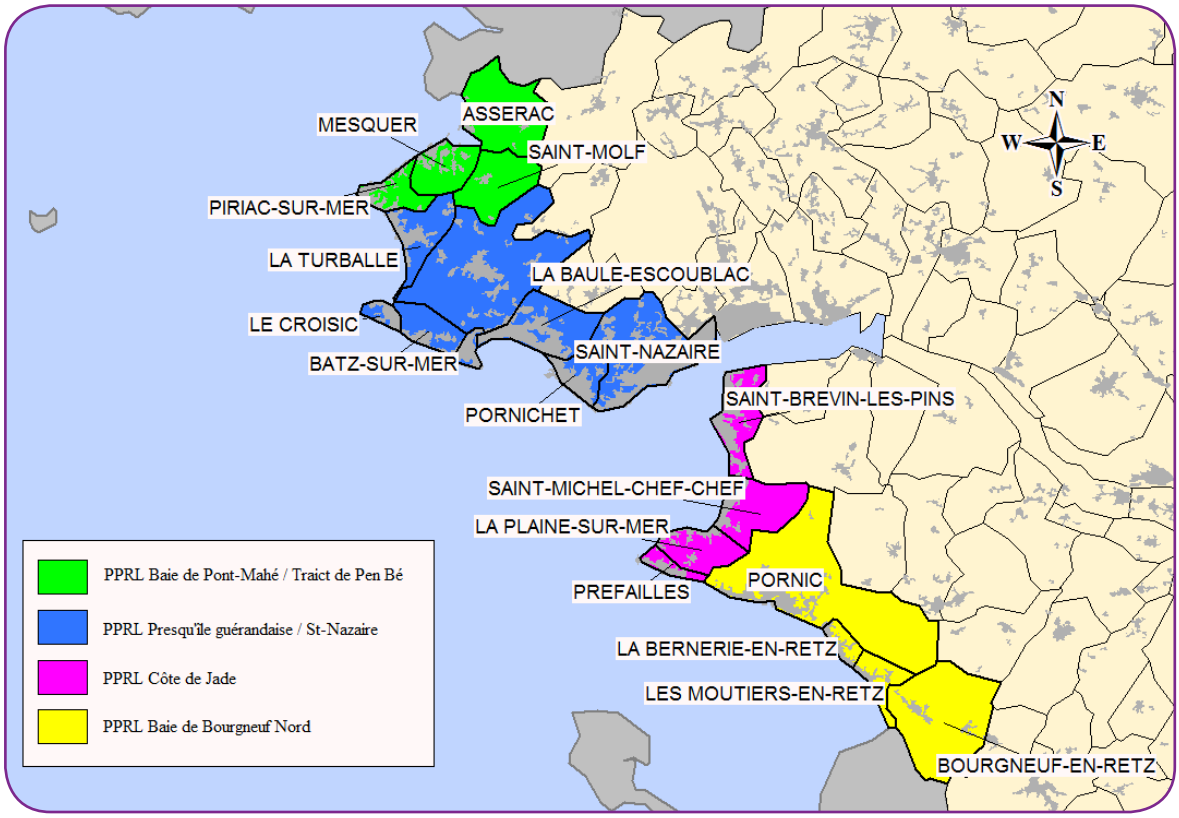
Quatre PPRL sont prévus en Loire-Atlantique :

- Presqu'île Guérandaise / Saint-Nazaire. Approuvé le 13/07/16 (en bleu)
- Baie de Bourgneuf Nord. Approuvé le 13/07/16 (en jaune)
- Côte de Jade. Prescrit le 18/09/15 (en rose)
- Baie de Pont-Mahé / Traict de Pen Bé. Prescrit le 24/02/2017 (en vert).

Ces plans visent, d'une part, à mieux connaître le territoire et ses aléas littoraux (submersion marine et érosion côtière) et, d'autre part, à mieux maîtriser l'urbanisation pour favoriser une meilleure sécurité des personnes et une stabilisation, voire une réduction des coûts des dommages potentiels.

Les différentes activités de l'homme, notamment économiques, l'ont conduit à réaliser des ouvrages de protection des terres dont les modes de conception et de réalisation sont inadaptés à la protection des personnes.

Dans le cadre de l'élaboration des PPRL, les modélisations de l'aléa submersion marine réalisées par des experts prennent donc en compte le risque de formation de brèches ou de rupture des ouvrages de protection (sur ce sujet, voir le *focus* « Risque de rupture de digue »).



Carte des communes de Loire-Atlantique concernées par un PPRL
© DDTM de la Loire-Atlantique

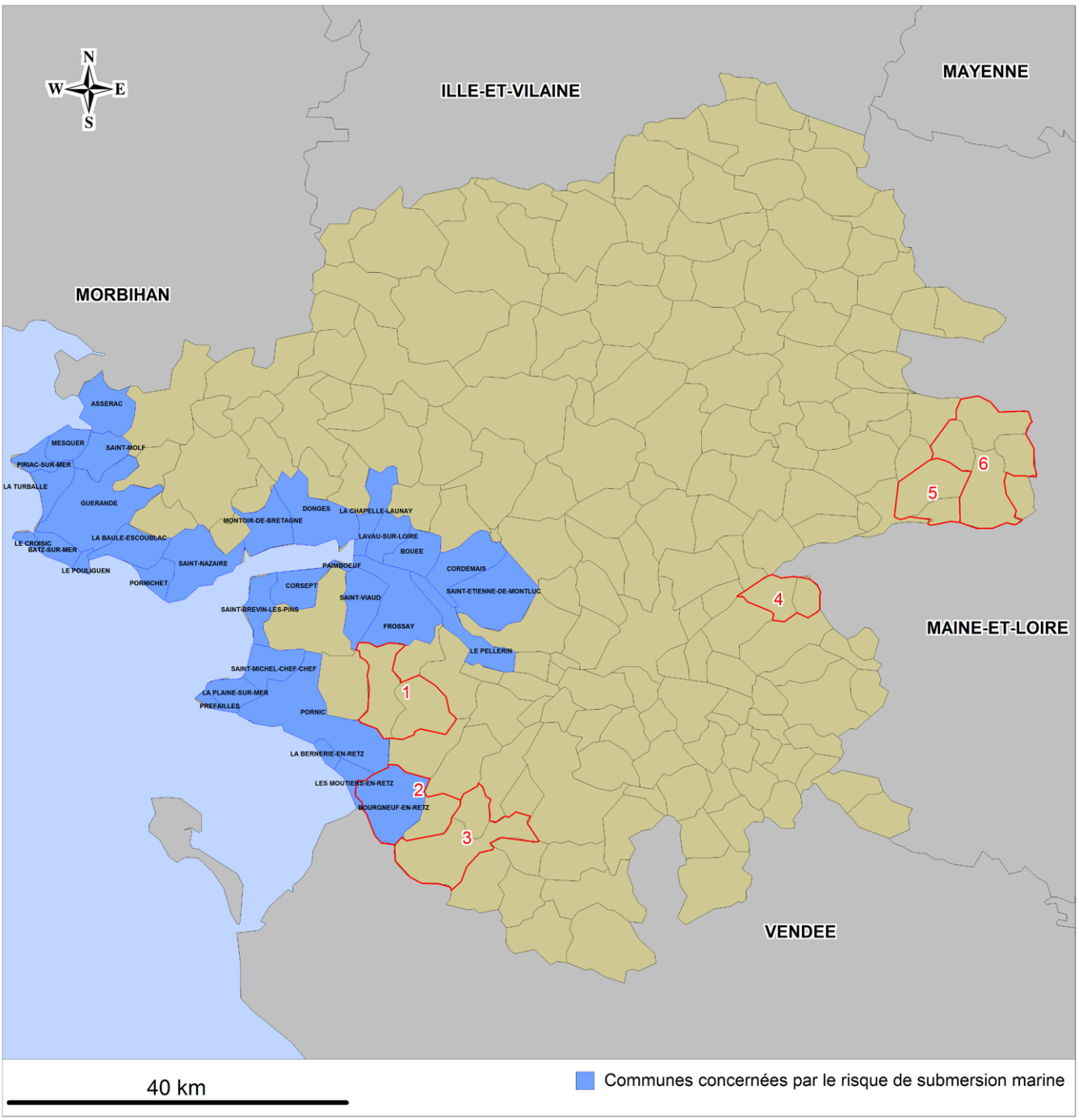
Programmes d'actions de prévention contre les inondations (PAPI)

Ces programmes d'actions contractualisent des engagements de l'État et des collectivités territoriales pour réaliser des programmes d'études et/ou de travaux de prévention des risques liés aux inondations avec une approche globale de prévention à l'échelle du bassin de risque.

Développer l'information sur les risques d'inondation et faire émerger une véritable conscience du risque constituent d'autres objectifs des PAPI.

Ces programmes sont cohérents avec le Plan de gestion des risques d'inondation (PGRI) du bassin Loire-Bretagne dont la vocation est de définir une politique d'anticipation et de gestion globale du risque d'inondation dans le cadre défini au niveau européen au travers de la Directive Inondations.

Risque
Submersions marines



: Périmètres des nouvelles communes créées au 1/01/2016.

-1 : Chaumes-en-Retz
-2 : Villeneuve-en-Retz
-3 : Machecoul-Saint-Même
-4 : Divatte-sur-Loire
-5 : Vair-sur-Loire
-6 : Loireauxence

Alerte

En cas de danger, la population sera alertée par la radio locale France Bleu Loire Océan :

- Nantes **101.8 Mhz**
- Saint-Nazaire **88.1 Mhz**
- Châteaubriant **98.6 Mhz**

La procédure d'alerte météorologique prévoit l'information de la population dès que le seuil de vigilance de niveau 3 (**orange**) ou de niveau 4 (**rouge**) est atteint. Elle précise si un risque de vague-submersion existe.

Il est possible pour les maires de suivre l'événement et le niveau de vigilance, via :

- http://vigilance.meteofrance.com
- n° non surtaxé : 05 67 22 95 00 (bulletin vocalisé à partir du niveau de vigilance Orange)
- compte twitter : https://twitter.com/VigiMétéoFrance
- sur applications mobiles et tablettes (compatibles IOS et Androïd)

Ils établissent un contact avec les services préfectoraux et mettent en œuvre toutes les mesures nécessaires à la protection de la population (conseils ou consignes de comportement, etc).

Des communiqués de presse sont alors diffusés à intervalles réguliers par les stations de radio et de télévision qui relaient les conseils ou consignes proposés au public.

Le maire mobilise ensuite les services techniques municipaux. Ces derniers sont à même d'intervenir en cas d'inondation marine.

© DDTM de la Loire-Atlantique

Moutiers-en-Retz (Port du Collet)
Dégâts engendrés par la tempête Xynthia : 27 et 28 février 2010

Consignes de sécurité

Submersions marines

SE METTRE À L'ABRI - ÉCOUTER LA RADIO - RESPECTER LES CONSIGNES

En plus des consignes générales (p.16),
les consignes en cas de submersion marine, sont les suivantes :

AVANT

S'organiser et anticiper :

- S'informer des risques, des modes d'alerte et des consignes en mairie.
- S'organiser et élaborer les dispositions nécessaires à la mise en sûreté.
- Simuler annuellement.

et de façon plus spécifique :

- Prévoir les équipements utiles : radio avec piles, réserve d'eau potable et de produits alimentaires, papiers personnels, médicaments urgents, vêtements de rechange, couvertures…
- Mettre hors d'eau les meubles et objets précieux, les produits dangereux ou polluants, les équipements utiles.
- Identifier le disjoncteur électrique et le robinet d'arrêt du gaz.
- Aménager les entrées possibles d'eau : portes, soupiraux, évents.
- Amarrer les cuves, etc.
- Repérer les stationnements hors zone inondable.

Pour plus d'informations : http://www.meteofrance.com

PENDANT

Mettre en place les mesures conservatoires ci-dessus et :

- Suivre l'évolution de la météo et de la prévision des crues (radio, TV, Internet).
- S'informer de la montée des eaux par radio ou auprès de la mairie.
- Se réfugier en un point haut préalablement repéré : étage, colline…
- Écouter la radio pour connaître les consignes à suivre.

et de façon plus spécifique :

- Ne pas tenter de rejoindre ses proches ou d'aller chercher ses enfants à l'école.
- Éviter de téléphoner afin de libérer les lignes pour les secours.
- N'entreprendre une évacuation que sur ordre des autorités ou si vous y êtes forcés par la crue.
- Ne pas s'engager sur une route inondée (à pied ou en voiture).
- Ne pas encombrer les voies d'accès ou de secours.

APRÈS

- Respecter les consignes.
- Informer les autorités de tout danger.
- Aider les personnes sinistrées ou à besoins spécifiques.

et de façon plus spécifique :

- Aérer.
- Désinfecter à l'eau de javel.
- Chauffer dès que possible.

Ne rétablir le courant électrique que si l'installation est sèche.

Pompiers : **18 ou 112** - SAMU : **15**
Police : **17**

Nantes : **101.8 Mhz** - Saint-Nazaire : **88.1 Mhz**
Châteaubriant : **98.6 Mhz**

Focus
Risque de rupture de digue

La protection d'une zone exposée au risque d'inondation ou de submersion marine au moyen de digues est réalisée par un système d'endiguement.

Ce système comprend une ou plusieurs digues ainsi que tout ouvrage nécessaire à son efficacité et à son bon fonctionnement (déversoir, vannes, stations de pompage par exemple). Les digues sont des ouvrages généralement longitudinaux, en remblai de terre ou parfois en murs de quai.

La population protégée par le système d'endiguement correspond à la population maximale exprimée en nombre d'habitants qui résident et travaillent dans la zone protégée, en incluant notamment les populations saisonnières.

La classe d'une digue est celle du système d'endiguement dans lequel elle est comprise :

Classe	Population protégée par le système d'endiguement
A	Population > 30 000
B	3 000 < Population ≤ 30 000
C	30 < Population ≤ 3 000

Le niveau de protection d'une zone exposée au risque d'inondation ou de submersion marine assuré par un système d'endiguement est déterminé par la hauteur maximale que peut atteindre l'eau sans que cette zone soit inondée en raison du débordement, du contournement ou de la rupture des ouvrages de protection quand l'inondation provient directement du cours d'eau ou de la mer.

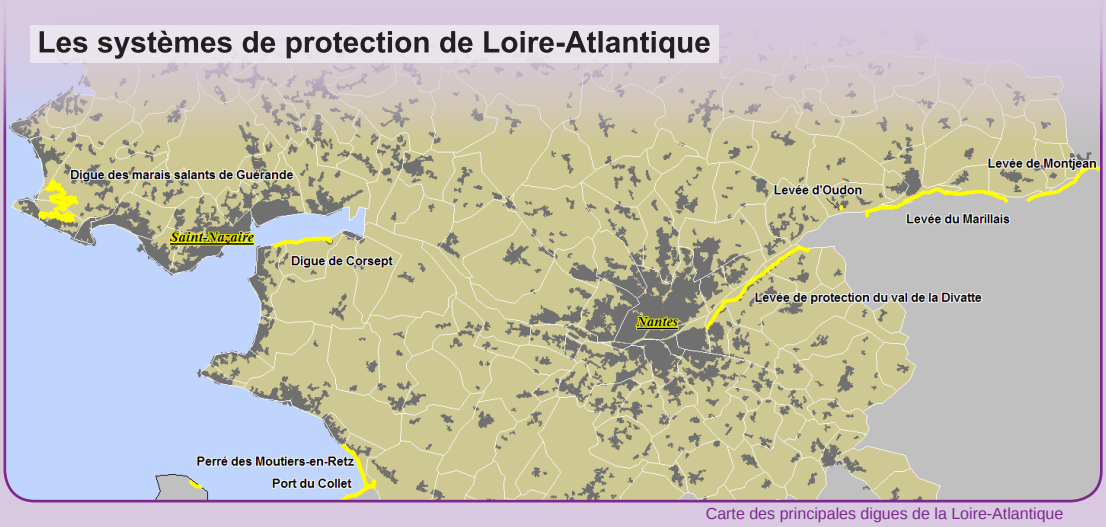
Le niveau de protection d'un système d'endiguement ou d'un aménagement hydraulique est apprécié au regard soit d'un débit du cours d'eau en crue considéré ou d'une cote de niveau atteinte par celui-ci, soit d'un niveau marin pour le risque de submersion marine, auxquels est associée la probabilité d'occurrence dans l'année de l'événement.

L'arrivée d'eau dans la zone protégée peut donc être due à la survenance d'un événement de plus grande ampleur que l'événement de référence ayant conduit à la définition du niveau de protection (crue plus importante, tempête plus forte), conduisant à un débordement (surverse), un contournement voire une rupture de digue.

Mais l'arrivée d'eau peut également être due à une défaillance du système de protection, en cas d'erreur de conception ou d'entretien. Par exemple, les talus d'une digue côté fleuve subissent en crue les effets du courant qui peuvent provoquer une érosion et à terme une brèche. Les hétérogénéités de perméabilité dans le corps de la digue peuvent être à l'origine de zones de circulation de l'eau dans l'ouvrage lorsqu'il est exposé à une crue ou une tempête, engendrant une érosion interne puis une rupture.

Les conséquences d'une rupture de digue sont souvent dramatiques : l'inondation en arrière de l'ouvrage est brutale et imprévisible, mettant en grave danger les personnes et les biens présents dans les zones protégées (noyade, ensevelissement, isolement, destruction des bâtiments, détérioration des réseaux de communication, accidents technologiques lorsque des industries sont présentes). Les submersions marines peuvent toucher des superficies importantes à l'intérieur des terres, notamment dans les zones de polders.

L'entretien et la surveillance des digues sont à la charge de leurs gestionnaires ou exploitants, et doivent se faire conformément aux obligations réglementaires. C'est le service de contrôle de la sécurité des ouvrages hydrauliques de la DREAL, sous l'autorité du préfet de département, qui s'assure que les gestionnaires remplissent de manière satisfaisante ces obligations réglementaires.



Carte des principales digues de la Loire-Atlantique