**Chapitre 5. Ouvrages de protection contre les inondations**

**1 - Définitions**

Une inondation est une submersion temporaire par l’eau de terres qui ne sont pas submergées en temps normal.

Elle peut avoir diverses origines et survenir :

* lorsque se produit une élévation exceptionnelle du niveau de la nappe la plus proche du sol (appelée nappe phréatique) : selon la topographie, des territoires plus ou moins étendus peuvent être concernés, et ce parfois sur de longues durées ;
* lorsqu’un cours d’eau déborde de son lit habituel (qualifié de lit mineur pour un fleuve ou une rivière, de chenal pour un torrent), la montée des eaux étant plus ou moins rapide selon la taille et la déclivité du bassin versant, la nature des sols, l’état de la couverture végétale, etc. ; la courbe représentant l’évolution du débit en fonction du temps en un point donné est appelée hydro gramme de crue : aux crues à montée lente des fleuves et des grandes rivières, peuvent être opposées les crues à montée rapide des rivières torrentielles et surtout des torrents qui en outre, du fait de leur forte pente, ont un pouvoir érosif important, arrachant les matériaux à la montagne avant de les déposer sur leur cône torrentiel ;
* lorsque de l’eau de pluie ou de fonte de neige s’écoule en surface de façon non organisée avant d’atteindre un émissaire naturel ou artificiel.

A partir de cette approche très sommaire, une première typologie des inondations peut être dressée :

* les **inondations lentes** :
  + les inondations par remontée de nappe,
  + les inondations de plaine ;
* les **inondations rapides** :
  + les crues torrentielles des rivières torrentielles et des torrents,
  + les inondations par ruissellement pluvial.

Quant aux inondations dues aux eaux pluviales des réseaux d’assainissement, leur inclusion ou non dans le phénomène général qualifié d’inondation dépend des auteurs, voire des réglementations.

Sur le plan opérationnel de la prévision et de la préparation à la gestion de crise, le ministère en charge de l’Environnement qualifie de crues soudaines les crues survenant sur des bassins versants dont le temps de réponse se situe entre 2 heures (délai en deçà duquel seuls des dispositifs locaux très spécifiques permettent une anticipation) et une demi-douzaine d’heures (délai au-delà duquel on entre dans le champ de la prévision des crues classiques).

A ces inondations provoquées directement ou indirectement par des précipitations, doit être ajouté le cas de la submersion marine qui résulte de l’élévation, temporaire ou permanente, du niveau de la mer ; il est traité dans une fiche spécifique.

**2  - Nature, causes, et effets**

Le risque inondation est le premier risque naturel en France par :

* le nombre de communes concernées (près de la moitié des communes, à des degrés divers, dont 300 agglomérations),
* l’étendue des zones inondables (5 % du territoire métropolitain, au vu du rapport sur l’évaluation préliminaire des risques d’inondation (EPRI) 2011 dont l’objectif est d’évaluer les risques potentiels d’inondations extrêmes, ce qui induit alors la transparence des ouvrages hydrauliques),
* et les populations résidant dans ces zones (selon l’Observatoire des territoires, 9 % de la population en 2006 pour des évènements sensiblement centennaux ; selon l’EPRI 2011, 16,8 millions de résidents permanents en métropole et au moins 9 millions d’emplois),

Il est également le plus fréquent et provoque d’importants dégâts directs et indirects ainsi que, pour les catastrophes les plus graves, des victimes (morts, blessés) ; c’est d’ailleurs le premier poste d’indemnisation au titre des catastrophes naturelles (55 % du total, devant la sécheresse 41 %).

Certains évènements météorologiques peuvent avoir des impacts particulièrement lourds ; à titre d’illustration, sont détaillés dans le rapport ci-après les dommages matériels causés par les crues de décembre 2003 sur 24 départements du grand quart sud-est de la France ; outre le bilan humain (7 morts ; 27 000 évacuations), il convient d’ajouter à l’estimation initiale de 1, 092 milliard d’euros les coûts d’intervention, les incidences indirectes, etc.

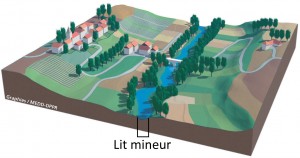
Ce risque est directement lié aux précipitations : orages d’été qui provoquent des pluies violentes et localisées ; perturbations orageuses d’automne, notamment sur la façade méditerranéenne, mais dont les effets peuvent se faire ressentir dans toute la moitié sud du pays ; pluies océaniques qui occasionnent des crues en hiver et au printemps, surtout dans le nord et l’ouest de la France ; fonte brutale des neiges au rôle parfois amplificateur, en particulier si des pluies prolongées et intenses interviennent alors. Les bassins versants, selon leur taille, peuvent y répondre par des crues de divers types en fonction de l’intensité, de la durée et de la répartition de ces précipitations.

Le risque peut être amplifié selon la pente du bassin versant et sa couverture végétale qui accélèrent ou ralentissent les écoulements, selon les capacités d’absorption et d’infiltration des sols (ce qui par ailleurs alimente les nappes souterraines) et surtout selon l’action de l’homme qui modifie les conditions d’écoulement … ou s’installe sur des zones particulièrement vulnérables.

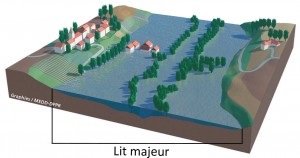
Des phénomènes particuliers, souvent difficilement prévisibles, peuvent aussi aggraver très fortement localement le niveau de risque, qu’ils soient naturels (débâcle glaciaire par exemple) ou anthropiques (rupture de digues, etc.).

**[](http://www.mementodumaire.net/wp-content/uploads/2012/03/2.1-sch_remontee_nappe_leg.jpg)2.1  Inondations par remontée de nappe**

En accompagnement à la mise à disposition, sur un site spécifique, de cartes des remontées de nappes par commune (voir § 3.1 ci-après), le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) présente de façon très complète le phénomène et ses causes, les principales conséquences en résultant pour les bâtiments et les infrastructures ainsi que les précautions à prendre dans les zones à priori sensibles ; il fournit également une typologie des inondations correspondantes et analyse le comportement des deux grands types d’aquifères que sont d’une part les nappes des formations sédimentaires et d’autre part les nappes contenues dans les fissures et fractures des roches dures du socle.

**[](http://www.mementodumaire.net/wp-content/uploads/2012/03/2.2-sch_inond_litmineur2_leg.jpg)2.2  Inondations de plaine**

Les cours d’eau de plaine sont soumis à des inondations lentes qui permettent généralement l’annonce des crues et l’évacuation des personnes menacées. Néanmoins, la sécurité des personnes est parfois compromise, le plus souvent par non-respect des consignes ou par méconnaissance du risque, en particulier celui induit par la vitesse dans les zones dites d’écoulement (on estime par exemple que pour un enfant la limite de déplacement est de 50 cm d’eau ou une vitesse de courant inférieure à 50 cm/s).

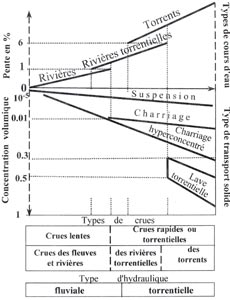
[](http://www.mementodumaire.net/wp-content/uploads/2012/03/2.2-sch_inond_litmajeur2_leg.jpg)Compte tenu des surfaces concernées, ces inondations ont souvent des conséquences économiques très lourdes, d’autant que les submersions peuvent se prolonger sur plusieurs jours, voire sur plusieurs semaines, entraînant des dégâts considérables aux biens, des perturbations importantes aux activités, des désordres sanitaires ainsi que des préjudices psychologiques parfois graves.

 Lors d’une crue, tout cours d’eau peut abandonner son lit ordinaire (ou lit mineur) dont la capacité est généralement limitée à des débits de crue de période de retour de l’ordre de 1 à 5 ans pour occuper tout ou partie du lit majeur en fond de vallée qui constitue une zone dite d’expansion et contribue, par sa capacité de stockage des eaux, à un certain laminage des débits pour l’aval. Lors de leur retrait, les eaux les plus hautes laissent des traces, appelées laisses d’inondation : marques sur les murs, déchets accrochés aux branches, etc.

**2.3  Crues torrentielles**

Autant que la distinction fondée sur la dynamique de la crue (temps séparant les pluies et la montée des eaux), ce qui différencie les crues torrentielles des crues des rivières de plaine – qualifiées habituellement de crues « liquides » -, c’est la charge solide grossière qui accompagne les écoulements et aggrave significativement leur impact sur les personnes et les biens exposés.

Dès que la pente s’accentue, les écoulements deviennent de plus en plus chargés :

* charriage d’abord avec un déplacement des matériaux (d’une taille de quelques mm à quelques dizaines de centimètres) par des mouvements de roulement, de glissement sur le fond ou encore par une succession de petits sauts ;
* [](http://www.mementodumaire.net/wp-content/uploads/2012/03/2.3-crue_torrent01.jpg)mouvements déjà plus en masse en cas d’écoulements dits hyperconcentrés ;
* laves torrentielles enfin, en cas d’abondance de matériaux meubles disponibles et de pentes fortes (généralement supérieures à 30 % dans la zone de départ), celles-ci s’écoulant par bouffées successives et véhiculant des matériaux d’une granulométrie étendue allant des argiles à des blocs de dimensions métriques ; leur densité élevée, pouvant s’approcher de 2, les rendent capables de transporter des blocs volumineux en quasi-flottation.

Types de cours d’eau, mécanismes de transport solide et types de crues / L. Besson et M. Meunier 1995

Si les matériaux fins transportés par suspension sont en général peu dommageables (hors éventuels impacts en aval, par colmatage des fonds et sédimentation, notamment dans les retenues), il n’en est pas de même des sédiments véhiculés par charriage ou par coulées de laves torrentielles, qui peuvent aussi provoquer par engravement des exhaussements de lit puis des divagations ou obstruer le cours de la rivière émissaire aval ; par ailleurs, les écoulements ont une capacité érosive importante, à l’origine d’affouillements et de glissements de berges (voire de versants).

Enfin, le transport de bois et de débris divers par flottaison peut aggraver significativement les conséquences des crues torrentielles par obstruction des lits ou des ouvrages notamment de franchissement, avec alors divagation vers des zones inhabituelles ; les barrages constitués par l’accumulation de matériaux flottants (embâcles) sont toujours susceptibles de se rompre et de provoquer à l’aval des débâcles dévastatrices, difficilement prévisibles.

[](http://www.mementodumaire.net/wp-content/uploads/2012/03/2.3-manival08bis2.jpg)

Torrent du Manival dans la vallée du Grésivaudan (versant Est du massif de la Chartreuse) © S. Gominet

Les **torrents** se situent en tête de bassin versant, là où les pentes sont les plus fortes (> 6 %) : avec des débits très irréguliers, souvent intermittents, la réaction d’un torrent aux précipitations varie selon l’intensité, la durée et la chronologie de celles-ci, la nature géologique et la sensibilité à l’érosion des terrains traversés, l’état de la couverture végétale ou forestière du bassin de réception. Les matériaux transportés s’accumulent sur le cône de déjection du fait d’une brusque réduction de la pente, la totalité de celui-ci pouvant être, en l’absence d’aménagement, balayée au gré des apports successifs des crues.

A l’aval immédiat, les **rivières torrentielles** constituent une catégorie de cours d’eau intermédiaire entre les torrents et les rivières ; de pentes plus faibles que les torrents (quelques %), elles peuvent encore être le siège d’écoulements hyper-concentrés ; on peut y observer crues rapides et débordements soudains, affouillements intenses et/ou apports solides dans le lit mineur comme dans le lit majeur – ces phénomènes opposés pouvant se succéder sur un même tronçon, au cours d’une même crue, et entraîner des divagations du lit mineur dans tout le lit majeur -, création d’embâcles notamment au droit d’ouvrages insuffisamment dimensionnés ou mal conçus.

A noter le cas particulier des rivières torrentielles pour leur tronçon amont et des torrents lorsque leurs bassins versants sont partiellement de type glaciaire : ces cours d’eau peuvent être soumis à de brusques variations de débit et de transport solide selon les aléas propres à la vie des glaciers.

**2.4  Ruissellement pluvial**

Le ruissellement est un phénomène d’écoulement non organisé de l’eau sur un bassin versant suite à des chutes de pluies ou à une fonte brutale du manteau neigeux. Il perdure jusqu’au moment où il rencontre une rivière, un réseau d’assainissement ou un marais. D’origine naturelle ou/et anthropique, il est souvent accompagné de phénomènes érosifs soit généralisés soit plus concentrés (par exemple sous forme de coulées boueuses).