

# Dommages immobiliers et paramètres d'inondation

Jean-Pierre Valette.

Les premiers travaux en matière de prévention des inondations menés sur le la Loire à la fin du siècle dernier ne visaient qu'à réglementer l'occupation des sols en zone inondable. Ils se contentaient d'une approche approximative des hauteurs d'eau et d'une qualification simpliste des vitesses en « conséquentes » ou « non conséquentes ». Les prescriptions édictées relevaient généralement de l'urbanisme ou de ce que l'on croyait être le bon sens en matière de construction. Dans ce domaine, les premiers plans de prévention des risques inondations (PPRI) de la Loire n'imposaient qu'un étage de mise à l'abri au-dessus de la côte maximale de l'inondation de référence et, faute d'étude sur les remontrées de nappes, systématisaient l'obligation d'avoir le plancher bas à 50 cm au-dessus du terrain naturel même dans les points les plus hauts des vals. Par contre, faute de connaissances adéquates ils n'étaient assortis d'aucune prescription en matière de matériaux ou de mode constructif.

## Du dommage à la résilience

L'évaluation financière des dégâts aux bâtiments, puis les travaux en matière de réduction des dommages et de la vulnérabilité menés avec l'Équipe Pluridisciplinaire du Plan Loire, ont amené à regarder de plus près les mécanismes d'endommagement et, dès lors, les paramètres qui provoquent la dégradation des biens immobiliers et mobiliers. Ce travail fut réalisé avec l'appui d'ingénieurs en bâtiment, membres de la Compagnie Française des Experts de la Construction (CFEC). Leurs compétences en expertises post inondation et l'étude de

dossiers de sinistres ont mis en évidence qu'à chaque type d'inondation correspondaient des dommages spécifiques et que toute réglementation ou action de prévention ne pouvait s'élaborer qu'à partir des paramètres de l'inondation de référence.

**Quatre paramètres** caractérisent une inondation : la hauteur atteinte par l'eau, sa vitesse, la durée de submersion et la turbidité. Chacun des **cing grands types d'inondation** : crue de plaine, crue torrentielle, ruissellement urbain, élévation des nappes phréatiques, ou élévation du niveau de la mer est caractérisé par des ampleurs de paramètres qui lui sont propres et qui varient en fonction de la morphologie du site concerné :

- pour une inondation de plaine, hors val endigué, la hauteur peut dépasser 1 voire 2 mètres, la vitesse est rarement importante et la durée reste faible ; l'eau ne fait que passer par contre la turbidité est conséquente ;
- pour une inondation de plaine, avec val endigué, la hauteur peut atteindre voire dépasser 3 mètres, les vitesses varient en fonction de la morphologie du val et du lieu et du processus de remplissage du val ; la vidange du val peut se prolonger sur plusieurs semaines et les conséquences de la turbidité seront d'autant plus importantes que l'inondation se prolongera ;
- pour une inondation par remontée de nappe, la hauteur demeure faible, la turbidité peu importante, le courant pratiquement inexistant mais, par contre, la submersion peut durer plusieurs semaines.

### Les atteintes à la stabilité des bâtiments

La vitesse est la principale cause de déstabilisation des constructions. Elle caractérise surtout les crues torrentielles, certaines crues urbaines dans des sites à forte dénivellation et les crues liées à la rupture d'ouvrages de protection comme les barrages et les digues fluviales et maritimes.

Dans ce dernier cas, l'énergie brutalement libérée lors de la rupture d'un ouvrage de protection est telle que rien ne résiste à la vague de submersion tant que celle-ci n'a pas réduit son énergie par étalement de la nappe d'eau, affouillement du sol ou destruction de constructions. Il est donc impératif de prévoir une zone *non aedificandi* derrière les secteurs de rupture probables de ces ouvrages dont l'étendue est proportionnelle à la hauteur potentielle de rupture. Derrière les levées de la Loire, le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) impose une zone inconstructible d'environ 500 m de profondeur dans les secteurs où l'on n'a aucune certitude sur la tenue de l'ouvrage. Si cette profondeur peut paraître importante elle est néanmoins justifiée tant par modélisation que par l'étude des fosses de dissipation d'énergie encore observables plus de 150 ans après les ruptures de 1856 ou de 1866. La vitesse est aussi à l'origine de l'affouillement des sols qui provoque la déstabilisation des ouvrages en sous œuvre. Les fondations filantes, fréquemment employées pour l'habitat individuel, résistent normalement à ce phénomène quand elles sont réalisées dans les règles de l'art (ou des DTU), ce qui est malheureusement moins fréquent qu'on ne voudrait le croire. L'on constate alors une fissuration des murs porteurs qui risque de rendre à terme la démolition économiquement souhaitable.

Elle peut aussi avoir des effets indirects sur les bâtiments par le biais de chocs avec des corps flottants. Toutes les crues, qu'elles soient de plaine, torrentielles ou urbaines, charrient nombre d'objets comme voitures, arbres, cuves à fioul ou à gaz dont certains ont une masse importante. Entraînés à une vitesse proche de la vitesse d'écoulement ce sont des béliers qui lors de chocs avec les constructions provoquent des fissurations des parois périphériques ou des éléments porteurs, d'où là aussi, probable démolition.

Les pressions hydrodynamiques et hydrostatiques exercées par l'eau sur l'extérieur d'une paroi verticale sont aussi sources de désordres structurels lorsqu'elles ne sont pas rééquilibrées. La pression est telle que la limite à ne pas dépasser est vite atteinte : 50 cm de hauteur d'eau pour un vitrage classique ou 1 m pour un panneau de parpaings non chaîné. Pour des hauteurs supérieures ou pour des fortes vitesses, il est donc totalement déconseillé de rendre le bâtiment étanche en y posant des batardeaux. Le rééquilibrage de la pression entre intérieur et extérieur

est indispensable et doit prendre en compte la vitesse de montée de l'eau. Dans certains secteurs torrentiels ou derrière les ruptures de levées, il faut prévoir des dispositifs permettant une pénétration suffisamment rapide de l'eau pour éviter qu'un différentiel d'un mètre ne se crée, ce qui rend caduc les sages conseils de fermer portes et volets avant d'évacuer le logement.

Les matériaux employés aujourd'hui pour la structure des bâtiments conservent généralement, après immersion sans vitesse, des qualités mécaniques suffisantes pour continuer à assurer la stabilité du bâtiment. Le principal souci dans ce domaine provient des constructions à ossature bois. Ce matériau n'apprécie pas particulièrement une immersion prolongée, sauf à avoir eu un traitement et une mise en œuvre appropriés mais coûteux. Après un bain prolongé, il a d'autant plus tendance à perdre ses qualités mécaniques que les sections utilisées sont faibles, les bois mal séchés et les assemblages réalisés par collage ou plaques métalliques.

Les modes de mise en œuvre réservent aussi parfois quelques surprises. Outre les problèmes de stabilité liés à des fondations pas assez profondes, on constate aussi des soulèvements de dalles par gonflement des terre-pleins quand ceux-ci ne sont pas réalisés dans les règles de l'art. C'est là aussi malheureusement moins rare qu'on ne voudrait le croire alors que le simple respect des normes éviterait nombre de désillusions.

### Les facteurs de dégradation

L'examen de nombreux dossiers de sinistres a amené à considérer que la relation entre l'importance des dommages et la hauteur n'était pas directement linéaire. Les dommages sont déterminés par le croisement de paliers de hauteur et de durée. En matière de **hauteur**, ces seuils ne sont déterminés que par le bâtiment. La première zone va du sol au niveau haut de la plinthe, la deuxième de la plinthe aux allèges de fenêtres, la troisième des allèges de fenêtres à la sous-face du plafond et la dernière concerne le plafond et la structure du plancher de l'étage, cela se reproduisant sur autant d'étages qu'il y a d'eau.

La **durée d'immersion** est un facteur d'aggravation du dommage. Plus elle est importante plus elle favorise la dégradation des matériaux et les phénomènes de diffusion de l'humidité par remontée capillaire. Pour chaque matériau on peut déterminer une probabilité d'endommagement par palier de 24 heures. En général la plupart d'entre eux atteignent leur endommagement maximal dès 72 heures d'immersion. L'examen des dossiers de sinistres de maisons inondées deux fois la même année avec des hauteurs et des durées différentes a montré

l'importance de ces variations qui peuvent aller jusqu'à générer une multiplication par 13 des coûts de mises en état de l'immobilier.

À durée égale de submersion les dommages sont proches, qu'il y ait 30 cm ou 1 m d'eau. Or c'est dans cette zone que se produit la majorité des dommages. Les murs en élévation, système de distribution (cloisons, porte), enduits et revêtements muraux sont plus ou moins atteints en fonction du temps d'immersion et devront être changés ou réparés si celle-ci se prolonge plus de 72 heures. Dans ces conditions on est alors très proche du potentiel d'endommagement maximum du bâtiment. Le passage au seuil suivant, au-dessus des allèges, ne concerne que les menuiseries et principalement celles en bois. Dans les autres cas (PVC ou métal) il n'engendrera que peu de dommages supplémentaires. Ce rôle de la durée, explique les montants importants des dommages pour les inondations par remontée de nappe lorsque la hauteur, bien que faible, atteint la zone située au-dessus de la plinthe.

Une autre cause de dommages est liée à la **turbidité**. L'eau en circulant se charge de tous les matériaux qu'elle rencontre sur son passage et si certains n'ont qu'un effet salissant, d'autres sont destructeurs pour les équipements. Une paroi salie par des fines se lave (ce qui nécessite de l'eau, élément très rare après le passage d'une crue, les systèmes production ou de distribution étant souvent hors d'usage) mais pour une eau similaire les machineries d'ascenseur, les moteurs de volets roulants et autres moteurs électriques devront être remplacés.

L'eau se charge aussi de produits moins naturels comme des hydrocarbures ; ce ne sont pas les sources qui manquent : réservoirs de voiture, cuves de fioul non étanches, stations service... Des retours d'expérience inondation comme à Arles en 2003 (Photo 1) ou sur le Rhin en

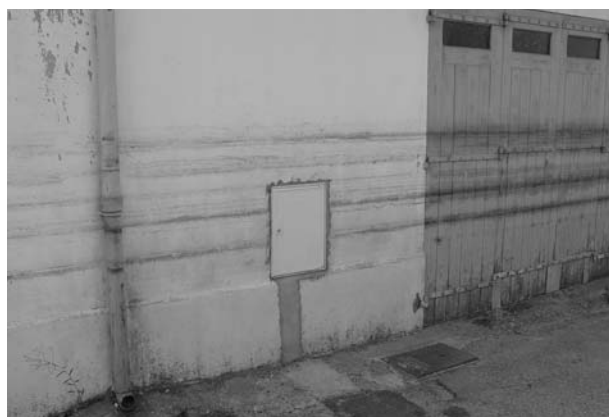


Photo 1. Arles novembre 2004. Ces traces que l'on retrouvait dans toute la ville d'Arles après la crue de décembre 2003 sont dues aux dépôts laissés par la nappe d'hydrocarbures flottant à la surface de l'inondation. Chaque trait sombre correspond à une phase d'arrêt du pompage pour évacuer l'eau du val.

1999 ont montré à quel point l'imprégnation des bâtiments par cette eau « hydrocarbonnée » pouvait perdurer pendant des années rendant toute réoccupation rapide des lieux problématique. C'est d'autant plus préoccupant que des réactions chimiques (avec les terres cuites en particulier) peuvent encore apparaître bien après le passage des assureurs. Toute politique de prévention réglementaire doit donc organiser le transfert hors zone inondable ou l'étanchéification de ces sources de pollution.

### Que faire ?

Face à l'inondation **trois stratégies** sont envisageables : se mettre hors d'eau (généralement au-dessus), empêcher l'eau de pénétrer ou laisser l'eau pénétrer en prenant toutes les dispositions pour réduire les dommages.

La **mise hors d'eau** est techniquement d'autant plus facile à mettre en œuvre que la hauteur d'eau et les vitesses attendues sont faibles. L'allongement de la durée d'immersion en réduit l'efficacité, en obligeant à l'évacuation des occupants lorsque la fourniture de fluides, d'énergie et de biens de première nécessité n'est plus assurée. Par contre ils retrouveront un logement ou une zone de vie fonctionnelle ne nécessitant aucune réparation dès le départ de l'eau. Cette solution est facile à mettre en œuvre pour les logements collectifs où les parties inondables peuvent être destinées à des activités moins vulnérables que l'habitat et où les fondations sont généralement suffisantes (voire nécessitent un léger surcoût de travaux) pour faire face à des vitesses conséquentes.

Elle génère par contre des formes particulières et peu commerciales pour l'habitat individuel comme la cuisine et le séjour à l'étage ! Elle n'est donc applicable que pour des constructions neuves, conçues spécialement en fonction des données de l'aléa, ce qui la sort économiquement et sociologiquement de circuits de production classiques de l'habitat individuel. Mettre hors d'eau la fonction résidentielle dans une maison déjà existante est rarement possible et les coûts en sont tels qu'il faudrait des inondations très fréquentes pour que l'opération présente un soupçon de rentabilité.

**Empêcher l'eau de pénétrer** dans le logement est une solution qui implique une hauteur d'eau inférieure à 1 m, une vitesse et une durée faible et un temps de réaction entre l'annonce de la crue et sa survenance suffisant pour procéder à la mise en place dans le calme du système de protection (batardeaux, sacs de sables...). Cette solution impose que toutes les voies de pénétration de l'eau soient occultées provisoirement ou définitivement, et elles sont nombreuses dans une maison. L'étanchéité parfaite dans ce domaine n'existant que dans les manuels,

## RISQUE INONDATION : APPROCHES ET COMPROMIS DE GESTION

---

il est indispensable dès que l'inondation risque de dépasser 24 heures de prévoir une pompe, l'énergie pour la faire fonctionner et une présence pour sa surveillance. Et dans ce dernier cas, il vaut mieux prévoir aussi un espace pour se mettre à l'abri d'une rupture brutale de la protection.

**Laisser pénétrer l'eau** en prenant des dispositions pour réduire les dommages ou les délais de retour nécessite une conception particulière du logement : dispositifs de stabilité du logement, zone hors d'eau pour se mettre à l'abri, équipements électriques et de production de chaleur aussi hors d'eau, plan ouvert ou au pire absence de cloisonnements bois/carton/plâtre, utilisation de matériaux peu dommageables comme le béton, le verre, le métal...

En clair : un habitat conçu spécifiquement pour répondre à la contrainte de l'inondation ce qui le sort des circuits de production habituels et sociologiquement désirés. Pourtant le fait d'intégrer le risque dès la conception est la seule façon de maîtriser les coûts pour que l'opération reste « rentable ».

Cette approche est par contre beaucoup plus difficile pour l'existant. Un diagnostic préalable du comportement du logement est indispensable pour faire les choix stratégiques des travaux à réaliser : zone de mise à l'abri, espace de vie de retour, mise hors d'eau des réseaux.

Mais les 600 diagnostics de logements inondables réalisés sur l'agglomération Orléanaise dans le cadre d'un projet de rénovation de l'habitat ont très vite posés les questions de faisabilité, liée tant au savoir faire des entreprises du bâtiment qu'à l'acceptabilité économique : l'ensemble des travaux n'est rentable que pour des crues très fréquentes de faible hauteur d'eau et qui ne portent pas atteinte à la stabilité de la construction.

## Conclusion

L'Organisation des Nations-Unies rappelait dans sa directive inondation de mars 2000 que « *l'intervention humaine a amplifié le risque d'inondation et ce genre d'intervention devrait être inversé, contrebalancé et, à l'avenir, évité.* » Il apparaît en effet que la réduction des dommages en zone inondable ne peut se faire que pour des paramètres d'inondation faibles et sur des territoires où il est impérativement impossible de s'implanter ailleurs. Pour les crues peu fréquentes et les hauteurs d'eau supérieures au mètre, la résilience des constructions à l'inondation est économiquement peu réaliste et incompatible avec les circuits actuels de production de logements. La politique de prise en compte du risque passe alors en priorité par des outils d'aménagement, d'urbanisme et d'intercommunalité.