

# RAPPORT

---

*Un logement “zéro dommage”  
face au risque d’inondation  
est-il possible ?*

*Novembre 2009*

**CEPRI**

**Centre Européen de  
Prévention du Risque d’Inondation**

---

Les collectivités en Europe pour la prévention du risque d’inondation  
Communities and local authorities in Europe preventing flood risk

# SOMMAIRE

---

<b>INTRODUCTION</b>	<b>p. 3</b>
Contexte et enjeux	p. 4
Le projet du CEPRI	p. 6
<b>UN LOGEMENT “ZÉRO DOMMAGE” EST-IL TECHNIQUEMENT POSSIBLE ?</b>	<b>p. 7</b>
Vers une base de solutions techniques consensuelles adaptées à chaque situation	p. 8
Trois stratégies techniques possibles d’adaptation au risque...	p. 9
... plus ou moins adaptées selon les situations	p. 9
Y a-t-il des situations où aucune solution technique n’existe pour réduire “l’endommageabilité” des logements face aux inondations ?	p. 12
Des stratégies déclinées, précisées sous la forme d’une liste de mesures techniques partagée entre experts	p. 12
Des obstacles techniques demeurent	p. 13
<b>UN LOGEMENT “ZÉRO DOMMAGE” EST-IL ÉCONOMIQUEMENT RENTABLE ?</b>	<b>p. 15</b>
L’enjeu de la connaissance de la rentabilité des logements adaptés au risque d’inondation	p. 17
Une rentabilité mal connue, appréciable en partie au travers de travaux européens et de simulations sur des cas français	p. 17
Un effort d’adaptation rentable pour qui ?	p. 20
<b>UN LOGEMENT “ZÉRO DOMMAGE” EST-IL SOCIALEMENT ACCEPTABLE ?</b>	<b>p. 22</b>
Qui gagne quoi à construire ou rénover de manière adaptée au risque d’inondation ?	p. 25
Une offre commerciale et une demande sociale quasi inexistantes : l’absence de marché du logement adapté à l’inondation	p. 26
Seuls les acteurs publics sont à même “d’accepter” l’idée du logement adapté au risque	p. 26
De nouvelles formes urbaines à inventer, agréables à vivre, préservant la mixité sociale et la mixité des usages	p. 26
<b>COMMENT LES POUVOIRS PUBLICS PEUVENT-ILS CONTRIBUER À RENDRE LES LOGEMENTS MIEUX ADAPTÉS AU RISQUE D’INONDATION ?</b>	<b>p. 28</b>
Une politique nationale à construire	p. 29
Quels dispositifs mobiliser ?	p. 31
Vers des quartiers et des villes “zéro dommage”	p. 32
<b>ANNEXES</b>	<b>p. 33</b>

---

## REMERCIEMENTS

Les travaux conduits dans le cadre de ce projet ont été d’une grande richesse. Le dynamisme du groupe de travail mis en place y a très largement contribué. L’équipe du CEPRI souhaitait en remercier vivement les membres, en saluant leur énergie et leur disponibilité.

# INTRODUCTION

## CONTEXTE ET ENJEUX

Fort des multiples liens qu'il a tissés avec les collectivités territoriales depuis sa création en 2006, le CEPRI mesure aujourd'hui le défi soulevé par bon nombre d'entre elles : comment est-il possible et "durable" de développer nos territoires inondables ? Une vallée inondable peut-elle entrer en compétition à armes économiques égales avec d'autres sites pilotes européens ou mondiaux non inondables ? Peut-on et comment répondre à la demande de construction de logements supplémentaires dans les zones exposées au risque ? Comment requalifier d'anciennes zones industrielles ou portuaires bâties sur des secteurs inondables ? Comment tout simplement réduire la vulnérabilité de millions de logements déjà présents en zone inondable ? Ces questions ne sont pas le fait de quelques collectivités isolées. Nombre d'entre elles s'interrogent de la sorte. Le discours de Chaillot prononcé par le président de la République le 29 avril dernier à propos du Grand Paris résonne comme un écho à ce mouvement de fond.

Cependant, le défi est de taille. En France, plusieurs millions de logements sont directement exposés au risque d'inondation<sup>1</sup>. Ces chiffres ajoutés à celui des futures constructions prévues dans les zones de densification urbaine traduisent l'importance de la problématique. Les zones inondables ont en effet largement poursuivi leur urbanisation dans les dernières années. Selon le service de l'observation et des statistiques du ministère chargé de l'Écologie<sup>2</sup>, 100 000 logements ont été construits en zone inondable entre 1999 et 2006. Outre les dommages matériels qui sont évidemment à craindre, comme ce fut le cas dans nombre d'événements passés, les atteintes physiques aux personnes et les délais de remise en état des habitations constituent des enjeux majeurs de la conception ou de l'adaptation des logements en zone inondable. Les modes constructifs sont actuellement largement inadaptés dans la majorité des cas. Des dommages de l'ordre de 30 000 euros sont à attendre sur un pavillon soumis à plus de 1,5 m d'eau pendant plus de 48 heures<sup>3</sup>, ce qui représente 5 à 10 fois le dommage moyen déclaré en Cat Nat pour l'inondation. Dans ce même cas, les délais de remise en état (et donc de retour au logement des habitants) ont été estimés à 18 mois par des spécialistes de la filière de la construction. Des effets de masse liés à des crues majeures sur le bassin versant de la Seine, du Rhône, de la Loire ou de la Garonne, constitueraient des problématiques inédites tant le nombre de logements inondés en même temps serait important (plusieurs dizaines à plusieurs centaines de milliers). Le risque de pénurie d'entrepreneurs, de main-d'œuvre et de matériaux pendant la période de post-crise semble inévitable et pourrait accroître sensiblement les délais de remise en état et donc de retour au logement pour des centaines de milliers de personnes sinistrées. Pour accélérer les travaux, on devra faire appel à des entreprises travaillant loin de leur base arrière, ce qui peut contribuer à réduire la qualité du travail et de la restauration mise en œuvre. Si tant de personnes ne peuvent se loger correctement et doivent résider dans des mobil-homes pendant plusieurs trimestres, c'est toute la vie des territoires qui en sera affectée, ce qui se répercutera sur leur compétitivité, leur attractivité et leur image de marque. Les récents événements du Royaume-Uni (2007), de La Nouvelle-Orléans (2005) ou de Prague (2002) nous invitent à repenser la manière de construire et de rénover les logements en zone inondable.

---

1 - À noter que 165 000 bâtiments sont actuellement situés dans des zones de submersion marine sous les niveaux centennaux. Source étude vulnérabilité du territoire aux risques littoraux - CETE Ouest et Méditerranée - Document provisoire.

2 - Le point sur "Croissance du nombre de logements en zone inondable", n° 6 - février 2009 - IFEN.

3 - À comparer au "dommage" moyen remboursé par Cat Nat qui est de l'ordre de 4 000 euros ; Simulation économique des dommages à l'habitat - Équipe pluridisciplinaire du Plan Loire - 2003.

## La notion de logement “zéro dommage”

L'ensemble de ce document fait référence à la notion de logement “zéro dommage”. Il est donc nécessaire d'explicitier ce terme afin que le lecteur connaisse la définition sous-tendue par cette terminologie.

Le logement “zéro dommage” correspond à la construction de nouveaux logements ou à l'adaptation d'anciens afin que leurs structures (gros œuvre, second œuvre) et leurs contenus (personnes, équipements, mobilier) ne subissent aucun dommage et ne provoquent aucune dégradation sur leur environnement extérieur en cas d'inondation. Ainsi, un logement “zéro dommage” est un logement neuf ou ancien qui ne subit pas d'altérations liées au passage d'une inondation.

Notons que cela ne garantit pas pour autant qu'un tel logement puisse être aisément habitable pendant ou après l'inondation. Car la possibilité pour le particulier d'occuper ou de réoccuper son logement pendant ou à la suite d'une crue dépend non seulement du fait que ce dernier ne soit pas endommagé, mais également du fait que sa fonction soit préservée, ce qui dépend du maintien de la fonctionnalité de l'ensemble des réseaux qui desservent le logement (accès, eau, communication, énergie...). Cette question qui renvoie à des notions d'urbanisme ne sera pas traitée dans le cadre de ce rapport, ce qui ne diminue en rien son importance.

Partant de cette définition préliminaire, la question étudiée est la suivante : un logement “zéro dommage à l'inondation” est-il réellement envisageable ?

## LE PROJET DU CEPRI

Est-il possible de concevoir ou de rénover des logements qui permettent à leurs occupants, en cas d'inondation, de bénéficier d'une réelle sécurité et d'avoir un minimum de travaux de réparation à effectuer pour réintégrer au plus vite leur logement ? Quelles sont les solutions techniques qui s'offrent à eux ? Comment rendre une telle adaptation des logements économiquement "rentable" et attractive pour les particuliers ? Comment les pouvoirs publics (État et collectivités) peuvent-ils favoriser ce type de logements par des politiques adaptées ?

C'est sur ces questions que le CEPRI a sollicité la réflexion de nombreux acteurs de la filière de la construction (architectes, urbanistes, constructeurs, experts de la construction...), des services de l'État et des collectivités, réunis au sein d'un groupe de travail (voir la liste des participants à l'annexe 1). La très riche bibliographie française et étrangère existant sur le sujet a également été largement exploitée (voir la bibliographie analysée à l'annexe 2). Il est à noter que ce projet a été délibérément centré sur la question de la construction ou de la rénovation de logements. **Il n'aborde donc pas la question de la stratégie d'urbanisation, qui demeure la première réponse à apporter en termes de prévention des dommages causés par les inondations.**

Financé par la direction générale de la prévention des risques du ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, la direction de la sécurité civile du ministère de l'Intérieur, de l'outre mer et des collectivités territoriales, le Conseil général du Loiret, l'Institution interdépartementale des barrages réservoirs du bassin de la Seine et le CEPRI, ce projet a été conduit sur 10 mois. Ce document en propose les principaux aboutissements. Une série d'annexes destinée à préciser la méthodologie mobilisée et les constats élaborés par le CEPRI est proposée à la fin du document.

Ce document est complété par un DVD proposant les interviews de certains des membres du groupe de travail associés.

**UN LOGEMENT  
"ZÉRO DOMMAGE"  
EST-IL TECHNIQUEMENT  
POSSIBLE ?**

*En dehors des zones potentielles de courant fort, la construction de logements neufs “zéro dommage” est tout à fait possible sur le plan technique, en s’appuyant sur une stratégie technique d’adaptation éprouvée par les Allemands consistant à “éviter” les flots de l’inondation en construisant au-dessus des plus hautes eaux prévisibles. Les logements existants n’offrent pas cette possibilité. Faire d’un logement existant un logement “zéro dommage” est illusoire sur le plan technique, même s’il est possible de s’en approcher en recourant à deux autres stratégies d’adaptation : la stratégie “résister”, qui consiste à empêcher l’eau de pénétrer dans le bâtiment, et la stratégie “céder”, qui consiste à laisser l’eau pénétrer dans le logement et à prendre en contrepartie des mesures pour rendre l’intérieur moins altérable. Une liste de 45 mesures techniques de rénovation a été produite pour illustrer ces deux stratégies qui ne portent leur fruit que sous certaines conditions très spécifiques. L’efficacité de ces deux stratégies dédiées à la rénovation va décroissante avec la sévérité des conditions d’inondation. Rappelons enfin que le caractère “zéro dommage” ne suffit pas à garantir des conditions de vie satisfaisante aux populations dans ce type de logement pendant les crues.*

## VERS UNE BASE DE SOLUTIONS TECHNIQUES CONSENSUELLES ADAPTÉES À CHAQUE SITUATION

Un logement “zéro dommage” est-il possible sur le plan technique ? Dispose-t-on toujours de solutions techniques, quel que soit l’aléa considéré, que l’on rénove ou que l’on construise, qu’il s’agisse d’un logement individuel ou collectif ?

La question est simple, la réponse n’est pourtant pas aisée. Les contributions scientifiques, techniques qui ont traité de près ou de loin cette question sont légion. Des catalogues de mesures ont été produits en masse, rassemblant des palettes plus ou moins larges de préconisations techniques, assorties de justifications plus ou moins poussées. Il ressort de l’analyse de ces productions proposant des mesures techniques parfois convergentes mais également parfois contradictoires un premier constat sans appel : **il n’existe pas aujourd’hui de base technique théorique consensuelle** sur la manière de rénover ou de construire “intelligemment” en zone inondable. En d’autres termes, **il n’existe pas de référentiel technique reconnu** sur lequel les acteurs peuvent se baser afin, par exemple, de produire localement des réglementations adaptées à leur territoire inondable.

C’est pourquoi les premiers travaux conduits par le CEPRI lors du lancement du projet en décembre 2008 ont consisté à rassembler, structurer et synthétiser la masse importante d’informations techniques contenues dans près de 80 documents français et étrangers (voir liste en annexe 2).



## TROIS STRATÉGIES TECHNIQUES POSSIBLES D'ADAPTATION AU RISQUE...

Le groupe de travail a identifié 3 **stratégies techniques possibles visant à supprimer ou à réduire les dommages susceptibles d'être subis par les logements en cas d'inondation**. Ces stratégies traduisent une prise de position radicale vis-à-vis de l'arrivée de l'eau : soit on se met hors d'atteinte de l'eau (stratégie "éviter"), soit on empêche l'eau d'entrer (stratégie "résister"), soit on laisse l'eau rentrer (stratégie "céder").

Ces stratégies correspondent à une vision anglo-saxonne axée sur la manière de faire, sur les moyens à mettre en œuvre. Elle est en cela différente de celle que l'on retrouve habituellement en France, laquelle se base plutôt sur des objectifs à atteindre : améliorer la sécurité des personnes, limiter les délais de retour à la normale, réduire les coûts de réparation. Vision anglo-saxonne et approche française sont bien entendu complémentaires l'une de l'autre.



### ... PLUS OU MOINS ADAPTÉES SELON LES SITUATIONS

Les stratégies d'adaptation au risque ne peuvent être indifféremment appliquées à toutes les situations. Un logement neuf n'appelle pas la même stratégie qu'un logement existant. De même, un logement soumis à 50 cm d'eau pendant quelques heures n'appelle pas une stratégie technique identique à un logement exposé à plus de 1,5 mètre d'eau pendant une semaine. Chacune des stratégies présente des particularités qui rendent leur mise en application concrète plus ou moins compatible selon les situations rencontrées.

Il est cependant un fait commun à l'ensemble des trois stratégies : **aucune d'elle n'est adaptée aux zones potentielles de courant fort** (zone de rupture d'ouvrage de protection, zone préférentielle de drainage des vals et de transport d'objets flottants...). Dans de telles zones, la recherche d'une réduction des dommages susceptibles d'être subis par les logements rendrait nécessaire la mobilisation de techniques constructives extrêmement lourdes et coûteuses, techniques qui ne sont pas majoritairement employées aujourd'hui par les constructeurs et qui n'auraient pas de sens, économiquement, si elles devaient être généralisées.

## “Éviter” : une stratégie très efficace dédiée au neuf

La stratégie “éviter” qui consiste à mettre le bâtiment hors d’atteinte de l’eau en le surélevant a été jugée la plus pertinente sur le plan technique dès lors que l’on s’adresse à de la **construction neuve** individuelle ou collective. La raison en est simple. Cette stratégie permet de **supprimer la totalité des dommages directs potentiels** sur le bâtiment. Le logement n’est pas touché, tout au moins ses parties habitées, même s’il peut être isolé et inhabitable temporairement (inondation des voies d’accès routiers, interruption des réseaux d’énergie, de télécommunication...). Ce faisant, il ne subit pas ou peu de dégradations matérielles et offre à ses habitants des possibilités de réintégration extrêmement rapides après une crue. La réponse technique apportée varie évidemment suivant les situations et en particulier suivant la hauteur d’eau potentiellement présente : création d’un vide sanitaire, pilotis, remblais, premier niveau habitable sur sous-sol ou garage non enterré... C’est également dans cette stratégie que l’on classera les maisons amphibies ou flottantes dont les installations les plus marquantes ont été réalisées aux Pays-Bas. Il est important de souligner, toutefois, que ce type de construction ne permet pas nécessairement aux habitants de rester vivre sans difficulté dans leur logement pendant la durée de la crue (les réseaux de communication, d’énergie, d’eau potable, d’assainissement alimentant le logement peuvent être interrompus du fait de l’inondation et rendre les conditions de vie extrêmement précaires lorsque la crue dure plusieurs jours). C’est suivant cette stratégie de “l’évitement” que sont conçus les quartiers ou futurs quartiers de Hambourg, Francfort, Mayence et que se profile la reconstruction de La Nouvelle-Orléans, quatre ans après la catastrophe de 2005 où plus de 200 000 maisons ont été détruites. Bien évidemment, cette stratégie ne s’adapte que de manière extrêmement marginale à des logements existants. Elle invite enfin, à n’en pas douter, à une petite révolution des modes de constructions classiques dans le cas du logement individuel.

## “Résister” une stratégie intuitive mais à l’efficacité incertaine

La stratégie “résister” qui consiste à retarder voire d’empêcher la pénétration de l’eau dans le bâtiment par la mise en place de dispositifs temporaires (obturation des ouvertures, batardeaux, barrières mobiles, sacs de sable) ou permanents (occultation des voies pénétrantes, murets, etc.) présente l’intérêt de maintenir l’intérieur du bâtiment au sec dans une certaine mesure. Elle **s’adapte aux logements existants** (et demeure compatible avec le cas des logements neufs). Elle permet, sous certaines conditions, de réduire considérablement les dommages potentiels même si une pénétration partielle d’eau et d’humidité dans le logement ne peut être totalement exclue et même si la salissure des murs extérieurs, et leur imprégnation éventuelle par des hydrocarbures restent des éventualités à ne pas négliger. Elle constitue la stratégie probablement la mieux admise et la plus intuitive pour les populations dont le réflexe, à la montée des eaux, consiste bien souvent à ériger des sacs de sable devant les ouvertures de porte. Pour efficace qu’elle soit, la mise en œuvre des dispositifs visant à “résister” à l’inondation doit être toutefois réservée à certaines circonstances précises<sup>4</sup> et entourée de multiples précautions :

- la **hauteur d’eau** maximale de la crue au-dessus du plancher doit être **inférieure à 1 mètre** (au-delà, les pressions exercées sur les parois du bâtiment peuvent créer des désordres sur la structure) ;
- la **durée de la crue doit être limitée** (moins de 48 heures) car on ne peut indéfiniment empêcher l’eau de pénétrer dans un bâtiment, quels que soient les modes d’étanchéification employés ;
- le **délai d’alerte** (c’est-à-dire le délai compris entre l’annonce de l’arrivée de l’eau et sa survenue effective) **doit être suffisant** (supérieur à quelques heures) afin de pouvoir

---

<sup>4</sup> - La réalisation d’un diagnostic par un professionnel du bâtiment est nécessaire pour jauger de la pertinence de l’application d’une telle stratégie sur un logement donné.

mettre en place les dispositifs d'occultation temporaires. Lorsque l'alerte est donnée, la mise en place des batardeaux et des dispositifs d'occultation temporaires doit pouvoir être réalisée à n'importe quel moment de l'année, de la semaine, du jour et de la nuit. Cela suppose donc d'être présent physiquement et de connaître le lieu de stockage de ces dispositifs et de savoir les monter ;

- les systèmes d'occultation temporaires (type batardeaux...) ne peuvent être efficacement mis en œuvre que s'ils sont utilisés relativement fréquemment (zones de crues fréquentes), où un véritable savoir-faire de ce type de systèmes peut s'installer durablement ;
- un système de pompage autonome (sur le plan de l'alimentation électrique) doit être prévu à l'intérieur du bâtiment pour assurer la vidange régulière de l'eau qui aura malgré tout pénétré.

Les nombreuses conditions qui entourent l'efficacité de cette stratégie la rendent inadaptée voire dangereuse dans un certain nombre de cas car elle incite les habitants à demeurer dans leur logement pendant la crue. "Résister" n'est raisonnable que pour des crues de faible hauteur (moins d'un mètre) et de courte durée (moins de 48 heures). Au-delà, le risque de défaillance des dispositifs d'obturation est à craindre et les personnes présentes à l'intérieur du bâtiment peuvent être mises en péril. Que la hauteur d'eau dépasse celle des batardeaux et les occupants se retrouvent pris au piège d'un bâtiment entouré d'eau qui se met à se remplir.

### La stratégie "céder" : le seul recours dans de nombreux cas

Dans certaines circonstances, il est inenvisageable de surélever le logement au-dessus de l'eau (stratégie "éviter") et il devient impossible d'empêcher l'eau d'entrer dans le bâtiment (stratégie "résister"). La seule solution qui demeure alors est de "céder", c'est-à-dire de laisser l'eau pénétrer dans le bâtiment et de prendre en contrepartie toutes les dispositions nécessaires à la limitation de l'endommagement et à la réduction du délai de retour à la normale (surélévation des équipements électriques ou électroménagers, utilisation des matériaux les moins altérables possibles ou facilement remplaçables, facilitation de la restauration des ouvrages du bâtiment et des abords extérieurs,...). Cette stratégie de dernier recours qui consiste à "céder" à la crue est la seule possible dès lors qu'il s'agit d'un **logement existant** exposé à des crues de plus d'un mètre de hauteur ou d'une durée supérieure à 48 heures. Elle laisse des dommages résiduels parfois importants, d'autant plus que les caractéristiques de l'inondation sont sévères.

### En résumé

Le tableau suivant résume la compatibilité des différentes stratégies en fonction des situations.

	Éviter	Résister	Céder
Aléa	Compatible avec tous types d'aléas sauf grande vitesse d'écoulement	Compatible uniquement avec des hauteurs d'eau < 1 m, vitesse d'écoulement modérée, durées d'inondations limitées (48 heures), délais d'alerte suffisants (> 12 heures), occurrence forte	Compatible avec tous types d'aléas sauf grande vitesse d'écoulement
Construction neuve	Compatible	Compatible	Compatible
Rénovation	<b>Incompatible</b>	Compatible	Compatible
Logement individuel	Compatible	Compatible	Compatible
Logement collectif	Compatible	Compatible	Compatible

Ce tableau rappelle que quelle que soit la stratégie envisagée, il existe des restrictions à leur pertinence (soit vis-à-vis de l'aléa, soit vis-à-vis de la distinction neuf/existant). En revanche, les stratégies de réduction de dommages s'appliquent indifféremment dans leurs principes sur le plan technique selon qu'il s'agisse de logement individuel ou collectif.

## Y-A-T-IL DES SITUATIONS OÙ AUCUNE SOLUTION TECHNIQUE N'EXISTE POUR RÉDUIRE "L'ENDOMMAGEABILITÉ" DES LOGEMENTS FACE AUX INONDATIONS ?

Oui, il y a des situations dans lesquelles aucune des stratégies mentionnées plus haut n'apporte de réels gains en termes de réduction de dommages potentiels. Le cas des zones de courant fort a déjà été cité et pose la question du devenir des zones de ce type déjà construites. D'autres situations peuvent également être mentionnées et notamment le cas des pavillons de plain-pied, massivement construits dans les années 1960 à 1980, dans certaines zones ultra-inondables de la Loire ou de la Seine (plus de deux mètres d'eau pendant une à plusieurs semaines). Les pavillons de plain-pied soumis à plus d'un mètre d'eau potentiel n'offrent qu'une seule option stratégique : celle de céder à l'entrée d'eau. Dans ces conditions d'aléa, surélever les équipements électriques, de chauffage, d'eau chaude sanitaire est toujours possible mais devient très délicat lorsque les hauteurs d'eau potentielles atteignent 1,75 mètre ou 2 mètres. Les dommages subis par les pavillons seraient de toute façon extrêmement importants et entraîneraient des travaux de réhabilitation de plus d'une année. La seule mesure technique qui aurait véritablement du sens consisterait à créer une zone hors d'eau sur chacun de ces pavillons. Cette zone hors d'eau, dotée d'une surface minimale fonction du nombre de personnes du logement, de sanitaires, d'un réseau électrique indépendant, d'une alimentation en eau potable, de chauffage et d'eau chaude sanitaire, offrirait dans ce cas un espace refuge pour la mise à l'abri des personnes qui auraient été surprises par la montée des eaux et qui attendraient les secours, un espace de stockage des biens, un espace provisoire de réintégration du logement en attendant que les travaux de réhabilitation du rez-de-chaussée soient effectués.

## DES STRATÉGIES DÉCLINÉES, PRÉCISÉES SOUS LA FORME D'UNE LISTE DE MESURES TECHNIQUES PARTAGÉE ENTRE EXPERTS

Le CEPRI a rassemblé, trié et structuré une information bibliographique très riche, mais hétérogène et faisant souvent peu le lien avec l'aléa, contenue dans près de 80 documents français et étrangers sur les modalités d'adaptation au risque des bâtiments<sup>5</sup>. 270 mesures techniques d'adaptation des logements au risque inondation ont émergé d'un premier travail exhaustif d'inventaire. La mobilisation de trois experts du bâtiment et de leur vulnérabilité à l'inondation, membres du groupe de travail, a permis, moyennant reformulations, fusions, suppressions, de ramener ce nombre à une centaine. Six membres du groupe de travail ont par la suite été invités à se prononcer sur la pertinence de chacune de ces mesures en fonction de diverses situations (maison individuelle de plain-pied, R+1, immeuble collectif/construction neuve ou bâtiment existant/hauteur d'eau et durée d'immersion potentielles

---

5 - Si l'essentiel des sources a été d'ordre bibliographique, c'est que les expériences françaises concrètes et efficaces pour rendre des logements mieux adaptés au risque sont extrêmement peu nombreuses encore aujourd'hui.

variables) [voir extrait de ce travail à l'annexe 3]. 30 cas ont ainsi été passés en revue par des architectes et des constructeurs (concepteurs) qui ont éprouvé des difficultés à rentrer dans la logique de la démarche, et ce pour plusieurs raisons :

- **d'abord**, parce que cela ne correspondait pas nécessairement à leur façon de travailler. Une approche par "petit bout" de bâtiment, corps d'ouvrage par corps d'ouvrage, mesure par mesure, n'est pas l'approche habituelle des concepteurs. Le choix des mesures doit en effet plutôt se faire en fonction d'un groupe cohérent de mesures ;
- **ensuite**, parce qu'il a semblé à certains experts que la liste de la centaine de mesures devait encore être "épurée" notamment au regard de leur pertinence financière. Une mesure trop chère ne sera pas mise en œuvre. La maison qui résiste entièrement aux inondations peut être construite, mais elle n'est pas économiquement viable. Il convient donc de raisonner sur des mesures économiquement crédibles et acceptables pour le particulier (mesures les moins contraignantes à mettre en œuvre ou avec un ratio coût/bénéfice satisfaisant).

Ce travail, une fois achevé, a une nouvelle fois été repris, discuté par binôme d'experts puis en groupe élargi avant d'être homogénéisé et hiérarchisé. Au final, c'est **une liste de 45 mesures** qui ressort de ce lourd travail de recensement et de restructuration (la liste de ces mesures est présentée à l'annexe 4). Elles concernent le **logement existant, individuel ou collectif**, et traduisent concrètement les **stratégies "résister" et "céder"**, précédemment évoquées dans ce document. Ces mesures, plus **spécifiquement dédiées à la rénovation des logements** en zone inondable, ont été décrites, leur pertinence a été explicitée en fonction de différentes caractéristiques d'inondation possibles et elles ont été hiérarchisées pour tenir compte de leur efficacité potentielle en matière de réduction de dommages liés aux inondations.

## DES OBSTACLES TECHNIQUES DEMEURENT

### Un frein technique majeur : les lacunes concernant la connaissance de l'aléa

Les paramètres nécessaires au choix d'une stratégie pertinente d'adaptation au risque des logements (hauteur d'eau, durée de submersion, vitesse du courant...) sont peu ou mal connus à l'échelle française dans bon nombre de bassins versants et de zones inondables. Or, comme l'a montré le groupe de travail, ils sont indispensables pour faire le bon choix. Ces lacunes dans la connaissance de l'aléa freinent toute démarche efficace d'adaptation au risque des logements sur le territoire français et pose une question financière de base : **qui doit ou peut financer l'obtention de ces paramètres ?**

### Un manque de filières et de données sur les matériaux

La sélection des mesures techniques pertinentes doit aussi se faire en fonction des filières de construction et de rénovation déjà existantes. Si certaines mesures ne sont pas mises en place aujourd'hui, cela peut s'expliquer par une absence de marchés et d'entreprises spécialisées susceptibles de les mettre en œuvre.

En outre, le choix de matériaux adaptés à l'immersion prolongée peut s'avérer difficile à l'heure actuelle. Les études sur le comportement des matériaux au contact de l'eau ne sont pas basées sur des conditions aussi sévères (au niveau de la durée d'immersion en particulier) que celles correspondant à des inondations de plaine<sup>6</sup>. Pour les professionnels de la construction, "l'eau est l'ennemi du bâtiment". Le problème de la résistance du bâtiment à l'eau ne se pose donc pas : le bâtiment doit en principe être construit hors d'atteinte de l'eau.

---

6 - Avant leur mise sur le marché, les matériaux et équipements constitutifs des bâtiments subissent des tests qui ne dépassent pas 72 heures d'immersion.

## **Le diagnostic préalable est-t-il techniquement nécessaire ?**

Les éléments produits dans le cadre du projet conduit par le CEPRI laissent à penser qu'il est aisément possible de préconiser des mesures techniques a priori, sans réaliser de diagnostic individuel des habitations concernées. Dans ces conditions, le diagnostic de vulnérabilité de l'habitat a-t-il un intérêt ? Oui, au moins quatre :

- définir les caractéristiques de l'inondation et identifier les potentialités d'endommagement,
- permettre d'identifier, dans la liste des mesures préconisées, celles qui demeurent pertinentes sur l'habitation (au vu des caractéristiques de l'habitation et de son positionnement altimétrique précis),
- sensibiliser les habitants au risque et à l'intérêt d'adapter leur logement (donner des indicateurs de vulnérabilité, les causes de celle-ci, les caractéristiques de l'aléa...),
- favoriser le porté à connaissance des dispositifs réglementaires de réduction de la vulnérabilité des logements.

### **✓ POUR ALLER PLUS LOIN SUR LA QUESTION TECHNIQUE**

#### **Partager les avancées techniques réalisées dans le cadre de ce projet.**

L'identification de 45 mesures techniques d'adaptation au risque du logement existant est un pas important. S'agit-il pour autant d'une base technique consensuelle de référence ? Il est sans doute un peu prématuré pour le dire. La participation active de plusieurs experts de la conception des bâtiments à l'ensemble du processus laisse à penser que cette liste de 45 mesures en constitue une solide ébauche. Une concertation mériterait cependant d'être engagée sur cette base avec les représentants nationaux des différentes parties prenantes susceptibles d'intervenir sur la problématique de l'adaptation des logements en zone inondable.

**Initier une démarche pour contrôler les dispositifs et matériaux présentés sur le marché comme étanches ou résistants à l'eau.**

**Préciser l'efficacité technique des stratégies de rénovation (en termes de réduction de dommage).**

Ce travail n'a pu être entrepris dans le cadre de ce projet. Aujourd'hui, on sait qualifier ces gains mais non les quantifier. Une telle démarche semble absolument nécessaire.

**UN LOGEMENT  
"ZÉRO DOMMAGE"  
EST-IL ÉCONOMIQUEMENT  
RENTABLE ?**



*La rentabilité des opérations visant à adapter des logements neufs ou existants pour réduire ou supprimer les dommages qu'ils sont susceptibles de subir ou de provoquer en cas d'inondation est encore insuffisamment étudiée, tout au moins en France. Les quelques éléments financiers dont on dispose permettent tout de même de tirer de premiers enseignements. La construction neuve "zéro dommage" est rentable même sur des territoires où les inondations sont considérées en France comme rares. Cette rentabilité est d'autant plus forte dans le cas du collectif, dans la mesure où les surcoûts de l'adaptation peuvent être répartis sur un grand nombre de logements. Cette rentabilité du logement neuf collectif ne doit pas pour autant conduire à emprunter aveuglément cette voie de construction dans les zones inondables. La concentration de population dans des zones exposées au risque peut en effet se révéler désastreuse si les réseaux vitaux (eau, assainissement, énergie...) alimentant les logements "zéro dommage", ne sont pas eux-mêmes rendus plus résistants.*

*Un logement qui aura bénéficié d'adaptations à l'inondation sera d'autant plus rentable qu'il est fréquemment inondé. Ainsi, l'adaptation des logements (en particulier des logements existants) dans les zones protégées par des digues pourrait s'avérer non rentable dans un nombre non négligeable de cas, comme si prévention et protection n'étaient pas complémentaires mais concurrents.*

*Notons enfin que la rentabilité de l'adaptation d'un logement au caractère inondable du terrain sur lequel il est bâti est une notion, dans la réalité, difficile à associer à un acteur. Car, en effet, gains et coût de l'adaptation ne sont pas supportés par les mêmes acteurs. Ainsi, le particulier, propriétaire du logement, ne serait que rarement gagnant dans une démarche d'adaptation de son logement.*



## L'ENJEU DE LA CONNAISSANCE DE LA RENTABILITÉ DES LOGEMENTS ADAPTÉS AU RISQUE D'INONDATION

L'enjeu de la rentabilité économique du logement "zéro dommage" est simple. Les surcoûts générés par les adaptations techniques du logement sont-ils globalement compensés par les économies de dommages évités ?

Bien entendu, cela dépend de multiples paramètres : ampleur de l'adaptation technique nécessaire et coût associé, type de dommage évité que l'on prend en compte (dommage direct, indirect, intangible), contexte hydraulique (probabilité de survenance des crues, hauteurs d'eau associées...),... Peu d'analyses ont été conduites à ce jour sur cette question. Elle est pourtant essentielle. La France s'est largement engagée dans une politique réglementaire de réduction de la vulnérabilité des logements sans en connaître avec précision la pertinence économique. Une meilleure connaissance de cette rentabilité économique pourrait mettre un jour nouveau sur les grandes orientations politiques à prendre dans le cadre notamment de la mise en œuvre de la directive inondation.

## UNE RENTABILITÉ MAL CONNUE, APPRÉCIABLE EN PARTIE AU TRAVERS DE TRAVAUX EUROPÉENS ET DE SIMULATIONS SUR DES CAS FRANÇAIS

### Adapter les logements à l'inondation ne serait rentable que sous certaines conditions d'exposition

Sur le plan strictement financier, les gains apportés par la mise en œuvre de stratégies techniques visant à réduire ou à supprimer les dommages subis par les logements neufs ou existants exposés ne sont pas toujours significatifs ou, plutôt, ils ne le sont que dans certaines circonstances particulières (voir annexe 5). L'analyse de deux articles européens (Royaume-Uni<sup>7</sup> et Pays-Bas<sup>8</sup>) ayant traité cette question pour des maisons individuelles montre en effet que :

- **la stratégie "éviter"**, dédiée au logement neuf, qui consiste à surélever une habitation de pour la mettre hors d'eau est très rentable puisqu'elle permet que les gains engrangés (moindres dommages à chaque inondation) soient supérieurs au coût de la mise en œuvre pour des biens exposés à des crues de période de retour 400 ans et plus fréquentes. Ainsi, même dans les zones extrêmement protégées où les inondations sont assez exceptionnelles, la surélévation des maisons au moment de leur construction demeure rentable. Les simulations réalisées par le CEPRI à partir d'un pavillon individuel type français et de onze courbes de dommages (dont 4 européennes) sur les gains économiques dont il serait possible de bénéficier en réalisant des travaux d'adaptation du logement montrent des résultats comparables ;
- **la stratégie "résister"**, qui consiste à empêcher l'eau de pénétrer dans le logement par des systèmes d'obturation temporaire ou permanente (voir annexe 5), est rentable pour des logements exposés à des périodes de retour inférieures à 100 ans (selon l'étude du Royaume-Uni) et 50 ans (selon l'étude des Pays-Bas) ;
- **la stratégie "céder"**, quant à elle, ne serait rentable que pour des habitations exposées à des crues de faible période de retour, inférieures à 25 ans.

7 - "Developing the evidence base for flood resistance and resilience", DEFRA et Environment Agency, 2008.

8 - "Efficiency of private flood proofing of new buildings – Adapted redevelopment of a floodplain in the Netherlands", Unesco, 2008.

Ces chiffres sont bien entendu à prendre avec certaines précautions puisqu'ils résultent d'études étrangères ne prenant en compte que les dommages directs et de simulations françaises avec toutes les incertitudes liées à la qualité des courbes d'endommagement. L'absence de considération des dommages potentiels indirects (coûts de relogement liés aux travaux de réhabilitation,...) ou intangibles (victimes, blessés, traumatisme psychologique, etc.) et des effets de masse potentiels<sup>9</sup>, constitue sans doute la plus grande source de critiques que l'on peut émettre à l'égard de ces résultats. Ils ont toutefois le mérite d'exister et permettent de bâtir un embryon de réponse à la question de la rentabilité de l'adaptation des logements au risque d'inondation.

### **Il existe une hiérarchie de rentabilité économique des stratégies technique d'adaptation : "éviter", mieux que "résister", mieux que "céder"**

Que les stratégies techniques d'adaptation aient une rentabilité qui soit fonction de l'exposition des logements au risque n'est pas aberrant. Bien au contraire, il est logique que plus une habitation est fortement exposée en termes de fréquence, plus les dommages évités du fait des adaptations techniques réalisés seront importants et rendront rentables les investissements réalisés pour adapter le logement au risque. Ce qui est marquant cependant, c'est qu'il semble exister une hiérarchie de rentabilité entre les différentes stratégies : "éviter" serait plus rentable que "résister", elle-même plus rentable que "céder". Cet ordre n'est pas illogique. Le simple bon sens permet de l'expliquer. La stratégie "éviter" n'est pas extrêmement coûteuse (de l'ordre de 5 000 euros pour une surélévation de 80 cm lors de la construction d'une maison individuelle) et permet de supprimer la totalité des dommages potentiels lorsque la hauteur d'eau n'exécède pas la hauteur de surélévation. La stratégie "résister" n'est pas plus coûteuse, mais elle est moins efficace. En admettant que les systèmes d'obturation soient bien posés, des dommages résiduels subsistent malgré tout (salissure des murs, dommages sur les revêtements de sols liés au débit de fuite...). Enfin, la stratégie "céder" est probablement la plus coûteuse (surélévation des équipements, modification des revêtements, des menuiseries...) et la moins efficace de toute. Là encore, des dommages résiduels importants sont à attendre (sur les cloisons notamment).

### **La rénovation des logements existants, visant à réduire les dommages potentiels liés aux inondations, est-elle vraiment rentable pour la société ?**

On peut se poser la question de la pertinence économique des modes de rénovation destinés à réduire les dommages potentiels susceptibles d'être subis par les logements existants situés en zone inondable. Cela revient à s'interroger sur les stratégies "résister" et "céder" au vu des conditions dans lesquelles elles s'avèreraient rentables : pour la stratégie "céder", il faut que le logement soit exposé à des crues plus fréquentes, en moyenne que tous les 25 ans. Pour la stratégie "résister", il faut que le logement soit soumis à des crues plus fréquentes, en moyenne que tous les 50 ans. La question qui vient à l'esprit est de savoir quelle est la proportion des logements français confrontée à de telles situations ? Est-ce une proportion significative des logements existants exposés ? Le calcul mériterait d'être entrepris, car il permettrait de jauger l'intérêt d'inciter ou de rendre obligatoire la rénovation visant à réduire les dommages potentiels des logements en zone inondable sur le territoire français.

Il y aurait ainsi un doute sur la rentabilité de l'adaptation des logements existants en zone inondable. Doute légitime au regard de l'efficacité incertaine des stratégies d'adaptation dont on dispose (même si l'on rappelle que les moindres dommages indirects ne sont pas comptabilisés) et des coûts parfois importants de leur mise en œuvre. C'est sur ce dernier point que l'on peut toutefois discuter. La rénovation des logements existants, visant à réduire

---

9 - L'inondation de plusieurs dizaines de milliers de logements en même temps pourrait conduire à un effet de masse sur la demande de matériaux et d'entrepreneurs, créant la pénurie et rendant d'autant plus rentable en termes de délai de retour à la normale toute mesure qui aurait été mise en place avant l'événement.

les dommages potentiels liés aux inondations, peut en effet coûter cher au particulier, s'il n'avait pas décidé de rénover son logement pour d'autres raisons. Si, en revanche, dans le cadre d'une rénovation générale du logement (mise aux normes des installations électriques par exemple), le particulier profite de l'opportunité pour l'adapter au risque d'inondation, le surcoût de la mise en œuvre est profondément amoindri et la rentabilité de l'adaptation, a contrario, s'accroît. Les simulations et les expériences manquent toutefois pour préciser ces éléments.

### **La tentation du logement collectif : répercussion des surcoûts et accroissement du risque humain et socio-économique**

Les architectes et constructeurs affirment que les logements neufs "zéro dommage" sont d'autant plus rentables qu'il s'agit d'immeubles collectifs. Le logement collectif se prête en effet assez facilement à une réduction des dommages potentiels liés aux inondations à moindre coût : il suffit en effet de "neutraliser" le niveau en rez-de-chaussée et de surélever le premier niveau habitable. Sur les opérations de grande envergure, les surcoûts liés à la surélévation sont totalement noyés dans le coût global de l'aménagement et les logements conçus restent dans les prix du marché. Cette surélévation est par ailleurs une pratique de plus en plus courante, même en l'absence de prise en compte du risque d'inondation. Elle permet en effet d'installer des parkings (impliquant des coûts moindres que l'enfouissement), d'ouvrir des commerces en RdC, ou encore de donner de la sécurité, de l'intimité et donc de la valeur au 1<sup>er</sup> niveau habitable. Pour autant, bâtir du logement collectif "zéro dommage" conduit à accroître la concentration des populations dans les zones inondables. Cela est d'autant plus vrai que, dans la mesure où le niveau de rez-de-chaussée ne peut être vendu comme surface habitable, le concepteur peut être poussé à augmenter le nombre de logements pour amortir le choix de construction, ce qui participe encore à augmenter le nombre d'habitants indirectement exposés. Accroître la population en zone inondable, y compris dans des logements "zéro dommage", pose une difficulté majeure, celle de l'évacuation et de ses conséquences. Un logement "zéro dommage" n'est pas un logement où l'on peut vivre sereinement une semaine d'inondation. La rupture des voies d'accès (ravitaillement, assistance médicale), des réseaux énergétiques, d'eau, d'assainissement rend les conditions de maintien dans le logement précaires voire dangereuses. Augmenter la concentration de la population et des enjeux en zone inondable, c'est donc accroître les difficultés inhérentes à l'évacuation (et à la non-évacuation des gens qui seront restés chez eux) et celles du relogement temporaire. Cela n'est probablement pas à conseiller dans les zones où il existe déjà de grandes concentrations de population dont l'évacuation serait déjà en l'état extrêmement compliquée. En outre, même s'il s'avérait que l'on soit capable de gérer l'évacuation des gens, il y aurait un risque accru d'effondrement de la vie économique du territoire (y compris non inondable) dans le cas où des pans entiers de la population seraient amenés à quitter leur domicile et à être dans l'incapacité de travailler pendant plusieurs semaines (le temps que l'eau se retire et que les réseaux de transport soient rétablis). Le logement "zéro dommage" ne suffit pas à rendre un quartier ou une ville parfaitement adaptés au risque d'inondation. Les réseaux essentiels à l'innervation du territoire doivent devenir eux-mêmes "zéro dommage". Certains architectes urbanistes ont déjà bâti des projets en ce sens, mais les expériences en la matière sont encore peu nombreuses.

## Des adaptations de logements d'autant moins rentables que les zones sont protégées

La politique de protection menée sur les territoires français exposés au risque (mise en place d'ouvrages destinés à jouer sur l'aléa) contribuerait à desservir la rentabilité des stratégies d'adaptation au risque. C'est ce que nous disent en substance les résultats des deux études britannique et hollandaise citées précédemment (voir annexe 5). Même si les résultats de ces études sont à prendre avec une certaine précaution, ils ne font que révéler un mécanisme économique d'une certaine logique : ce sont les dommages des crues fréquentes qui rendent rentables les stratégies d'adaptation au risque. Les gommer par des systèmes de protection, c'est faire le choix délibéré de rendre moins rentable les stratégies d'adaptation des logements. Il est d'autant moins rentable d'adapter les logements à l'inondation que le territoire est fortement protégé. Ces deux études vont même plus loin. L'étude néerlandaise nous dit qu'en matière de construction neuve la limite de la rentabilité économique de l'adaptation des logements est la crue de période de retour 400 ans. En d'autres termes, il ne serait pas rentable de construire "zéro dommage" sur des zones protégées pour des périodes de retour supérieures à 400 ans. L'étude britannique nous dit-elle, qu'en matière de rénovation, la limite de la rentabilité économique de l'adaptation des logements est la crue de période de retour 25 ou 50 ans. Cela signifie qu'il ne serait pas rentable de rénover des logements en les adaptant au risque d'inondation sur des zones protégées pour des périodes de retour supérieures à 25 ou 50 ans.

Bien entendu, ces chiffres sont à prendre avec circonspection. Ils émanent d'études étrangères et leur transposabilité au contexte français ne va pas de soi. Deux éléments essentiels ne sont en effet pas pris en compte dans le cadre des simulations réalisées : les dommages indirects (coût de relogement, coût psychologique, coût sociaux...) et la possibilité de défaillance des ouvrages de protection. Il ne demeure pas moins que si protection et adaptation des logements sont des stratégies complémentaires sur le plan technique (l'adaptation au risque des logements prend le relais des ouvrages de protection lorsque ceux-ci sont dépassés ou défaillants), elles sont en revanche concurrentes sur le plan de leur rentabilité économique.

## UN EFFORT D'ADAPTATION RENTABLE POUR QUI ?

La rentabilité de l'adaptation des logements face au risque d'inondation est en réalité une notion ambiguë. Elle ne peut s'éclairer que par une question supplémentaire : de quelle rentabilité parle-t-on ? Est-ce celle du particulier propriétaire du logement qui met en œuvre les mesures techniques nécessaires ? Est-ce celle du constructeur de logement qui dès la phase de conception intègre des mesures d'adaptation ? Est-ce celle de la société dans son ensemble ? Ces interrogations reviennent à se demander qui porte les coûts de l'adaptation au risque des logements et qui bénéficie de ses retombées.

### Le propriétaire : rarement gagnant sur le plan financier

Si l'on ne reste que sur des aspects strictement financiers, dans une opération visant à adapter un logement au risque d'inondation, le propriétaire supporte l'essentiel des coûts de mise en œuvre (au-delà des aides financières susceptibles d'être accordées dans le cadre des PPRi ou de programmes d'aide locaux). Ces coûts sont bien sûr variables, en fonction de la stratégie technique appliquée, mais interviennent à coup sûr. Les bénéfices, en revanche, que le propriétaire est susceptible d'en retirer sont pour la plupart incertains. Ils n'apparaissent qu'en cas de crue. La durée pendant laquelle le propriétaire compte rester dans son logement devient un facteur

essentiel de la rentabilité de l'adaptation de son logement au risque. La mobilité croissante des ménages observée sur le territoire français contribue sur ce point à réduire la rentabilité de l'adaptation au risque des logements. Plus encore, le système français d'indemnisation en cas de catastrophe naturelle accentue la non-rentabilité de l'investissement du particulier (le particulier tire des bénéfices sans supporter les coûts de mise en œuvre des mesures).

Sur ce dernier point, il est important toutefois de nuancer le caractère "désincitatif" souvent décrié du système Cat Nat. Les développements précédents réalisés en particulier à partir d'études britannique et hollandaise semblent montrer en effet que la rentabilité de la rénovation visant à adapter un logement existant au risque d'inondation, sans considération aucune du moindre système d'assurance "type Cat Nat", est très incertaine dans des zones protégées des crues 50nales et plus fréquentes, ce qui est le cas par exemple dans la plupart des valls de Loire. Dans ce type de zone, la suppression pure et simple du système Cat Nat ne conduirait probablement pas les propriétaires à se lancer dans des investissements d'adaptation de leur logement sur l'argument de la rentabilité économique de l'opération. En d'autres termes, même si l'on supprimait Cat Nat, il demeurerait plus rentable au particulier, dans de tels secteurs protégés, de ne pas adapter son logement existant.

### **Gain et coût de l'adaptation des logements au risque ne sont pas portés par les mêmes acteurs**

Le cas du propriétaire ne laisse aucun doute. Force est de constater que gains et coûts de l'adaptation du logement au risque ne sont pas portés par les mêmes acteurs. L'analyse coût/bénéfice présentée dans le cadre des études hollandaise, britannique et dans les simulations de cas français, qui montre une rentabilité réelle des démarches d'adaptation des logements dans les secteurs peu protégés, ne vaut que pour la société dans son ensemble et non pour l'un des acteurs qui la compose en particulier. L'intérêt financier du propriétaire à agir sur son bien pour le rendre moins endommageable serait, au mieux, incertain, au pire, négatif. Alors que, dans le même temps, l'intérêt financier pour la société serait, parce qu'elle est permanente et qu'elle bénéficiera nécessairement à un moment ou à un autre de son investissement, presque systématiquement positif dans le cas de la construction neuve et dans certains cas pour la rénovation. Les gains, incertains pour le propriétaire qui n'est pas éternellement occupant, deviennent certains pour la société. Cela n'est pas sans poser de question sur les politiques à conduire à long terme pour faire évoluer le parc de logements inondables vers une plus grande adaptation au risque.

#### **✓ POUR ALLER PLUS LOIN SUR LA QUESTION ÉCONOMIQUE DE L'ADAPTATION DES LOGEMENTS AU RISQUE D'INONDATION**

**Préciser sur des cas de logements français (individuel et collectif) la rentabilité financière des stratégies de rénovation (coût de mise en œuvre et gains à attendre). En tenant compte de plusieurs variables d'ajustement : les travaux sont faits à l'occasion d'une rénovation plus large du logement, en se plaçant suivant différents acteurs : particulier, société, en considérant le plus possible les dommages indirects. Dans le même cadre, il pourrait être envisagé d'évaluer la rentabilité des prescriptions actuelles de certains PPR.**

**Mesurer à l'échelle du territoire français quelle est la part des logements qui pourrait bénéficier de la stratégie résister/céder et celle sur lesquels il n'y aurait pas de solution économiquement rentable.**

**UN LOGEMENT  
"ZÉRO DOMMAGE"  
EST-IL SOCIALEMENT  
ACCEPTABLE ?**



*Le logement “zéro dommage” à l’inondation est loin d’être accepté socialement. Les acteurs privés en particulier (propriétaires et entreprises de la filière du bâtiment) semblent paralysés par les inconvénients qu’ils voient à se lancer dans des opérations de construction ou de rénovation visant à adapter les logements au risque d’inondation. Le marché est donc inexistant et sans tendance évolutive marquée. Dans le cas des propriétaires en particulier, les réticences culturelles et psychologiques apparaissent tout à fait majeures et ne seront pas apaisées tant que de nouvelles formes architecturales et urbaines, non seulement adaptées au risque mais également agréables à vivre et attractives, ne verront pas le jour. Ce sont donc les acteurs publics (État et collectivités) qui semblent les plus à même “d’accepter” et de promouvoir l’idée du logement “zéro dommage”.*

Pourquoi le logement “zéro dommage”, dans les cas où il est efficace et rentable pour la société dans son ensemble, ne pénètre-t-il pas davantage le paysage urbain français qu’il ne le fait aujourd’hui ? Pourquoi ce type de logement ne trouve-t-il pas toujours naturellement sa place dans les projets urbains en zone inondable ? Les réponses classiques que l’on peut entendre pour expliquer cet état de fait reposent sur la “désincitation” liée au système Cat Nat et sur la méconnaissance du risque par les propriétaires qui n’auraient pas pris conscience de l’ampleur du risque auquel ils sont soumis. Certes, ces éléments ont leur poids et ne sauraient être négligés. Ils masquent toutefois toute une série d’autres facteurs qui entravent l’acceptation sociale de la diffusion sur le territoire français des techniques d’adaptation au risque des logements.

## **QUI GAGNE QUOI À CONSTRUIRE OU RÉNOVER DE MANIÈRE ADAPTÉE AU RISQUE D’INONDATION ?**

### **Un intérêt difficile à établir pour les différents acteurs**

Un travail sur les gains potentiels dont peuvent bénéficier les acteurs concernés (particuliers, constructeurs, maire, État, etc.) met en évidence qu’il est très difficile d’identifier qui a réellement intérêt à adapter les logements au risque d’inondation. Avantages et inconvénients sont le plus souvent nombreux et difficiles à pondérer, rendant délicat l’exercice de déterminer de quel côté penche l’équilibre. On peut toutefois noter que les avantages n’apparaissent, le plus souvent, que lorsqu’une crue se produit, introduisant une incertitude sur leur existence réelle. À l’inverse, les inconvénients seront supportés par l’acteur, que la crue ait lieu ou pas.

	Avantages	Inconvénients
Propriétaire occupant	<p><b>Avec ou sans crue</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Argument de valorisation patrimoniale</li> </ul> <p><b>En cas de crue</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sécurité physique accrue</li> <li>• Moindre coût de réparation (l'assurance ne couvre pas tout)</li> <li>• Moindre temps de relogement</li> <li>• Moindre inconfort pendant les travaux de réparation</li> <li>• Moindre stress, traumatisme</li> <li>• Moindre difficulté à revendre</li> </ul>	<p><b>Avec ou sans crue</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût financier des travaux d'adaptation du logement</li> <li>• Inconfort pendant les travaux d'adaptation du logement (cas de rénovation)</li> <li>• Moindre fonctionnalité du logement (ex. : cuisine à l'étage)</li> <li>• Dégradation de l'apparence du logement</li> </ul>
Propriétaire bailleur	<p><b>Avec ou sans crue</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Argument de valorisation patrimoniale</li> </ul> <p><b>En cas de crue</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moindre coût de réparation (l'assurance ne couvre pas tout)</li> <li>• Moindre gestion de travaux de réhabilitation</li> </ul>	<p><b>Avec ou sans crue</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût financier des travaux d'adaptation du logement</li> <li>• Difficulté à louer ou à revendre (car logement non adapté aux attentes)</li> </ul>
Bailleur	<p><b>En cas de crue</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sécurité physique accrue</li> <li>• Moindre temps de relogement</li> <li>• Moindre inconfort pendant les travaux de réparation</li> <li>• Moindre nécessité de déménager</li> <li>• Moindre stress, traumatisme</li> </ul>	<p><b>Avec ou sans crue</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inconfort pendant les travaux d'adaptation du logement</li> <li>• Moindre fonctionnalité du logement (ex. : cuisine à l'étage)</li> <li>• Dégradation de l'apparence du logement</li> </ul>
Maire	<p><b>Avec ou sans crue</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Valorisation politique du caractère "développement durable" de la démarche d'adaptation des logements</li> </ul> <p><b>En cas de crue</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organisation des secours dans des conditions plus favorables</li> <li>• Moindre population à reloger temporairement et pour un temps plus court</li> <li>• Moindre risque de perte d'activité éco (entreprises embauchant la population communale habitant en ZI)</li> <li>• Moindres quantités de déchets post-catastrophe à gérer</li> <li>• Moindre détérioration d'image politique</li> <li>• Moindres risques juridiques</li> </ul>	<p><b>Avec ou sans crue</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conflits locaux potentiels avec la population liés aux surcoûts générés par une telle démarche</li> <li>• Moindres installations sur la commune à craindre</li> </ul>
Constructeurs, concepteurs (architectes, constructeur pavillonnaire...)	<p><b>Avec ou sans crue</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Niche commerciale</li> </ul> <p><b>En cas de crue</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moindres risques juridiques</li> </ul>	<p><b>Avec ou sans crue</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perte de compétitivité liée à la vente de biens plus onéreux que les concurrents</li> <li>• Difficulté à vendre des logements qui ne correspondent pas à la demande sociale</li> </ul>
Constructeurs opérationnels (entreprises du bâtiment)	<p><b>Avec ou sans crue</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Niche commerciale</li> </ul> <p><b>En cas de crue</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moindres risques juridiques</li> </ul>	<p><b>Avec ou sans crue</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modification des modes de travail (nouvelles techniques à apprendre - nécessité de se former...)</li> </ul>
Contribuable	<p><b>En cas de crue</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moindre sollicitation du régime Cat Nat et de la réassurance de l'État</li> </ul>	<p><b>Avec ou sans crue</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Subvention</li> </ul>
Assureur	<p><b>En cas de crue</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduction de l'exposition du portefeuille de clients</li> </ul>	<p><b>Avec ou sans crue</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investissement en temps et formation</li> </ul>
Département	<p><b>En cas de crue</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moindre risque de perte d'activité éco (entreprises embauchant la population communale habitant en ZI)</li> <li>• Moindre effort financier auprès des gens en difficulté</li> </ul>	<p><b>Avec ou sans crue</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucun</li> </ul>



	Avantages	Inconvénients
Région	<b>En cas de crue</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Moindre risque de perte d'activité éco (entreprises embauchant la population communale habitant en ZI)</li> </ul>	<b>Avec ou sans crue</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aucun</li> </ul>
État (préfet)	<b>En cas de crue</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sécurité des personnes accrue</li> <li>Organisation des secours dans des conditions plus favorables</li> <li>Réduction des dommages</li> <li>Éviter l'effet de masse</li> <li>Moindres risques juridiques</li> </ul>	<b>Avec ou sans crue</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Conflits locaux potentiels avec la population et les collectivités locales liés aux surcoûts générés par une telle démarche</li> </ul>

### Pour les particuliers, les freins sont nombreux et puissants

Au-delà de l'incertitude de la rentabilité des mesures et de la "désincitation" du système Cat Nat déjà présentées à la partie précédente, les facteurs qui tendent à maintenir le particulier dans une position attentiste vis-à-vis de l'opportunité d'adapter son logement au risque sont importants et souvent méconnus. Deux études sociologiques française et étrangère menées auprès de propriétaires habitant en zone inondable et ayant été inondés peu auparavant (voir annexe 6) montrent que même s'ils sont conscients de l'intérêt qu'il peut y avoir à mettre en place des actions de réduction de la vulnérabilité de leur logement, un certain nombre de facteurs les empêchent de s'y atteler (les chiffres donnés sont issus de l'étude étrangère) :

- l'impression que c'est à la collectivité de se charger de cette thématique par des mesures structurelles de type ouvrage de protection (pour 42 % des interviewés) ;
- la difficulté à choisir les mesures techniques pertinentes du fait d'un manque d'informations (pour 27 % des interviewés) ;
- la crainte de l'impact négatif sur l'apparence des bâtiments (pour 27 % des interviewés) ;
- la peur de la modification du confort du logement (pour 26 % des interviewés) ;
- la peur de la baisse de l'attractivité de la maison (et donc du prix) à la revente (pour 24 % des interviewés) ;
- le refus (pour 17 % des interviewés) de se rappeler le risque en permanence (les mesures techniques mises en place devenant le symbole du caractère inondable du logement).

Que dire, au vu de cette liste d'éléments, de l'acceptation par les propriétaires de l'idée même du logement "zéro dommage" ? Elle est probablement faible, très faible et d'autant plus dans les zones non inondées depuis plusieurs décennies.

## **UNE OFFRE COMMERCIALE ET UNE DEMANDE SOCIALE QUASI INEXISTANTES : L'ABSENCE DE MARCHÉ DU LOGEMENT ADAPTÉ À L'INONDATION**

La demande sociale et l'offre commerciale de logements adaptés au risque d'inondation sont pour ainsi dire inexistantes. Du côté des particuliers, les éléments qui conditionnent l'absence de demande de tels types de logements ont déjà été mentionnés. Il faut ajouter par ailleurs que la démarche d'acquisition d'un bien immobilier est avant tout d'ordre patrimonial. La dimension affective, psychologique, passionnée fait éclater les raisonnements sur la prise en considération des risques. Les critères qui interviennent principalement dans le choix du particulier sont encore majoritairement la situation du bien et le prix au mètre carré. Ainsi, dans les zones hyper-urbaines, où la demande demeure forte, le caractère adapté au risque du logement (et les impacts négatifs associés) pèsera peu dans le choix de l'acquéreur. Ailleurs, dans les zones périurbaines et rurales, la mise en œuvre de modes constructifs adaptés au risque occasionnerait des inconvénients et des surcoûts en particulier sur le logement individuel que les constructeurs estiment aujourd'hui difficiles à vendre. Qui voudrait d'un pavillon monté sur pilotis ? Les habitudes, cultures, comportements, la représentation des modes de vie sont essentiels dans cette problématique et constitueraient un frein essentiel à la vente de logements adaptés au risque. Le label "zéro dommage à l'inondation" ne parvient pas à pénétrer le marché comme le fait progressivement son homologue "zéro carbone". L'image positive que pourrait véhiculer le logement "zéro dommage" n'est pas encore perçue et reconnue.

## **SEULS LES ACTEURS PUBLICS SONT À MÊME "D'ACCEPTER" L'IDÉE DU LOGEMENT ADAPTÉ AU RISQUE**

L'absence de marché du logement adapté au risque d'inondation est un signal manifeste du désintérêt des acteurs privés (propriétaires et constructeurs) pour ce type de bien. Rien ne se passera si les acteurs publics (État et collectivité) ne s'emparent pas avec force de la question. Collectivités et État sont les acteurs disposant probablement du meilleur ratio avantages/inconvénients à agir pour adapter les logements au risque d'inondation, ce pour une raison simple, ils disposent d'une certitude sur le gain qu'ils pourront retirer d'une telle opération. Un jour ou l'autre, leur territoire subira une crue et ils récolteront alors les bénéfices des investissements qu'ils auront consentis à faire ou à aider.

## **DE NOUVELLES FORMES URBAINES À INVENTER, AGRÉABLES À VIVRE, PRÉSERVANT LA MIXITÉ SOCIALE ET LA MIXITÉ DES USAGES**

À l'échelle des projets urbains, l'un des principaux freins au développement de la construction de logements "zéro dommage" repose sur la perturbation de l'identité urbaine qu'ils sont susceptibles de générer.

Sur le plan esthétique tout d'abord, la surélévation des logements individuels ou collectifs n'est pas sans incidence. Que devient visuellement un paysage urbain où les logements sont construits sur pilotis, sur remblais ou sur sous-sol non enterré ? Sur le plan fonctionnel ensuite, quelle affectation donne-t-on au niveau du rez-de-chaussée ? On sait aujourd'hui toutes les difficultés rencontrées par les villes sur dalle et les réticences des urbanistes à ne laisser que des parkings en rez-de-chaussée dans les immeubles collectifs. Sur le plan social enfin, les surcoûts générés par le caractère "zéro dommage" des logements ne risquent-ils pas de réserver ces logements à une élite urbaine fortunée, brisant ainsi la mixité sociale ?

**La construction de logements neufs "zéro dommage" nécessite d'innover et d'inventer de nouvelles formes urbaines.** Tout n'est pas noir dans l'idée de développer du logement adapté au risque d'inondation. Des exemples en France montrent que les opérations de construction peuvent même tirer parti du caractère "zéro dommage" des logements à construire : les collectifs surélevés permettent de donner de l'intimité et donc de la valeur au premier niveau habité ; on peut créer à partir de la contrainte inondation une identité architecturale culturellement ancrée au territoire. Mais des réflexions sont encore nécessaires pour agrémenter le logement "zéro dommage" de véritables atouts esthétiques et fonctionnels. Ces réflexions seront d'autant plus nécessaires dans le cas des logements individuels où le pavillon traditionnel de plain-pied, particulièrement inadapté aux zones inondables, demeure le produit phare des constructeurs.

#### ✓ POUR ALLER PLUS LOIN SUR LA QUESTION DE L'ACCEPTATION SOCIALE

##### **Poursuivre la recherche de compromis architecturaux et urbanistiques.**

Dans le cas du logement neuf, adaptation au risque, confort et esthétique peuvent aller de pair, mais des réflexions urbanistiques et des évolutions de mentalités restent nécessaires. Un corpus technique à inscrire dans les projets reste encore à définir et à tester sur des sites pilotes. Un travail sur des formes urbaines nouvelles attractives est nécessaire (travail sur des exemples concrets de réalisation architecturale et urbanistique - Concours école d'architecture sur le thème : Comment rendre des logements "zéro dommage" enviables ?).

**COMMENT  
LES POUVOIRS PUBLICS  
PEUVENT-ILS CONTRIBUER  
À RENDRE LES LOGEMENTS  
MIEUX ADAPTÉS  
AU RISQUE D'INONDATION ?**

*La solution idéale n'existe pas, ou tout au moins pas encore. Les dispositifs actuels montrent leur limite à faire évoluer les pratiques de construction et de rénovation en zone inondable. De nouveaux outils sont à inventer. L'application de contraintes techniques obligatoires, pertinentes et partagées, dont la mise en œuvre est accompagnée financièrement et appliquée différemment selon les territoires et la nature des travaux considérés (rénovation ou neuf) est aujourd'hui incontournable. Cette évolution doit se faire dans un esprit de rapprochement de l'État et des collectivités locales. Il faut renverser le regard des décideurs de l'aménagement du territoire sur l'opportunité (et non la contrainte) que représente l'urbanisation d'un territoire inondable ayant pour objectif de bâtir des logements "zéro dommage" mais aussi et surtout des villes "zéro dommage", c'est-à-dire tout simplement des villes durables.*

## UNE POLITIQUE NATIONALE À CONSTRUIRE

### **Asseoir une obligation d'application de contraintes techniques pertinentes et partagées**

Un marché inexistant, une rentabilité incertaine pour le particulier, des acteurs rendus frileux par les nombreux inconvénients à supporter, une réticence culturelle rendent totalement illusoire la diffusion spontanée des modes de construction ou de rénovation adaptés au risque sur le territoire français. Vaincre ces obstacles nécessite d'imposer, de rendre obligatoire l'adaptation des logements en zone inondable. Sans contraintes techniques pertinentes, efficaces, rentables pour la société dans son ensemble et faisant l'objet d'un consensus national entre les acteurs concernés, le logement "zéro ou bas dommage" n'émergera pas.

### **Une approche différenciée entre la construction neuve et la rénovation**

La construction neuve "zéro dommage" à l'inondation n'est pas une utopie. La surélévation des logements (individuels ou collectifs) au moment de leur construction est pertinente, efficace, rentable pour la société dans la plupart des zones inondables en dehors des zones de fort courant. Une obligation s'appuyant sur cette règle simple ne paraît pas politiquement hors de portée. Elle soulève toutefois le défi non négligeable d'une urbanisation surélevée, qui demeure attractive pour les habitants.

La rénovation des logements exposés au risque d'inondation constitue un enjeu d'une tout autre nature :

- d'abord, parce que le parc existant à rénover est tout à fait considérable (plusieurs millions de logements alors que la construction neuve en zone inondable est de quelques milliers à dizaines de milliers par an) ;
- ensuite, parce que les dispositifs à l'œuvre aujourd'hui pour faire évoluer ce parc vers une meilleure adaptation à l'inondation paraissent faiblement opérants. Ainsi, malgré tous les efforts de prévention consentis sur les logements existants, la France ne parvient pas à réduire sensiblement les dommages potentiels sur ces enjeux ;

- enfin, parce qu'il y a réellement matière à s'interroger sur la pertinence financière d'une politique nationale de grande ampleur visant à rénover les logements existants en les adaptant au risque d'inondation. Cette interrogation se pose d'autant plus particulièrement pour les logements situés dans des zones les plus rarement touchées. Les mesures d'adaptation du logement existant sont en effet moins efficaces sur le plan technique que dans le cas de la construction neuve et autant voire davantage coûteuses. Cependant, le calcul de la rentabilité financière ne tient pas compte des vies potentiellement épargnées et autres dommages indirects ou intangibles évités et la prise en compte de ces derniers pourrait renverser la perspective. Il suffit de voir l'effondrement de l'économie de La Nouvelle-Orléans suite au départ de la moitié de la population liée à la destruction de ses logements pour comprendre l'intérêt de la préservation des lieux de vie. Cela signifie probablement néanmoins que l'adaptation des logements au risque ne doit pas être la seule finalité d'une opération urbaine. **Les démarches d'adaptation des logements au risque d'inondation existants seront d'autant plus efficaces et rentables qu'elles s'inscriront dans des opérations de rénovation classique du logement permettant de diluer le coût de l'adaptation technique au risque dans le coût global de la rénovation.** Pourquoi chaque opération ANRU, chaque rénovation thermique, chaque écoquartier en zone inondable ne seraient-ils pas des opportunités à saisir pour développer du logement adapté au risque d'inondation ? **Rentrer par le logement plutôt que par le risque, telle est probablement l'une des solutions à creuser pour l'adaptation des logements existants au risque d'inondation.**

### Renverser le regard des décideurs de l'aménagement du territoire

Saisir la contrainte de l'inondation pour en faire une opportunité de développement singulier de l'urbanisation du territoire, est-il concevable ? Passer de la contrainte au projet, est-ce possible ? Certains semblent le penser. Les projets urbains adaptés au risque d'inondation émergent petit à petit : l'opération d'intérêt national Seine amont portée par l'EPAORSA a placé au cœur de la rénovation de quartiers inondables des bords de Seine la problématique de l'adaptation du territoire au risque d'inondation et notamment de ses logements. L'ambition portée par l'établissement public est d'en faire une opération exemplaire. À Rennes, au bord de la Vilaine, une ZAC composée de logements, de bureaux, totalement adaptée au risque d'inondation, est en train de voir le jour. À Francfort, Hambourg, Mayence, des quartiers portuaires "zéro dommage" à l'inondation ont été ou seront édifiés. La Nouvelle-Orléans cherche à se reconstruire plus durablement. Un concours d'architecture et d'urbanisme a vu émerger des dizaines de projets proposant une autre forme "d'habiter" la zone inondable située entre le Mississippi et le lac Ponchartrain.

Tant que les pouvoirs publics et notamment les collectivités, par des politiques adaptées, ne porteront pas le message de l'importance, pour la pérennité du développement du territoire, que les logements soient mieux capables d'assurer la fonction d'habitat que le territoire attend d'eux, y compris en cas d'inondation majeure comme notre pays n'en a pas connu depuis plus de cinquante ans, le logement "zéro dommage" restera anecdotique.

Le renversement du regard des décideurs de l'aménagement du territoire sur l'opportunité que représente l'aménagement de logements en zone inondable constitue un élément incontournable.

## Inciter et accompagner particuliers et professionnels du bâtiment

Rendre obligatoire l'adaptation des logements au risque d'inondation est un pas nécessaire, mais il restera sans effet si des politiques incitatives ne sont pas mises en place, à l'instar de celles qui existent pour l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments. Pour le particulier, les travaux d'adaptation de son logement sont non seulement relativement coûteux mais aussi d'une rentabilité financière incertaine. Les aides publiques, mais également les différents dispositifs d'accompagnement des particuliers et des constructeurs (sensibilisation, aide au diagnostic...), apparaissent donc incontournables.

## QUELS DISPOSITIFS MOBILISER ?

Sur quelles bases asseoir des contraintes techniques d'adaptation des logements au risque d'inondation ? Sur quels dispositifs appuyer une politique contraignante et incitative permettant un renversement du regard des décideurs de l'aménagement du territoire ? Les outils actuels sont-ils suffisants ? Peut-on les faire évoluer ?

### Les dispositifs actuels n'offrent pas de solutions idéales

PPRi, SCOT, PLU, DTU, Norme constructive n'offrent aujourd'hui que des réponses partielles à la problématique des logements en zone inondable. Les documents d'urbanisme (SCOT et PLU entre autres) ne peuvent contenir d'éléments en matière de construction et de rénovation. Les DTU (documents techniques unifiés) sont des approches morcelées, qui appréhendent le bâtiment par petit bout. Or, on a vu combien les stratégies techniques d'adaptation ("éviter", "résister", "céder") nécessitent une approche d'ensemble du bâtiment. Une norme du bâtiment "para-inondation", à l'instar des bâtiments parasismique, semble, de l'avis des experts, difficile à établir (en particulier sur le logement existant), même si cette piste ne doit pas être définitivement écartée. Les PPRi, outils dédiés en partie à cette problématique, montrent aujourd'hui de multiples limites, parmi lesquelles en particulier :

- l'impossible adaptation des logements existants : absence de référentiel technique partagé, prescriptions techniques sur l'existant sur des bases non homogènes à l'échelle française, difficulté d'adaptation des prescriptions techniques sans diagnostic individualisé préalable, dispositif méconnu du grand public, absence d'accompagnement des propriétaires, difficulté de contrôle de l'application, instabilité juridique du dispositif ;
- la déresponsabilisation des collectivités vis-à-vis du risque d'inondation : le PPR est vécu comme une contrainte par les collectivités, pas comme une opportunité de réfléchir à un nouvel aménagement du territoire. L'État porte, les collectivités, aménageurs du territoire restent le plus souvent en retrait, attentistes, sur la question de la gestion des inondations par l'aménagement du territoire. Sans aller jusqu'à dire que le PPRi est en totalité responsable du positionnement actuel des collectivités, celui-ci a probablement participé à conforter un positionnement passif de la part des collectivités vis-à-vis des opportunités offertes par un urbanisme adapté à l'inondation.

Malgré ces difficultés, le PPRi semble s'être installé comme une référence réglementaire et juridique incontournable en matière de construction neuve en zone inondable auprès des professionnels de la construction. Il constitue ainsi certainement une base de travail opportune. Mais son évolution semble aujourd'hui nécessaire. Les grands principes de la directive inondation qui reposent sur une participation plus forte des acteurs de l'aménagement du territoire dans la prévention des inondations y poussent fortement en tout état de cause.



## **Les réglementations s'accumulent, divergent ou convergent en partie : un lourd défi à relever**

La nouvelle réglementation thermique, de même que la loi sur le handicap devraient conduire dans les prochaines années à des surcoûts de construction loin d'être négligeables. Des simulations réalisées par les constructeurs pavillonnaires montrent que la réglementation thermique pourrait générer des surcoûts de construction de l'ordre de 10 à 15 % du coût de la construction initiale. Comment, dès lors, une réglementation supplémentaire basée sur des normes constructives permettant de rendre les logements mieux adaptés au risque d'inondation, ne viendrait-elle pas compliquer une situation déjà difficile économiquement ? Comment, de même, s'assurer que les mesures d'adaptation identifiées vis-à-vis du risque d'inondation ne soient pas incompatibles avec les réglementations actuelles ou à venir ?

## **VERS DES QUARTIERS ET DES VILLES "ZÉRO DOMMAGE"**

Rendre les logements mieux adaptés au risque d'inondation est un pas en avant, d'autres seront nécessaires. En effet, un logement dont le niveau le plus bas d'habitation serait surélevé au-dessus des plus hautes eaux prévisibles, et qui ne serait donc pas endommagé par le passage de l'inondation, pourrait malgré tout ne pas être "réhabitable" rapidement après le passage de la crue. La possible défaillance des réseaux d'eau, d'électricité, d'assainissement alimentant le logement pourrait en effet rendre les conditions d'habitation dans le logement très difficiles, voire invivables. Ainsi, la capacité d'un logement à retrouver ses fonctions dans un délai minimal à la suite d'une inondation n'est pas uniquement fonction des modes constructifs de celui-ci mais également de l'aménagement urbain dans lequel il s'insère.

Le défi est là : comment aller vers le quartier ou la ville "zéro dommage" qui offre tout à la fois sécurité à ses habitants vis-à-vis des risques d'inondations, mixité sociale et cadre de vie attractif, en un mot "durabilité" ?



# ANNEXES

**Annexe 1 : Liste des membres du groupe de travail**

**Annexe 2 : Bibliographie**

**Annexe 3 : Extrait du travail des experts sur la pertinence des mesures en fonction de l'aléa**

**Annexe 4 : Liste des mesures d'adaptation pour la rénovation**

**Annexe 5 : Analyse coût/bénéfice du logement adapté au risque d'inondation**

**Annexe 6 : Synthèse d'une étude sociologique sur le logement adapté au risque d'inondation**

## ANNEXE 1 : LISTE DES MEMBRES DU GROUPE DE TRAVAIL

**Jean-Yves BARRIER**, architecte urbaniste

**Alain BILLARD**, professeur ENSAP Bordeaux

**Jacques BOULNOIS**, architecte - BHPR

**Jacques COUDERT**, architecte - CU de Lyon

**Guy DESIRE**, directeur d'études - CETE Ouest

**Frédéric GACHE**, chargé de mission IIBRBS

**Didier FREY**, dirigeant GBA construction - Union des maisons françaises

**Matthieu FOURNIER**, chargé de mission Risques - MEEDDM / DGALN / DHUP

**Françoise GAUQUELIN**, chargée d'études risques - CERTU

**Michel JARRAULT**, expert construction - Compagnie française des experts de la construction

**Marie RENNE**, adjointe au chef de bureau des risques naturels terrestres - MEEDDM

**Harold RETHORET**, chargé de mission - EPTB Charente

**Jean-Luc SALAGNAC**, ingénieur - CSTB

**Jean-Pierre VALETTE**, architecte - Diren Centre

**Didier VIVET**, chargé de mission inondations - DIREN Centre

## ANNEXE 2 : BIBLIOGRAPHIE

Titre	Maître d'ouvrage	Auteurs	Date	Type
Quinze expériences de réduction de la vulnérabilité de l'habitat aux risques naturels - Quels enseignements ?	MEEDDAT-EPL	Ledoux Consultants, Fondations des villes, CETE Méditerranée, CETE Ouest	juil-08	Rex
Réduction de la vulnérabilité de l'habitat aux inondations - préconisations techniques d'aménagement	EPTB Saône Doubs		post. 2005	Guide
Comment mieux construire en zone inondable	Ville d'Orléans, Agglo d'Orléans et DIREN		2008	Document de communication
Rendre son habitation moins vulnérable aux inondations - guide à l'usage des professionnels	DRE Bretagne		juin-04	Guide
Guide de la remise en état des bâtiments	DGUHC		sept-02	Guide
Guide d'évaluation de la vulnérabilité des bâtiments vis-à-vis de l'inondation	DGUHC	CSTB	nov-05	Guide méthodologique
Guide inondation : prévenir les conséquences sur les bâtiments, les remettre en état tout en les améliorant		J-L. Salagnac et al.	déc-00	Guide
Ensemble anticipons - Inondations - Les gestes essentiels pour vous, pour votre logement	Conseil général du Gard		sept-06	Document de communication
Élément pour l'élaboration des plans de prévention du risque d'inondation. La mitigation en zone inondable. Réduire la vulnérabilité des biens existants	MEDD		mars-05	Plaquette d'information à destination des services instructeurs des PPRi
Face au risque d'inondation élaborer votre plan familial de mise en sécurité (PFMS)	Agence de l'Eau Loire Bretagne	Olivier Hermann	mars-06	Guide méthodologique
Analyse de retours d'expérience des inondations : Bretagne et Saône	Agence de l'Eau LB, Équipe pluridisciplinaire Plan Loire		déc-02	Rex
Prévention du risque de dommages liés aux inondations : mesures générales et leur efficacité	Commission internationale pour la protection du Rhin		2002	Rapport
Batiments amphibies et autres solutions pour construire en zone inondable		Jean-Luc Salagnac	juin-06	Rapport
Risques naturels, aléa et vulnérabilité mécanique : cas de constructions en maçonnerie vis-à-vis des séismes et des inondations		Nathalia Valencia David	mai-06	Thèse
Vulnérabilité et fiabilité des constructions en maçonnerie sous l'effet des inondations		Ahmed Mebarki, Nathalia Valencia, Jean-Luc Salagnac		Article
Assessment of the cost and effect on future claims of installing flood damage resistant measure	Association of British Insurers		mai-03	Rapport
Synthèse des dispositions concernant la réduction de la vulnérabilité de l'habitat dans les PPRi		Philippe Guellin		Rex

Titre	Maître d'ouvrage	Auteurs	Date	Type
Les inondations - Guide pratique	MAIF		mars-03	Document de communication
Damage limitation - How to make your home flood resistant	Environnement Agency (UK), CIRIA		sept-01	Document de communication
Memento pratique du particulier - Risque «inondations»	MRN		2005	Document de communication
Rendre son habitation moins vulnérable aux inondations - guide à l'usage des propriétaires	DRE Bretagne		juin-04	Guide méthodologique
Centre-ville en zone inondable. Prise en compte du risque. 10 exemples d'adaptation du bâti	MEDD		nov-04	Rex
Protection des immeubles contre les inondations	Institut de recherche en construction (IRC) - National Research Council Canada		synthèse d'un ouvrage paru en 1979	Synthèse d'un ouvrage technique
Logements d'urgence	Le moniteur		mai-01	Article
Inondations. Conseils pratiques. Démarches d'indemnisation	DGUHC		mai-01	Document de communication
Évaluation de la vulnérabilité des bâtiments vis-à-vis du risque inondation	CSTB	Jean-Luc Salagnac	déc-03	Guide méthodologique
Prévention des inondations dans les bâtiments existants. Mise en sécurité des personnes. Cahier de prescriptions techniques	MEDD - CERTU	CETE Méditerranée	mars 04 (version provisoire)	Guide
Flood products. Using flood protection products - A guide for homeowners	Environnement Agency (UK)		mai-03	Document de communication
After a flood. How to restore your home	Environnement Agency (UK)		août-02	Document de communication
Insight into costs/benefits of flood proofing buildings in the Netherlands		Berry Gersonius - UNESCO-IHE	2008	Présentation PPT
Improving the flood resistance of your home - advice sheet 1, 2 and 3	Ciria		2003	Guide
Recommandations pour la prise en compte du risque inondation dans la conception d'un équipement collectif	Agence de l'Eau Loire Bretagne	BHPR du territoire au design par l'architecture	2004	Projet de construction
Repairing your home or business after a flood - how to limit damage and disruption in the future	Association of British Insurers - Flood Forum			Guide
Flood repair standards for buildings		Stephen L. Garvin and David J. Kelly du Building Research Establishment, Scotland	2007	Article
Economic feasibility study of Flood Proofing domestic dwellings		Chris Zevenbergen (Dura vermeer Business developpment - Pays-Bas), Berry Gernosius (UNESCO-IHE Institute for Water education - Pays-Bas), Najib Puyan (Dura vermeer Business developpment - Pays-Bas), Sebastiaan van Herk (Willem and van des Wildenberg Espana - Espagne)	2007	Article

Titre	Maître d'ouvrage	Auteurs	Date	Type
Catalogue des mesures de prévention	DE - DPPR - Délégation aux risques majeurs		1989	Guide
Reducing the impacts of flooding - extemporary measures	Environnement Agency, DEFRA, Association of British insurers		2002	Rapport
Preparing for floods : interim guidance for improving the flood resistance of domestic and small business properties	DTLR - Department for Transport local government and Régions		2002	Guide
Catalogue de mesures de prévention des inondations	CERTU		2001	Guide
Quelle efficacité pour un batardeau ?	CSTB	Jean-Luc Salagnac		Fiche technique
Inondations : réintégrer les constructions en toute sécurité	DGUHC	CSTB	2000	Guide
Flood resistant material requirements for builidind located in special flood hazard areas in accordance with the flood national insurance program	FEMA and FIA (federal insurance agency)			Guide
Improving the flood performance of new buildings	Communities and local government - Environment agency - DEFRA		2007	Guide
Flood resistance and resilient solutions : an R&D Technical report	DEFRA		2007	Rapport
Flood resilient homes : what can homeowners do to reduce flood damage ?	Association of British Insurers			Document de communication
Guide pour le diagnostic de la vulnérabilité d'un bâtiment au risque d'inondation	CEPRI		2009	Guide méthodologique
Développement durable et architecture responsable - engagement et retours d'expérience	Ordre des architectes		2007	Guide
Restaurer sa maison en zone inondable		B. Duquoc		Fiche technique
Étude préalable à la réalisation de l'opération programmée de réduction de la vulnérabilité aux inondations du pays Haut Anju Segréen - Approche des coûts de réduction de vulérabilité	Grez Neuville, Le Lion d'Angers, SEGRE -	B. Duquoc, B. Ledoux	2008	Rex
Guide de recommandations pour la remise en état des maisons individuelles après inondation		J.-L. Salagnac, M. Sarre	1997	Guide
La maison flottante. Habiter en sécurité le régions déclarées zones inondables	INSA	F. Nanchen, G. Perraudin	2003	Rapport
Emergency house plans. The first book of Katrina Cottages		S. A. Mouzon	2006	Guide
Hollande la parade au réchauffement climatique	La pierre d'angle	D. Druenne	2007	Article
Réduire la vulnérabilité. L'architecte et les risques majeurs	La pierre d'angle	D. Druenne	2008	Article

## ANNEXE 3 : EXTRAIT DU TRAVAIL DES EXPERTS SUR LA PERTINENCE DES MESURES EN FONCTION DE L'ALÉA

Stratégie	Mesures	CAS A2 : Construction neuve "Collectif" H < 1 m D < 48 h	CAS B2 : Construction neuve "Collectif" H < 1 m D > 48 h	CAS C2 : Construction neuve "Collectif" 1 m < H < 2,5 m D < 48 h
Céder	Privilégier un escalier en béton armé (paillasse et marches) ou en bois massif (limon, marches, contre marches) ; proscrire le bois aggloméré pour les marches et contre marches	+	+	+
Céder	Privilégier le plancher béton armé, dalle pleine ou poutrelles et hourdis ; si le plancher reçoit une étanchéité ( ex plancher haut du vide sanitaire), choisir un plancher béton armé résistant à la sous pression	0	0	0
Céder	La fixation sur le gros œuvre doit résister à l'effort d'entraînement du courant	+	+	+

### Légende

+ : la mesure est très pertinente

0 : la mesure est faiblement pertinente

- : la mesure est à déconseiller

## ANNEXE 4 : LISTE DES MESURES D'ADAPTATION AU RISQUE POUR LA RÉNOVATION

Le tableau suivant présente une sélection de mesures de réduction de la vulnérabilité du bâti pour les deux types de stratégies de réduction de la vulnérabilité :

- la stratégie "résister", c'est-à-dire empêcher la pénétration de l'eau dans le bâtiment,
- la stratégie "céder", c'est-à-dire laisser l'eau entrer dans le bâtiment et prendre toutes les dispositions nécessaires à la limitation de l'endommagement et à la réduction du délai de retour à un fonctionnement normal du bâtiment.

Le tableau présente également des mesures qui ne sont spécifiques ni à la stratégie "résister" ni à la stratégie "céder", mais susceptibles d'être utiles quelle que soit la stratégie retenue. Il s'agit des "mesures transversales". Ces mesures transversales concernent les cuves, la zone refuge, la norme sur les installations électriques NFC 15-100, le vide sanitaire, les réseaux d'évacuation, les tampons de regards et les piscines/bassins.

Le tableau détaille chacune des mesures en fonction de différents critères :

- leurs caractéristiques ;
- leur compatibilité et pertinence en fonction des types de crue. Des conditions d'inondation ont été définies à partir de la hauteur d'eau et de la durée. Pour la hauteur d'eau, deux seuils ont été retenus : 1 m (hauteur à partir de laquelle empêcher l'eau de pénétrer dans le bâtiment peut s'avérer dangereux pour la structure) et 2,5 m (hauteur à partir de laquelle le premier étage peut être endommagé). Pour la durée, le seuil de 48 heures a été retenu car il correspond à la durée au-delà de laquelle l'eau finie par trouver une voie de pénétration dans le bâtiment. Le croisement de ces paramètres a mené à la définition de 6 cas présentant des conditions d'inondation différentes. Pour chacun d'entre eux, il a été défini si la mesure était :
  - compatible (case blanche) ou incompatible (case grisée),
  - indispensable (1), importante (2), peu importante (3) ;
- leur impact sur la sécurité des personnes, les délais de retour à la normale, la limitation des dommages et les effets domino. Il s'agit ici de noter si la mesure permet, ou pas, de réduire l'impact de la crue sur ces quatre aspects de la vulnérabilité du bâti.

## 1. Stratégie “résister”

Mesures	Corps du bâtiment	Ouvrage	Description (en quoi ça consiste, à quoi ça sert)	H < 1 m	H < 1 m	1 m < H	1 m < H	H >	H >	Améliore la sécurité des personnes	Réduit les délais de retour à la normale	Réduit les dommages	Limite les effets domino sur le voisinage
				D < 48 h	D > 48 h	< 2,5 m	< 2,5 m	> 2,5 m	> 2,5 m				
Prévoir des dispositifs pour la mise en place de batardeaux, devant les portes et portes-fenêtres.	Second œuvre	Batardeaux	Un batardeau est une structure verticale qui occulte partiellement le cadre de la porte ou de la porte-fenêtre et est destinée à limiter la pénétration de l'eau dans le bâtiment. Il existe divers moyens de fixer et de maintenir cette structure au bâtiment : glissières, fixations en appui, etc. La mise en place d'un batardeau doit être accompagnée d'autres mesures permettant de limiter l'entrée de l'eau dans le bâtiment (percement dans les murs, conduits évacuation des WC, etc.).	1						Oui	Oui	Oui	Non
Pour les maçonneries anciennes en pierres ou briques pleines apparentes, réfection des joints défectueux.	Gros œuvre	Murs extérieurs	L'objectif de cette mesure est de limiter les infiltrations d'eau par les murs extérieurs. Les murs en maçonnerie ancienne peuvent en effet laisser passer l'eau au niveau des joints. Cette mesure fait partie des dispositions à prendre en complément de la mise en place de batardeaux.	1						Non	Oui	Oui	Non
Traiter les fissures et compléter éventuellement (après analyse d'une personne compétente) par un revêtement d'imperméabilisation I 2 ou I 3.	Gros œuvre	Murs extérieurs	L'objectif de cette mesure est de limiter les infiltrations d'eau par les murs extérieurs. Les murs extérieurs peuvent présenter des fissures qui laissent l'eau pénétrer dans le bâtiment. Il s'agit donc de reboucher les fissures avec un enduit et, éventuellement, d'appliquer un revêtement d'imperméabilisation. Cette mesure fait partie des dispositions à prendre en complément de la mise en place de batardeaux.	1						Non	Oui	Oui	Non
Mettre en place des dispositifs d'occultation des ouvertures de petite dimension dans les parois (orifices de ventilation, soupiraux) - Exemple : capots amovibles, etc.	Fluides et équipements	Ouvertures et voies pénétrantes	Mettre en place un dispositif d'occultation temporaire adapté (capot, cache) sur les ouvertures basses permet de limiter la pénétration de l'eau dans le bâtiment. Ce dispositif doit pouvoir être facile et rapide à mettre en œuvre et à retirer. Il est en effet indispensable qu'il puisse être enlevé dès la réinstallation dans le bâtiment afin que les orifices concernés puissent à nouveau assurer leurs fonctions (apport d'air frais extérieur par exemple). Cette mesure fait partie des dispositions à prendre en complément de la mise en place de batardeaux.	1						Non	Oui	Oui	Non
Assurer l'étanchéité à l'eau de l'extrémité des fourreaux susceptibles d'être sous les eaux.	Fluides et équipements	Fourreaux	Calfeutrer les entrées des fourreaux des réseaux à l'aide de joints spécifiques permet de limiter la pénétration de l'eau dans l'habitation. Les réseaux électriques, téléphoniques, etc. qui sont posés dans des gaines constituent autant d'entrées d'eau potentielles en cas d'inondation. Cette mesure doit être prise en complément de la mise en place de batardeaux afin de ne pas réduire l'efficacité de ces derniers.	1						Non	Oui	Oui	Non
Equiper les réseaux enterrés d'évacuation des eaux usées de clapets anti-retour repérables et facilement accessibles pour la vérification et l'entretien.	Environnement	Réseaux extérieurs	En cas d'inondation, l'eau peut remonter par les canalisations et entrer ainsi dans le bâtiment. Un clapet anti-retour permet de bloquer cette voie de pénétration de l'eau, une eau par ailleurs sale et contaminée, susceptible d'engendrer des problèmes sanitaires lors du retour des occupants. La mise en place de ce type d'équipement peut nécessiter l'accord du concessionnaire du réseau d'assainissement. Cette mesure doit être prise en complément de la mise en place de batardeaux afin de ne pas réduire l'efficacité de ces derniers.	1						Oui	Oui	Oui	Non
Mise en place d'un dispositif de pompage à l'intérieur (pompe manuelle).	Fluides et équipements	Pompage	La mise en place d'une pompe permet d'évacuer l'eau qui peut s'infiltrer dans le bâtiment malgré l'occultation de toutes les ouvertures. Cette mesure nécessite de disposer d'une source d'alimentation électrique autonome. Cette mesure fait partie des dispositions à prendre en complément de la mise en place de batardeaux.	1						Non	Oui	Oui	Non



## 2. Stratégie “céder”

Mesures	Corps du bâtiment	Ouvrage	Description (en quoi ça consiste, à quoi ça sert)	H < 1 m	H < 1 m	1 m < H	1 m < H	H >	H >	Améliore la sécurité des personnes	Réduit les délais de retour à la normale	Réduit les dommages	Limite les effets domino sur le voisinage
				D < 48 h	D > 48 h	< 2,5 m D < 48 h	< 2,5 m D > 48 h	> 2,5 m D < 48 h	> 2,5 m D > 48 h				
Si la hauteur d'eau est susceptible d'atteindre le plafond, utiliser de préférence un système à base de plaques de plâtre sur ossature métallique pour réaliser cet ouvrage.	Gros œuvre	Plafonds suspendus	Un plafond suspendu est en général composé de plaques de plâtre supportées par une ossature métallique. Si les plaques sont à changer après inondation, ce choix autorise la remise en état du plafond en limitant les travaux.					3	3	Non	Oui	Oui	Non
En l'absence actuellement de produits qualifiés pour résister à des durées de submersion importantes sans pertes de performances thermiques, utiliser un isolant susceptible de ne pas être complètement détérioré après immersion (ex. : panneaux de polystyrène expansé).	Gros œuvre	Plafonds suspendus	Dans le cas d'un bâtiment sans étage, la couche d'isolant située au dessus du plafond peut être endommagée. Pour limiter les dommages, il est conseillé d'utiliser un isolant susceptible de conserver ses qualités thermiques après inondation. À titre d'exemple, un isolant disposant d'un classement ISOLE (certification ACERMI) avec un niveau E3 devrait convenir pour des inondations de courte durée (moins de 24 h). On pourra donc se référer à ce classement pour choisir les matériaux adéquats.					3		Non	Oui	Oui	Non
Utiliser de préférence des cloisons susceptibles d'être démontées pour réparation (ex. : plaques de plâtre cartoné fixées sur ossature métallique).	Second œuvre	Cloisons	L'utilisation de cloisons sur ossatures métalliques offre des possibilités de réparation rapide par remplacement des plaques de plâtre. Cette éventualité est à considérer dans la cas où l'inondation n'est pas accompagnée d'un fort courant d'eau. Une inondation accompagnée d'un fort courant peut entraîner la destruction de la cloison.	1	1	1	1	1	1	Non	Oui	Oui	Non
Dans le cas de cloisons en carreaux de plâtre, privilégier les carreaux hydrofugés (couleur bleue).	Second œuvre	Cloisons	Pour les crues d'une durée supérieure à 48 h, les carreaux de plâtre hydrofugés peuvent présenter l'intérêt de résister davantage à l'action de l'eau que les carreaux de plâtre normaux. Une vérification de la solidité de la cloison doit néanmoins être faite après séchage.	3	2	3	2	3	2	Non	Oui	Oui	Non
Éviter les cloisons alvéolaires et les cloisons en matériaux à base de bois.	Second œuvre	Cloisons	L'immersion des cloisons alvéolaires ou des cloisons en matériaux à base de bois (agglomérés notamment) entraîne déformation, gonflement, dégradation. Ces cloisons ne pouvant être remises en état aisément, elles doivent être changées, ce qui occasionne des travaux importants.	1	1	1	1	1	1	Non	Oui	Oui	Non
En l'absence actuellement de produits qualifiés pour résister à des durées de submersion importantes sans pertes de performances thermiques, utiliser un isolant susceptible de ne pas être complètement détérioré après immersion (ex. : panneaux de polystyrène expansé).	Second œuvre	Doublage	Pour limiter les dommages, il est conseillé d'utiliser un isolant susceptible de conserver ses qualités thermiques après inondation. À titre d'exemple, un isolant disposant d'un classement ISOLE (certification ACERMI) avec un niveau E3 devrait convenir pour des inondations de courte durée (moins de 24 h). On pourra donc se référer à ce classement pour choisir les matériaux adéquats.	1	1	1	1	1	1	Non	Oui	Oui	Non
Privilégier une isolation par l'extérieur.	Second œuvre	Isolation par l'extérieur	La réparation d'un système d'isolation par l'extérieur d'un bâtiment, détérioré lors d'une inondation, peut s'effectuer indépendamment des travaux de réfection intérieurs et ainsi permettre une réutilisation plus rapide que si l'isolation intérieure devait être refaite.	2	2	2	2	2	2	Non	Oui	Non	Non

Mesures	Corps du bâtiment	Ouvrage	Description (en quoi ça consiste, à quoi ça sert)	H < 1 m	H < 1 m	1 m < H	1 m < H	H >	H >	Améliore la sécurité des personnes	Réduit les délais de retour à la normale	Réduit les dommages	Limite les effets domino sur le voisinage
				D < 48 h	D > 48 h	< 2,5 m	< 2,5 m	> 2,5 m	> 2,5 m				
Privilégier les planchers en béton armé.	Gros œuvre	Planchers	Un plancher en béton armé est peu susceptible de subir des dommages du seul fait de son immersion. Le temps de séchage, fonction de la technologie utilisée, sera long (plusieurs mois). La réalisation d'un tel ouvrage dans un bâtiment existant nécessite des travaux importants envisageables lors d'une réhabilitation lourde du bâtiment.	1	1	1	1	1	1	Non	Oui	Oui	Non
Privilégier des enduits mortier ciment + chaux, chaux ; enduits au plâtre.	Second œuvre	Enduits intérieurs	Ces enduits présentent l'intérêt de contribuer à un séchage rapide des murs.	3	3	3	3	3	3	Non	Oui	Non	Non
Éviter les revêtements qui empêchent l'assèchement des murs (ex. : revêtement plastique...).	Second œuvre	Revêtements muraux	Un revêtement de mur, même s'il n'est pas détérioré lors de l'inondation, ne doit pas empêcher l'assèchement du mur, au risque de créer des dommages supplémentaires importants, notamment pour les occupants (moisissures). On privilégiera dans la mesure du possible des revêtements de murs facilement arrachables.	2	2	2	2	2	2	Oui	Oui	Non	Non
Sur support béton, privilégier des revêtement céramiques, pierre ou terre cuite, scellés ou éventuellement collés avec mortier colle résistant à l'eau.	Second œuvre	Revêtements de sols	Un plancher en béton armé est peu susceptible de subir des dommages du seul fait de son immersion. Il peut donc être intéressant, afin notamment de faciliter le nettoyage, de le recouvrir d'un revêtement de sol qui, lui-même, est a priori peu dégradé, comme les revêtements minéraux (céramique, pierre, terre cuite) fixés au plancher par scellement ou posés par mortier de colle résistante à l'eau, suivant la nature des revêtements.	1	1	1	1	1	1	Non	Oui	Oui	Non
Sur support bois, privilégier les revêtements facilement arrachables (moquette, dalle,...).	Second œuvre	Revêtements de sols	Suivant les essences de bois, les déformations du bois subissant une immersion suivie d'un séchage sont plus ou moins importantes. Sur un plancher en bois, il est donc préférable de privilégier les revêtements facilement arrachables (moquette par exemple) qui permettent de vérifier facilement, après l'inondation, l'état du plancher en dessous.	1	1	1	1	1	1	Oui	Oui	Oui	Non
Privilégier les menuiseries PVC, alu, acier pour les portes, portes-fenêtres et fenêtres.	Second œuvre	Menuiseries Extérieures	Les menuiseries ne sont pas conçues pour subir une immersion prolongée. Cependant, et pour autant que l'inondation ne soit pas accompagnée d'un courant d'eau important, les menuiseries en PVC, alu et acier ne subissent a priori pas de dégâts importants.	3	2	2	1	2	1	Non	Oui	Oui	Non
Prévoir la mise en place de grilles devant les portes pour permettre le passage de l'eau (équilibre des pressions) et pour éviter l'intrusion.	Second œuvre	Menuiseries extérieures	Lors d'une inondation, dans les zones où l'eau monte rapidement, il peut être recommandé aux habitants de laisser leur porte ouverte afin de permettre un équilibre des pressions entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment, évitant ainsi des dommages sur la structure du bâtiment. Cependant, il s'avère difficile de convaincre les particuliers de laisser la porte de leur maison ouverte. Ils craignent généralement les vols. En réponse à cette crainte, une grille, dont le système d'attache à la maçonnerie serait préalablement installé, pourrait être mise en place temporairement au moment de la crue devant les portes et les fenêtres laissées ouvertes. Elle permettrait ainsi de laisser entrer l'eau (équilibre des pressions) et d'empêcher les intrusions.	3	3	3	3	3	3	Non	Oui	Oui	Non
Réaliser le seuil des portes et portes-fenêtres pour qu'il ne dépasse pas le niveau du sol intérieur.	Second œuvre	Menuiseries Extérieures	Cette mesure permet de faciliter l'élimination de l'eau et le nettoyage après l'inondation. Elle est toutefois d'une mise en œuvre délicate car cette disposition doit préserver la fonction d'étanchéité à la pluie normalement assurée par les portes et portes-fenêtres.	3	3	3	3	3	3	Non	Oui	Non	Non

Mesures	Corps du bâtiment	Ouvrage	Description (en quoi ça consiste, à quoi ça sert)	H < 1 m	H < 1 m	1 m < H	1 m < H	H >	H >	Améliore la sécurité des personnes	Réduit les délais de retour à la normale	Réduit les dommages	Limite les effets domino sur le voisinage
				D < 48 h	D > 48 h	< 2,5 m	< 2,5 m	< 2,5 m	> 2,5 m				
Privilégier les huisseries métalliques.	Second œuvre	Huisseries intérieures	Pour autant que l'inondation ne soit pas accompagnée d'un fort courant qui risque de détruire les cloisons intérieures, les huisseries métalliques sont à privilégier car elles sont a priori peu sensibles à une immersion, notamment aux déformations qui pourraient en résulter. Elles permettent de ce fait de remplacer plus facilement les portes intérieures endommagées par l'inondation. Il est préférable d'associer cette mesure avec la mise en place de cloisons à ossature métallique. En effet, si l'ensemble des cloisons est à refaire, les huisseries métalliques n'ont plus vraiment d'intérêt.	3	1	3	1	3	1	Non	Oui	Oui	Non
Privilégier les plinthes PVC.	Second œuvre	Plinthes	Les plinthes en PVC sont peu sensibles à l'eau. Cette option permet ainsi de limiter les conséquences de l'inondation sous réserve que la fixation des plinthes garantisse leur maintien pendant et après l'inondation.	3	3	3	3	3	3	Non	Non	Oui	Non
Privilégier les volets roulants en PVC ou en aluminium.	Second œuvre	Fermetures - Occultations	Les produits en PVC et en aluminium sont peu susceptibles d'être détériorés par la seule immersion. Sous réserve que l'inondation ne soit accompagnée de forts courants d'eau, le choix de volets et d'occultations réalisés à l'aide de ces matériaux permet de limiter les dégâts.			3	3	3	3	Non	Non	Oui	Non
Privilégier les volets roulants à commande manuelle.	Second œuvre	Fermetures - Occultations	Les volets à commande manuelle sont à privilégier car ils peuvent être ouverts dans toutes circonstances, à la différence des volets à commande électrique, dont le moteur peut être endommagé par l'eau. Ces derniers nécessitent par ailleurs une alimentation en électricité. Un volet à commande électrique qui serait bloqué empêcherait le séchage s'il est fermé et favoriserait les intrusions s'il reste en position ouverte.	1	1	1	1	1	1	Non	Non	Oui	Non
Individualiser les circuits entre parties inondées et les parties hors d'eau.	Fluides et équipements	Installations électriques	Cette mesure permet d'isoler les parties du réseau intérieur endommagées lors de l'inondation tout en ménageant, après l'inondation, l'alimentation électrique en toute sécurité dans les pièces non inondées. La remise en état du réseau dans la partie inondée peut ainsi être effectuée sans conséquence sur le réseau des parties non inondées. Cette mesure est à mettre en œuvre de manière groupée avec les autres mesures concernant les installations électriques et doit être impérativement confiée à un professionnel.	1	1	1	1	1	1	Oui	Oui	Oui	Non
Mettre hors d'eau les tableaux électriques de répartition, les dispositifs de protection et les différents équipements courant faible et régulation/ programmation thermique.	Fluides et équipements	Installations électriques	Il s'agit ici d'éviter un éventuel remplacement de ces dispositifs et leur dysfonctionnement (court-circuit, par exemple). Elle n'est cependant possible que dans le cas de bâtiments bénéficiant de zones situées au-dessus du niveau des plus hautes eaux connues. Cette mesure est à mettre en œuvre de manière groupée avec les autres mesures concernant les installations électriques et doit être impérativement confiée à un professionnel.	1	1	1	1	1	1	Oui	Oui	Oui	Non
Mettre en œuvre des circuits électriques (courant fort et courant faible) descendants pour éviter les retentions d'eau dans les gaines et conduits.	Fluides et équipements	Installations électriques	La présence d'eau dans les gaines et conduits électriques présente un danger pour les utilisateurs et risque de causer des pannes à répétition. En faisant descendre les réseaux du plafond et des parties supérieures du logement, le risque de stagnation d'eau est fortement réduit puisque son évacuation est favorisée ainsi que le séchage du réseau. Une vérification des appareillages (prises, interrupteurs), accompagnée d'un séchage complet, doit cependant être effectuée avant remise sous tension. Cette mesure est à mettre en œuvre de manière groupée avec les autres mesures concernant les installations électriques et doit être impérativement confiée à un professionnel.	1	1	1	1	1	1	Oui	Oui	Oui	Non

Mesures	Corps du bâtiment	Ouvrage	Description (en quoi ça consiste, à quoi ça sert)	H < 1 m	H < 1 m	1 m < H	1 m < H	H >	H >	Améliore la sécurité des personnes	Réduit les délais de retour à la normale	Réduit les dommages	Limite les effets domino sur le voisinage
				D < 48 h	D > 48 h	< 2,5 m	< 2,5 m	> 2,5 m	> 2,5 m				
Mettre hors d'eau le coffret du distributeur de coupure et de comptage.	Fluides et équipements	Installations électriques	Les dégâts causés par la présence d'eau sur le coffret du distributeur peuvent nécessiter des travaux importants et retarder la remise en état du bâtiment. Cette mesure permet donc d'éviter ce désagrément. Cette modification doit être réalisée avec l'accord du distributeur d'énergie. Cette mesure est à mettre en œuvre de manière groupée avec les autres mesures concernant les installations électriques.	1	1	1	1	1	1	Non	Oui	Oui	Non
Mettre hors d'eau le groupe de traction (moteur, treuil) et l'armoire électrique de commande.	Fluides et équipements	Ascenseurs	Le groupe de traction et l'armoire électrique de commande sont essentiels au fonctionnement de l'ascenseur. Or, ces ouvrages sont souvent localisés au sous-sol ou au rez-de-chaussée. Il s'agit donc de les rehausser définitivement, ou dans le cas d'un moteur embarqué, de bloquer la cabine hors d'atteinte de l'eau.	1	1	1	1	1	1	Non	Oui	Oui	Non
Prévoir un dispositif qui permette d'immobiliser la cabine au-dessus des hauteurs d'eau potentielles ou lui interdire les niveaux inondés.	Fluides et équipements	Ascenseurs	Afin de limiter les dommages sur l'ascenseur, il s'agira ici d'empêcher la cabine de descendre dans les niveaux inondés. En dehors du moteur qui peut être embarqué, c'est l'ensemble du réseau électrique présent dans l'ascenseur qui pourrait être endommagé. Il s'agira donc d'éviter que l'ascenseur descende malencontreusement dans les zones inondées.	1	1	1	1	1	1	Non	Oui	Oui	Non
Mettre hors d'eau les équipements de production de chaleur (chaudière, échangeur, pompe à chaleur) et d'eau chaude sanitaire, de climatisation et de ventilation (extracteurs d'air, prises d'air) ainsi que les matériels accessoires (pompes, régulations, tableaux de commande).	Fluides et équipements	Chauffage - ECS - Climatisation - Ventilation	Ces équipements, souvent coûteux et longs à remplacer, peuvent être sérieusement endommagés suite à une immersion. Or, ils facilitent le retour à la normale, notamment l'assèchement des murs. Il est donc préférable de les rehausser de manière définitive au-dessus du niveau des plus hautes connues. Les réseaux associés (tuyauterie notamment) devront être faciles à examiner, visiter, afin de les vérifier avant la remise en route du système.	1	1	1	1	1	1	Non	Oui	Oui	Non
Équiper les réseaux enterrés d'évacuation (eaux usées) de clapets anti-retour repérables et facilement accessibles pour la vérification et l'entretien.	Environnement	Réseaux extérieurs	En cas d'inondation, l'eau peut remonter par les canalisations et entrer ainsi dans le bâtiment. Un clapet anti-retour permet de bloquer cette voie de pénétration de l'eau, une eau par ailleurs sale et contaminée, susceptible d'engendrer des problèmes sanitaires lors du retour des occupants. La mise en place de ce type d'équipement peut nécessiter l'accord du concessionnaire du réseau d'assainissement.	3	3	3	3	3	3	Non	Oui	Oui	Non
Privilégier les portes en acier ou en PVC, à commande manuelle ou électrique débrayable.	Second œuvre	Porte de garage	Le PVC ou l'acier subissent a priori peu de dégâts du fait de la seule immersion. Pour autant que l'inondation ne s'accompagne pas de forts courants, ils sont à privilégier. Ces portes doivent aussi être préférentiellement munies de commande manuelle ou électrique débrayable afin de ne pas avoir de problèmes d'ouverture et de fermeture dus aux dysfonctionnements d'origine électrique (moteur noyé, commande détériorée).	2	2	2	2	2	2	Non	Non	Oui	Non

### 3. Mesures transversales

Mesures	Corps du bâtiment	Ouvrage	Description (en quoi ça consiste, à quoi ça sert)	H < 1 m	H < 1 m	1 m < H	1 m < H	H >	H >	Améliore la sécurité des personnes	Réduit les délais de retour à la normale	Réduit les dommages	Limite les effets domino sur le voisinage
				D < 48 h	D > 48 h	< 2,5 m	< 2,5 m	> 2,5 m	> 2,5 m				
Créer une zone refuge, hors d'eau, facilement accessible de l'intérieur et de l'extérieur par les occupants et les secours et équipée de manière à assurer des conditions de vie et de sécurité satisfaisantes pour de courtes durées.	Gros œuvre	Zone de refuge	<p>La zone refuge permet aux habitants de se mettre à l'abri en attendant l'évacuation et/ou la décrue. Elle peut aussi être une zone privilégiée de retour dans le bâtiment après la crue, pendant les périodes de travaux de séchage et de remise en état. Elle permet également de mettre à l'abri les équipements et matériels que l'on souhaite sauvegarder. Cette zone doit :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- être facilement accessible de l'intérieur et de l'extérieur tant par les occupants que par les secours (afin d'assurer l'évacuation depuis cette zone); - offrir des conditions de sécurité satisfaisantes. Depuis cette zone, les habitants doivent pouvoir se manifester auprès des équipes de secours ;</li> <li>- offrir un confort minimum permettant, si nécessaire, d'y attendre les secours ou la décrue ;</li> <li>- disposer d'une surface minimale (compte tenu du nombre d'occupants), de sanitaires, d'une réserve d'eau potable, d'une source d'énergie permettant le chauffage éventuel en toute sécurité dans l'attente des secours ;</li> <li>- éventuellement permettre un séjour prolongé après inondation dans l'attente de la fin des travaux de remise en état du niveau inondé (qui peuvent durer quelques mois).</li> </ul>	1	1	1	1	1	1	Oui	Oui	Oui	Non
Respect absolu des règles de conception et de mise en œuvre des installations électriques intérieures au bâtiment.	Fluides et équipements	Installations électriques	La conception et la réalisation des réseaux électriques à l'intérieur des bâtiments sont définies de manière précise dans la norme NF C 15-100 (installations électriques à basse tension). La mise en œuvre de ces dispositifs doit impérativement être confiée à un professionnel. Il y va de la sécurité des occupants.	1						Oui	Oui	Oui	Non
Envisager une alimentation électrique autonome (groupe électrogène).	Fluides et équipements	Installations électriques	<p>Une alimentation électrique autonome peut permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- rester dans l'habitation quand cela est possible, c'est-à-dire pour des crues de faibles durées, quand la sécurité des personnes n'est pas remise en cause ;</li> <li>- de fournir l'énergie nécessaire au pompage de l'eau ;</li> <li>- de rentrer plus rapidement dans le logement, lorsqu'une zone hors d'eau privilégiant le retour a été prévue, dans la mesure où il n'y a pas de problèmes de stabilité du bâtiment ou de dégâts pouvant entraîner des risques pour la sécurité des personnes ;</li> <li>- d'accélérer le séchage des murs et des meubles, etc., via l'utilisation d'équipement de séchage électrique. Le courant électrique peut être coupé pendant plusieurs jours après la crue. Une alimentation électrique autonome permet de commencer quelques premiers travaux de réparation avant la remise en route de l'électricité. Ces installations doivent garantir la sécurité des occupants tant sur le plan de l'installation électrique que sur celui du fonctionnement du dispositif. En particulier, veiller à ne pas rejeter les gaz de combustion d'un groupe électrogène à l'intérieur du bâtiment pour éviter les risques d'intoxication au monoxyde de carbone.</li> </ul>	3	3	3	3	3	3	Non	Oui	Oui	Non

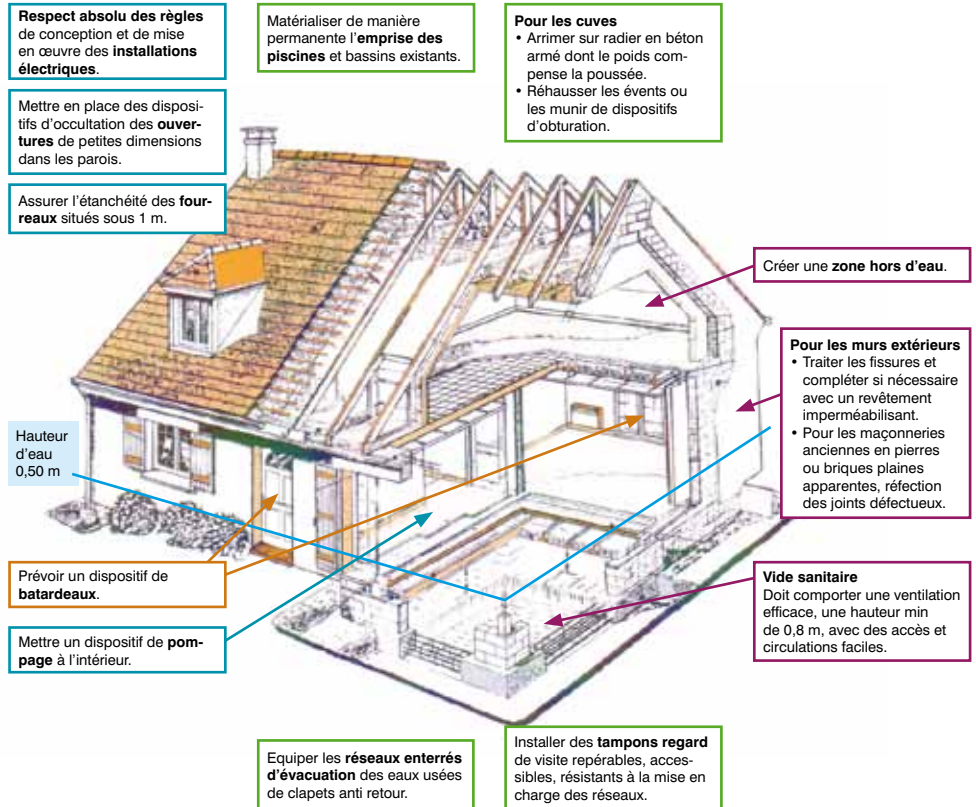
Mesures	Corps du bâtiment	Ouvrage	Description (en quoi ça consiste, à quoi ça sert)	H < 1 m	H < 1 m	1 m < H	1 m < H	H >	H >	Améliore la sécurité des personnes	Réduit les délais de retour à la normale	Réduit les dommages	Limite les effets domino sur le voisinage
				D < 48 h	D > 48 h	< 2,5 m	< 2,5 m	2,5 m	2,5 m				
Ménager des trappes sur les murs opposés de manière à favoriser l'aération du vide sanitaire. Si sa hauteur le permet, ces trappes peuvent également servir d'accès pour une vérification des ouvrages (réseaux, isolation,...).	Gros œuvre	Vide sanitaire	<p>Sauf pour des inondations de faible hauteur au niveau du bâtiment (quelques décimètres), la création d'un vide sanitaire n'apporte aucun avantage spécifique vis-à-vis du risque d'inondation. En revanche, dès que cette option est retenue, il est souhaitable de prendre des dispositions afin d'évacuer l'eau et faciliter le séchage. Par exemple, que :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- plusieurs trappes, si possible sur des murs opposés, soient créées pour aérer cette zone afin d'en favoriser le séchage;</li> <li>- ces trappes soient occultées par des grilles susceptibles de laisser passer l'eau tout en arrêtant les corps flottants (branches,...) ;</li> <li>- les différents compartiments du vide sanitaire communiquent entre eux afin de faciliter l'écoulement de l'eau. Si le vide sanitaire est de dimension suffisante, les trappes peuvent servir d'accès pour une vérification de l'état des ouvrages du vide sanitaire (et d'éventuelles réparations). Dans le cas contraire, le vide sanitaire peut être le piège de stagnations importantes et vecteur d'humidité pour le reste du bâtiment.</li> </ul>	1	1	1	1	1	1	Oui	Oui	Oui	Non
Installer des tampons de regard de visite repérables, accessibles, résistant à la mise en charge du réseau.	Environnement	Réseaux extérieurs	La mise en place de regards accessibles et visitables permet, après la crue, de vérifier l'état des canalisations, qui peuvent en effet se charger en boue. Afin d'assurer la sécurité des personnes, on choisira des regards dont les tampons peuvent être bloqués et rester en place malgré la pression, évitant ainsi de passer une jambe dans le regard alors que l'eau n'est pas complètement évacuée.	1	1	1	1	1	1	Oui	Oui	Oui	Non
Arrimer les cuves, citernes, réservoirs sur des ouvrages dimensionnés pour résister à la poussée d'Archimède.	Environnement	Cuves, citernes, réservoirs	Les cuves, en cas de mauvais ancrage, sont soulevées sous l'effet de la poussée d'Archimède exercée par l'eau et se mettent à flotter. Elles peuvent alors être emportées par le courant et deviennent des objets flottants dangereux. Elles peuvent ainsi percuter des bâtiments aux alentours. Si elles se retournent ou si les canalisations de raccordement se désolidarisent de la cuve, leur contenu peut se répandre et, ainsi, polluer l'environnement. Pour éviter cela, il est nécessaire d'arrimer les cuves, citernes et réservoirs sur des ouvrages compensant la poussée d'Archimède.	1	1	1	1	1	1	Non	Oui	Oui	Oui
Rehausser les événements ou les munir d'un dispositif d'obturation automatique en cas d'immersion.	Environnement	Cuves, citernes, réservoirs	Une fois les cuves, citernes, réservoirs bien arrimés, il est nécessaire de rehausser les événements ou de les munir d'un dispositif d'obturation automatique en cas d'immersion, afin d'éviter à l'eau de rentrer dans la cuve et de polluer ainsi la zone alentour.	1	1	1	1	1	1	Non	Oui	Oui	Oui
Matérialiser de manière permanente l'emprise des piscines et bassins existants sous forme de balises ou autre système de signalisation.	Environnement	Jardin, cour, terrasse	Indépendamment de la réglementation relative à la sécurité des piscines privatives, les bassins et les piscines ne sont plus visibles lors d'inondation en raison de la turbidité de l'eau. Il y a, de ce fait, pour les sauveteurs ou pour toute personne circulant au voisinage, un risque important de noyade du fait de la profondeur potentiellement importante de ces bassins. Il s'agit donc d'installer un dispositif de balisage permettant de repérer leur emprise.	1	1	1	1	1	1	Oui	Non	Non	Non



## Illustrations des mesures de rénovation les plus importantes

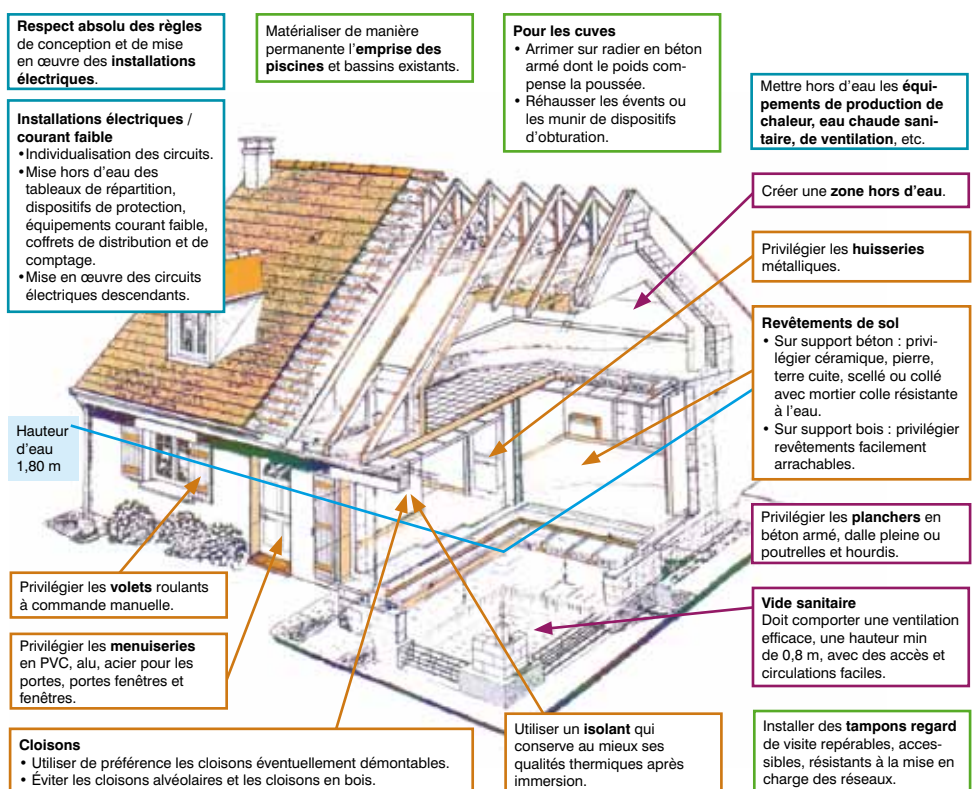
### Résister

D'après l'ouvrage de Renaud H. (2001), Construction de maisons individuelles, Eyrolles



### Céder

D'après l'ouvrage de Renaud H. (2001), Construction de maisons individuelles, Eyrolles



## ANNEXE 5

### Analyse coût/bénéfice du logement adapté au risque d'inondation

Le principe de l'analyse coût/bénéfice : objectifs et méthode.

Le principe de l'ACB est d'évaluer en termes monétaire l'ensemble des bénéfices et des coûts d'un projet. Plusieurs projets et scénarii sont analysés et comparés entre eux et/ou à une situation de référence initiale avant travaux. La méthode nécessite donc de traduire les impacts physiques, environnementaux... en données monétaires, ce qui n'est généralement possible que pour une partie seulement des dommages.

Les principales étapes méthodologiques d'une ACB sont les suivantes :

- étape 1 : considérer une mesure et définir le scénario avec et sans mesure ;
- étape 2 : définir le périmètre de l'étude ;
- étape 3 : déterminer les impacts de la mesure sur l'aléa ;
- étape 4 : déterminer les coûts liés au projet : coûts de l'adaptation du logement,... ;
- étape 5 : déterminer les bénéfices liés à la mesure d'adaptation : dommages évités ;
- étape 6 : appliquer le critère de décision qui compare les coûts et les bénéfices et qui révèle la rentabilité éventuelle de la mesure ;
- étape 7 : analyser la sensibilité des résultats.

### Les enseignements de la littérature

Deux articles ont été identifiés. Ces articles s'attachent à évaluer la pertinence de mesures techniques d'adaptation des logements au risque d'inondation.

Le premier du DEFRA et de l'Environment Agency, "Developing the evidence base for flood resistance and resilience" (juin 2008), s'intéresse à quatre cas (voir le tableau 1) appliqués à un type de maison : maison individuelle (pavillon) typique du Royaume-Uni.

Le second, "Efficiency of private flood proofing of new buildings - Adapted redevelopment of a floodplain in the Netherlands", se concentre sur cinq cas (voir le tableau 1) appliqués à cinq types de bâtiment :

- maison individuelle avec un rez-de-chaussée de 63 m<sup>2</sup> ;
- maison mitoyenne avec un rez-de-chaussée de 48 m<sup>2</sup> ;
- maison mitoyenne avec un rez-de-chaussée de 39 m<sup>2</sup> ;
- appartement de rez-de-chaussée de 81 m<sup>2</sup> ;
- pavillon avec un rez-de-chaussée de 63 m<sup>2</sup>.



**Tableau 1 : hypothèses de travail**

Stratégie d'adaptation	Cas traité	Royaume-Uni (logement existant)	Pays-Bas (logement neuf)
Éviter			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Élever la structure entre 0,5 et 1 mètre à l'aide de pilotis</li> <li>• Élever la structure entre 0,3, 0,6 et 0,9 mètre à l'aide de murs</li> </ul>
Résister	Mesures temporaires	Barrières étanches devant les portes, dispositif d'occultation des prises d'air, pompe, mesures pour étanchéifier les points d'entrée d'eau	Barrières étanches devant les portes, dispositif d'occultation des prises d'air, clapet anti-retour
	Mesures permanentes	Portes extérieures étanches, dispositif d'occultation des prises d'air automatique, enduit sur les murs extérieurs, pompe, mesures pour étanchéifier les points d'entrée d'eau	Clapet anti-retour, portes extérieures étanches, pompes, ligne de drainage autour de la maison, dispositif d'occultation des prises d'air
Céder	Avec revêtement du sol résilient	Sol en béton, plâtre résilient (jusqu'à 1m), portes intérieures légères, encadrements et fenêtres résilients, cuisine résiliente, système électrique en hauteur	Clapet anti-retour, pompage, sol en plastique, portes, fenêtres et encadrements résistants, cuisine résistante, dallage en béton, isolant à cellule fermée, mur interne adapté
	Sans revêtement du sol résilient	Plâtre résilient (jusqu'à 1 m), portes intérieures légères, encadrements et fenêtres résilients, cuisine résiliente, système électrique en hauteur	

L'article du Royaume-Uni se concentre sur du **logement existant** alors que celui des Pays-Bas ne s'intéresse qu'à des **constructions neuves**. Il est essentiel de noter que ces deux articles ne se focalisent que sur les dommages directs. Les dommages indirects et intangibles ne sont pas pris en compte.

**Les principales conclusions sont les suivantes :**

	Royaume-Uni		Pays-Bas
Éviter			Rentable pour un bien exposé à des crues plus fréquentes que tous les 400 à 500 ans en moyenne
Résister	Mesures temporaires	Rentable pour un bien exposé à des crues plus fréquentes que tous les 50 ans en moyenne	Rentable pour un bien exposé à des crues plus fréquentes que tous les 400 ans en moyenne
	Mesures permanentes	Rentable pour un bien exposé à des crues plus fréquentes que tous les 50 ans en moyenne	Rentable pour un bien exposé à des crues plus fréquentes que tous les 100 ans en moyenne
Céder	Avec revêtement du sol résilient	Rentable pour un bien exposé à des crues plus fréquentes que tous les 50 ans en moyenne	Rentable pour un bien exposé à des crues plus fréquentes que tous les 25 ans en moyenne
	Sans revêtement du sol résilient	Rentable pour un bien exposé à des crues plus fréquentes que tous les 25 ans en moyenne	

Il est à noter que pour l'étude britannique, les conclusions sont reprises dans le rapport Pitt écrit à la suite de la crue de 2007 au Royaume-Uni.

Les deux articles étudiés ici s'appuient sur des bâtiments de leur propre pays qui ne sont pas tout à fait les mêmes qu'en France. Si les résultats méritent d'être considérés, leur caractère transférable en France est à considérer avec précaution.

Malgré cela, les deux articles mènent à des conclusions assez similaires. La stratégie "céder" semble peu rentable ou seulement pour des crues fréquentes. La stratégie "éviter" semble la plus efficace d'un point de vue économique. Enfin, des divergences entre les deux articles ne permettent pas une conclusion claire pour la stratégie "résister". Ces différences peuvent être dues aux choix et aux coûts des mesures, au fait que l'étude du Royaume-Uni s'attarde sur de l'existant alors que celle des Pays-Bas se concentre sur du neuf, aux différentes courbes de dommages utilisées... Il semble toutefois que cette stratégie soit plus rentable que la stratégie "céder" mais moins rentable que la stratégie "éviter".

### Les simulations du CEPRI

Fort de ces premières conclusions, le CEPRI a produit un modèle de simulation économique sur des cas de maisons neuves françaises.

Ces simulations avaient pour objectif de comparer deux scénarios : celui où l'adaptation est mise en œuvre et celui où rien n'est fait. Il s'agit alors de comparer la diminution de dommages obtenue grâce à l'adaptation au coût de mise en place sur une période de temps qui correspond à la durée de vie de l'adaptation. Cette comparaison se fait en intégrant un panel de crues (de la crue fréquente à la crue rare). La prise en compte de ce panel de crues passe par l'évaluation du dommage moyen annuel. Le dommage moyen annuel (DMA) prend en compte les dommages engendrés par toutes les périodes de retour de crues. Il permet d'intégrer les poids relatifs de chaque dommage de crues en fonction de la période de retour. Le DMA exprime ce que coûte en moyenne par an l'ensemble des crues possibles et peut être rapproché de ce qui devrait être provisionné (il faudrait également intégrer l'actualisation) chaque année par la société entière pour faire face à la totalité des dommages éventuels estimables.

Ces simulations doivent être appréhendées comme des illustrations et non comme des résultats généralisables. En effet, il n'existe pas en France de fonction de dommage standardisée, l'incertitude est donc sous-jacente à toute évaluation des dommages. Dix courbes (voir le tableau 2) ont été utilisées et les résultats obtenus ont été comparés les uns par rapport aux autres. Les résultats des dix courbes ont été déflatés pour les exprimer en euros 2007.

**Tableau 2 : liste des courbes d'endommagement utilisées**

Nom	Type	Année	Variable d'entrée
DREIF	Coefficient appliqué selon la hauteur d'eau	1987	Coût de la maison
Loire moyenne	Coefficient de dommage	1999	Hauteur d'eau
Orb	Fonction de dommage	2007	Hauteur d'eau et la surface de la maison
Torterotot	Fonction de dommage	1993	Hauteur d'eau
Touloubre	Coefficient de dommage	2007	Hauteur et coût de la maison
Comparatif dommage	Coût moyen	1999	Hauteur d'eau, surface et type de maison
Pays-Bas	Coefficient de dommage	1997	Hauteur d'eau et coût de la maison
Belgique	Fonction de dommage	2001	Hauteur d'eau
FHRC	Fonction de dommage	2005	Hauteur d'eau
FEMA	Fonction de dommage	2001	Hauteur d'eau

Ainsi, la mise en œuvre de ces simulations a nécessité de prendre en compte plusieurs variables d'entrée du modèle. Les valeurs supposées et fixées de celles-ci peuvent être étudiées à l'aide d'une analyse de la sensibilité. Ces variables sont les suivantes :

- le coût de la maison, fixé à 100 000 euros ;
- la surface de la maison ;
- le coût de la mise en œuvre des mesures d'adaptation ;
- la durée de vie des mesures techniques d'adaptation appliquées au logement, fixée à 50 ans ;
- la hauteur d'eau associée à la période de retour ;
- la variation de dommage obtenue grâce à la mise en place de la mesure en fonction de la période de retour de la crue (ou de la hauteur d'eau).

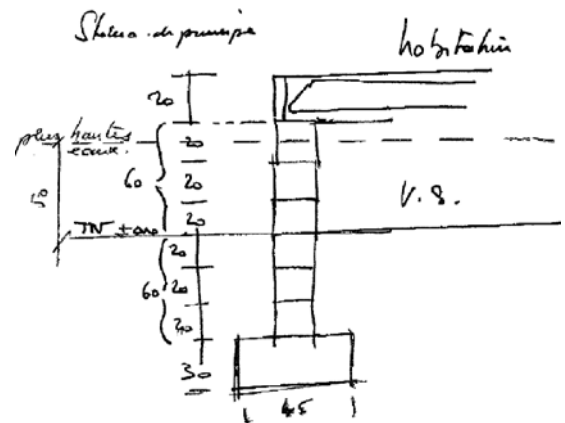
Le coût de la maison ainsi que la durée de vie de la mesure d'adaptation ont été testés. Ils ont une influence toute relative sur les résultats par rapport aux autres variables.

Les simulations se sont basées sur des cas concrets de logement neuf proposés par un représentant des constructeurs de pavillons. Deux cas ont été examinés :

- le premier concerne une maison de 119 m<sup>2</sup>, de 100 000 euros avec une adaptation technique coûtant 4 648 euros permettant de surélever la maison de 80 cm (sur vide sanitaire) et d'une durée de vie de 50 ans. Cette adaptation du logement consiste, outre sa surélévation sur 3 rangs de parpaings supplémentaires, à renforcer les chaînages verticaux et horizontaux par poteaux coffrés y compris le refend pour résister à la poussée de l'eau (courant) et à renforcer la liaison entre les chaînages horizontaux et verticaux ;

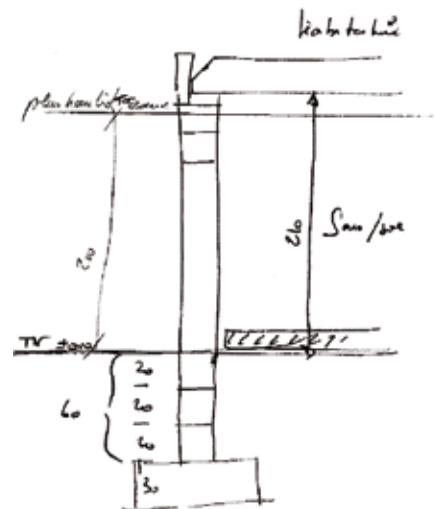
**Schéma 1 : mesures techniques d'adaptation à 5 000 euros : surélévation de 80 cm.**

- le second cas concerne une maison de 96 m<sup>2</sup>, de 100 000 euros, avec une mesure coûtant 30 923 euros permettant de surélever la maison de 2 mètres et une durée de vie de cette mesure de 50 ans. Outre cette surélévation sur onze rangs de parpaings supplémentaires, l'adaptation du logement consiste à renforcer les chaînages verticaux et horizontaux par poteaux coffrés y compris le refend pour résister à la poussée de l'eau et du courant, à renforcer la liaison entre les chaînages horizontaux et verticaux, à installer deux escaliers (un à l'extérieur, un à l'intérieur), à traiter les façades du sous-sol en habitation, à faire des ouvertures avec quatre fenêtres et volets (pour des raisons esthétiques).



**Schéma 2 : mesures techniques d'adaptation à 30 000 euros : construction sur sous sol non enterré.**

Les simulations ont eu pour but de trouver dans quelle situation de crue, l'adaptation du logement devenait rentable, c'est-à-dire en fonction de quelle hauteur d'eau associée à une période de retour de crue, la mesure est acceptable économiquement. Comme dans les articles du Royaume-Uni et des Pays-Bas, seuls les dommages directs sont analysés. Les dommages indirects et intangibles sont écartés dans un premier temps. L'analyse de la rentabilité économique de ces deux cas d'adaptation des logements a été réalisée sur la base de trois contextes de crue, résumés dans le tableau n° 4.



**Tableau 4 : contextes de crue considérés**

Type de zone inondable	Période de retour en année	Hauteur d'eau en mètre
Cas des zones très protégées Ex. : Val de Loire	10	0
	30	0
	50	0
	200	0,5
	500	1
Cas des zones de remontée de nappe Ex. : Somme	10	0,2
	50	0,5
Cas de zones faiblement protégées Ex. : bords de Seine en Val-de-Marne	30	0,2
	100	0,5
	200	2,5
	500	3,5

## Les simulations réalisées donnent les résultats suivants :

Type de zone inondable	Cas n° 1 Surélévation de 80 cm sur vide sanitaire	Cas n° 2 Surélévation de 2 mètres sur sous-sol non enterré
Cas des zones très protégées Ex. : Val de Loire	Rentable	Non rentable
Cas des zones de remontée de nappe Ex. : Somme	Rentable	Rentabilité incertaine
Cas de zones faiblement protégées Ex. : bords de Seine en Val-de-Marne	Rentable	Non rentable

Dans le premier cas (adaptation à 4 648 euros permettant une surélévation de 0,80 mètre), les résultats sont les suivants :

- dans les zones très protégées (type Val de Loire), la majorité des courbes donnent les mesures efficaces économiquement (6 sur 10) ;
- dans les zones soumises aux remontées de nappe, la grande majorité des courbes donnent les mesures efficaces économiquement (8 sur 10) ;
- dans les zones faiblement protégées, là aussi, 7 courbes donnent un résultat positif, l'adaptation est donc rentable.

Ces illustrations montrent qu'il n'est pas nécessaire de se mettre au-dessus des PHEC pour être rentable. Il faut absolument que les dispositifs techniques d'adaptation permettent d'éviter les dommages des crues fréquentes qui pèsent le plus lourd dans le calcul de rentabilité.

Dans le second cas (adaptation à 30 923 euros permettant une surélévation de 2 mètres), les résultats sont les suivants :

- dans les zones très protégées (type Val de Loire), seules deux courbes produisent un résultat positif ;
- dans le cas des zones de remontée de nappe (type Somme), six courbes donnent un résultat positif ;
- dans le cas des zones faiblement protégées (type Val-de-Marne), seules deux courbes produisent un résultat positif.

Si l'on ne considère pas l'ensemble des mesures lié au second cas, c'est-à-dire si on néglige les aspects esthétiques (comme la mise en place de fenêtres), le surcoût n'est que de 20 000 euros. Malgré cette diminution, les conclusions des simulations restent les mêmes dans les trois cas considérés.

Enfin un dernier test a consisté à intégrer des coûts indirects, prenant la forme ici de coûts de relogement (600 euros par mois) de 18 mois dans le cas des zones fortement protégées, de 6 mois pour les zones de remontée de nappe et de 12 mois pour les zones faiblement protégées.

## ANNEXE 6 : SYNTHÈSE D'ÉTUDES SOCIOLOGIQUES SUR LE LOGEMENT ADAPTÉ AU RISQUE D'INONDATION

Alors que leur intérêt est aujourd'hui largement reconnu, peu de particuliers se décident à mettre en œuvre des mesures de réduction de la vulnérabilité. Les raisons de ce manque d'engagement sont multiples : coût et connaissance des mesures, facteurs psychologiques, sociologiques. Le DEFRA et l'agence anglaise de l'environnement (Environment Agency) ont tenté de mettre en évidence et d'estimer le poids de chacun de ces facteurs de décision à travers une enquête menée auprès de 1 131 propriétaires et patrons de PME habitant dans des zones connaissant un risque important d'inondation.

Cette étude montre, tout d'abord, que la non-mise en œuvre de mesures de réduction de la vulnérabilité ne relève pas d'un scepticisme sur leur efficacité. Les personnes habitant en zone inondable sont en effet, en général, largement conscientes de l'intérêt qu'il peut exister à mettre en place des mesures techniques d'adaptation. Elles reconnaissent ainsi le bénéfice des mesures en matière de gains économiques sur le long terme, de sécurité des personnes et de retour à la normale.

**Tableau 1 : réponse des propriétaires sur les raisons de mise en place des mesures d'adaptation au risque des logements**

	D'accord (en %)	Pas d'accord (en %)
Permet de réduire les perturbations en cas de crue	78	13
Permet de se sentir davantage en sécurité	76	17
Permet de faire des économies sur le long terme	61	23

Cependant, peu de personnes mettent en œuvre des mesures de réduction de la vulnérabilité. Les facteurs ayant influencé la mise en œuvre de ces actions se concentrent principalement autour de l'assurance et la succession de crues. Le premier facteur est spécifiquement anglais, dans la mesure où il n'existe pas d'équivalent anglais du système Cat Nat français. Parallèlement au facteur assurantiel, il apparaît tant dans l'étude anglaise que dans des retours d'expériences, comme le REX Saône Bretagne réalisé suite aux crues successives ayant touché ces régions par l'Équipe pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature, qu'une succession de crues peut être un facteur déclenchant de la mise en place de mesures d'adaptation au risque. Les personnes ayant déjà vécu une inondation seraient davantage prêtes à prendre des mesures pour protéger leur propriété. L'étude du DEFRA montre que l'expérience d'une inondation pourrait ainsi influencer la réceptivité du message sur le risque d'inondation et le comportement face à ce risque. Le particulier passerait d'un état de connaissance à celui de conscience du risque.

Mais si les exemples de propriétaires ayant mis en place des mesures de réduction de la vulnérabilité sont si peu nombreux, c'est que les facteurs de dissuasion semblent très prégnants malgré les avantages qu'on leur reconnaît.

**Tableau 2 : raisons pour lesquelles les propriétaires ne mettent pas en place des mesures de réduction de la vulnérabilité**

	D'accord (en %)	Pas d'accord (en %)
Coût trop important de la mesure	57	25
Des mesures collectives sont déjà mises en place	42	35
Incapacité à choisir les mesures adéquates	27	53
Présence d'une couverture assurantielle	27	63
Impact négatif sur l'apparence du bâtiment	27	57
Peur de la modification du confort et de l'attractivité de la maison	26	58
En cas de vente, peur de la baisse de la valeur de la maison	24	59
Rentabilité de la mesure	20	66
Refus de se rappeler du risque	17	78

Le facteur le plus influent de la non-mise en place de mesures de réduction de la vulnérabilité est le coût des mesures trop élevé. L'adoption de mesures de réduction de la vulnérabilité sur des bâtiments existants peut être relativement complexe à mettre en œuvre, et donc se révéler assez coûteuse. Ce coût peut paraître d'autant plus important aux propriétaires qu'ils ne sont souvent pas certains de rester assez longtemps dans leur habitation pour connaître un jour une crue et, ainsi, voir leur investissement rentabilisé.

Au-delà du coût et de la rentabilité de la mesure, les propriétaires se retrouvent le plus souvent face à une incapacité à choisir la mesure adéquate à leur situation. Il s'agit de trouver des mesures adaptées au type d'inondation, aux caractéristiques de la crue et du bâtiment et non de prendre un ensemble de mesures types. Ce choix doit donc être fait par des personnes connaissant parfaitement les caractéristiques des mesures d'adaptation. Or, leur connaissance reste assez parcellaire : moins d'un quart des personnes interrogées dans le cadre de l'étude anglaise se rappelaient d'une mesure de résistance autre que les sacs de sable et moins d'une personne sur dix pouvait citer une mesure de d'adaptation au risque.

La décision d'investir dans des mesures d'adaptation au risque peut aussi être influencée par la peur de voir son confort se dégrader. Ainsi, il apparaît que plus d'un quart des personnes interrogées redoutent, si elles mettent en œuvre des mesures d'adaptation de leur logement, que l'attractivité de leur bien ou le confort ne baisse. La mise en œuvre de mesures de réduction de la vulnérabilité peut ainsi rendre les habitations moins fonctionnelles (modification de l'utilisation des pièces du rez-de-chaussée, chaudière, tableau électrique à l'étage, etc.). Toutes ces modifications pourraient ensuite faire baisser la valeur de leur bien. Des maisons ayant bénéficié de mesures d'adaptations au risque se vendraient moins bien que des maisons où aucune mesure n'a été prise. Cette justification apparaît comme de plus en plus prégnante, d'après l'étude anglaise, pour les personnes dans les conditions de crise économique. Elle pourrait ainsi limiter dans le futur leur mise en place au niveau individuel.

À ces facteurs sociologiques sur la représentation de la maison type s'ajoute le déni du risque. Près de 20 % des personnes interrogées affirment ainsi qu'elles n'ont pas envie, à travers ces travaux, de se rappeler qu'elles vivent en zone inondable. Elles préfèrent ne pas savoir. Il en est de même des personnes qui ne souhaitent pas acheter des maisons ayant mis en place des mesures de réduction de la vulnérabilité. Alors qu'elles leur permettront de revenir plus rapidement chez eux, de réduire les dommages, elles préfèrent acheter une maison où rien n'a été fait.



## Avec le soutien



INTERREG IVB



FloodResilientCity

LES GRANDS LACS DE SEINE



**CEPRI**

Centre Européen de  
Prévention du Risque d'Inondation