

Colloque « *Quel avenir pour la gestion durable des fleuves et rivières de France* »,
Association Française des Établissements Publics Territoriaux de Bassins, Périgueux, 5-6
novembre 2009.

Diminuer la vulnérabilité à l'inondation en milieu urbain ? Des solutions existent, mais....

Michel DESBORDES
Professeur Honoraire
Polytech'Montpellier
Université Montpellier 2

INTRODUCTION

3 octobre 1988, les Français assistaient en direct, à la télévision, à l'inondation de Nîmes en raison de pluies jugées initialement « exceptionnelles ». L'ampleur des dégâts engendra la stupeur générale et un bel élan de solidarité nationale. Et puis, l'histoire sembla se répéter : Narbonne, août 1989 ; Vaison la Romaine, septembre 1992 ; Puisserguier (Hérault), janvier 1996 ; Aude, novembre 1999, pour culminer avec les dévastations du Gard et de l'Hérault de septembre 2002. D'aucuns évoquent les prémices de changements climatiques annoncés, comme, d'ailleurs, à la suite des grandes inondations du milieu du 19^{ème} siècle, qui avaient conduit Maurice Champion (1)* à réaliser un formidable travail sur les crues des cours d'eau français depuis le 6^{ème} siècle... Sans réfuter l'hypothèse des effets d'éventuels changements climatiques qui viendraient accroître la fréquence des aléas pluvieux locaux, c'est principalement l'essor de l'urbanisation, et donc de la vulnérabilité associée, qui est à l'origine de la multiplication des sinistres constatés, ici ou là, après chaque pluie intense, comme encore le 15 septembre 2009, à Cannes ou à Marseille ou le 18 septembre à S^{te} Maxime ou Bayonne.

Mais, en dehors des inondations classiques des cours d'eau majeurs, ce sont également des crues éclairs de ruisseaux plus ou moins pérennes, alimentés par le ruissellement pluvial, qui dévastent des lotissements récents et quartiers imprudemment développés le long des rives de ces ruisseaux ou à l'aval des secteurs urbanisés, dans des zones basses. Ces crues par « *auto inondation* », relèvent de ce que l'on dénomme aujourd'hui « *le risque pluvial* » ; elles sont très fréquentes dans le sud de la France en raison de conditions climatiques particulières (7) (9), mais elles se produisent désormais sur l'ensemble du territoire national, justifiant de multiples arrêtés de catastrophe « naturelle »... À ce propos, J. Gaber, Directeur du Bureau des Risques Naturels indiquait, en 2003, que sur la période 1982-2003, 24 269 communes avaient bénéficié d'au moins un arrêté « *inondation ou coulée de boue* », **dont 4199 de plus de 5 arrêtés** sur cette même période ! Pour ces dernières, la fréquence empirique des phénomènes était donc inférieure à 4 ans... De 1982 à 2004, les primes d'assurance pour les dommages des catastrophes naturelles sont ainsi passées de 250 à 1284 millions d'euros, soit un taux moyen d'augmentation annuelle de 7,7% !

Cette situation est la conséquence d'un certain nombre de facteurs parmi lesquels l'histoire du développement de l'*assainissement des agglomérations*, l'explosion de l'urbanisation dans la seconde moitié du 20^{ème} siècle, la connaissance tardive des effets de l'urbanisation sur le ruissellement ou une connaissance imparfaite des caractéristiques des phénomènes pluvieux. C'est à partir des années 70 qu'une prise de conscience progressive a conduit à proposer des solutions d'aménagement de l'espace urbain visant à réduire la vulnérabilité de ces espaces

*voir références in fine

face au risque pluvial. Aujourd'hui, on pourrait très bien, sans parler de « risque zéro », réduire considérablement la vulnérabilité au regard du risque pluvial.

Cela supposerait, malgré tout, une approche assez différente de l'assainissement pluvial et de l'urbanisme. Par contre, pour des milliers de secteurs d'ores et déjà construits, seules des améliorations des outils de mise en alerte et des aménagements spécifiques des constructions existantes, voire de quelques voies d'écoulement permettraient de réduire au moins les risques de pertes en vie humaines.

LE POIDS DE L'ASSAINISSEMENT DES AGGLOMÉRATIONS

Dans le milieu du 19^{ème} siècle, médecins et chimistes du *mouvement hygiéniste* européen militent pour l'évacuation gravitaire souterraine **sans stagnation** des eaux de **toute nature**. La réponse technique sera celle des **réseaux unitaires** avec la promulgation, en France, de la loi du « *tout-à-l'égout* » de 1894 (4) (6) Cependant, jusqu'à la Première Guerre mondiale, le développement de l'assainissement fut relativement lent. Selon Daverton (10), une enquête, réalisée vers 1911, sur 643 communes de plus de 6000 habitants, indiquait que 50% n'avaient encore aucun égout et que seulement 66 (10%) appliquaient plus ou moins complètement la loi du tout-à-l'égout, dont 4 seulement (Cannes, Levallois-Perret, Toulon et Trouville) le **système séparatif**. Ce dernier se développera surtout après la seconde guerre mondiale avec la production de la fameuse Circulaire Générale 1333 (dite circulaire Caquot) de 1949. Cette circulaire, véritable « bible » des projeteurs de réseaux, codifia le calcul de ces derniers jusqu'à sa révision en 1977 avec la publication de l'Instruction Technique 77284 (dite, parfois, circulaire « jaune » en raison de la couleur de sa couverture...).

Jusque dans les années 80, la culture technique du réseau, imposée par des textes officiels jusqu'à la *décentralisation*, va structurer fortement les espaces urbanisés à l'aide de dispositifs rigides, les réseaux d'égout, s'adaptant assez mal à la croissance urbaine ou à d'autres problèmes environnementaux découverts par la suite comme la pollution du ruissellement pluvial urbain. Dès le milieu des années 60, le poids économique de l'évacuation des eaux pluviales urbaines dans les équipements d'infrastructure ainsi que les défaillances de plus en plus fréquentes de certains réseaux alertèrent les pouvoirs publics et déclenchèrent des programmes de recherche sur l'influence de l'urbanisation sur le cycle de l'eau. Les premiers résultats attestèrent que la vision hygiéniste de l'assainissement associée à la croissance de l'urbanisation conduisait à des difficultés de maîtrise des ruissellements pluviaux. Une nouvelle culture technique prit naissance avec l'émergence du *concept hydraulique* de l'assainissement qui aboutit peu à peu à la réalisation de **techniques alternatives** comme les *bassins de retenue des eaux pluviales*. Les premiers ouvrages de ce type virent le jour au début des années 70, notamment dans le cadre des villes nouvelles, après, il est vrai, d'âpres discussions avec le Conseil Supérieur d'Hygiène...

Au demeurant, pour de nombreuses agglomérations, « les jeux étaient faits ». De même, l'absence d'une vision globale de la gestion des ouvrages limita souvent la portée des nouvelles techniques mises en œuvre. Cette vision globale des relations souvent conflictuelles entre la ville et le cycle de l'eau se développe aujourd'hui, grâce aux résultats des recherches entreprises au cours des 30 dernières années, mais les « points noirs » sont encore légion et les incidents se poursuivent au gré des caprices météorologiques.

L'EXPLOSION DE L'URBANISATION ET SES CONSÉQUENCES HYDROLOGIQUES

À partir des années 50 les taux de croissance annuelle de l'urbanisation, qui, en France, avaient été de l'ordre de 1% depuis un siècle atteignent, en moyenne, 2%, dépassant localement les 5%. L'imperméabilisation des sols associée aux constructions et à la réalisation des structures nécessaires à la circulation automobile en plein essor (voirie et stationnement), combinée aux ouvrages classiques d'assainissement pluvial, conduisit à une explosion des débits de ruissellement. Les effets sont doubles :

- d'une part, l'imperméabilisation et les réseaux accélèrent les ruissellements en réduisant considérablement les *temps de concentration* des unités hydrologiques ; cela conduit, pour une même fréquence des phénomènes, à des débits spécifiques plus élevés (de 2 à 3 fois plus élevés pour les fréquences en usage en assainissement pluvial urbain) ;
- d'autre part, l'imperméabilisation entraîne l'accroissement des *coefficients de ruissellement* et donc les volumes mis en jeu, mais également les débits sensiblement proportionnels à ces coefficients.

Les deux effets sont cumulatifs et conduisent à des débits spécifiques, pour les fréquences en usage dans le calcul des ouvrages, de 10 à 50 fois plus élevés qu'avant urbanisation et pouvant atteindre, dans le sud de la France, des valeurs de 10 à 20 m³/(s. Km²) pour des unités hydrologiques jusqu'à quelques dizaines de Km² (3). De tels débits ont rarement été pris en compte dans la réalisation des ouvrages d'assainissement pluvial, longtemps calculés, il est vrai, à partir de la CG 1333 s'appuyant, en outre, sur les données statistiques de la station pluviométrique de Paris-Montsouris... Après l'inondation de Nîmes de 1963, alors que venait d'être « couvert » le dernier « cadereau » traversant l'agglomération, l'hydrologue Maurice Pardé écrivait dans son rapport d'expertise : « *C'est une manie chez les ingénieurs des travaux publics que de mettre en tunnel des ruisseaux dont on est incapable de calculer le débit potentiel avec toute la précision nécessaire* »...

Par ailleurs, l'urbanisation n'a que rarement respecté, sauf récemment, les *transparences hydrauliques*. Elle conduit à la production de nombreux obstacles à l'écoulement. C'est en particulier le cas des voies de chemin de fer ou des canaux en raison des faibles pentes de ces équipements, mais également des voiries « mises hors d'eau » dans les zones basses. Leurs ouvrages de franchissement, lorsqu'ils existent, posent également de multiples problèmes soit de capacité, en raison des incertitudes relatives au calcul de leurs *débits de projet* (incertitudes sur lesquelles nous revenons plus loin), soit en raison de leurs effets sur les lignes d'eau en régime transitoire, du fait d'implantations laissant à désirer. Le calcul des *courbes de remous*, en régime permanent, et a fortiori en régime transitoire, n'est devenu relativement commun que depuis peu avec le développement des progiciels correspondants. Au-delà des calculs et des implantations des ouvrages de franchissement, se pose également le problème de leur entretien. De nombreux ouvrages sont susceptibles de s'obstruer (*embâcles*) lors de ruissellements mobilisant de nombreux débris : pièces de bois provenant de chantiers, végétaux divers, « mobilier » urbain, voire véhicules lors des événements les plus violents. Ces obstructions partielles ou totales peuvent être favorisées par des implantations inappropriées au regard de l'hydraulique de l'ouvrage, donnant lieu à l'apparition de zones tourbillonnaires favorisant les enchevêtrements. Les grilles « de sécurité » dans les entonnements des systèmes d'évacuation souterrains, sans dispositifs de tranquillisation à l'amont, sont également autant de pièges à corps flottants et de barrages potentiels.

LES INCERTITUDES ASSOCIÉES AU CALCUL DES VARIABLES HYDROLOGIQUES DE PROJET.

En matière d'hydrologie, quel que soit l'équipement envisagé, se pose le problème de l'évaluation des variables de projet autorisant le calcul des dimensions de cet équipement (4) (8). Les précipitations à l'origine des écoulements ayant, au regard de nos connaissances, un caractère aléatoire dans le temps et l'espace, le calcul des dimensions des équipements repose sur l'estimation de leur risque de défaillance en terme de fréquence ou *période de retour* de ce risque. La première difficulté réside donc, bien sûr, dans le choix de cette variable de projet. Une approche rationnelle voudrait qu'il s'appuyât sur des considérations socioéconomiques analysées par la voie de la recherche opérationnelle. En réalité, s'agissant d'événements peu fréquents à rares, qui plus est mal connus, cette approche tentée de temps à autre, principalement par des chercheurs, s'est révélée peu fructueuse en raison de la rareté des données fiables relatives aux coûts des dommages directs et indirects. Les périodes de retour de projet ont donc été plus imposées par des considérations « administratives » ou juridiques, voire par l'habitude ou par des « dires d'experts » aux connaissances imparfaites. Ainsi, en matière d'assainissement pluvial urbain, la sacro-sainte **fréquence décennale** fut érigée en principe inaltérable au fil des ans jusqu'à un passé récent. Certes, les rédacteurs indiquaient avec prudence, dans la dernière instruction technique (1977, page 22) : *« Il est souvent admis a priori qu'il est de bonne gestion de se protéger du risque de fréquence décennale. Cependant, un degré moindre pourra être considéré comme acceptable par le maître d'ouvrage dans les zones modérément urbanisées et dans les zones où la pente limiterait strictement la durée des submersions (...). En sens inverse, dans les quartiers fortement urbanisés et dépourvus de relief, le maître d'ouvrage n'hésitera pas à calculer des collecteurs principaux en vue d'absorber les débits de période de retour 20 ans, voire 50 ans, même à de tels intervalles, des inondations étendues et prolongées compte tenu de la longévité des ouvrages et de l'accroissement continu du coefficient de ruissellement »* . Plus encore, au chapitre 1 de cette instruction, paragraphe 1.4.00 « La pluviométrie de la région », les rédacteurs écrivaient : *« Il est donc inévitable d'accepter des insuffisances occasionnelles pour les ouvrages du réseau et d'en mesurer les conséquences (...) et en examinant les cheminements de l'eau en cas d'insuffisance des réseaux »* . Cette modularité de la période de retour de projet eut cependant du mal à être appliquée en raison du poids des habitudes techniques et des questions de jurisprudence, mais également de l'absence d'outils de simulation permettant de juger rapidement des conséquences d'un choix donné. Il en fut de même de l'examen des chemins de l'eau en cas d'événement de fréquence plus rare que celle de la fréquence de projet. Ces outils existent aujourd'hui, depuis peu il est vrai, mais leur utilisation demanderait des durées et des coûts d'études beaucoup plus importants, de plus en plus mal acceptés par les maîtres d'ouvrage en raison de la concurrence des sociétés d'ingénierie, même si ces coûts sont généralement dérisoires au regard de ceux des travaux engagés ou des dégâts résultant de défaillance significative des ouvrages. Aujourd'hui, la tendance est à l'accroissement des périodes de retour de protection des travaux neufs, ne serait-ce que pour compenser certaines erreurs du passé ou l'augmentation des coefficients de ruissellement résultant de la densification des secteurs déjà construits.

Cependant, le choix d'une fréquence de défaillance étant arrêté, le projeteur n'en est pas moins affranchi des autres incertitudes qui entourent les variables de projet et qui résultent de leur caractère aléatoire. La rareté des données observées fut bien sûr le lot des pionniers de l'assainissement. À ce sujet, Belgrand, qui fut le réalisateur principal des égouts parisiens, proposa de calculer les dimensions des collecteurs pour un débit spécifique de 40l/s/ par hectare raccordé, arguant qu'il appuyait sa proposition sur l'observation d'un orage le 21 mai

1857 ! Les mesures d'intensité moyenne sur de courtes durées (de quelques minutes à quelques heures), utiles pour le calcul des collecteurs, ont été longtemps peu nombreuses. Un pluviographe fut ainsi installé à Paris-Montsouris en 1873, mais pour la réalisation de la CG 1333 de 1949, l'ingénieur de la Météorologie, Grisollet, s'appuya sur la série 1927-1946, car en 1927 on avait changé le pluviographe initial... Les formules de Caquot de la CG 1333 étaient donc valables pour des pluies de Paris observées sur une courte période de 20 ans. Les recherches entreprises au début des années 70 à partir des postes de la Météorologie Nationale ont rapidement montré que les incertitudes relatives à l'estimation des fréquences des intensités moyennes étaient importantes. Encore s'agissait-il de l'analyse statistique de pluies observées en un poste particulier, c'est-à-dire sur une très petite surface. Or la variable utile pour déterminer le débit de probabilité donnée d'un bassin versant particulier, de surface donnée, est la lame d'eau moyenne de pluie tombée sur ce bassin. Aux classiques courbes « hauteur-durée-fréquence », développée dès 1904 par le Professeur Talbot, il conviendrait de substituer des courbes « hauteur moyenne-durée-surface-fréquence » que la densité des réseaux n'a que très rarement permis d'obtenir. À titre d'exemple, pour illustrer les incertitudes associées aux estimations des périodes de retour des pluies touchant une zone donnée, on a constaté, lors de l'événement d'octobre 1988 à Nîmes, que les hauteurs maximales de pluie sur des durées de 2 à 6h observées en 3 points du site hydrologique nîmois (4500 hectares), avaient, par rapport à la station de référence de Nîmes-Courbessac, des périodes de retour variant de 80 à plus de 5000 ans ! Cette faible densité des réseaux d'observation, au regard de la dimension des phénomènes convectifs conduisant à des pluies intenses, est à l'origine de la sous-estimation de la fréquence d'apparition spatiale de ces pluies. Pour le Languedoc-Roussillon, par exemple, on a pu montrer (11) qu'un objet pluvieux de 30 Km² n'avait que 7% de chance d'être intercepté par le réseau existant sur la période 1870-1957 et 20% sur la période 1958-1997. Pour un objet de 80 Km², ces pourcentages sont respectivement de 20 et 50 %. Les fréquences d'apparition spatiale des pluies intenses qualifiées de rares ou d'exceptionnelles sont donc beaucoup plus élevées que ne le laisserait supposer l'analyse statistique des données des réseaux. L'étude ci-dessus concernait en outre les pluies de durées égales ou supérieures à 24 h et correspondant à des réseaux de pluviomètres. La densité trop faible des pluviographes ne permet qu'exceptionnellement ce type d'étude, mais l'exploitation des images des radars météorologiques du récent réseau de la Météorologie Nationale devrait permettre l'étude de la distribution spatiale des pluies intenses. Les incertitudes sur les hauteurs de pluie de fréquence donnée restent donc significatives et leurs conséquences sur les périodes de retour « réelles » de ces pluies peuvent être évaluées par l'observation suivante : pour des variables pluviométriques à comportement asymptotique exponentiel, ces variables sont sensiblement proportionnelles au logarithme de leur période de retour. Ainsi, une incertitude banale de 20% sur une hauteur de pluie de période de retour supposée 20 ans correspondrait à un intervalle d'incertitude de 11 à 36 ans pour cette période de retour, mais aussi de 23 à 110 ans pour 50 ans et de 40 à 250 ans pour 100 ans...

Pour conclure cet inventaire, il conviendrait d'ajouter qu'aux incertitudes sur les pluies s'ajoutent celles concernant les débits en résultant. Heureusement, si l'on peut dire après cette avalanche d'informations peu rassurantes, dans les cas d'unités hydrologiques urbanisées, les modèles de transformation des pluies en débits sont assez fiables ce qui est encore loin d'être le cas pour les espaces naturels ou ruraux sans *données de calage* nécessitant des périodes de mesure plus ou moins longues. Un élément d'incertitude concerne cependant l'évolution des coefficients de ruissellement des secteurs construits, incertitudes se répercutant directement sur les débits qui leur sont sensiblement proportionnels.

MOYENS DE RÉDUCTION DE LA VULNÉRABILITÉ

S'il sera difficile, pour longtemps encore, de s'affranchir des incertitudes rapidement présentées et relatives aux variables hydrologiques du problème, il est malgré tout possible de réduire la vulnérabilité à l'inondation par ruissellement pluvial urbain. Les moyens sont nombreux et divers selon qu'il s'agit de travaux neufs ou de secteurs déjà construits mais sont essentiellement spécifiques des sites et des situations rencontrées et ne peuvent être gouvernés par une approche dogmatique comme ce fut longtemps le cas, à l'époque du « tout réseau ».

Cas des nouvelles opérations d'urbanisme

Dès les années 70 les études ont mis en évidence les effets de l'urbanisation sur le cycle de l'eau urbain. Réduire les débits de fréquence donnée passe donc par une réduction de ces effets visant à retrouver des situations proches des situations dites « naturelles ». Cela revient donc à accroître les temps de concentration et à réduire les coefficients de ruissellement résultant de l'urbanisation. Ce furent les objectifs des « techniques alternatives » évoquées plus haut. Ainsi, le ralentissement dynamique opéré par les bassins de retenue des eaux pluviales fut-il la première réponse technique à la maîtrise des ruissellements pluviaux. Consommateurs d'espaces potentiellement constructibles ils n'ont pas toujours été aisément admis par les promoteurs... Les réalisateurs de bassins ont donc rivalisé d'imagination pour intégrer ces ouvrages dans les villes, utilisant, parfois, un détournement temporaire d'espaces dédiés à d'autres usages (parcs, terrains de sport, aires de stationnement...). On a pu ainsi proposer, au Japon, il est vrai, où il existe une véritable culture du risque, des bassins de retenue dans des cours... d'école maternelle. Leurs actions peuvent s'opérer à des dimensions d'espace très variées allant de la parcelle individuelle au bassin versant de plusieurs centaines d'hectares. Dans certains départements, les services de l'État imposent désormais, pour les opérations d'urbanisme, des règlements de stockage assez contraignants. C'est le cas de la MISE de l'Hérault qui demande un stockage de 100 mm de pluie par unité de surface imperméabilisée pour des débits de fuite des ouvrages correspondant aux débits, avant construction, de période de retour 2 ans. La multiplication de ces micro-ouvrages, lorsqu'ils sont appliqués à la parcelle, pose divers problèmes au nombre desquels leur entretien mais aussi leur rôle effectif lors d'événements exceptionnels, pouvant localement conduire à une aggravation des conditions d'inondation. Les implantations de ces ouvrages ne devraient donc pas résulter d'opérations au « coup par coup » mais bien d'une réflexion globale conduite à l'échelle de l'unité hydrologique sur laquelle ils sont réalisés. Cela supposerait, parfois, une harmonisation inter collectivités des projets qui est encore rarement de... mise. De même, dans une région climatiquement homogène, il conviendrait que les services départementaux de l'État harmonisent leurs méthodes et règlements.

La réduction des coefficients de ruissellement peut s'opérer par l'infiltration de tout ou partie des eaux ruisselées. Dans les années 80, de multiples techniques ont été proposées allant des fossés drainants aux chaussées poreuses en passant par les « noues » (espaces enherbés) et autres bassins d'infiltration. Se pose toujours, pour ces ouvrages, la question de leur entretien (risques de colmatage). Leur développement est très irrégulier et dépend beaucoup des compétences locales. Dans la région de Lyon, par exemple, la présence d'une équipe de recherche performante a favorisé le développement des bassins d'infiltration qui se révèlent par ailleurs des moyens efficaces de lutte contre la pollution véhiculée par les ruissellements pluviaux urbains. De même, à Bordeaux, les mêmes conditions ont permis l'extension des

noes. La combinaison des diverses techniques peut se révéler très efficace et il existe quelques exemples d'aménagements « zéro rejets pluviaux », il est vrai pour des opérations d'urbanisme d'ampleur limitée, et difficilement applicables dans des secteurs d'ores et déjà construits.

Il est d'ailleurs possible d'imaginer une conception très différente des relations entre l'eau et la ville visant à placer le cycle de l'eau au centre des décisions d'urbanisme. Cette vision a été proposée par les anglo-saxons pour les villes des pays tropicaux soumis à des précipitations intenses (12). Il s'agit du *systeme dual* dont les principes sont les suivants :

- évacuation des débits fréquents de période de retour inférieure ou égale à 2 ans par des systèmes classiques d'écoulement, de préférence à surface libre (canaux),
- évacuation des débits de fréquence rare (jusqu'à 100 ans, voire plus) par les voiries sous des hauteurs et vitesses d'écoulement contrôlées.

Ce dernier principe repose sur une vision très novatrice de l'urbanisme, l'eau n'étant plus un élément pris en compte au travers d'« annexes », une fois le dessin de la ville arrêté, mais comme une variable contraignante imposant ce dessin. Il en résulte des tracés des voiries légèrement en biais par rapport aux courbes de niveau de façon à ce que l'eau puisse être évacuée de loin en loin, latéralement aux zones construites, vers des secteurs de stockage temporaire inhabités (parcs, espaces verts, zones naturelles...). La pente des voiries est limitée pour réduire les vitesses des débits maximaux à des valeurs faibles inférieures à 0,5 m/s. La hauteur des trottoirs et l'implantation des évacuations latérales sont déterminées par les débits à contrôler et la topographie du site. Cet aménagement suppose des structures de voirie particulières résistantes aux écoulements (pavés drainants par exemple). Quoique très séduisante, cette vision implique une évolution des cultures techniques et des relations existantes entre les ingénieurs et les urbanistes. Elle ne vaut, par ailleurs que pour les extensions des secteurs bâtis ou la réalisation de villes nouvelles.

Enfin, et c'est une évidence, dans les secteurs à risque potentiel, conséquence de la climatologie, de la topographie ou de l'existant, des règlements constructifs particuliers permettent de limiter fortement les dommages par de simples mesures de mise hors d'eau ou l'interdiction de la réalisation de sous-sols. Il est toujours possible de construire en zone inondable, ne serait-ce que sur pilotis, le problème restant celui de la circulation dans la zone...

Cas de l'existant

Réduire la vulnérabilité à l'inondation dans les secteurs construits, c'est-à-dire les plus nombreux, est toujours possible et, depuis, quelques années, avec la multiplication des sinistres, sont proposées des mesures structurelles ou non. Pour les mesures structurelles il s'agit, par exemple, de techniques déjà évoquées qu'il convient d'implanter dans l'espace au prix, généralement, de surcoûts significatifs. Ces mesures peuvent améliorer notablement la situation, en particulier dans les cas d'erreurs manifestes conduisant à des désordres fréquents (et de telles erreurs sont nombreuses...). Ainsi, a-t-on pu montrer que les travaux engagés dans le cadre du PPCI de Nîmes, depuis près de 20 ans, ont réduit les dommages qu'auraient provoqués les événements récents de 2002 et 2005. Au demeurant, la protection visée reste seulement quarantennale, malgré des investissements très lourds de plusieurs centaines de

millions d'euros. Il s'agit également de la sécurisation de l'habitat existant par des mesures allant de la simple pose de batardeaux de protection des entrées à la création de zones de refuge dans les secteurs les plus exposés, zones accessibles aux services de secours. Les mesures non structurelles sont également multiples, elles vont de l'information préventive des populations concernées, information d'ailleurs déjà prévue par la loi du 27 juillet 1987 et son décret d'application du 11 octobre 1990. Les actions de communication peuvent prendre des formes multiples et ne pas se limiter au seul devoir d'informer prévu par les lois. Les Plans Communaux de Secours, dont la pratique se développe rapidement, sont également un moyen intéressant pour la gestion des crises d'inondation. Ils ne devraient cependant pas être, comme souvent, la conséquence d'une situation constatée, mais faire l'objet d'une réflexion préventive visant à analyser la situation particulière d'un secteur hydrologique construit et de son environnement. La encore l'intercommunalité devrait être la règle. La constitution de syndicats mixtes de prévention et lutte contre les inondations et l'introduction du risque dans les SAGE serait une solution, à la condition que ces derniers concernent des ruisseaux et rivières de petite taille, incorporés dans l'urbanisation, ce qui est encore peu fréquent.

L'amélioration des systèmes d'alerte, la gestion en temps réel des ouvrages de maîtrise des écoulements, constituent également des moyens de réduire la vulnérabilité. Ils demandent, cependant, des investissements importants et des compétences techniques significatives. Quelques grandes collectivités territoriales ou groupement de collectivités ont développé des dispositifs de grande ampleur. Ce fut initialement le cas du Département de la Seine Saint-Denis au tout début des années 70. D'autres agglomérations comme Nîmes, Marseille, Bordeaux, Lyon, Nancy, etc., ont développé des systèmes de gestion du risque d'inondation face aux nécessités. Ainsi, à Marseille, près de 80 000 personnes résident en zone inondable. La mise en place de tels systèmes reste une opération de longue haleine qui réclame, de la part des élus comme des techniciens, une certaine ténacité.

Cas des événements extrêmes

Qu'il s'agisse de travaux neufs ou d'existant, au-delà d'une réflexion sur la maîtrise du risque d'inondation des événements peu fréquents se pose la question des comportements des villes sous les événements dits « extrêmes ». Que faire face à des précipitations de 700 mm en 24h comme ce fut le cas à Anduze (Gard) en 2002 ? D'aucuns pourraient prétendre que l'extrême rareté (apparente pour l'heure) de ces événements exclut que l'on puisse envisager de les maîtriser. Sans doute, mais l'on pourrait objecter qu'il est difficile d'admettre que tremblements de terre et inondations puissent être traités de façon différente, dès lors que le risque de pluie extrême est avéré, comme c'est le cas dans le sud de la France.

Pour l'existant, cela passe par une simulation des conséquences de tels événements. À l'heure actuelle, quelques équipes développent des modèles numériques d'inondation couplés à des modèles numériques de terrain ou des SIG. C'est le cas du CEMAGREF de Lyon ou du laboratoire « Hydrosciences » de l'Université Montpellier 2. Des progiciels devraient être prochainement disponibles. L'utilisation des résultats de ces simulations devrait permettre de mieux cerner la vulnérabilité de l'agglomération, de proposer des mesures structurelles comme le rétablissement de transparences hydrauliques, d'affiner les plans de secours ou le développement de services d'alerte.

Pour les nouvelles opérations d'urbanisme, ces simulations devraient guider les choix d'extension urbaine, voire conduire à l'abandon de projets à haut risque en cas d'événement

extrême. L'expérience des régions soumises à des cyclones par exemple pourrait être utile en ce domaine, à part, peut-être, celle de La Nouvelle-Orléans pour laquelle l'année précédant Katarina des simulations des conséquences d'un cyclone de force 5 avait conclu à l'ampleur de la catastrophe potentielle...

CONCLUSION

Diminuer la vulnérabilité à l'inondation en milieu urbain n'est pas du tout utopique mais la réussite de l'entreprise repose sur un certain nombre de conditions. Nous devons poursuivre nos recherches en vue d'améliorer l'estimation des aléas hydrologiques. Si les radars constituent un moyen très intéressant, leur mesure est indirecte et leur calage en terme d'intensité de pluie repose, toujours, sur l'existence de postes pluviographiques au sol. Il serait dommage que Météo France profite de sa « couverture » radar pour réduire le nombre de ces observations de sol. Il conviendrait également que les collectivités territoriales aient enfin une vision globale des relations entre l'eau et leurs territoires, et n'hésitent pas à s'associer avec leurs voisins dès lors que leurs territoires ne constituent pas des entités hydrologiques isolées, pour développer des politiques cohérentes d'urbanisation. De même conviendrait-il que l'État retrouve une certaine compétence technique et coordonne les actions de ses services décentralisés chargés des questions liées à l'eau. Enfin conviendrait-il que des études poussées de vulnérabilité soient conduites, au moins dans les régions à risque pluvial avéré, et que ne soient plus simplement appliquées, au coup par coup, des « règles » plus ou moins automatiques. Un « fond » de financement de ces études permettraient de compenser leur coût pouvant être élevé pour de petites collectivités, qui cependant, de temps à autre, sont confrontées, ici ou là, à des sinistres aux conséquences beaucoup plus graves que ce coût. La « demande sociale » est très forte en matière de protection et même si la communication et l'éducation sont des moyens de tempérer cette demande, « responsable » sans risque pourrait bien devenir une profession en voie d'extinction.

Références

- 1 Champion M., 1858-1869, *Les inondations en France depuis le 6^{ème} siècle jusqu'à nos jours*. Ed. Dunod, Paris
- 2 Desbordes M., Servat E., 1988, *Eléments de réflexion pour une approche spécifique de l'hydrologie urbaine en Afrique*. Hydrologie Continentale (ORSTOM) vol. 3, n° 1, pp. 19-23
- 3 Desbordes M., 1989, *Principales causes d'aggravation des dommages d'inondation par ruissellement superficiel en milieu urbanisé*. SHF, Bulletin d'Hydrologie Urbaine n° 4, pp. 2-10. Voir également 23^{èmes} Journées de l'Hydraulique de la SHF, Nîmes, 14-15 septembre 1994, « *Crués et inondations* », Tome 2, pp. 487-492.
- 4 Desbordes M., 1990, *Risques de défaillance des ouvrages d'assainissement urbain : un concept révisable ?* La Houille Blanche, n° 7-8, pp. 491-494
- 5 Desbordes M. 1990, *Hydrologie urbaine: particularités des régions méditerranéennes*. Revue de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, n° 33-34, pp 38-39

- 6 Desbordes M., 1990, *Eaux pluviales et urbanisation*. 3^{ème} Rencontres de l'Agence Régionale pour l'Environnement, pp. 133-155, ed Région PACA.
- 7 Desbordes M. 1991, *L'écoulement des eaux en milieu urbanisé*. Universalia, ed. Encyclopaedia Universalis, pp. 203-206.
- 8 Desbordes M., 1997, *La gestion urbaine du risque d'inondation: problématique et enjeux*. La Houille Blanche n° 7, pp. 47-51
- 9 Desbordes M., 2004, *Le risque pluvial en Languedoc-Roussillon : la mémoire oubliée*. In Les mardis universitaires de Vauban, 9p., ed. Université de Nîmes.
- 10 Daverton A., 1922, *Assainissement des villes*, Ed. Dunod, Paris,
- 11 Neppel L., 1997, *Le risque pluvial en Languedoc-Roussillon : caractérisation de l'aléa climatique*. Thèse de Doctorat, Université Montpellier 2.
- 12 Heberling G., 1985, *Urbanisme et évacuation des eaux pluviales*. In Séminaire International sur l'assainissement pluvial urbain en Afrique de l'ouest et du centre, pp. 123-137, ed. CEIH, Ouagadougou, Burkina Faso.