

# La prévention du risque d'inondation : l'exemple français est-il transposable aux pays en développement ?

Gérald GARRY\* et Yvette VEYRET\*\*

## INTRODUCTION

L'impact des risques naturels sur la société ne cesse de croître, notamment en raison du développement mal contrôlé de l'urbanisation. Selon P. MASURE (1993), le nombre de victimes des catastrophes naturelles a augmenté de 6 % par an au cours des trente dernières années et la compagnie d'assurances internationale Munich Ré estime que les pertes économiques ont triplé entre les années 1960 et 1980.

Parmi les risques naturels, ceux qui relèvent de phénomènes météorologiques, en particulier les inondations, sont les plus fréquents et touchent le plus grand nombre d'individus. Selon les sources du département des Affaires humanitaires des Nations unies (DHA), 339 millions de personnes ont été victimes de ce phénomène entre 1900 et 1980. De 1970 à 1981, les inondations ont représenté plus du tiers de l'ensemble des cataclysmes recensés. Les pays qui ont enregistré le plus de victimes entre 1960 et 1981 sont les pays pauvres. Le tableau I, établi à partir des données du DHA, montre qu'en 1993 la plupart des pays très affectés par les inondations sont situés dans la zone tropicale. Il confirme l'importance de la population sinistrée, qui a dépassé, par exemple, 11 millions de personnes au Bangladesh.

L'augmentation du risque dans les pays pauvres est essentiellement liée à l'accroissement démographique, à la concentration urbaine et à la densité de population dans les zones vulnérables.

\* Géographe, ministère de l'Équipement, direction de l'Architecture et de l'Urbanisme, 92055 Paris-La Défense cedex 04, France.

\*\* Géographe, université Denis Diderot, Paris-VII, UFR GHSS, 2, place Jussieu, Tour 34-44, 75005 Paris, France.

TABLEAU I  
Inondations et cyclones en 1993  
(d'après DHA, publication des Nations unies, 1994).

Lieu	Cause	Morts	Sans abri	Population totale affectée
Bangladesh	Tempête	31	57 700	750 000
	Tornado	14	7 500	-
	Inondations	28	50 000	3 207 056
Chili	Inondations	162	-	11 559 536
	Inondations	21	1 225	3 218
Chine	Rupture de barrage	290	15 000	16 000
Colombie	Inondations	27	-	-
Costa Rica	Inondations	5	-	38 477
Cuba	Inondations	14	11 000	115 000
	Inondations	30	6 500	500 000
Équateur	Tempête tropicale et inondations	5	7 500	150 000
	Inondations et mouvements de terrain	70	-	5 631
Guinée	Inondations	-	3 500	7 540
Honduras	Inondations	174	-	15 000
	Cyclones Bret et Gert et inondations	27	27 000	67 447
Inde	Cyclone	318	90 000	-
	Inondations	1 690	-	150 000
Iran	Inondations	375	500 000	1 000 000
Java	Inondations	85	4 000	37 000
Malaysia	Inondations	7	13 000	-
Mexico	Cyclone Gert et inondations	35	65 429	203 500
	Inondations	27	1 000	4 500
Népal	Inondations et mouvements de terrain	1 048	55 000	535 500
	Inondations	16	-	263 005
Papouasie	Inondations	5	29 000	46 000
	Cyclone Adel	15	2 600	23 000
Philippines	Typhons Lola et Manny	351	365 671	1 432 850
	Typhon Nell	118	-	1 483 990
	Typhon Flo	88	-	1 941 531
	Typhon Koryn	2	-	29 413
Solomon	Inondations	5	-	258 080
	Cyclone Nina	3	40 000	80 000
Sri Lanka	Inondations	-	-	150 000
	Inondations	8	-	145 600
Tanzanie	Inondations	54	2 900	201 513
Vanuatu	Cyclone Prema	1	7 000	12 000
Venezuela	Cyclone Bret	96	4 000	5 500
Vietnam	Typhon Lola	71	10 000	500 000
	Typhon Kyle	144	55 000	1 000 000
Yémen	Inondations	38	32 585	32 623

Source : Nations unies, département des Affaires humanitaires, 1994.

Si les pays en développement (PED) sont les plus touchés par le risque d'inondation, les pays riches ne sont pas épargnés. En France, c'est également le risque le plus fréquent, tant en métropole que dans les territoires et départements d'outre-mer, et le plus dommageable, puisqu'il mobilise en moyenne 75 % des indemnités reversées par les compagnies d'assurances au titre des catastrophes naturelles. Ce risque est aussi le mieux étudié et celui pour lequel les efforts de prévention, entrepris très tôt dans l'histoire, ont été sensiblement renforcés depuis une dizaine d'années. Ainsi existe-t-il aujourd'hui une expérience non négligeable qui a permis au gouvernement de préciser sa politique de prévention des inondations et de gestion des zones inondables par une circulaire adressée aux préfets le 24 janvier 1994. Il a semblé intéressant d'en dégager les enseignements et de réfléchir à la pertinence du transfert de ce « modèle » français vers les PED.

#### LA PRÉVENTION DU RISQUE D'INONDATION EN FRANCE : UNE « LONGUE HISTOIRE RÉCENTE »

Les contraintes engendrées par les crues et les débordements ont très tôt suscité une relative sagesse dans l'occupation de l'espace alluvial, la population s'établissant sur les hauteurs en position d'abri. Elles ont ensuite donné lieu au développement de mesures de prévention, le plus souvent engagées à la suite d'une catastrophe, qui se sont essentiellement appuyées sur la construction d'ouvrages (levées de la Loire entreprises dès le XII<sup>e</sup> siècle, endiguement du Rhône consécutif aux inondations du milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, digues de Toulouse après la crue de 1930, barrages écrêteurs de crues...), sur la mise en place d'un service d'annonce des crues dès 1854 dans les bassins de la Seine et de la Loire et sur la promulgation de lois, décrets ou règlements permettant de contrôler le libre écoulement des eaux et l'extension urbaine (décret-loi d'octobre 1935 instituant les plans de surfaces submersibles — PSS — après les crues du sud-ouest de 1930, articles R 111-2 et R 111-3 du code de l'urbanisme, loi d'indemnisation des victimes des catastrophes naturelles à la suite des inondations de l'hiver 1981-1982).

#### L'accroissement des risques en dépit des ouvrages de protection

Les premiers moyens de défense auxquels ont eu recours les hommes sont les endiguements. R. DION (1934) montre, dans sa thèse magistrale sur la Loire, que les effets les plus décisifs des levées, depuis la charte d'Henri II Plantagenêt jusqu'à la fin du Moyen Âge, ont été principalement d'ordre psychologique, en laissant croire aux paysans que le risque était désormais supprimé. Ultérieurement et en particulier

après l'énorme inondation de 1527, d'autres aménagements ont été réalisés sans discontinuer jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle, notamment pour défendre les villes (Orléans, Blois...), entraînant en cela parfois des désaccords, voire des conflits, entre urbains et agriculteurs. R. DION souligne aussi (*ibid.* : 274) la prudence des riverains de la Loire. Il note que « malgré tous les progrès dus aux ouvrages de défense contre les débordements du fleuve, il y a encore aujourd'hui [c'est-à-dire dans les années 1930], dans le Val de Loire, maintes régions où la crainte de l'inondation l'emporte sur l'attrait exercé par la richesse de la terre ». Malheureusement, cette tendance s'est inversée depuis, et l'urbanisation a rapidement gagné les vallées.

D'abord limité, le rythme de réalisation des travaux et des mesures d'accompagnement visant à utiliser le lit majeur des cours d'eau s'est accru à partir des années 1950 pour répondre au besoin de protection d'une urbanisation croissante. Il s'est en particulier caractérisé par l'édification de barrages écrêteurs de crues et d'autres aménagements spécifiques (digues, recalibrages, déversoirs...), qui ont favorisé dans les secteurs périurbains inondables, entre le début des années 1960 et la fin des années 1970, la prolifération de zones industrielles, de zones d'activité et de commerce dont les bâtiments ont été construits sur remblai ou même parfois sans précaution particulière pour les mettre hors d'eau. En Île-de-France, M. DACHARRY (1990) indique que, en 1983, 4 150 ha de terrains inondables étaient pourvus de bâtiments industriels et de zones d'habitat.

La mise en place des mesures de protection évoquées a donc eu pour double conséquence de protéger (au moins partiellement) l'existant, mais aussi d'aggraver la situation en attirant une population toujours plus nombreuse, rassurée par les ouvrages qui procurent un sentiment de sécurité. En effet, si les débordements les plus fréquents ne sont théoriquement plus à craindre, le risque demeure pour les crues les plus rares. L'événement prend alors la dimension d'une catastrophe tant par les dégâts induits que par son impact psychologique. Le développement de l'urbanisation a également augmenté les risques en modifiant les conditions générales et locales d'écoulement (réduction d'une partie du champ d'inondation, accroissement des volumes ruisselés lié à l'imperméabilisation, approfondissement du lit mineur par extraction de matériaux...). Les réseaux d'assainissement et d'évacuation des eaux pluviales ne sont plus toujours adaptés à une population croissante. La construction dans les zones habituellement utilisées comme zones de stockage destinées à amortir les crues déplace et accroît le risque à l'aval en augmentant les débits de pointe et les vitesses. Ainsi le gain de protection obtenu grâce aux différents ouvrages ne compense-t-il pas nécessairement l'aggravation consécutive à l'imperméabilisation des terrains nouvellement conquis par la ville.

Le début des années 1980, qui s'est caractérisé par un ralentissement des aménagements dans certaines zones à risques, — probablement grâce à l'aboutissement d'un premier niveau de protection considéré comme acceptable et à une situation économique moins favorable (CAUDE, 1986) —, a aussi été marqué par le retour d'une période pluvieuse pendant laquelle ont eu lieu de nombreuses crues (entre 1981 et 1983). Ces dernières sont venues rappeler, s'il en était besoin, combien les villes demeurent encore exposées et vulnérables. Elles ont aussi permis de constater qu'une grande partie de la population concernée par les inondations ignorait s'être installée dans un secteur dangereux, ce qui a mis en exergue le problème de l'information. En 1986, R. Vié le Sage, délégué aux Risques majeurs, estimait que, globalement, 75 % des riverains des grands cours d'eau étaient étrangers à la région. La plus grande mobilité des hommes devenait ainsi un facteur supplémentaire de risque.

Ces différents éléments se sont, semble-t-il, conjugués pour provoquer une réelle prise de conscience des responsables et amorcer une véritable réflexion, afin de prendre en compte toutes les dimensions d'un problème largement occulté. Il est alors devenu nécessaire de mieux maîtriser l'occupation des sols dans les zones inondables préalablement définies, de pratiquer une véritable gestion des risques naturels en développant la connaissance des phénomènes physiques, la mise en œuvre de techniques de prévention, l'affichage du risque, en créant de nouvelles dispositions législatives, en encourageant l'application de la réglementation et en renforçant le rôle de l'État.

## **La connaissance du risque**

La loi d'indemnisation des victimes des catastrophes naturelles adoptée le 13 juillet 1982 a marqué un tournant décisif dans l'approche et la prise en compte des risques, notamment à partir de l'élaboration des plans d'exposition aux risques (PER). Un certain nombre de démarches avaient été ébauchées antérieurement mais de façon ponctuelle. Les dix dernières années ont permis de les identifier clairement, de les développer, de les compléter et de les étendre. Les inondations sont dorénavant étudiées de manière pluriscalaire, au niveau des bassins versants, des sous-bassins, des tronçons homogènes des cours d'eau, et selon quatre domaines qui concernent l'information préventive, la connaissance utile à l'aménagement et à la planification, la prévision et enfin la gestion de la crise.

## **L'information préventive**

Elle a été anciennement pratiquée, en particulier par le biais d'affiches. On retrouve ainsi pour l'Adour, par exemple, des documents diffusés en mairie (Dax, Pontonx...) par la préfecture des Landes en 1876,

destinés à renseigner les populations sur les niveaux d'eau, les vitesses de propagation (avec l'indication de délais approximatifs) et les champs d'inondation à attendre en fonction des phénomènes observés dans les communes amont, par référence à des événements historiques. On peut noter par ailleurs que l'État responsabilisait les citoyens en affirmant qu'il leur appartenait de connaître la hauteur d'eau susceptible de recouvrir leur propriété. L'information préventive s'est imposée depuis quelques années comme l'un des passages obligés de la réduction des risques. Elle est devenue réglementaire avec la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile et à la prévention des risques et le décret d'application du 11 octobre 1990 destiné à l'information préventive des citoyens. Celle-ci repose sur la production à l'échelle nationale de dossiers départementaux des risques majeurs (DDRM) et de dossiers communaux synthétiques. Mais elle est aussi enrichie ponctuellement par deux séries d'atlas départementaux, l'un multirisque (risques naturels et technologiques : Hautes-Alpes, Sarthe...), l'autre spécifique aux crues rapides des trente départements du sud de la France soumis à des précipitations torrentielles. Ces documents ont pour objectif de diagnostiquer et de localiser les risques, de sensibiliser les élus et la population à leur nature et à leur extension et d'inciter à la prévention.

### La connaissance au service de l'aménagement et de la planification : les PER et l'évolution actuelle

L'élaboration des PER s'est traduite par la mise en œuvre d'une cartographie détaillée des phénomènes et des risques, qui devait être initialement appliquée à toutes les communes soumises à un risque naturel. La première étape consiste à étudier les crues historiques. Elle s'appuie sur un travail d'archives, de recherches sur le terrain, d'enquêtes auprès des riverains, des élus et des services responsables de l'eau. Elle donne lieu à une carte à 1/25 000 qui montre l'extension des crues les plus représentatives, les hauteurs d'eau, les zones d'accélération ou de contournement, les traces d'érosion, et qui précise le nombre des victimes et les dommages. La deuxième étape vise à qualifier les aléas à partir de l'appréciation de la valeur des paramètres physiques attendus des crues (hauteur et durée de submersion, vitesse d'écoulement) pour des périodes de retour déterminées (décennale et centennale dans un souci d'homogénéité nationale). Les aléas sont exprimés sous la forme d'un zonage hiérarchisé en trois ou quatre classes (présumé nul, faible, moyen, fort), sur une carte à grande échelle (1/5 000 le plus souvent) où figurent également les zones de stockage, d'écoulement prépondérant, les différentes origines de l'inondation et les principales mesures de prévention collectives en place (digues, remblais...). La troisième étape repose sur l'évaluation des dommages potentiels issus de la rela-

tion existant entre les biens exposés et le facteur dominant de risque, qui est le plus souvent la hauteur d'eau pour les crues de plaine et la vitesse pour les crues torrentielles. La dernière étape avant l'établissement du document réglementaire concerne la vulnérabilité, dont l'appréciation résulte de la superposition de la carte des aléas et du plan d'occupation des sols. Dressé sur un fond parcellaire à grande échelle, ce plan de vulnérabilité fait apparaître une estimation du coût des dommages aux biens et aux activités et présente les équipements et les établissements recevant du public (hôpitaux, centres de secours...) susceptibles d'être exposés aux inondations.

L'expérience acquise depuis quelques années a conduit à prendre des distances vis-à-vis du niveau de précision des études. À partir de 1989, on a souhaité produire dans un premier temps une carte des crues historiques et une carte des aléas basées uniquement sur l'exploitation des données existantes, dans la mesure où cette information pouvait s'avérer suffisante pour être intégrée directement aux documents d'urbanisme. Le second temps, réservé à la modélisation, n'était plus engagé de façon systématique mais selon les besoins (secteurs urbains à forts enjeux, modifications des conditions d'occupation des sols, ancienneté des références historiques...) sur tout ou partie du cours d'eau étudié.

Les crues récentes ont également permis d'apporter des retouches à la méthodologie. Elles ont montré notamment l'intérêt de mieux prendre en compte les archives et les caractéristiques hydrogéomorphologiques de la vallée. Cette démarche, qui a été développée par l'un de nous (G. Garry), permet de relativiser l'importance des précipitations, en montrant que des phénomènes identiques se sont déjà manifestés par le passé. L'idée de recourir aux archives n'est certes pas nouvelle, comme en témoigne l'ouvrage édité par M. CHAMPION (1863) à la fin du siècle dernier, mais elle avait besoin d'être réactivée. L'approche hydrogéomorphologique (MASSON *et al.*, 1996) livre une meilleure compréhension du fonctionnement d'un cours d'eau à partir de son évolution quaternaire et des modifications apportées par l'homme. Ce travail, qui s'appuie largement sur l'étude du terrain et l'observation des photographies aériennes, peut être conduit rapidement dans la mesure où il repose sur une sélection rigoureuse des critères.

La méthode actuelle est donc plus souple qu'auparavant et permet de mieux répondre aux spécificités des communes.

## L'annonce de crue et la prévision

Les services d'annonce de crue ont été créés dès 1854 sur les bassins de la Seine et de la Loire, puis en 1857 sur celui de la Garonne et progressivement sur d'autres cours d'eau. Leur rôle très important dans le dispositif de prévention a incité les pouvoirs publics, en 1984, à les

étendre, à les moderniser (automatisation des transmissions des données...) et à les réorganiser en distinguant les processus d'alerte et ceux d'information. Ce dispositif est en partie alimenté par les informations fournies par la Météorologie nationale dont les prévisions et les bulletins spéciaux sont particulièrement utiles et déterminants pour gérer le risque sur des cours d'eau à temps de réponse court (montagnards et méditerranéens). Les crues du sud-est de la France ont souligné l'apport des radars pour la prévision et montré l'intérêt de développer le réseau Aramis.

## La gestion de crise

Les efforts consentis pour améliorer la connaissance des risques potentiels favorisent une meilleure préparation aux événements tant au plan de l'organisation des cellules de crise que pour la mise au point des plans d'intervention de secours. De nouveaux documents commencent à être élaborés, à l'initiative des services de la sécurité civile, tels que les cartes dites de « scénario catastrophe des inondations », dressées dans le département de la Gironde. Ces dernières localisent les hauteurs d'eau consécutives à des crues de périodes de retour choisies, en fonction de seuils sensibles définis par les pompiers sur des critères de danger, d'accessibilité des zones par véhicules terrestres ou par bateaux et de possibilité d'évacuation.

## Le recours à l'outil réglementaire pour gérer l'occupation des sols et répondre aux risques d'inondation

Un certain nombre d'outils permettent de prendre en compte les risques liés aux inondations :

- les documents d'urbanisme : les schémas directeurs et les schémas de secteur, les plans d'occupation des sols (POS), les plans d'aménagement de zone dans le cadre d'une zone d'aménagement concerté (ZAC) ;
- des réglementations spécifiques.

Ces dernières comprennent :

- les périmètres de risques pris en application de l'article R 111-3 du code de l'urbanisme (576 sont approuvés) ;
- l'article R 111-2 du code de l'urbanisme qui s'applique en présence ou en l'absence d'un POS et qui précise que « le permis de construire peut être refusé ou n'être accordé que sous réserve de l'observation des prescriptions spéciales si les constructions par leurs situations ou leurs dimensions sont de nature à porter atteinte à la salubrité ou à la sécurité publique » ;



— les plans de surfaces submersibles (PSS) qui sont destinés à assurer le libre écoulement des eaux ou la conservation des champs d'inondation. Ils sont régis par des textes de 1935 et 1937 complétés par des circulaires d'application (cf. celle de 1952 qui établit un zonage dans le lit des cours d'eau). D'après une estimation de la Sous-Direction de la prévention des risques majeurs, les PSS couvriraient actuellement environ 1 500 communes.

Les PER méritent une attention particulière. Ils sont issus de la loi du 13 juillet 1982 relative à l'indemnisation des victimes des catastrophes naturelles, qui est fondée sur trois principes : le droit à l'indemnisation, la solidarité nationale et la prévention des risques naturels. Conformément à l'article 5 de la loi, l'État « élabore et met en application des plans d'exposition aux risques naturels prévisibles qui déterminent notamment les zones exposées et les techniques de prévention à y mettre en oeuvre, tant par les propriétaires que les collectivités ou les établissements publics [...]. Ils valent servitude d'utilité publique et sont annexés aux POS... ». Le décret du 3 mai 1984 précise les finalités et le contenu du PER, qui doit énoncer les caractéristiques des risques naturels prévisibles étudiés et les localiser sur le territoire communal, réglementer les occupations ou utilisations du sol et définir, en fonction de l'opportunité économique, les mesures de nature à prévenir les risques, à en réduire les conséquences ou à les rendre supportables, tant à l'égard des biens et activités implantés antérieurement à la publication du plan, qu'à ceux à venir. Les propriétaires dont les biens sont déjà établis dans la zone inondable sont ainsi contraints de les mettre en conformité dans un délai maximal de cinq ans lorsque le coût ne dépasse pas 10 % de la valeur vénale des biens. Le document final présente un zonage rouge, inconstructible car le risque est fort, blanc, constructible, lorsque le risque est jugé faible ou présumé nul, et bleu si le risque est considéré comme acceptable. Dans ce dernier cas, les constructions ne peuvent être édifiées que sous réserve de se soumettre à des prescriptions spéciales.

Les possibilités d'intégrer la connaissance des inondations dans l'aménagement et la planification sont donc nombreuses. Cette diversité est due au fait que de nouvelles réglementations sont nées à la suite d'événements graves, avec à chaque fois un objectif différent : le libre écoulement des eaux, l'urbanisme et l'indemnisation. La tendance a souvent été de se référer à la dernière disposition pour protéger les communes. Dans cette logique, il était prévu, en 1984, de prescrire un PER dans les 12 000 communes affectées par un ou plusieurs risques naturels. En réalité, au début de l'année 1995, 438 PER seulement étaient approuvés depuis le lancement de la procédure (sur 906 prescrits) dont 309 pour les inondations (sur 711 prescrits). Cette situation tient en partie à la longueur de la procédure, la durée moyenne d'aboutissement d'un PER étant de six ans (avant 1993, chaque phase devait faire l'objet d'une

délibération en conseil municipal). Mais elle résulte surtout de l'opposition d'une partie de la population et de nombreux élus au zonage impliqué par les PER. Les contraintes de protection ou l'inconstructibilité sont très mal acceptées par les propriétaires fonciers. Les premières induisent des surcoûts de construction et la seconde dévalue les terrains qui deviennent invendables. Outre les pressions inévitables exercées sur les maires, les conséquences ne sont pas négligeables pour les communes, qui peuvent voir leur développement fortement compromis, voire stoppé, lorsque les inondations sont trop fortes et que le risque est jugé inacceptable. En dépit de ce maigre résultat, le bilan des PER doit plutôt être considéré comme globalement positif dans la mesure où la mise en œuvre de cette réglementation a permis d'approfondir les réflexions méthodologiques dont nous tirons aujourd'hui les enseignements et de sensibiliser davantage la population à la prévention. Par ailleurs, si peu de PER inondation ont été approuvés, un certain nombre de procédures ont changé d'orientation pour donner lieu à un périmètre de risque, pris en application de l'article R 111-3 du code de l'urbanisme. Enfin, de nombreuses études techniques sont terminées. Elles permettent déjà de prendre en compte la connaissance des phénomènes dans le cadre des plans d'occupation des sols et se prêteront rapidement à l'établissement d'un plan de prévention des risques (PPR), en application de la nouvelle réglementation.

### Les enseignements d'un bilan

Ils sont multiples et portent principalement sur cinq points :

- la nécessité d'une gestion globale des bassins versants et de la préservation ou la reconstitution de zones de stockage pour compenser les modifications d'écoulement des eaux dues aux ouvrages ou aux constructions ;
- l'intérêt d'introduire plus de souplesse dans le niveau de précision des études en recourant à des méthodes simples et peu onéreuses, afin de couvrir rapidement un grand nombre de communes avant d'approfondir la connaissance sur les secteurs sensibles ;
- l'obligation de clarifier et de simplifier la réglementation ; c'est le sens de la loi publiée le 2 février 1995 qui instaure les plans de prévention des risques (PPR), lesquels se substituent désormais à toutes les autres réglementations (PSS, R 111-3, PER) ;
- l'effet pervers des mesures de protection qui encouragent le développement urbain et provoquent un accroissement de la vulnérabilité ; en effet, les infrastructures et l'urbanisation appellent la création d'équipements qui attirent de nouveaux habitants, ces derniers demandant ensuite un meilleur niveau de protection par des aménagements complémentaires ; en cas d'événement exceptionnel, les conséquences sont d'autant plus catastrophiques ;

— les réponses à apporter en termes d'aménagement et de prévention doivent tenir compte du type de phénomène auquel on est confronté.

Sur ce dernier point, l'expérience a montré que la France est soumise à trois grandes catégories d'inondations : celles de plaine à montée lente des eaux (Seine, Oise...), les crues torrentielles à montée rapide (Ouvèze) et le ruissellement urbain (Nîmes). Les premières posent des problèmes en termes de hauteur d'eau. Elles provoquent essentiellement des dommages aux biens et aux activités et laissent le temps de prévenir la population. Le choix de s'installer ou non dans la plaine alluviale relève d'intérêts économiques et justifie les études de vulnérabilité qui ont été réalisées dans le cadre des PER. Les deuxièmes, caractéristiques de la France méditerranéenne, sont marquées par la soudaineté des crues, les vitesses élevées et l'importance des transports solides. Elles affectent les biens et les personnes. Cette fois, la vulnérabilité est surtout humaine et les critères déterminants pour autoriser l'occupation des sols reposent sur la possibilité d'alerte et d'évacuation des populations, ce qui suppose d'améliorer la prévision et l'information. Enfin, les crues dites urbaines se manifestent dans les villes où les aménagements ont peu tenu compte de l'évacuation des eaux pluviales. L'accroissement de l'imperméabilisation des sols, le sous-dimensionnement des réseaux, l'implantation de constructions dans les vallons secs sont des facteurs d'explication. La prévention passe ici par une meilleure connaissance du terrain, par l'identification des lignes d'écoulement naturel des eaux qui sont parfois masquées par l'urbanisation. Il est nécessaire de repenser la ville au plan technique et urbanistique en fonction des risques : adaptation des réseaux d'eaux usées et pluviales, adoption de mesures alternatives (parkings à réservoir, bassins d'orage, etc.). Des systèmes d'alerte et des campagnes d'information du public sont également indispensables.

## LES INONDATIONS DANS LES VILLES DES PAYS EN DÉVELOPPEMENT

### Une croissance urbaine galopante

La croissance démographique est un phénomène mondial qui atteint une ampleur remarquable dans les PED où elle provoque une augmentation importante de la population dans les grandes villes (tabl. II).

De manière générale, le taux d'urbanisation est passé dans les PED de 17,4 % en 1950 à 35 % en 1992. L'Amérique du Sud est le continent qui présente le taux le plus élevé, parfois supérieur à celui des pays industrialisés (l'Argentine atteint 87 %). L'urbanisation dans ces pays se caractérise essentiellement par la métropolisation, c'est-à-dire la concentration de la population dans de très grandes villes. On sait que

TABLEAU II  
Quelques villes à croissance rapide durant la période 1970-1985

	Population de 1970 (millions)	Population de 1985 (millions)	Taux d'accroissement (%)
Bandung	1,2	4,5	275
Lagos	1,4	4	186
Karachi	3,5	9,2	163
Bogota	2,6	6,4	146
Bagdad	2	4,9	145
Bangkok	3	7,1	137
Sao Paulo	7,8	16,2	115
Mexico	8,4	17,9	108
Beijing	7	12,0	71

Source : Unesco, MAB, Notes techniques, n° 14.

quinze des vingt-deux villes qui dépassent huit millions d'habitants appartiennent aux PED. Une telle situation entraîne nombre de difficultés parmi lesquelles il faut citer le manque d'équipements collectifs et la multiplication des bidonvilles dont le nombre et la taille augmentent beaucoup plus rapidement que l'ensemble de l'urbanisation. On a parfois parlé à leur propos de « loi du double » pour souligner leur vitesse de croissance deux fois supérieure à celle de la croissance urbaine globale.

Ces très fortes concentrations de la population urbaine et l'absence quasi générale de prévention et de système de protection expliquent que la vulnérabilité des PED soit bien supérieure à celle des pays riches. Les catastrophes naturelles y provoquent des dégâts considérables pour des économies fragiles.

### Urbanisation et risques : quelques types d'inondation dans les pays en développement

L'urbanisation galopante de nombreuses métropoles est souvent confrontée à une instabilité croissante de certains substrats (mouvements de terrain, subsidence...) et à des risques d'inondation de plus en plus marqués.

L'urbanisation, obstacle aux écoulements et source d'instabilité

Quito, qui dépasse le million d'habitants, a vu sa population augmenter d'environ 4 % par an au cours des trente dernières années (PELTRE *et al.*, 1992). La ville s'est étendue de 40 fois en un siècle. En 1902, elle n'occupait que 200 ha. Durant la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle, elle s'est

développée rapidement le long des axes de circulation vers le nord et le sud. En 1950, la surface urbanisée est passée à 1 500 ha, pour atteindre aujourd'hui environ 12 500 ha (DE NONI *et al.*, 1986). Une telle urbanisation s'est effectuée de manière anarchique, notamment dans les *quebradas*, drains naturels d'évacuation des eaux de pluie, plus ou moins remblayés. Les comblements des talwegs, qui se multiplient avec la croissance urbaine, sont la cause principale des inondations, des coulées boueuses et des effondrements enregistrés dans la ville. Lors des gros abats d'eau, les égouts dont la taille est très insuffisante pour écouler les eaux usées et les eaux pluviales se colmatent rapidement et ne parviennent pas à évacuer les débits. Deux cas de figure se manifestent :

— des écoulements libres se produisent dans les sols, qui provoquent des cavités, des effondrements, des phénomènes de soutirage affectant la surface ; les auteurs cités précédemment rappellent qu'en 1984, sous l'une des grandes avenues de Quito, s'est ouverte une cavité de 200 m de longueur, 30 m de largeur et 20 m de profondeur :

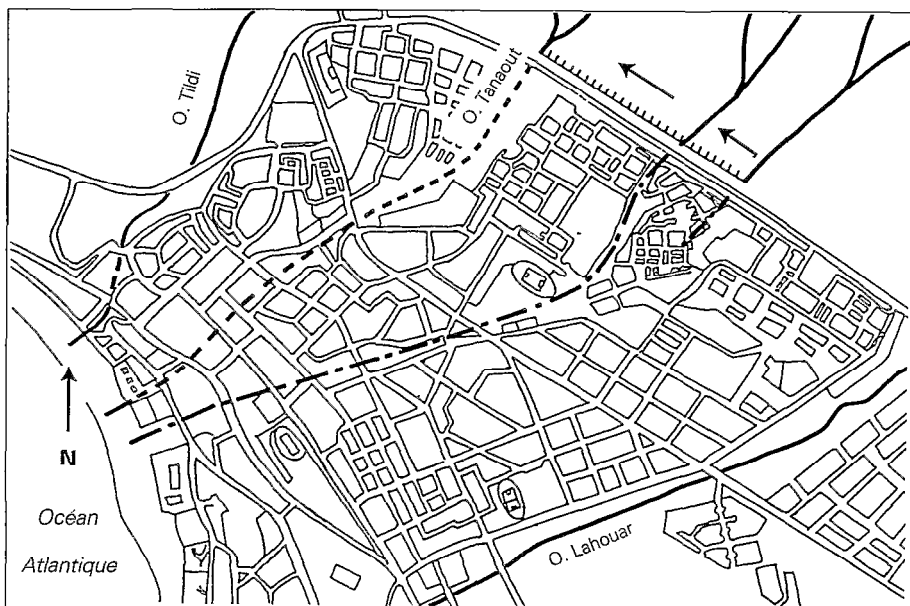
— des phénomènes torrentiels se forment en surface, quand la capacité d'absorption des égouts et des sols est dépassée. Des crues boueuses détruisent les véhicules, détériorent l'habitat et dégradent les voiries. Cette situation évoque celle survenue à Nîmes en 1988. Une urbanisation anarchique implantée dans les talwegs a gêné la circulation de l'eau, favorisé des phénomènes d'embâcle et de débâcle particulièrement dommageables. À Quito, les eaux qui n'ont pas été absorbées par les égouts ont emprunté les rues en pente et se sont concentrées dans les parties basses pour atteindre des hauteurs de 0,60 à 1,50 m.

Rio de Janeiro, qui est établie dans une région montagneuse coupée de petites plaines et de lagunes côtières, a fortement grandi depuis le début du siècle où elle comptait environ 700 000 habitants. Dès cette époque, la population la plus pauvre s'est installée sur les pentes des collines où se sont implantés de véritables bidonvilles (favelas). Le développement de la ville s'est également effectué le long des axes de circulation, dans les vallées et les dépressions, notamment dans la Baixada Fluminense, ancien marécage drainé dans les années 1940. En cas de fortes pluies comme celles survenues en février 1988 (où il est tombé localement autant d'eau en 24 heures que pendant trois mois « normaux »), les secteurs bas peuvent être inondés. Ce fut le cas de la Baixada Fluminense, caractérisée par une occupation anarchique des terres, des constructions sur les berges qui ont gêné les écoulements et le manque d'entretien du système de drainage. La catastrophe de février fit près de trois cents morts, plus de mille blessés, des milliers de sans-abri et occasionna des pertes matérielles considérables (AZEVEDO CUNHA *et al.*, 1990).

Souvent associés aux inondations dans les secteurs bas, des mouvements de masse affectent les quartiers en pente de nombreuses villes.

Quito, La Paz, Rio en offrent de nombreux exemples. L'habitat s'installe de façon anarchique sur des versants naturellement instables en raison de la présence d'épaisses couvertures d'altérites. L'instabilité est renforcée par l'absence de réseaux d'égouts et par des rejets sauvages d'eaux usées. Les orages de 1967 ont provoqué dans la Sera das Araras des glissements responsables de 2 700 victimes.

À Agadir, la croissance urbaine s'est largement effectuée dans le lit des oueds. Localement, l'écoulement normal des eaux dans les oueds a été modifié par le biais d'un canal de dérivation qui doit détourner l'eau de la partie aménagée des talwegs. Un tel choix d'aménagement est un pari sur le non-fonctionnement des oueds, car, en cas de fortes précipitations, les eaux retrouveront, comme elles le font partout, leur cheminement antérieur. Elles ne suivront pas le canal de dérivation mais la ligne de plus grande pente et inonderont une partie non négligeable de la ville (fig. 1).



Carte établie par Aït TIRRI

- |       |                                      |       |                                                  |
|-------|--------------------------------------|-------|--------------------------------------------------|
| ---   | Oueds aménagés en canaux souterrains | —     | Oueds non aménagés                               |
| - - - | Oueds remblayés                      | — — — | Canal de dérivation :<br>sens de la dérivation → |

FIG. 1. — Plan de ville et réseau hydrographique à Agadir.

## Traitement des eaux pluviales et inondations

Le sous-dimensionnement des ouvrages d'évacuation des eaux usées est une autre source fréquente d'inondation. G. DUPUY *et al.* (1987) indiquent que le réseau d'assainissement de Buenos Aires, datant pour l'essentiel du siècle dernier (1870), est inadapté à une agglomération qui compte aujourd'hui environ 10 millions d'habitants. Cotonou, Brazzaville présentent les mêmes problèmes et confirment la nécessité d'estimer l'état du réseau d'écoulement pour appréhender les risques d'inondation. À Cotonou, l'urbanisation effrénée des bas-fonds a bloqué l'évacuation des eaux pluviales et des crues sans que des mesures compensatoires d'assainissement soient mises en place. Les travaux conduits par Ch. OKOU (1989) montrent que, si le réseau actuel d'évacuation des eaux usées fonctionnait parfaitement, la moitié seulement de la population de l'agglomération serait effectivement desservie. À Brazzaville (GOURGAND *et al.*, 1991), le centre-ville est régulièrement inondé au moment des fortes pluies. Parmi les raisons de cette situation, il faut compter avec les dégradations et le manque d'entretien du réseau d'évacuation des eaux pluviales qui ne peut jouer son rôle. L'encombrement des ravins, collecteurs naturels qui se révèlent n'être que de médiocres exutoires par suite de l'implantation de l'habitat, de l'installation de voies de circulation ou de dépôts d'ordures, n'est pas sans évoquer, au moins pour partie, des exemples déjà évoqués précédemment en France (Nîmes...). E. DORIER-APPRILL (1993) a bien montré que le taux de croissance de Brazzaville, supérieur à 6 % par an, explique l'extension de la ville hors de son site initial depuis le début des années 1960, et son étalement sur des secteurs inondables ou sur des versants raides et instables. L'insuffisance des réseaux de drainage des eaux usées et pluviales favorise la formation de mares où se développent les larves des moustiques. L'une des conséquences d'une mauvaise maîtrise de l'eau est la recrudescence des maladies parasitaires.

## Cyclones et inondations

Les inondations consécutives au passage des cyclones tropicaux sont fréquentes. Pluies et inondations ne sont pas seules responsables des atteintes aux populations et des dégâts matériels. Il faut encore compter avec les vents très violents et avec les inondations résultant des ondes de tempêtes capables de balayer les zones littorales et la partie aval des cours d'eau littoraux. Différents auteurs (PAGNEY, 1992) ont souligné la difficulté rencontrée pour tracer l'histoire des cyclones et l'impossibilité de raisonner en termes de temps de retour des phénomènes. Les impacts diffèrent selon la structure des météores, selon leurs caractéristiques et leurs trajectoires.

## Subsidence et inondations

Dans certains cas, comme ceux de Buenos Aires et de Bangkok, les risques d'inondation sont aggravés par la subsidence qui affecte certains substrats en raison des prélèvements d'eau dans les nappes. Bangkok (BOONYACHANDRANON, 1982) a subi quatre crues très sévères entre 1970 et 1980, dont celle de 1975 qui s'est révélée la plus catastrophique, notamment par ses effets économiques. Installés sur un delta, certains secteurs de la ville sont construits sur des sols situés au-dessous du niveau de la mer. La partie est de Bangkok fut recouverte en 1980, durant deux mois, par un mètre d'eau.

Au total, quel que soit le type d'inondation qui frappe dans les PED, on s'aperçoit qu'il existe un clivage dans le niveau de risque entre la périphérie de la ville, domaine de l'urbanisation « sauvage » qui enregistre les risques les plus nombreux, et les quartiers riches qui sont généralement beaucoup moins sensibles en raison de leurs équipements et de leur meilleure localisation géographique.

## Quels remèdes aux risques d'inondation dans les pays en développement ?

Comme en France, la lutte doit être adaptée aux différents types d'inondation.

Les villes partiellement ou totalement construites sur des pentes menacées par des mouvements de terrain devraient effectuer des travaux de stabilisation, ce qui impose une bonne connaissance des caractères morphodynamiques des versants. Dans les fonds connus comme inondables, la protection et la prévention nécessitent la prise en compte du cheminement de l'eau et des modes d'occupation des sols. On peut entrevoir ici l'importance des études hydrogéomorphologiques développées en France. Relativement peu coûteuses, elles permettent d'établir un premier diagnostic et de proposer rapidement des solutions simples.

Des zonages, fondés notamment sur des approches historiques du fonctionnement des cours d'eau, sont aussi indispensables. La prévention reste généralement peu satisfaisante car les ressources manquent pour assurer les travaux nécessaires. L'entretien d'aménagements entrepris après que soit survenue une crise n'est pas toujours possible pour les mêmes raisons. L'existence même des bidonvilles est en cause, néanmoins leur éventuelle disparition dépend du développement du pays qui reste dans la plupart des cas bien hypothétique.

Dans les villes où les réseaux d'écoulement des eaux usées sont insuffisants, la solution passe inévitablement par la rénovation et l'extension



de nouveaux équipements dont le coût est difficile à supporter, voire impossible à envisager par les pays concernés. Les solutions techniques existent. Leur mise en œuvre ne pose pas de difficulté majeure à surmonter, à condition, là encore, de pouvoir les financer.

Dans le cas des cyclones, la lutte principale relève cette fois de la prévision météorologique qui est au premier rang des moyens de lutte. L'importance des aspects prévisionnels a été clairement soulignée à la suite du cyclone Hugo à la Guadeloupe. Quand ces moyens fonctionnent bien, voire très bien, le nombre de victimes peut être fortement réduit, comme c'est le cas à la Réunion. Néanmoins, cela ne règle pas le problème des biens qui restent durement touchés, en particulier là où existent des formes d'habitat précaires. Les inondations liées aux cyclones se prêtent peu à une cartographie et à un zonage. Aussi, l'information, la préparation des populations, l'explication des phénomènes et des comportements à adopter apparaissent-elles fondamentales. L'élaboration de plans de secours cohérents et efficaces est également indispensable pour optimiser les interventions et gérer les crises.

Dans beaucoup de pays en développement, la connaissance de l'aléa est limitée en raison du manque d'archives et de données historiques, ainsi que de l'insuffisance des relevés météorologiques et hydrologiques. À Buenos Aires, G. DUPUY *et al.* (*op. cit.*) montrent que la prévision est difficile faute d'un fonctionnement correct des stations météorologiques locales. Dans ces conditions, comment évaluer l'intensité et le temps de retour des phénomènes et effectuer un zonage acceptable ? Par ailleurs, les nouveaux citadins connaissent très mal le milieu dans lequel ils s'installent. La marge de manœuvre est donc bien faible pour des populations démunies.

La maîtrise des sols, les questions juridiques, financières, politiques se posent également. L'exemple de Rio de Janeiro, au début des années 1970, révèle l'absence de politique systématique d'investissements publics due au fait qu'existait alors une séparation politico-administrative entre la ville proprement dite et le reste de la région métropolitaine. Les problèmes communs aux deux territoires et notamment ceux concernant les inondations n'étaient pas traités de façon globale. En 1975, la fusion de la ville de Rio avec l'ancien État de Rio de Janeiro aurait dû lever certains obstacles, mais le manque de ressources financières et les difficultés d'organisation de l'administration ne permirent guère la mise en œuvre de mesures globales efficaces. Pourtant, les solutions sont connues, en particulier celles qui concernent la prévention. À Rio de Janeiro, elles correspondent en fait à un plan de développement urbain. Il s'agit, d'une part, de réhabiliter et d'étendre les systèmes de drainage, de nettoyer les rivières et canaux

et de construire des digues dans les dépressions et les vallées, d'autre part, d'assurer une meilleure maîtrise de l'eau et d'édifier des murs de soutènement pour stabiliser les pentes. Le reboisement est localement préconisé, comme parfois le déplacement de la population (MILLER SANTOS, 1989). La réalisation des différents projets évoqués a été envisagée par le gouvernement de l'État et les municipalités concernées. Ils devaient être financés par la Banque mondiale et la Caisse économique fédérale, et bénéficier d'une aide technique et scientifique internationale (collaboration de l'Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Île-de-France, Iaurif). Dès la fin des années 1980, alors que la réalisation des projets n'est pas encore engagée, différents auteurs montrent que les aménagements nécessaires à la protection et à la prévention demandent des financements beaucoup plus importants que ceux prévus jusqu'alors. En fait, les mesures n'auront les effets escomptés que si elles sont accompagnées de changements structurels dans l'économie nationale allant dans le sens d'une meilleure répartition des revenus. Cela permet de souligner les difficultés rencontrées par la plupart des PED pour résoudre des problèmes dont la nature n'est pas fondamentalement différente de ceux enregistrés dans les pays industrialisés.

L'inégale lutte contre les risques tient à des types distincts d'organisation de l'espace et à des niveaux de développement économique très différents. On conçoit dès lors la difficulté de transposer aux PED les méthodes utilisées dans certaines communes françaises (zonages...). Comment empêcher une population démunie de s'installer dans les secteurs délaissés parce que inondables ? La vitesse d'implantation de quartiers entiers à Mexico, par exemple, rend impossibles les interdictions. Il en est de même sur les pentes instables. La croissance véritablement galopante de certaines villes des PED ne permet pas une maîtrise du sol, pas plus qu'elle ne permet l'installation d'infrastructures suffisantes dans les quartiers nouvellement créés. Tous les exemples évoqués ont montré que plus grande est la pauvreté, plus grande est la vulnérabilité des populations, plus grands sont les risques. Les inondations constituent de remarquables révélateurs des inégalités sociales. P. PAGNEY (1992) a bien souligné cela à la Guadeloupe lors du passage du cyclone Hugo. Ce que l'on nomme risque naturel, et qui est lié à des manifestations de la nature, est largement dépendant de situations sociales extrêmement fragiles. Gérer le risque devrait passer au minimum par une information et une formation des habitants exposés, si ce n'est de la société entière. Cela reste difficile pour des populations largement analphabètes dont la préoccupation souvent unique est la survie au jour le jour. Le risque est aussi fréquemment perçu comme le résultat d'une intervention divine ou une fatalité. C'est là encore un frein considérable à une politique de prévention.

## CONCLUSION

En France, le bilan des inondations n'est pas encore à la hauteur des efforts consentis pour s'en prémunir puisque l'urbanisation progresse dans les zones inondables et que les dommages s'accroissent. Cependant, les réflexions développées depuis une dizaine d'années ont permis d'analyser le problème et d'en tirer quelques enseignements. La connaissance des phénomènes est un préalable indispensable de la prévention. Mais elle doit rester autant que possible simple, c'est-à-dire appuyée sur des observations directes sur le terrain et sur l'étude des phénomènes historiques. Elle doit également s'inscrire dans une approche globale du bassin versant. La réglementation n'a de sens qu'à partir du moment où elle est comprise de tous et acceptée. Le risque demeurera d'autant plus fort que les enjeux socio-économiques prévaudront. Aussi apparaît-il aujourd'hui qu'une des clés fondamentales de la prévention passe par l'information et l'éducation de la population. Il faut développer une culture du risque et entretenir la mémoire collective.

Des procédures telles que celle des plans d'exposition aux risques semblent bien évidemment peu adaptées aux pays en développement. En revanche, les quelques principes que nous venons d'évoquer sont certainement transposables dans un grand nombre de cas : établir une cartographie historique et géomorphologique des champs d'inondation, sensibiliser la population au risque, l'informer des dangers encourus et lui apprendre les gestes de sauvegarde. Mais la réussite de ce projet repose aussi dans ces pays sur la maîtrise de l'urbanisation galopante et sur des capacités financières qui font malheureusement souvent défaut.

## BIBLIOGRAPHIE

- AZEVEDO CUNHA (L. R.), MILLER SANTOS (M.), DE CASTRO FILHO (J.), 1990 — Rio au risque des pluies. *Cahiers de l'Iaurif*, 92 : 87-94.
- BARNIER (M.), 1992 — *Atlas des risques majeurs. Écologie, environnement, nature*. Paris, Plon, 125 p.
- BLIN (P.), 1989 — Un nouveau Nîmes est-il possible ailleurs en France ? *Aménagement et nature*, 95 : 8-9.
- BOONYACHANDRANON (Ch.), 1982 — « Bangkok and the water ». In : The franco-asian symposium on Town management and urban engineering, Paris, 15 p.
- CAUDE (G.), 1988 — L'inondation des villes, un phénomène maîtrisable ? *Les annales de la recherche urbaine*, 40 : 53-63.
- CAUDE (G.), DEBIZET (G.), 1986 — *Éléments d'appréciation applicables aux Plans d'Exposition aux Risques liés aux inondations*. Noisy-le-Grand, Cergrene-ENPC, 57 p.
- CHAMPION (M.), 1863 — *Les inondations en France depuis le v<sup>e</sup> siècle jusqu'à nos jours*. Paris, Dunod, 5 volumes.
- DACHARRY (M.), 1990 — Parade aux effets des inondations. *Bulletin de l'Association des géographes français*, 1 : 5-11.
- Délégation aux risques majeurs, 1990 — *Les études préliminaires à la cartographie réglementaire des risques naturels majeurs*. Paris, La Documentation Française, 143 p.
- DE NONI (B.), DE NONI (G.), FERNANDEZ DE CASTRO (M.-A.), PELTRE (P.), 1988 — Drainage urbain et accidents climatiques à Quito (Équateur) : analyse d'un cas récent de crue boueuse. *Cah. Sci. hum.*, 24 (2) : 225-249.
- DION (R.), 1934 — *Le Val de Loire, étude de géographie régionale*. Thèse, univ. Tours, 752 p.
- DORIER-APPRILL (E.), 1993 — *Environnement et santé à Brazzaville (Congo). De l'« écologie urbaine » à la géographie sociale*. Thèse, Paris-X, 668 p.
- DUPUY (G.) et al., 1987 — *La crise des réseaux d'infrastructure : le cas de Buenos Aires*. École nationale des ponts et chaussées, univ. Paris-XII, 295 p.
- GARRY (G.), 1993 — *Le risque d'inondation en France. Recherche d'une approche globale du risque d'inondation et de sa traduction cartographique dans une perspective de prévention*. Thèse doct., univ. Paris-I, 509 p.
- GARRY (G.), 1995 — Auch, Nîmes, Vaison-la-Romaine : retours d'expériences. *Bulletin de l'Association des géographes français*, 4 : 131-145.
- GARRY (G.), GRASSIN (J.), 1994 — « La prise en compte du risque d'inondation dans l'urbanisme et le droit des sols ». In : *Crues et inondations*, actes du 23<sup>e</sup> colloque de la Société hydrotechnique de France, Paris, SHF : 763-770.
- GOURGAND (M.), LOUEMBE (D.), MOTTET (G.), 1991 — Morphodynamique et urbanisation à Brazzaville. *Espaces tropicaux*, 4 : 69-80.
- MASSON (M.), GARRY (G.), BALLAIS (J.-L.), 1996 — *Cartographie des zones inondables : approche hydrogéomorphologique*. Paris, ministère de l'Environnement, ministère de l'Équipement, 100 p.
- MASURE (Ph.), 1991 — Impact et prévention des catastrophes naturelles en site urbain. *Villes en développement*, 14 : 3.

- MASURE (Ph.), 1993 — Nos sociétés sont de plus en plus vulnérables. *Le Monde*, 24 novembre 1993.
- MILLER SANTOS (M.), 1989 — « La prise en compte du risque d'inondation sur l'aire métropolitaine de Rio de Janeiro » In : *La gestion des risques majeurs, défi et enjeu pour les métropoles*, Paris, Métropolis : 81-88.
- Ministère de l'Équipement, ministère de l'Environnement, DRM, 1988 — *La cartographie des Plans d'exposition au risque d'inondation*. Paris, La Documentation Française, 115 p.
- OKOU (Ch.), 1989 — L'urbanisation face aux systèmes naturels : le cas de Cotonou. *Cahiers d'outre-mer*, 42 (168) : 425-438.
- PAGNEY (P.), 1992 — À propos de l'ouragan Hugo. T. I. *Les phénomènes cycloniques et les Petites Antilles françaises*. T. II. *Les risques cycloniques et les Petites Antilles françaises*. T. III. *Les cyclones et l'archipel guadeloupéen*. Univ. Paris-Sorbonne, t. I, 72 p., t. II, 74 p., t. III, 32 p.
- PELTRE (P.), 1989 — « Les accidents du drainage urbain à travers la presse. Quito (Équateur), 1900-1986 » In : *Tropiques, lieux et liens. Florilège offert à P. Pélissier et G. Sautter*, Paris. Orstom. coll. Didactiques : 318-334.
- PELTRE (P.), D'ERCOLE (R.), 1992 — La ville et le volcan : Quito, entre Pichincha et Cotopaxi (Équateur). *Cah. Sci. hum.*, 28 (3) : 439-459.
- UNDR0 News, 1991 — Principles and practice of disaster mitigation : an example from Ecuador : 13-25.
- VIAU (J.-R.), 1985 — Bref aperçu de la situation socio-économique de l'inondation à travers le monde. *Sciences et techniques de l'eau*, 18 (2) : 153-157.
- Ville de Nîmes, 1989 — *Nîmes le 3 octobre 1988*. Éditions Ville de Nîmes, 108 p.