

La prise en compte du risque d'inondation

Bernard Chastan, Olivier Gilard, Pierrick Givone, Guy Oberlin

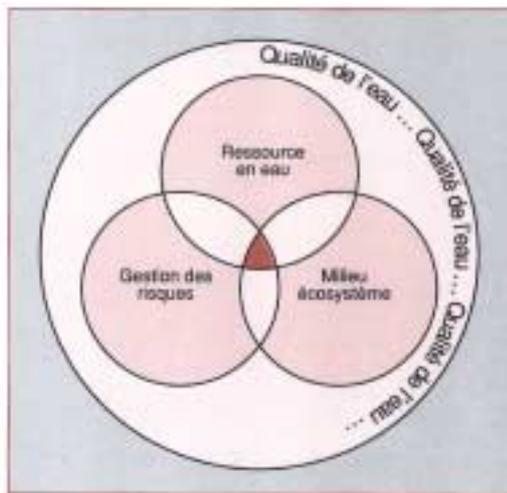
La gestion des risques naturels, et en particulier du risque d'inondation, fait depuis quelques années la une de l'actualité à la suite de nombreux et coûteux dégâts occasionnés par des crues d'une ampleur souvent exceptionnelle. L'objet de cette note est de rappeler quelques concepts fondamentaux qui doivent guider le décideur dans sa démarche d'analyse du problème et de mettre en évidence quelques caractéristiques fondamentales du risque d'inondation. Le facteur risque n'est en effet qu'une toute petite partie des multiples enjeux que représente l'eau. Quelques réflexions générales en matière d'action publique sont proposées, qui peuvent aider en particulier les aménageurs à asseoir leurs décisions sur un cadre conceptuel clair.

Plusieurs risques liés à l'eau

■ L'eau : ressource et facteur de risque

La notion d'inondation est généralement accompagnée d'une connotation très logiquement négative lorsqu'on s'intéresse aux dommages causés par les crues et aux politiques et moyens à mettre en place pour les prévenir. Cependant, la problématique de la gestion intégrée des eaux continentales fait son chemin et s'impose progressivement à tous et jusque dans les textes législatifs (cf. loi sur l'eau et dispositions concernant SDAGE et SAGE). Dans ce contexte, il est indispensable de rappeler que l'eau, facteur de risques, est également générateur de ressources (physiques, hydrauliques, biologiques, paysagères) y compris dans les inondations qui jouent un rôle dans la dynamique de ces ressources.

En ce qui concerne les risques liés à l'eau, l'inondation n'est pas le seul auquel la société s'intéresse : la vulnérabilité à la sécheresse fait aussi régulièrement la une des médias, et la sensibilité au risque environnemental augmente elle aussi. Ces différents risques sont liés à une même ressource, l'eau, et il n'est pas possible de traiter un type de risque indépendamment des autres composantes du système. Ainsi, par exemple, les aménagements conçus pour réduire le risque d'inondation ne doivent-ils pas aggraver le risque de sécheresse. Or, la plupart des techniques classiques utilisées dans ce domaine ont pour objet et effet d'accélérer les écoulements pour transférer au plus vite l'eau vers l'aval et, *in fine*, à la mer. Elle est alors perdue pour l'ensemble de l'hydrosystème fluvial, y compris pour son exploitation par l'homme.



▲ Figure 1. - L'aménagement des rivières.

Bernard Chastan
Département gestion
des milieux aquatiques

**Pierrick Givone,
Olivier Gilard
et Guy Oberlin**
Division Hydrologie-
Hydraulique

Cemagref,
3 bis, Quai Chauveau,
CP 220,
69 336 Lyon Cedex 09

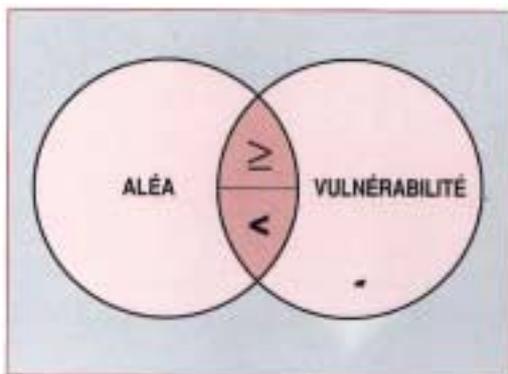
Les SDAGE et les SAGE

La loi sur l'eau de 1992 met en place les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) au niveau des grands bassins (Rhône-Méditerranée-Corse, Seine-Normandie, Adour-Garonne, Rhin-Meuse et Loire-Bretagne) dont l'objectif est de fixer les grandes lignes directrices pour l'élaboration des schémas d'aménagements et de gestion des eaux (SAGE), élaborés au niveau des sous-bassins versants. Ces mesures et les structures opérationnelles qui les accompagnent (CLE : Communauté locale des eaux) devraient permettre d'obtenir plus de cohérence dans l'ensemble des mesures d'aménagement ayant une incidence sur les eaux, de surface ou souterraines.

■ Définition du risque

C'est admis par tout le monde aujourd'hui, la notion de « risque » provient du croisement d'un aléa et d'une vulnérabilité. L'aléa correspond aux phénomènes naturels dont la manifestation peut créer des dégâts humains ou matériels. Il relève des sciences de l'hydrologie et de l'hydraulique. La vulnérabilité rend compte du fait que l'occupation du sol peut être affectée ou menacée par tel ou tel phénomène, est analysé indépendamment de son occurrence : elle relève plutôt de la socio-économie.

Une parcelle donnée sera donc considérée à risque quand on estimera que la probabilité d'occurrence de l'aléa est supérieure à ce qu'elle peut tolérer. La tolérance est fonction de l'usage de la parcelle et de sa fragilité. Dans le cas d'un aléa pouvant entraîner mort d'homme, on considère en général que le



▲ Figure 2. – Le risque, combinaison de l'aléa et de la vulnérabilité.

risque est insupportable. La moindre présomption de réalisation de l'aléa suffit alors à empêcher toute occupation du sol permanente par l'homme, comme l'habitat. Pour des aléas n'entraînant que des dégâts matériels, cette position est assouplie. Il faut alors tenter d'analyser aussi objectivement que possible aléa et vulnérabilité. La difficulté principale réside dans la nécessité d'une unité de mesure commune à ces deux notions. C'est ce que propose la méthode Inondabilité mise au point au Cemagref : un référentiel commun qui permet la comparaison de ces deux facteurs. Nous y reviendrons un peu plus loin.



▲ Figure 3. – La gestion du risque combine prévision, prévention et dimension culturelle.

■ Trois composantes à la gestion du risque

Pour gérer le risque, l'action publique doit s'appuyer sur les deux types de mesures que sont la prévention et la prévision, en intégrant une véritable culture du risque. En effet, ces trois composantes de la gestion du risque sont tout à fait complémentaires les unes par rapport aux autres et s'appuient mutuellement.

- La **prévention** est très étroitement liée à l'aménagement du territoire et à la gestion de l'espace qui doivent prendre en compte la notion de risque acceptable. Elle vise à gérer le niveau de dégâts collectivement admis et le niveau de protection collectivement requis. C'est la part prédéterminée du risque.

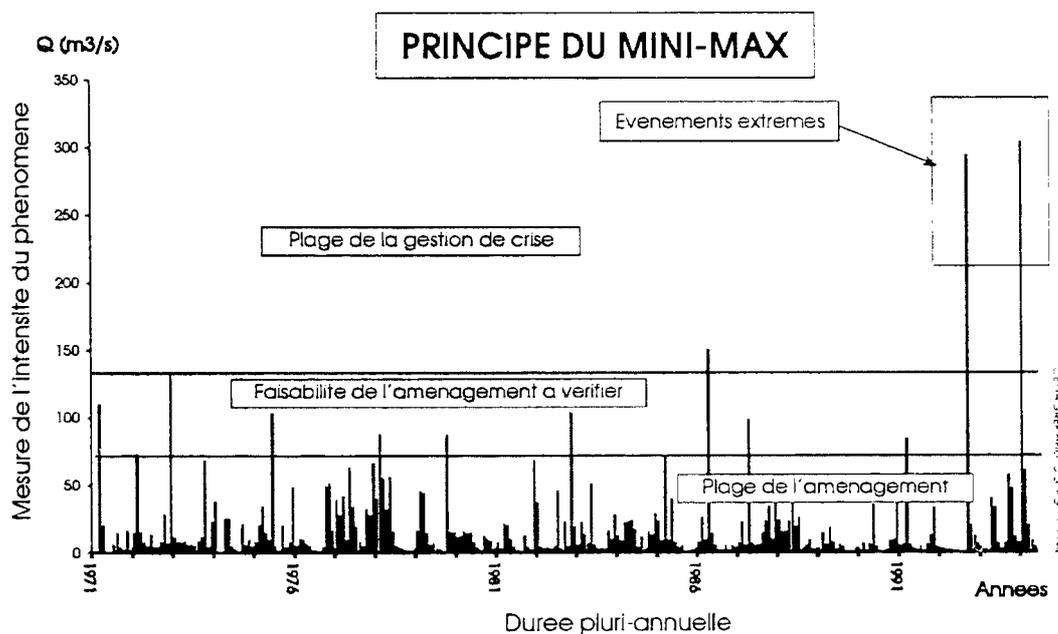


Figure 4. – Schématisation du principe du mini-max.

- La **prévision** et l'alerte (annonce de crues et gestion des crises) sont indispensables pour réduire le risque humain et prendre en compte la composante vraiment aléatoire du risque.
- Enfin, la **culture** du risque et sa diffusion sont nécessaires pour rendre opérantes les deux premiers types d'actions.

L'aménagement et la typologie des risques

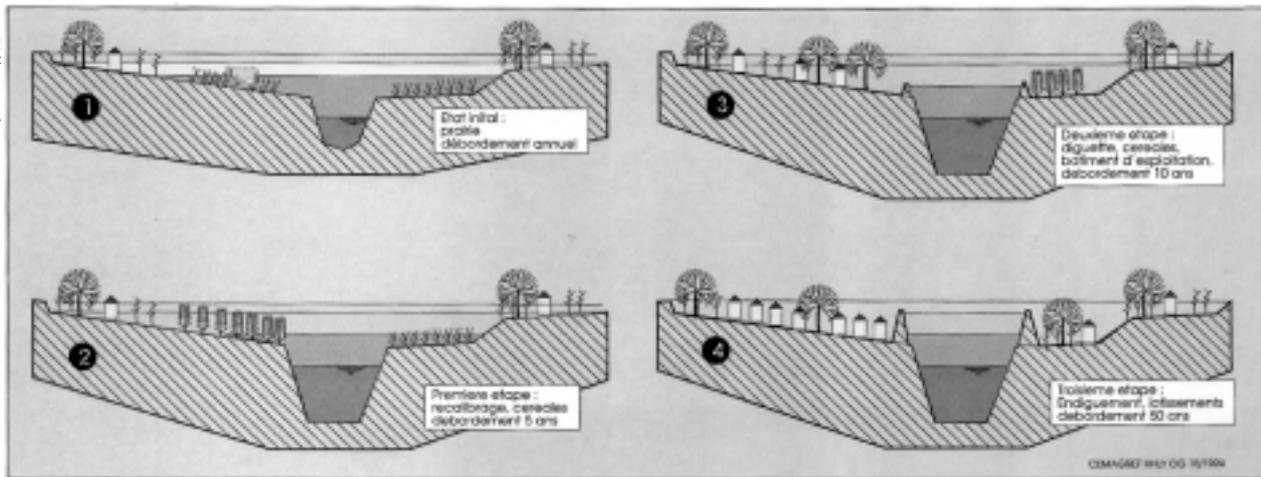
Les crues correspondent à un phénomène physique courant dont les occurrences sont quotidiennes. On parle de phénomène « continu ». Cependant, les intensités de ces manifestations sont très variables, des plus faibles aux plus fortes. Pour des raisons évidentes, les phénomènes extrêmes, qui sont aussi les seuls réellement médiatisés, sont ceux qui interpellent le plus les décideurs de tout type. Ces derniers ne peuvent pas toujours résister à la tentation de la politique du « mini-max ».

La politique du mini-maxi consiste à mettre en œuvre les moyens de l'aménagement du territoire, en priorité pour **MINIMISER** les événements **MAXIMUMS** (crues extrêmes), éventuellement au détriment du traitement des événements « moyens et faibles », c'est-à-dire les plus courants.

On peut alors s'interroger, en termes socio-économiques, sur l'opportunité de traiter des événements extrêmes, catastrophiques et imprévisibles par nature, par les outils de l'aménagement. Dans le même ordre d'idée, les assureurs, dont le champ d'action « naturel » devrait être justement les événements catastrophiques et imprévisibles, commencent à refuser leurs services aux populations concernées. C'est le cas dans le sud-est de la France après la catastrophe de Vaison-la-Romaine.

Une clarification s'impose pour distinguer les différents aléas et les différents risques. Il y a ceux dont le traitement relève clairement d'une politique d'aménagement du territoire.

Ce sont, à l'évidence, ceux d'intensité faible - bien qu'il soit difficile de donner une norme unanimement acceptée partout, on considère qu'il s'agit là d'événements de période de retour T inférieur à 10 ans en moyenne, $10 \text{ ans} < T < 100 \text{ ans}$, en tenant compte des conditions locales. Il y a les aléas et les risques qui se trouvent dans le champ de la gestion de crise, dont le but est essentiellement de préserver les vies humaines, et dans le champ de l'assurance pour les aspects matériels.



▲ Figure 5. – Augmentation du risque lié aux changements des usages avec les méthodes de prévention.

Une telle politique favorise la programmation des aménagements et fixe des bornes objectives à l'action publique, que l'on peut expliciter clairement.

Les causes aggravantes du risque

Comme l'ont rappelé les notions de base sur la définition du risque, il est nécessaire d'identifier les causes aggravantes du risque aussi bien dans le champ de la vulnérabilité que dans celui de l'aléa. En matière d'aménagement, on a trop souvent, dans les années passées, laissé s'installer une spirale qui a eu pour effet d'augmenter le risque en diminuant l'aléa, par les recalibrages ou les digues et en augmentant inconsidérément la vulnérabilité, par les lotissements.

■ Les facteurs de vulnérabilité

Chaque fois que l'on modifie l'usage du sol dans une zone exposée à un aléa, on modifie le risque. Un exemple très pertinent est d'ailleurs rappelé dans le rapport de la commission d'enquête parlementaire sur les inondations : celui des jardins maraîchers dans la vallée du Rhône qui se transforment peu à peu en résidences secondaires. On pourrait multiplier les exemples où une mesure de prévention, qui est prévue initialement pour un usage du sol donné, a pour effet indirect de modifier cet usage du sol dans le sens d'un accroissement de la vulnérabilité, et par effet induit, d'augmenter le risque.

On se retrouve donc dans une situation où, même si la fréquence des événements est un peu diminuée, quand une inondation survient, elle cause

beaucoup plus de dégâts à cause des modifications de l'occupation du sol. En fin de compte, la collectivité est sollicitée pour indemniser ces dégâts là où sans doute on aurait dû éviter de laisser s'établir un usage si vulnérable.

■ Les facteurs d'aléa

Pour analyser le problème suivant cet axe, il faut bien se rappeler que le volume d'eau à l'origine du phénomène nous est imposé par la pluie qui tombe, sur laquelle l'homme n'a aucun moyen d'action : c'est la fonction de production. Les pratiques humaines n'auront d'incidence que sur les transferts puis les écoulements.

Au niveau du bassin versant

Les processus de formation des crues font d'abord intervenir des fonctions de transfert entre le bassin versant, qui recueille la pluie qui tombe, et le réseau hydrographique, où se propagent les écoulements. Il existe de nombreux aménagements qui, sur le bassin versant, ont tendance à augmenter le transfert. Ainsi, toute **imperméabilisation** d'une parcelle du bassin versant a pour effet d'augmenter localement le coefficient de ruissellement et, donc, le volume d'eau en aval. Cela est vrai pour la construction d'une maison individuelle comme pour l'imperméabilisation d'un parking de supermarché, ou encore la construction d'une route.

Les mesures compensatoires que l'on peut mettre en œuvre ne peuvent être efficaces que sur une gamme de phénomènes pour laquelle elles sont dimensionnées. Elles ne sont plus efficaces dans le cas d'événements exceptionnels, où l'effet aggravant redevient prépondérant. C'est le cas, par exemple,

d'un bassin de rétention dimensionné pour la pluie décennale dont l'effet est annulé, voire inversé, pour une pluie centennale.

Dans les pratiques qui augmentent le ruissellement, on peut aussi faire rentrer des **modifications de pratiques culturelles** qui intéressent de grandes superficies : déboisement, labours, éventuellement cultures sous plastique.

Cependant, il ne faut pas exagérer l'importance de ces actions aux effets négatifs. Si elles peuvent modifier de manière conséquente les événements hydrologiques courants (crues fréquentes aggravées), elles ont un effet minime sur les événements exceptionnels, et même un sol forestier en parfait état peut se trouver saturé par une pluie centennale.

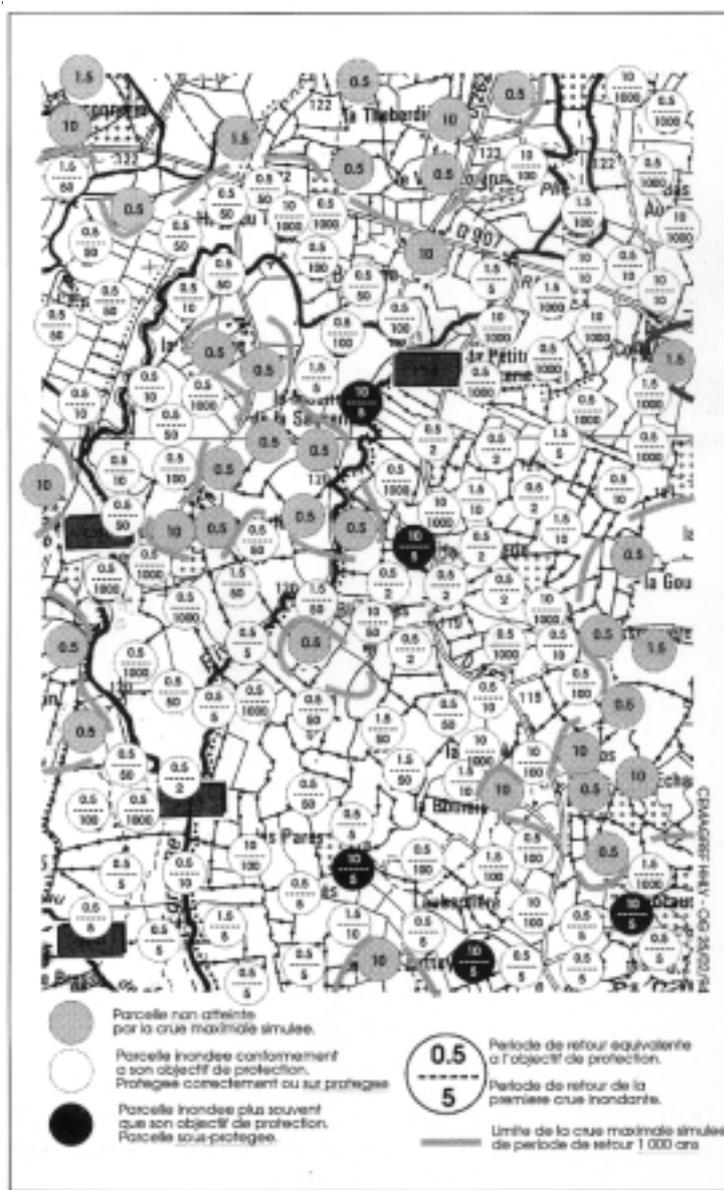
Au niveau des vallées et des lits majeurs

Les phénomènes de production et de transfert de la pluie du bassin versant au réseau hydrographique sont suivis par les phénomènes d'écoulement dans le réseau hydrographique. D'autres techniques d'aménagement peuvent avoir à ce niveau des conséquences aggravant les inondations. En fait, **tout aménagement, quel qu'il soit, aggrave dans une certaine proportion le risque d'inondation.** En effet, le volume de la crue étant fixé, on ne fait que le déplacer dans l'espace ou le temps et, donc, en améliorant une des composantes en un point, débordement moins fréquent ou moins long, on en aggrave une autre ailleurs, crue plus fréquente ou plus intense par exemple. Le cas extrême est celui du barrage écrêteur où l'on crée un aléa maximum dans la cuvette pour préserver un site aval.

Commentaires de la cartographie des risques

Cette carte est une synthèse des cartes d'aléas, qui traduit la répartition statistique du phénomène naturel crue, et des cartes de vulnérabilité, qui mettent en évidence la sensibilité de l'occupation des sols à ce phénomène aléatoire. Elle résume donc, de manière compréhensible, la situation de risque de chaque parcelle obtenue par comparaison des deux facteurs précédents, aléa et vulnérabilité. Elle synthétise l'ensemble des connaissances hydrologiques, hydrauliques et socio-économiques et doit permettre de déterminer le schéma d'aménagement le plus cohérent pour gérer collectivement la contrainte hydraulique et les risques qui en découlent.

Inversement, la suppression d'une zone d'expansion des crues augmente l'aléa à l'aval de celle-ci : c'est donc vrai pour tout recalibrage ou endiguement. Viennent ensuite toutes les situations plus complexes où les effets induits doivent être analysés en détail : rescindement de méandres, rectification de berges, extractions de matériaux, obstacles à l'écoulement en lit majeur, surdimensionnement d'ouvrages hydrauliques...



▲ Figure 6. – Cartographie dynamique du risque à l'aide de la méthode Inondabilité.

La règle d'or du ralentissement dynamique et la méthode « inondabilité »

Pour inverser la tendance à l'augmentation des aménagements et ses effets induits en matière d'aggravation du risque, on peut définir une **règle d'or de l'aménagement** qui serait de ralentir l'eau partout où cela est possible de manière raisonnable : c'est le **ralentissement dynamique**. Les bénéfices en termes de ressource potentielle en eau sont évidents. De plus, le caractère dynamique de ce ralentissement rappelle que cela n'empêche pas d'améliorer les potentiels de mise en valeur des zones concernées, si l'on se contente effectivement d'intervenir sur les pointes de crue, en améliorant éventuellement des caractéristiques sur des durées plus longues. Il ne s'agit nullement de transformer toutes les zones de lit majeur en zones humides mais bien d'adapter l'occupation des sols au niveau d'aléa identifié.

Pour ce faire, et en se plaçant résolument dans le cadre de la prévention du risque au sens indiqué, le Cemagref a développé les concepts et la méthode appelée inondabilité. Cette méthode a pour objectif la réalisation d'une cartographie dynamique du risque servant de base à une négociation en matière d'aménagement du territoire. Des fondements théoriques en hydrologie et en hydraulique ont permis de développer les modèles « débit-durée-fréquence » et les modèles numériques de calcul de zones inondées. Ces modèles permettent une cartographie indépendante de deux variables exprimées dans la même unité, l'une quantifiant l'aléa et l'autre la vulnérabilité. Ces variables sont adaptées à la description de la grande diversité parcellaire de l'occupation du sol. La carte de synthèse, obtenue par croisement des deux informations précédentes, décrit réellement la situation de risque et introduit une notion de bénéfice ou déficit de protection qui peut alors servir de base à la négociation entre propriétaires de parcelle ou, pour être plus efficace, entre zones.

L'utilisation de cette méthode introduit automatiquement la possibilité de négocier le risque en jouant soit sur l'aléa, c'est la technique classique d'aménagement, soit sur la vulnérabilité, on revoit alors les objectifs de protection voire même ceux de l'occupation du sol. De plus, cette démarche incite naturellement les acteurs de l'aménagement du territoire à utiliser des techniques respectant le

fonctionnement naturel des hydrosystèmes, avec pour conséquence des impacts limités sur la ressource en eau et l'écosystème associé.

La nécessité d'automatiser les outils de traitement, et en particulier la cartographie, et d'aboutir à une cartographie dynamique est la conséquence des processus de négociations qui découlent de cette démarche. Pour négocier efficacement, il faut être en mesure de tester de nombreux scénarios d'aménagement du cours d'eau qui modifie l'aléa, ou de l'occupation du sol qui modifie la vulnérabilité. Il est de plus nécessaire d'être capable d'actualiser régulièrement les cartes en question et cela passe également par une automatisation des traitements.

Quelques éléments complémentaires

On a vu que toute politique de prévention du risque au sens le plus large doit s'appuyer sur trois volets complémentaires que sont la culture du risque, la prévention et la prévision liée à la gestion efficace des crises. Nous allons reprendre successivement ces trois facteurs pour montrer quels types d'actions sont possibles.

■ Les besoins opérationnels

• Culture du risque

La nécessité d'une meilleure culture du risque est évidente puisqu'il s'agit de développer à tous les niveaux une meilleure conscience des problèmes en sorte que les autres mesures soient comprises et acceptées, donc plus efficaces. Cette mesure doit intéresser aussi bien l'individu citoyen que tous les techniciens qui travaillent dans le domaine de l'aménagement du territoire puisque toute pratique a une incidence, même faible, sur le régime des eaux. Tous les acteurs de l'aménagement doivent donc être sensibilisés à ce problème : décideurs locaux, techniciens, administrations, concepteurs d'ouvrages...

Cette culture du risque doit être portée par toutes les structures de formation-information possibles et doit faire appel à des spécialistes de la communication pour rendre le message pertinent.

C'est une tâche qui relève du long terme et dont les effets sont difficilement mesurables directement, ce qui n'enlève rien à son caractère indispensable.

• Prévention du risque

Pour de multiples raisons, la cartographie du risque, c'est-à-dire intégrant tant l'aléa que la vulnérabilité, est une étape obligatoire du processus de prévention des risques. C'est en effet sur elle que repose la connaissance des zones les plus exposées, c'est une base de programmation de l'aménagement du territoire, c'est un outil de concertation au niveau local, c'est un moyen de tester l'impact de travaux d'aménagements hydrauliques ou concernant des zones « à risque ». Toutes ces raisons imposent d'en généraliser l'application à l'ensemble des cours d'eau.

Par ailleurs, cette mesure peut faciliter les deux autres volets que sont prévision et culture du risque. En effet, elle permet d'identifier quelles sont les zones où la prévision est la plus nécessaire ; en particulier, quand la société a décidé d'admettre un risque acceptable sur des bases économiques, il est indispensable, dans les zones de lit majeur utilisé concernées, de compléter la démarche par des procédures de sauvegarde de type prévision-alerte-plan de secours pour le jour où le risque se manifeste. Elle permet aussi d'informer le public sur une base objective en donnant lieu à une cartographie informative.

• Prévision et gestion de crise

La prévision des crues est une composante importante du dispositif public de sauvegarde des biens et des vies face aux phénomènes de crues. Sans rentrer dans l'organisation des Services d'annonces des crues, on doit signaler que la demande sociale s'est déplacée, ces dernières années, de la simple demande historique « d'annonce des crues », vers un besoin de « prévision des crues » puis, très récemment, vers un besoin de « prévision des zones inondées ». Cette évolution est importante car elle implique la mise en œuvre d'outils de modélisation et de cartographie qui sont plutôt ceux de l'aménagement hydraulique et ne sont pas employés pour l'instant dans ce domaine.

En outre, des moyens de mesures nouveaux (radar et satellite essentiellement) sont apparus et doivent être intégrés dans les dispositifs rénovés d'annonce des crues, qui devront couvrir une gamme de besoins élargie à ceux des petits bassins versants. Des initiatives locales, émanant de syndicats de communes par exemple, ne sont pas à exclure dans ce domaine.

Une cartographie préalable des zones inondées, par exemple sous la forme retenue pour les départements du sud de la France (étude DPPR), est une aide précieuse pour identifier les zones prioritaires à doter d'un système d'annonce des crues. Il y a clairement complémentarité entre les démarches « cartographiques » et celles qui aboutissent aux systèmes de prévision et de gestion de crise. En particulier, la programmation des procédures d'évacuation lors des crues extrêmes sera facilitée par une cartographie des zones inondées identifiant les zones sensibles, les réseaux encore utilisables, etc.

■ *Un service hydrologique national ?*

La multitude des acteurs concernés de près ou de loin par l'aménagement des cours d'eau et la difficulté de coordination ressentie par tous rendent de plus en plus criante la nécessité d'une forte coordination de l'ensemble de ces actions. A l'image des pays anglo-saxons, un service central hydrologique (ou hydro-météorologique), qui regrouperait les compétences en termes de police de l'eau, de collecte de données et de programmation des actions d'aménagement, ferait gérer par des unités régionales les outils cartographiques déjà cités.

■ *Les besoins en recherche-développement*

En matière de recherche-développement, deux axes de recherche paraissent devoir être privilégiés. Il existe déjà quelques équipes qui travaillent dans ce domaine depuis de nombreuses années pour asseoir les bases scientifiques d'une politique de prévention. Il nous semble qu'un effort particulier devrait être apporté pour développer des concepts de géomatique appliqués à la représentation du risque d'inondation, travail de recherche qui doit être réalisé en collaboration entre hydrologues, hydrauliciens et géomaticiens.

Un autre axe de recherche à privilégier reste l'hydrologie et l'hydraulique pour une meilleure connaissance des phénomènes et de leur représentation adaptée aux besoins de l'aménageur. En particulier, le développement de l'hydrologie régionale et de la modélisation hydraulique sont des étapes nécessaires pour les objectifs opérationnels ci-dessus. Inondabilité apporte une partie de ces réponses de manière tout à fait opérationnelle mais il reste encore des progrès possibles et des développements à assurer.

Enfin, les rapprochements en cours entre sciences humaines et sciences physiques d'une part, et entre sciences du vivant et sciences physiques d'autre part, sont prometteurs.

Des progrès importants peuvent être accomplis tant en matière de compréhension des blocages sociaux à la réception de certains messages techniques, et donc de meilleure efficacité de l'action une fois ces blocages levés, qu'en matière de gestion intégrée des eaux continentales. Les travaux de recherches en cours dans ces différents domaines devraient donc être encouragés.

Conclusion

Comme on le voit, les réflexions en cours sur la gestion du risque sont nombreuses et permettent différents niveaux d'action. Il existe aujourd'hui des réponses opérationnelles qui mériteraient une plus grande diffusion pour améliorer la prise en compte de ces problèmes dès les phases de l'aménagement du territoire. Il reste des problèmes d'organisation et de moyens à résoudre pour que la société puisse gérer ces problèmes plus efficacement. Enfin, le champ de la recherche est encore très vaste et des progrès nombreux sont encore attendus dans ce domaine.

Résumé

Les inondations catastrophiques de ces dernières années nous ont rappelé que l'aménagement du territoire n'avait peut-être pas suffisamment pris en compte ces phénomènes. Cet article rappelle les définitions, les spécificités du risque d'inondation et ses liens avec l'aménagement des rivières. Les causes aggravantes du risque sont examinées. Les aménagements doivent respecter certains principes tels que celui du « Ralentissement dynamique » présenté ici, afin de concilier les différents enjeux en présence. Des éléments de base d'une politique d'aménagement raisonnée améliorant la gestion du risque sont fournis. Des travaux de recherche sont proposés pour progresser en ce domaine.

Abstract

Catastrophic floods that happened these last years have dramatically underlined that these phenomena had not been sufficiently taken into account in land use management policies. After explaining some basic definitions, this paper details the specificity of flood hazards. Those must be analyzed in close link to river management. Causes that worsen the risk are also reviewed. A number of principles are worked out, like « dynamic slowing down », with which river management should always comply, in order to conciliate the various stakes involved. Other elements are provided which give way to a better management of this kind of hazard, through implementation of a coherent management policy. Lastly, priority research subjects are proposed in order to progress.

Bibliographie

- GIVONE P., OBERLIN G., PARSY C., 1990 Aménagements et inondations, Colloque interrégional « Entretien et gestion des rivières », AFBLB, Angers, 25 janvier 1990, 12 p.
- OBERLIN G., 1990 Inondabilité : un programme pour l'aménagement rationnel des zones inondables. Informations techniques du CEMAGREF, décembre 1990, n°80, note 5, 4 p.
- GAUTIER J.-N., 1991, INONDABILITE, cartographie de synthèse, Rapport X° Plan Etat-Région Rhone-Alpes, risque naturels en montagne, crues et inondations en vallée, 1991, 100 p.
- Actes du Congrès AISH de Yokohama, dans le cadre de la Décennie Internationale pour la Prévention des Risques Naturels (DIPCN), 1993
- OBERLIN G., 1994 Contribution à une gestion intégrée du patrimoine des eaux continentales par une protection raisonnée et négociée contre les inondations, Académie des Sciences (CADAS), journée du Palis d'Iéna, 1994 Les informations techniques
- Actes des 23° journées de l'hydraulique, Colloque SHF, Nîmes, 1994.