
ANALYSE ET ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX INONDATIONS DU BASSIN DE L'ORGE AVAL

Bruno BARROCA : LGUEH - Laboratoire Génie Urbain, Environnement, Habitat – Université de Marne-la-Vallée - Pôle Ville- 5, Bd Descartes - Bâtiment Lavoisier - 77454 Marne la Vallée Cedex 2

Email : barroca@univ-mlv.fr

Nathalie POTTIER : LGMA UMR CNRS 8141 - Laboratoire de géographie des milieux anthropisés, Avenue Paul Langevin 59650 VILLENEUVE D'ASCQ cedex (université de Versailles St-Quentin en Yvelines)

Email : Nathalie.Pottier@c3ed.uvsq.fr

Emilie LEFORT : CEREVERE - Centre d'enseignement et de recherche « eau, ville, environnement » (ENPC – ENGREF - UPVM) - Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 6-8 av. Blaise Pascal, Cité Descartes, 77455 MARNE-LA-VALLEE cedex 2

Email : lefortemilie@aol.com

RÉSUMÉ : cet article présente la construction d'un outil d'évaluation de la vulnérabilité liée au débordement d'un affluent de la Seine à l'amont de Paris et une application à la partie urbanisée du bassin versant. Les réflexions formulées sont issues d'une approche exploratoire réalisée à partir d'un important travail bibliographique précédant les études de terrain et les interviews des principaux acteurs locaux. L'outil d'évaluation élaboré permet d'analyser et d'évaluer la vulnérabilité locale aux inondations urbaines selon plusieurs facteurs. Il s'agit de la vulnérabilité liée à l'aléa (1), la vulnérabilité de la population (2), la vulnérabilité du bâti (3), la vulnérabilité liée aux usages (4) et la vulnérabilité liée à la gestion de crise (5). Chacun de ces cinq facteurs fait l'objet d'une grille d'analyse et d'évaluation qui permet d'élaborer des indicateurs de vulnérabilité à partir de listes détaillées de critères. Ces grilles, élaborées en concertation avec des praticiens, gestionnaires du risque, constituent un outil d'aide à la décision dans le cadre d'une gestion intégrée des zones urbaines soumises à inondation. L'accent est mis sur la partie méthodologique de l'outil et non sur les résultats propres au site étudié (site de l'Orge aval).

ABSTRACT: this article presents the construction of a tool for the evaluation of the vulnerability related to the overflow of an affluent of the Seine at the upstream of Paris and applied in the urbanized part of the catchment area. The reflections result from an exploratory approach carried out from an important bibliographical work preceding the investigation works and interviews of the main local actors. The focus is laid on the methodological part of the tool and not on the results on the studied site (site of the Orge downstream).

MOTS-CLÉS : vulnérabilité, inondation, territoire, évaluation, prévention des risques.

KEY WORDS: vulnerability, flooding, landscape, evaluation, risk management.

Introduction

Les collectivités locales sont particulièrement vulnérables face aux risques naturels. Ces événements¹ occasionnent des coûts² et conséquences sur l'opinion publique qui entraînent une préoccupation grandissante pour les autorités locales et nationales. Ils exposent les faiblesses du système de prévention ainsi que la fragilité des communes face aux risques et ils reposent la question de la pertinence et de l'efficacité des moyens de prévention.

Le contraste est souvent saisissant entre les moyens mis en œuvre pour la connaissance de l'aléa et l'indigence des travaux sur les vulnérabilités, définies comme « *la mesure des conséquences dommageables de l'inondation sur les enjeux* » soit « *la fragilité d'un système socio-économique dans son ensemble face au risque* » (G. HUBERT et B. LEDOUX, 1999).

Au regard des résultats de la dernière expertise publique (HUET P. *et al.*, 2003), il semble que la méconnaissance ou prise en compte partielle des vulnérabilités territoriales engendre de mauvais choix d'aménagement. Les retours d'expérience et les missions d'expertise (HUET P. *et al.*, 2003) insistent sur le fait que, d'ici dix ans, la prise en compte des risques devra nécessairement passer par la revalorisation des études de vulnérabilité comme base indispensable à la définition des objectifs pour une gestion territorialisée des risques.

La réponse de l'Etat est un renforcement de la politique publique de prévention des risques. Ainsi, la loi du 30 juillet 2003³ relative à la prévention des risques et à la réparation des dommages prône parmi ses idées fortes, la réduction de la vulnérabilité des biens et des personnes par la révision des conceptions urbanistiques, des modes d'urbanisation et de la cartographie réglementaire qui doit découler non de la seule étude des aléas mais aussi de l'analyse de la vulnérabilité des territoires (POTTIER N., 2003). Cette politique de niveau national ne résout cependant pas l'ensemble des problèmes auxquels les acteurs locaux sont confrontés.

Dans le cadre de la gestion locale du risque, les volontés tendent vers le développement d'outils et de méthodes permettant de mieux apprécier les différents aspects de la vulnérabilité dans l'approche du risque inondation (approche qui a longtemps privilégié les uniques études sur l'aléa). Néanmoins l'expérience manque et il convient donc de développer des outils d'aide à la décision en matière de connaissance des vulnérabilités au niveau local pour la prévention des risques.

La présente recherche propose de développer un outil opérationnel et évolutif d'aide à la décision en matière de gestion locale du risque. Il s'agit d'élaborer des grilles d'analyse et d'évaluation permettant aux décideurs d'augmenter leurs connaissances des vulnérabilités locales. Ces grilles d'évaluation de la vulnérabilité sont mises en oeuvre afin de répondre à une demande spécifique orientée vers les risques résultant d'inondations urbaines, débordement de cours d'eau et pluies d'orages.

Contexte théorique et méthodologique

Polysémie du concept de vulnérabilité

La vulnérabilité est un terme très polysémique. En France, cette notion demeure floue, évolutive dans le temps et l'espace, et multiple, elle caractérise tantôt le matériel (dégâts) et tantôt l'immatériel (vécu des populations) (LAGANIER R., SCARWELL H.J., 2003). A chaque auteur et acteur sa définition, ceci engendrant divergences et lacunes pour la gestion du risque. La pluralité de ces définitions montre différents aspects de vulnérabilité.

- La vulnérabilité physique se traduit par l'évaluation quantitative voir monétaire des dommages ou impacts (TORTEROTOT J.-P., 1993). Cet aspect introduit également la plus ou moins grande capacité des biens mobiliers, immobiliers et patrimoniaux à résister à un évènement naturel exceptionnel. On peut rattacher à cette définition les travaux portant sur les degrés d'endommagement ou les études de type coût - bénéfice. Cette vision « anglaise » traduite dans le guide « *Planning Policy Guidance 25* » n'implique pas une

¹ De 1998 à 2002, l'Europe a subi plus de 100 inondations graves, dont celles, catastrophiques, le long du Danube et de l'Elbe en 2002. Depuis 1998, les inondations ont causé la mort de quelque 700 personnes, le déplacement d'environ 500 000 personnes et au moins 25 milliards d'euros de pertes économiques.
Source : <http://www.actu-environnement.com/ae/news/680.php4>

² Entre 800 millions et un milliard d'euros en décembre 2003 selon la Fédération française des sociétés d'assurances.

³ LOI n° 2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages.

interdiction stricte de construire dans les zones à risque, mais participe à une gestion négociée de l'urbanisation.

- D'autres définitions privilégient les aspects d'exposition. Pour exemple, Paul-Henri BOURRELIER propose de définir le risque inondation comme la « *co-occurrence d'un aléa hydrographique et d'une vulnérabilité en un point géographique donné* » (H. BOURRELIER, 1997). Cette vision qui propose d'analyser le risque comme croisement d'un aléa d'une vulnérabilité et d'une exposition est la base du système réglementaire français dont la volonté est l'interdiction d'urbanisation des zones à risques (PPR).

Les aspects de vulnérabilité exprimés ci-dessus (Impact, Résistance, Exposition) sont issus de recherche en science « dure ». Ils forment ce qui est couramment appelé la vulnérabilité biophysique.

Parallèlement les travaux réalisés en sciences humaines vont aboutir à la vulnérabilité sociale qui dépend de la capacité à anticiper l'aléa, de la capacité à faire face à l'urgence, du comportement en temps de crise et de la capacité de reconstruction (WISNER B. et al., 2004). La vulnérabilité sociale permet d'agir en l'absence de certitudes sur l'aléa et l'exposition ; elle intègre également les temporalités du risque.

Méthodes d'évaluation de la vulnérabilité : état de l'art

a) Les méthodes anglo-saxonnes

En matière d'évaluation des vulnérabilités aux inondations, il est de coutume de considérer que la France accuse un certain retard par rapport à l'étranger. Il convient donc de ne pas passer à côté de nombreuses expériences et méthodes développées par des pays réputés pour leur savoir-faire en la matière : l'Angleterre et les Etats-Unis. Ils se distinguent par l'importance des recherches entreprises et le niveau de développement des méthodes d'évaluation des vulnérabilités aux inondations.

C'est aux Etats-Unis que la notion de « gestion des plaines inondables » (« *floodplain management* ») est apparue dans les années 1950 avec les travaux du géographe Gilbert WHITE, véritable précurseur des recherches menées sur ce thème (1975). De même, les études sur l'évaluation des vulnérabilités y sont relativement anciennes (FOSTER H.D., 1976). Aujourd'hui, les recherches américaines constituent toujours d'importantes références comme l'attestent les nombreux articles traitant des méthodologies d'évaluation des vulnérabilités publiés dans le *Natural Hazard Review* (FLAX LISA K. et al., 2002 ; WOOD NATHAN J. et al, 2002).

En Angleterre, l'essentiel des recherches est mené par le *Flood Hazard Research Centre* (FHRC), un des premiers centres travaillant sur ces problématiques d'évaluation du risque (depuis les années 60) autour d'une équipe interdisciplinaire qui étudie plus spécialement les relations entre les inondations et la société (PARKER, 1995). Les connaissances acquises dans le domaine sont telles que des guides de référence officiels d'importance internationale y ont été publiés : le *Blue manual* (PENNING-ROUSELL E., CHATTERTON J., 1977) et le *Red manual* (PARKER D., GREEN C., THOMPSON P., 1987).

Tous les types de dommages semblent avoir été étudiés par les Anglais, essentiellement au travers d'approches quantitatives telle que la construction de fonctions de dommages et l'analyse coûts / avantages (PENNING-ROUSELL E., CHATTERTON J.B., 1980). Des démarches plus qualitatives ont été plus récemment développées. Il s'agit par exemple de la *Bootstrapping method*, mise en place pour l'évaluation des dommages à la santé et les pertes de biens irremplaçables. Cette méthode propose une évaluation monétaire du coût des dommages tangibles subis par la population sinistrée alors interrogée par enquête. Les questionnaires d'enquête permettent également aux individus d'attribuer une note de sévérité aux dommages tangibles et intangibles. Cette méthode propose donc d'évaluer les impacts intangibles en leur attribuant la même valeur monétaire que les dommages tangibles ayant obtenus la même note de sévérité (HUBERT G., LEDOUX B., 1999).

D'une façon générale, les réflexions sur les vulnérabilités aux inondations sont très poussées pour les enjeux liés à l'agriculture, aux activités et à l'habitat. Par exemple, il existe une typologie fine de l'habitat considérant 21 catégories types en croisant trois critères (la nature du logement, la date de construction et la catégorie socioprofessionnelle des occupants). Pour chacune de ces catégories, on calcule des fonctions de dommages en fonction d'un ou plusieurs paramètres de l'aléa.

Les démarches plus qualitatives et les analyses de vulnérabilités sont toutefois peu développées. En outre, les analyses de type multicritères ne sont pas employées dans le cadre de l'évaluation des impacts des inondations (PENNING-ROUSELL E., 1999).

b) Les méthodes françaises d'évaluation quantitative

Jusqu'à la moitié des années 1990, la recherche axée sur la problématique « risque » s'attache à répondre aux exigences de l'Etat (mise en place des PER) et des assureurs (indemnisations CatNat) (CAUDE G., 1987). Les méthodes développées sont de deux types (LEFORT E., 2004) :

- des démarches analytiques *a priori* de type coût/avantage qui consistent à traduire les vulnérabilités en unité monétaire et à réaliser des constats d'endommagement débouchant sur des simulations de sinistres (BLONG R., 2003, D'ERCOLE, 1994 ; LEONE F. et al, 1996) ;
- des démarches dites « phénoménologiques » *a posteriori*, encore limitées, qui consistent à analyser les vulnérabilités à partir de retours d'expérience (DARTAU B., 1999, ARNAL C. et MAZURE P., 1999), à estimer le coût moyen annuel à l'échelle du bassin versant et calculer les dommages potentiels (BCEOM, 1980).

c) Des méthodes françaises d'évaluation qualitative : quelques exemples

- La méthode *inondabilité* du CEMAGREF⁴ (GILARD O. 1998, GENDREAU N. 1999) consiste en une modélisation et un croisement des variables « aléa » et « vulnérabilité » permettant d'exprimer sur une carte synthétique « un *risque maximal acceptable* », c'est-à-dire d'accepter de prendre certains risques en échange de certains bénéfices. Cette méthode traduit les vulnérabilités par des données de nature hydrologique, mais a l'inconvénient de définir la vulnérabilité indépendamment de tout aspect économique (DAUPHINE A., 2001). En outre, si la modélisation et la caractérisation de l'aléa sont opérationnelles et bien cernées, les paramètres visant à modéliser les vulnérabilités sont plus discutables car subjectifs (STRATEGIS, 2003). Afin de remplir pleinement son objectif, l'aide à la décision par un jeu de concertation/négociation, la méthode ne devrait pas se baser uniquement sur une analyse « technique » des vulnérabilités et il semble nécessaire d'y introduire la dimension socio-économique du risque. Cette lacune est reconnue par le Cemagref de Lyon, qui s'attache à la combler en faisant appel à une équipe interdisciplinaire (comportant des économistes et des sociologues). Enfin, le caractère opérationnel de la méthode reste à prouver ; les études de cas sont rares, les démarches restent expérimentales et les acquis méthodologiques demeurent faibles (HUBERT G., LEDOUX B., 1999). De nouvelles réflexions doivent certainement y être encore apportées.
- Les techniques hiérarchiques multicritères : la plus connue (GRAILLOT D. et al, 2001) a pour objectif de caractériser la vulnérabilité des zones urbaines et des projets d'aménagement exposés à un risque à partir du mode d'occupation du sol. La vulnérabilité est appréhendée de manière chiffrée à partir de données qualitatives variées. Chaque critère de vulnérabilité est standardisé, puis pondéré en fonction de son importance supposée. Au final un indice d'évaluation unique définit la valeur de l'occupation du sol en termes d'enjeux économiques et humains.

Finalement, il existe de nombreuses méthodes de caractérisation et d'évaluation de l'élément « vulnérabilités » des risques naturels, en particulier les inondations, expérimentées au cours des 20 dernières années en France et à l'étranger (essentiellement en Angleterre). Les démarches qualitatives, récentes et privilégiées aujourd'hui, restent peu nombreuses mais en plein essor. Cependant, il manque généralement à ces dernières le caractère opérationnel indispensable à la gestion locale des risques. Nous exposons donc ci-après un outil d'évaluation des vulnérabilités adapté aux besoins des acteurs locaux (élu, ingénieurs, techniciens, assureurs, etc...) et conçu avec leurs concours. Dans cette perspective, il se veut finalisé, simple d'emploi et réactualisable en fonction de l'évolution des enjeux locaux et de leurs vulnérabilités dans le temps.

Méthodologie de création d'un outil d'évaluation des vulnérabilités locales

Architecture générale de l'outil

La méthodologie retenue s'inspire fortement du travail réalisé dans le cadre du programme « *la vulnérabilité des territoires côtiers : évaluation, enjeux et politiques publiques* » du PNEC (MEUR-FEREC C et al., 2003). Dans le cadre du PNEC une recherche transdisciplinaire, associant géographes, économistes et sociologues a permis la mise au point d'un outil finalisé, « *La grille de vulnérabilité (PNEC)* » qui a pour but de contribuer à répondre à la demande sociale en matière de gestion des risques côtiers.

Notre recherche se nourrit de ce travail avec la volonté d'évaluer la vulnérabilité à travers l'étude des mécanismes d'exposition aux risques, de prévention, d'intervention et de perception. Ainsi, les différents aspects d'exposition aux risques (aléas et enjeux), de prise en compte des risques par les politiques publiques de prévention et de « réparation » (outils et application), de perception et de formes de connaissance du risque par les usagers sont pris en compte (MOREL et al., 2004). L'outil se présente sous la forme de 5 grilles d'évaluation qui traitent de la vulnérabilité dans ses différentes dimensions : il s'agit de la vulnérabilité liée à l'aléa (grille 1),

⁴ Le Cemagref est un institut public de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement.

la vulnérabilité de la population (2), la vulnérabilité du bâti (3), la vulnérabilité liée aux usages (4) et la vulnérabilité liée à la gestion de crise (5).

Sur la base de ces grilles d'évaluation, il s'agit de créer des indices de vulnérabilité à partir de différents descripteurs. Il est convenu de créer plusieurs grilles selon les thèmes retenus mais toutes obéissent à une architecture et à une logique communes. Cette architecture commune permet de comparer les indices synthétiques de chaque grille et ainsi d'évaluer quelles sont les vulnérabilités les plus importantes sur une zone homogène et sur lesquelles il convient de travailler en priorité. Chacune de ces grilles est accompagnée d'une notice qui donne des indications précises sur la façon de la remplir, justifie les seuils retenus pour l'évaluation et spécifie l'influence de chaque descripteur sur la vulnérabilité globale

Les grilles d'évaluation (tableau 1) se présentent sous la forme de quatre niveaux d'analyse à renseigner en plusieurs étapes: les critères de vulnérabilités, les sources, l'évaluation et les indices.

Critères « pères » vulnérabilité globale	Critères « fils » sous-critères de vulnérabilité	Sources d'information	Evaluation de vulnérabilité	Indices synthétiques	Indice global
Critère de vulnérabilité « père » 1 <i>Exemple : construction</i>	Sous-critère de vulnérabilité 1 <i>Emprise au sol</i>	Source d'info 1 (PPR) + source d'info 2 (cadastre + PLU) + source d'info 3 (enquête riverains)	0 → 1 → 2 → 3	Moyenne des indices de tous les critères « fils » <i>construction</i>	Moyenne des indices synthétiques + Ecart-Type <i>Exemple : matériel et bâti</i>
	Sous-critère de vulnérabilité 2 <i>Matériaux</i>		0 → 1 → 2 → 3		
	Sous-critère de vulnérabilité 3 <i>Oriantation</i>	0 → 1 → 2 → 3			
	Etc...	Source d'info 1	0 → 1 → 2 → 3		
Critère de vulnérabilité « père » 2 <i>Exemple : préparation</i>	Sous-critère de vulnérabilité 1 <i>Aménagement anti-crue</i>	Source d'info	0 → 1 → 2 → 3	Moyenne des indices de tous les critères « fils » <i>préparation</i>	
	Etc...		0 → 1 → 2 → 3		

Tableau 1 - Grille d'évaluation des vulnérabilités (d'après LEFORT E., 2004, modifié)

La construction de l'outil (grilles d'évaluation, indices, seuils, notice) à été effectuée par notre équipe de recherche. Son exploitation est réalisée directement par des acteurs locaux qui ont à charge de remplir les grilles d'évaluation.

Critères

Conformément à la méthode testée par le PNEC (MEUR-FEREC C. et al., 2003), la première colonne à gauche constitue l'entrée de la grille. Elle regroupe une liste de critères de vulnérabilité globaux, dits critères « pères ». Ils sont la synthèse de plusieurs sous-critères de vulnérabilité, dits critères « fils » (2^{ème} colonne), dont l'objectif est la description la plus précise et la plus objective possible de la situation à l'échelle locale. Leur intérêt réside dans leur spécificité à un milieu donné (en fonction de l'aléa et des caractéristiques locales). La liste de critères doit être modifiée pour d'autres territoires, elle est spécifique au territoire d'étude et réalisée en fonction d'un (ou plusieurs) type d'aléa. Les critères « pères » et « fils » sont triés, choisis, listés et définis selon la méthode suivante.

- 1 - En premier lieu, il est nécessaire de réaliser un « *diagnostic territorial* » du risque (BARROCA B. et al., 2004). Cette étape doit conduire à une connaissance fine du territoire étudié, de ses enjeux, de son contexte géo-historique, de ses spécificités sociales, culturelles et politiques, etc. Il s'agit, non pas d'en tirer directement des critères de vulnérabilités, mais de s'imprégner du territoire à évaluer et d'ébaucher une première liste de facteurs de vulnérabilités spécifiques au territoire. Cette liste doit nécessairement être complétée, approfondie et épurée par la suite : c'est l'objet de la seconde phase.

2 - Dans cette seconde phase il s'agit d'auditer les acteurs locaux directement impliqués dans le travail de réduction des vulnérabilités aux inondations et donc susceptibles de parfaitement connaître la réalité du terrain. Le but est d'avoir une représentation des acteurs la plus exhaustive possible. L'expérience des acteurs doit permettre d'acquérir une connaissance implicite des facteurs de sensibilité pour chaque enjeu inondé et/ou sinistré lors des crises. Un guide d'entretien semi dirigé est construit, il est bâti de telle sorte que les interlocuteurs sont menés à donner leur propre perception du risque, leur définition des vulnérabilités, les facteurs qu'ils leur attribuent et leur hiérarchisation.

Les critères « pères » et « fils » étant maintenant connus, une notice est annexée à la grille et fournit des indications sur la façon de renseigner les critères. La première étape consiste à attribuer à chaque critère « fils » une valeur quantitative ou qualitative (occurrence de l'aléa, densité de population, nombre d'inondations connues, valeur monétaire des biens concernés...). Les valeurs ne sont pas exprimées dans des unités homogènes et ne peuvent donc pas faire l'objet de calculs. À ce stade, il n'y a pas d'évaluation mais uniquement des descriptions de l'état existant ou des événements passés.

3.3 Sources

La colonne « sources » précise l'ensemble des données utiles pour évaluer le critère ainsi que des aspects d'actualisation.

3.4 Evaluation

L'évaluation des critères de vulnérabilités se fait dans la colonne *Evaluation de vulnérabilité* (4^{ème} colonne). En fonction de la situation locale, à chaque critère « fils » doit être attribué une note de 0 à 3 :

- 0 = pas vulnérable = résistant
- 1 = faiblement vulnérable
- 2 = moyennement vulnérable
- 3 = fortement vulnérable

Le principe d'évaluation consiste à établir les extrêmes à partir d'exemples représentatifs à l'échelon local (note 3 pour les cas à la plus grande vulnérabilité connue, note 0 pour les cas les plus résistants connus).

Ces valeurs sont exprimées dans des unités homogènes, elles peuvent donc faire l'objet d'un calcul. Cette étape implique une évaluation somme toute plus délicate puisque plus subjective.

3.5 Indice synthétique et indice globaux

Les deux dernières colonnes synthétisent toutes les rubriques de la grille.

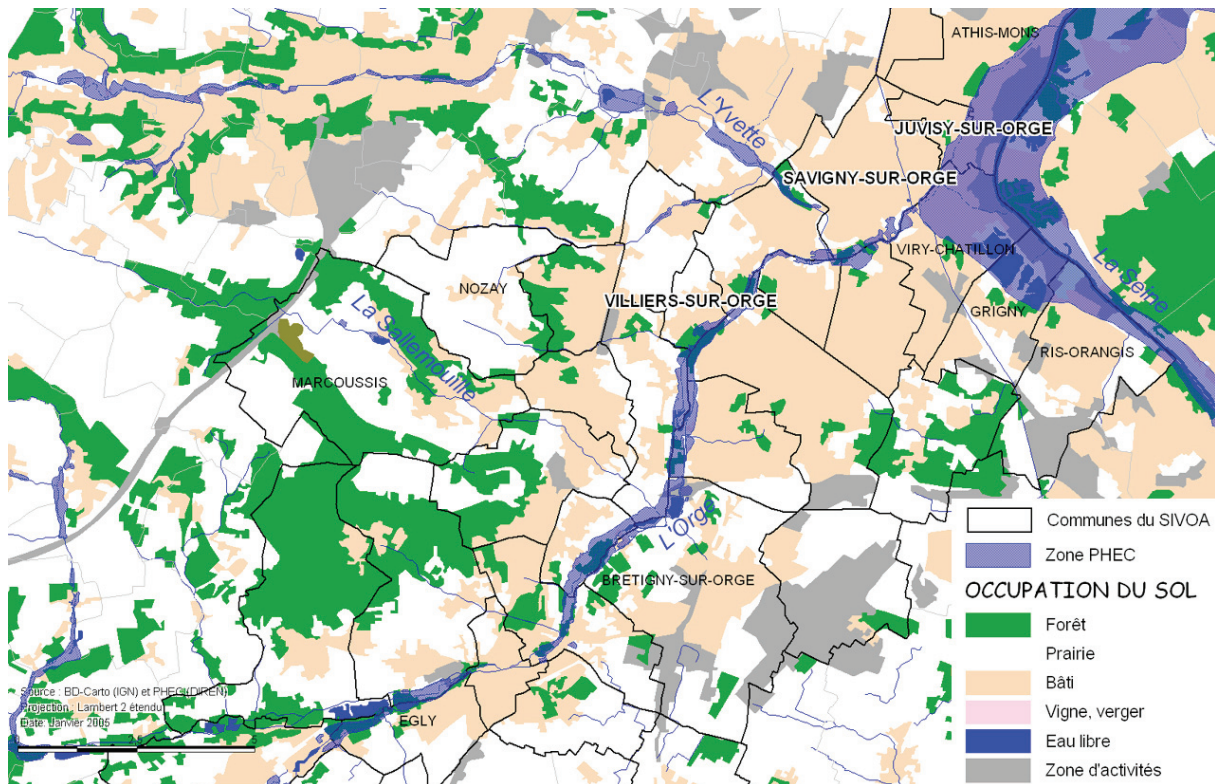
- La colonne *indice synthétique* (colonne 5) est renseignée par la moyenne des cotes, éventuellement pondérées, obtenues pour les différentes évaluations de vulnérabilité. On obtient donc un indicateur synthétique de vulnérabilité, échelonné de 0 à 3. Selon les cas, certains indices synthétiques peuvent par ailleurs ne pas exercer d'influence nette sur la vulnérabilité ; on envisage alors de ne pas les coter mais de considérer seulement leur valeur informative.
- La colonne *indices globaux* (colonne 6) est renseignée par la moyenne des cotes, pondérées pour certaines thématiques, obtenues pour les différents indices synthétiques. On obtient donc un indicateur global de vulnérabilité, échelonné de 0 à 3, pour chaque grille d'évaluation. Afin d'avoir une idée de la dispersion des cotes obtenues par rapport à la moyenne, on complètera cet indicateur de valeur centrale par l'écart-type.

La pondération se base sur la synthèse de la hiérarchisation des critères donnés par les personnes auditées.

Pour plus de lisibilité, les indices globaux des 5 types de vulnérabilités (non associables en un seul critère afin de garder une vision plus juste de la réalité du terrain) sont représentés par un graphique radar. Ce type de représentation est préféré à une collection de cartes (5 cartes représentant chacune des indices globaux) car il permet de visualiser simultanément les 5 indices globaux afin de distinguer très rapidement, et en fonction des intérêts de l'évaluateur, quels sont les points les plus sensibles de la zone considérée et quelles doivent être les cibles des actions de mitigation.

Application au cas du bassin de l'Orge aval (Essonne) : une évaluation des vulnérabilités pour une aide à la décision au niveau prévention

La vallée de l'Orge aval, affluent de la Seine situé en amont de Paris, présente de forts enjeux socio-économiques (habitat dense, industrie de haute technologie, zone commerciale) potentiellement sensibles aux inondations liées aux crues hivernales et estivales de l'Orge et de la Seine (carte 1). Le bassin versant a fait l'objet d'équipement de régulation de type bassins de stockage et prairies inondables. Le syndicat intercommunal (SIVOA) nouvellement en charge de la gestion de l'eau par délégation des compétences communales est confronté à des défis urgents en matière de gestion des risques : inondations locales mais brutales lors des étés 1999-2001 (malgré les mesures structurelles existantes), passage prévu du PER (1983) au PPR (problème lié à la référence vicennale du PER différente de la référence centennale du PPR), maintien de la pression foncière (70 % du territoire aval urbanisé). Chargé du choix et de l'élaboration de stratégies de prévention, le syndicat souffre de l'absence d'outil d'aide à la décision. Alors que des études hydrauliques sont entreprises pour réactualiser les cartes d'aléas, la relation du risque au territoire et les éléments sensibles ou vulnérables aux inondations n'ont jamais fait l'objet de recensement ni d'analyse en dépit des forts enjeux socio-économiques. L'offre d'élaboration d'un outil d'évaluation des vulnérabilités territoriales et d'application à diverses échelles de la vallée permet de combler un manque. Elle répond à un besoin urgent du syndicat qui souhaite, avant de prendre des décisions d'aménagement, mieux connaître son territoire par le biais d'une analyse de l'évolution des vulnérabilités des communes, des îlots, voire de certains équipements particuliers.



Carte 1 - Limites d'inondation engendrées par les plus hautes eaux connues (PHEC) sur le bassin de l'Orge aval

Le travail préliminaire d'identification et de hiérarchisation des critères selon la méthodologie précédemment décrite a été mené conjointement avec les acteurs locaux (21 acteurs audités, appartenant aux services techniques, à la sécurité civile, à la planification, des responsables politiques, etc.) . L'outil présente les 5 grilles d'évaluation et notices d'utilisation (nécessaires au remplissage) créées et adaptées au contexte.

Afin de tester la pertinence de la démarche, l'outil d'évaluation a été appliqué sur les portions de communes les plus urbanisées. Trois sites tests à différentes échelles ont été choisis dans la partie aval du bassin afin d'identifier les points sensibles sur lesquels le syndicat doit travailler. Pour le site du groupe scolaire à Savigny,

par exemple, le graphique synthétique des vulnérabilités (figure 1a) montre qu'il faut agir sur la population (conscience et information), le bâti (mal adapté) et la gestion du risque (mesures préventives et mesures d'urgence). Les grilles et les graphiques permettent également de comparer les vulnérabilités des sites tests entre eux, par exemple, la population concernée par le risque sur le groupe scolaire de Savigny-sur-Orge (figure 1a) est évaluée plus vulnérable que celle du camping de Villiers-sur-Orge (figure 1b) et que celle du centre-ville piétonnier de Juvisy-sur-Orge (figure 1c).

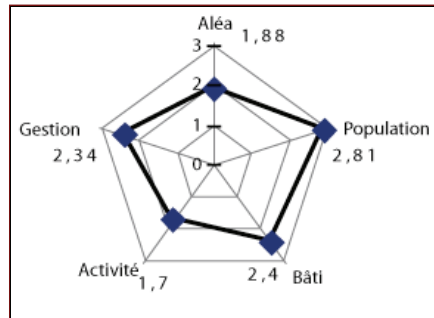


Figure 1a – Vulnérabilités du groupe scolaire de Savigny-sur-Orge

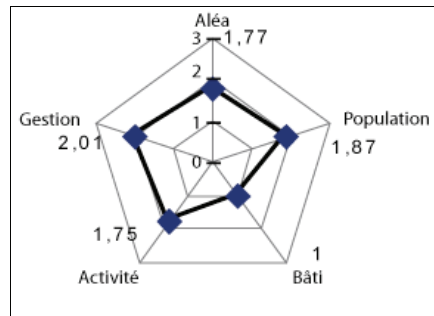


Figure 1b – Vulnérabilités du camping de Villiers-sur-Orge

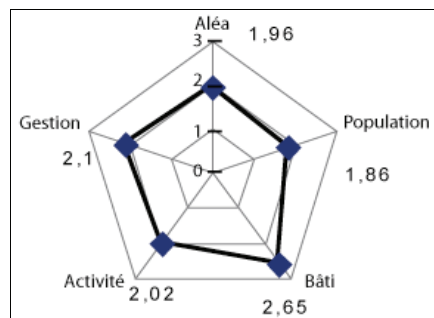


Figure 1c – Vulnérabilités du centre-ville piétonnier de Juvisy-sur-Orge

Figures 1a, 1b et 1c - graphiques synthétiques des vulnérabilités (LEFORT E., 2004)

Discussion

L'outil est construit par les acteurs locaux afin de répondre à leurs besoins, cependant il peut également être employé par d'autres évaluateurs aux problématiques différentes. En effet, l'outil assure plusieurs niveaux de lecture. De ce fait, tous les acteurs intéressés peuvent mener leur évaluation, en fonction de leurs objectifs, avec le même procédé, qu'ils soient élus, architectes, assureurs, universitaires, agents des services centraux ou locaux... Suivant leur problématique d'évaluation, ils considéreront soit l'ensemble des résultats (représentés dans le graphique synthétique) soit une partie qui les concerne particulièrement. Par exemple, une compagnie d'assurance ou un cabinet d'architecture ne prendra en compte que les vulnérabilités matérielles liées au bâti et aux usages, au contraire, les services de secours et les élus travailleront en priorité sur les failles de la gestion du risque et les vulnérabilités des populations, alors que les syndicats de rivières s'intéresseront en priorité aux sensibilités liées à l'aléa. L'outil est donc modulable et permet de cibler une problématique particulière en fonction du type et du degré de vulnérabilité d'un site évalué par un professionnel.

Par ailleurs, les grilles en elles-mêmes permettent plusieurs niveaux de lecture. Les indicateurs synthétiques (pouvant faire également l'objet d'une transposition graphique au même titre que les indicateurs globaux) permettent une analyse et une hiérarchisation rapide de la situation par type de vulnérabilité (critères « pères »). De même, en considérant les colonnes plus à gauche, l'utilisateur dispose encore d'informations plus fines et exhaustives.

Le nombre élevé d'indicateurs se justifie par la méthode de conception retenue qui vise à respecter les diverses appréhensions du concept de vulnérabilité. La base de ce travail provient d'une étude locale vision partagée de la vulnérabilité. À noter que la mise en concurrence des indicateurs, puisqu'il importe d'en sélectionner une quantité restreinte, est révélatrice des dynamiques objectives qui sous-tendent une société au moment présent.

Cette sélection d'indicateurs établie par les acteurs est également l'expression du regard subjectif que la société porte sur la vulnérabilité. Ainsi, l'exercice qui consiste à confronter des points de vue différents, mettant l'accent sur une vision plus ou moins économique, environnementale ou sociale, nous paraît enrichissant, stimulant et innovant.

Ce panorama est aussi un appel au débat sur les tenants et aboutissants d'un système d'indicateurs. Dans l'avenir, il s'agira donc de recueillir les commentaires des différents acteurs susceptibles d'être utilisateurs de ces informations. La question de la reconnaissance de l'outil ne pourra, en tout état de cause, survenir que lorsque les indicateurs auront été sélectionnés, adaptés, évalués et utilisés dans divers contextes.

Conclusion

En dépit des avancées législatives, les acteurs locaux demeurent en quête de méthodologies d'évaluation des vulnérabilités des territoires dont ils ont la gestion. La connaissance des différents aspects constituant les vulnérabilités d'un territoire soumis à un aléa probable représente un apport important pour diminuer et maîtriser les conséquences d'une inondation sur ce territoire spécifique. Ainsi, l'évaluation des impacts socio-économiques des inondations ne s'enferme pas dans une logique coût / avantage. Au contraire, elle relève d'une analyse multicritère basée sur des appréciations plus larges.

La méthode d'élaboration et de mise en application de l'outil ici proposée est essentiellement fondée sur les entretiens menés auprès des acteurs locaux. De part leurs connaissances implicites du risque dans sa globalité (aléa + vulnérabilités), leur participation est nécessaire à l'évaluation des vulnérabilités aux inondations et la méthodologie proposée ici est un moyen de bien les intégrer dans la problématique posée : gestion opérationnelle des risques et développement local. L'outil leur étant destiné, leur écoute et la prise en compte de leur expérience est primordiale au fonctionnement de notre méthode d'évaluation des vulnérabilités aux inondations à l'échelle locale. Les critères de vulnérabilités que nous mettons en évidence dans la méthode sont ceux constatés sur le terrain, dans l'échelle de temps présent, et sont certainement différents sur d'autres sites. Toutefois, notre outil pourra être adapté au contexte dans lequel les utilisateurs se situent (qu'ils soient élus, entrepreneurs ou assureurs, en milieu rural ou urbain, en zone inondable ou sismique...) les grilles aident à une lecture simplifiée des vulnérabilités. Plusieurs niveaux de lecture sont donc possibles suivant les objectifs et les moyens d'actions de chaque utilisateur. Grilles d'évaluation et notices constituent donc un véritable outil d'aide à la décision.

Remerciements

Tout d'abord les auteurs souhaitent remercier les évaluateurs de cet article car le sérieux et la pertinence des commentaires fut une aide précieuse pour mener à bien la rédaction. Par ailleurs nos remerciements vont à l'ensemble des intervenants. La méthode d'approche et d'analyse proposée est intégrée au programme de recherche CNRS SHS « eau, environnement, sociétés », national et interdisciplinaire, sur « *l'évaluation de l'impact de la gestion réglementaire du risque d'inondation sur le territoire* ». Sur le « terrain », le projet est coordonné par le Syndicat Mixte de la Vallée de l'Orge Aval (SIVOA), interlocuteur privilégié pour les problématiques locales. L'accompagnement scientifique est assuré par le Centre d'Enseignement et de Recherche Eau Ville Environnement (CEREVE) de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.

Bibliographie

- ARNAL C., MAZURE P., « L'évaluation des impacts économiques et financiers de la catastrophe de Nîmes d'octobre 1988 », dans HUBERT G., LEDOUX B., *Le coût du risque... L'évaluation des impacts socio-économiques des inondations*, Paris, Presses de l'ENPC, pp. 155-122, 1999.
- BARROCA B. HUBERT G., DIAB Y., BONIN O., POTTIER N., « le diagnostic territorial, un outil de gestion négociée du risque d'inondation », *Actes des 22^{èmes} rencontres universitaires de Génie Civil*, Marne la Vallée, 3-4 juin 2004. Cdrom.
- BCEOM, *Lutte contre les inondations : méthode sommaire d'évaluation des critères économiques valant instruction pour la justification des projets*, Paris, Ministère de l'Environnement et du cadre de vie, DPPR, service central de l'hydrologie et de l'environnement, 28 p. + annexes, 1980.
- BLONG R., "A review of damage intensity scale", *Natural hazards*, 29, pp. 57-76, 2003.
- BOURRELIER P.-H. (dir.), *La prévention des risques naturels ; Rapport d'évaluation*, Paris, La Documentation Française, 702 p., 1997
- CAUDE G., « Vulnérabilité et Plan d'exposition aux risques », in THEYS J., FABIANI J.-L., *La Société vulnérable – évaluer et maîtriser les risques*, Presses de l'ENS, pp. 361-371, 1987.
- D'ERCOLE R., « Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, modes d'analyse », *Revue de géographie alpine*, Grenoble, tome 82, n°4, pp. 87-96, 1994.
- DARTAU B., « L'étude économique des crues du bassin de l'Orb de décembre 1995 et janvier 1996 », dans HUBERT G., LEDOUX B., *Le coût du risque... L'évaluation des impacts socio-économiques des inondations*, Paris, Presses de l'ENPC, pp. 111-114, 1999.
- DAUPHINE A., *Risques et catastrophes : Observer, Spatialiser, Comprendre, Gérer*, Paris, Armand Colin, 288 p., 2001.
- FLAX LISA K. et al., "Community vulnerability assessment tool methodology", *Natural Hazard Review*, volume 3, nov. 2002.
- FOSTER H.D., Assessing disaster magnitude: a social science approach, *Professional Geographer* 28 (3), pp. 241-247, 1976.
- GENDREAU N. « La méthode inondabilité », dans HUBERT G., LEDOUX B., *Le coût du risque... L'évaluation des impacts socio-économiques des inondations*, Paris, Presses de l'ENPC, pp. 123-127, 1999.
- GILARD O. *Les bases techniques de la méthode Inondabilité*, édition du Cemagref, 1998, 207 p.
- GRAILLOT D., LONDICHE H., DECHOMETS R., BATTON-HUBERT M., *Analyse multicritère spatiale pour l'identification de la vulnérabilité aux inondations*, Ecole Normale Supérieure des Mines de Saint Etienne, 12 p., 2001.
- HUBERT G., LEDOUX B., *Le coût du risque... L'évaluation des impacts socio-économiques des inondations*, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 232 p., 1999.
- HUET P. et al. Retour d'expérience des crues de septembre 2002 dans les départements du Gard, de l'Hérault, du Vaucluse, des Bouches du Rhône, de l'Ardèche et de la Drôme. Rapport IGE (Inspection Générale de l'Environnement), 133p. plus annexes A et B., juin 2003.
<http://www.environnement.gouv.fr/infopratt/Publications/publi-ige.htm>.
- LAGANIER R., SCARWELL H.J., « Risques hydrologiques et territoires », *Questions de Géographie : les Risques*, ouvrage collectif coordonné par MORINIAUX V., Editions du Temps, Questions de Géographie, pp. 106-137, 2003
- LEFORT E., *Évaluation des vulnérabilités aux inondations dans le cadre de la gestion opérationnelle des risques et du développement local (application au bassin versant de l'Orge aval)*. Mémoire de DEA Sciences et Techniques de l'Environnement, ENPC-ENGREF-UPVM, 43 p. plus annexes, 2004.
- LEONE F., ASTE J.P., LEROI E., « L'évaluation de la vulnérabilité aux mouvements de terrain », *Revue de géographie alpine*, Grenoble, tome 84, n°1, pp. 35-46, 1996.
- MEUR-FEREC C. (dir.), BEAURAIN C., DEBOUDT P., DELDREVE V., FLANQUART H., HELLEQUIN P., HERBERT V., LONGUEPEE J., MOREL V., *La vulnérabilité des territoires côtiers : évaluation, enjeux et*

- politiques publiques*, Programme National « Environnement Côtier », Contrat IFREMER 2002 / 1140 717, rapport final juin 2003, à paraître.
- Ministère de l'écologie et du développement durable (Medd), *Plans de prévention des risques naturels (PPR). Risques d'inondation, Guide méthodologique*, Paris, La Documentation Française, 124 p., 1999.
- MOREL V., DEBOUDT P., HERBERT V., LONGUEPEE J., MEUR-FEREC C., « L'ambivalence de l'eau, vecteur d'aménités et de risques, sur les territoires côtiers », *Actes de la journée d'études « Les territoires de l'eau »*, Université d'Artois, Arras, 2004.
- PARKER D., "Floodplain development policy in England and Wales", *Applied Geography*, vol. 15, n°4, pp. 341-363, 1995.
- PARKER D., GREEN C., THOMPSON P., *Urban flood protection benefits – A project appraisal guide*, Gower technical press, 284 p., 1987.
- PENNING-ROWSELL E., CHATTERTON J., *The benefits of flood alleviation – A manual of assessment techniques*, Gower technical press, 297 p., 1977.
- PENNING-ROWSELL E., CHATTERTON J.-B., "Assessing the benefits of flood alleviation and drainage schemes", *Proc. Instn Civ. Engrs*, n° 69, 2^{ème} partie, pp. 295-315, juin 1980.
- PENNING-ROWSELL E., "Evaluation of the socio-economic impacts of flooding – the situation in England and Wales", dans HUBERT G., LEDOUX B., *Le coût du risque... L'évaluation des impacts socio-économiques des inondations*, Paris, Presses de l'ENPC, pp. 177-189, 1999.
- POTTIER N. La lutte contre les inondations en France : outils et stratégies d'hier à demain. *Les risques*, éditions du Temps, collection Géographie, p.173-204, 2003.
- STRATEGIS, *Etude de faisabilité d'un observatoire des enjeux et de leur vulnérabilité aux inondations – Rapport de phase 2 : analyse bibliographique*, Paris, Ministère de l'environnement, DPPR, SDPRM, août 2002, 46 p. + annexes, 2002.
- STRATEGIS, *Etude de faisabilité d'un observatoire des enjeux et de leur vulnérabilité aux inondations – Rapport de phase 3 : analyse technique de la mise en place de l'observatoire*, Paris, Ministère de l'environnement, DPPR, SDPRM, 42 p. + annexes, janvier 2003.
- TORTEROTOT J.P., *Le coût des dommages dus aux inondations : estimation et analyse des incertitudes*, Paris, Thèse de doctorat de l'ENPC, 304 et 350 p. (2 vol.) , 1993.
- WISNER B., BLAIKIE P., CANNON T., and DAVIS I., *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*, 2nd ed. Routledge, London, UK, 2004.
- WHITE G., *Flood hazard in the United States: a research reassessment*, university of Colorado, Institute of behavioural sciences, Boulder, 1975.
- WOOD NATHAN J. *et al.*, "Vulnerability assessment of a port and harbour community to earthquake and tsunamis hazards: integrated technical expert and stakeholder input", *Natural Hazard Review*, volume 3, novembre 2002.