

Forum

La vulnérabilité des systèmes socioécologiques aux événements extrêmes : exposition, sensibilité, résilience

Henri Décamps

Écologue, CNRS, d'écologie fonctionnelle, 29 rue Jeanne Marvig, 31055 Toulouse cedex 4, France

"Today, in a more interconnected and interdependent world, where issues are increasingly complex and uncertain, a multi-disciplinary – not to say quantitative – approach is frequently required to resolve problems, especially those of a medium- or long term nature." Leen Hordijk, directeur de l'International Institute for Applied System Analysis, Laxenbourg, Autriche.

Les sociétés contemporaines réalisent un peu plus chaque jour à quel point elles sont confrontées à des problèmes complexes. Les catastrophes liées aux événements extrêmes font partie de ces problèmes (Décamps et Mathieu, 2005). On en connaît les principaux paramètres : croissance de la population mondiale, afflux de cette population le long des côtes et dans des mégapoles, interdépendance accrue entre l'économie et la technologie, dégradation accélérée de l'environnement, écart grandissant entre pays riches et pays pauvres. Le monde scientifique, toutes disciplines confondues, prend peu à peu conscience de ses responsabilités à l'égard de ces événements (voir entre autres : WMO, 2004 ; ICSU, 2006 ; McBean, 2006). Encore ce monde doit-il s'interroger sur la solidité de ses concepts, sur les conditions de leur utilité et sur la manière de les transmettre aux responsables des politiques publiques. Une telle réflexion s'avère indispensable, du moins si l'ambition, comme l'évoque Jean-Christophe Gaillard¹, est « une remise en cause totale de l'approche contemporaine des catastrophes » – une ambition bien plus partagée que ne le laisse entendre cet auteur.

Du point de vue de l'écologie, les politiques de gestion des ressources naturelles sont remises en cause depuis plusieurs années. Elles s'étaient longtemps appuyées sur

Auteur correspondant : hdecamps@cict.fr

¹ Voir, dans ce numéro, la contribution de J.-C. Gaillard, « De l'origine des catastrophes : phénomènes extrêmes ou âpreté du quotidien ? ».

deux idées fausses, à savoir : que les réponses des écosystèmes à leur utilisation humaine étaient linéaires, prévisibles, contrôlables, et que les systèmes humains et naturels étaient séparés et pouvaient être traités indépendamment. Or, les systèmes sociaux et écologiques se comportent d'une manière non-linéaire, avec des seuils rythmant leurs dynamiques, dans le cadre d'intégrations très étroites (Folke *et al.*, 2002) : ils forment des « systèmes socioécologiques² ». Ces systèmes sont plus ou moins résilients, c'est-à-dire plus ou moins capables de s'adapter aux changements, d'amortir les perturbations, de se réorganiser après des crises (Walker *et al.*, 2002) – une capacité amoindrie par une gestion rigide, visant à renforcer une illusoire stabilité des ressources naturelles.

Ces dernières années, la notion de catastrophe naturelle est aussi remise en cause, comme en témoigne au plan théorique la distinction entre les « événements extrêmes » et les « réponses » à ces événements (Goodin, 2004). Un événement extrême, de nature climatique ou autre, est en effet un événement relativement rare en ampleur, en fréquence et/ou en durée pour un système donné, au cours d'une période déterminée – une période par rapport à laquelle il est relativement soudain. Il peut, ou non, induire une réponse extrême, en ampleur, en fréquence et/ou en durée des attributs du système considéré, à un niveau quelconque de son organisation. Cette distinction offre un premier cadre utile en orientant l'attention sur les conditions de vulnérabilité susceptibles de

² Socioécologique : relatif aux phénomènes sociaux, écologiques, et à leurs relations, par analogie à « socioéconomique ». La plupart des systèmes dits naturels peuvent être qualifiés de systèmes socioécologiques, traduction de *social ecological systems*, expression largement répandue dans la littérature internationale avec les travaux développés dans le cadre de la *resilience alliance* (<http://www.resalliance.org>).

déterminer des réponses exceptionnelles de la part des systèmes exposés (Fig. 1).

Pour une analyse élargie de la vulnérabilité

La vulnérabilité d'un système socioécologique à un événement extrême apparaît comme la propension de ce système à être endommagé, en première analyse de par son exposition à cet événement. Cependant, des liaisons multiples et variées sont susceptibles d'affecter cette vulnérabilité (Fig. 2), obligeant, au-delà des conditions d'exposition, à prendre en compte la sensibilité du système considéré et sa résilience.

La sensibilité aux événements extrêmes ne se réduit pas au problème de la pauvreté, quelle que soit son importance (Turner *et al.*, 2003). Les groupes sociaux ne restent pas passifs face aux événements extrêmes (pas plus que face aux perturbations et aux stress de toutes sortes), et même les plus marginaux d'un point de vue économique utilisent diverses stratégies, dont celle de la diversification, pour augmenter leurs mécanismes de défense. Par ailleurs, la sensibilité aux événements extrêmes est fortement liée aux droits à l'échange des personnes ou groupes de personnes, par exemple à propos de nourriture et autres nécessités de la vie : selon la célèbre thèse de Sen (1981), les famines modernes tiennent moins à une insuffisance des stocks de vivres qu'à une incapacité à organiser l'accès à la nourriture par des moyens légaux ou coutumiers. Ces droits à l'échange dépendent des dotations des groupes sociaux : ce qu'ils ont à vendre, ce qu'ils peuvent vendre, à quels prix, et selon quelles possibilités d'accès aux marchés et aux ressources. Droits et dotations renforcent les capacités des groupes sociaux à faire face aux événements extrêmes, à réagir aux dommages ou à les prévenir. Ils s'inscrivent dans des structures sociales, économiques, institutionnelles et politiques dont doit rendre compte une analyse de la vulnérabilité.

La résilience, autre composante de la vulnérabilité, est la capacité des systèmes socioécologiques à absorber les perturbations tout en conservant leurs structures essentielles, ainsi que les processus à l'origine de ces structures (Walker *et al.*, 2002). La résilience reflète aussi l'aptitude à l'auto-organisation, à l'apprentissage, à l'adaptation (Folke *et al.*, 2002) – une aptitude liée en partie à la capacité de régénération après des crises. En fait, le concept de résilience remet en cause la vision traditionnelle de systèmes écologiques revenant toujours vers un même état d'équilibre stable, pour adopter celle de systèmes écologiques passant d'un domaine de stabilité à d'autres domaines, de manière inattendue, parfois irréversible, à la faveur de perturbations récurrentes, d'intensités plus ou moins fortes (Scheffer *et al.*, 2001).

Les systèmes résilients disposent ainsi de mécanismes variés qui leur permettent de faire face aux changements

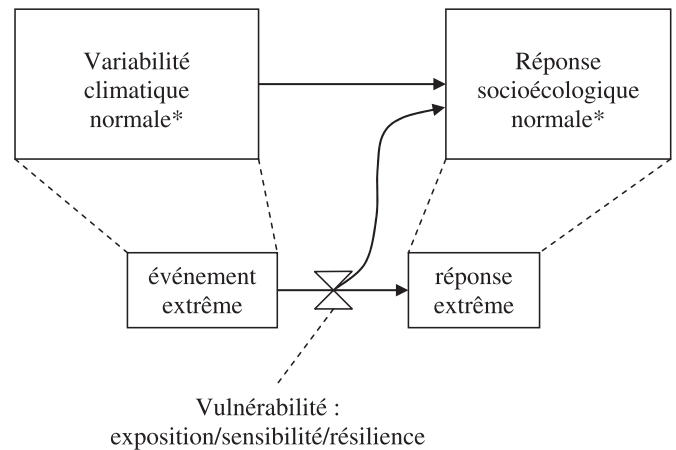


Fig. 1. Les caractères d'exposition, de sensibilité et de résilience, éléments de la vulnérabilité des systèmes socioécologiques, déterminent le caractère plus ou moins catastrophique de leur réponse à un événement extrême (d'après Goodin, 2004).

et aux crises (Gunderson et Holling, 2002; Allenby et Fink, 2005; Adger *et al.*, 2005). Dans les systèmes écologiques, la redondance fonctionnelle créée par la diversité spécifique et l'hétérogénéité paysagère correspondent à de tels mécanismes. Dans les systèmes sociaux, le risque peut être réparti par une utilisation diversifiée des ressources, ainsi que par des activités et des styles de vie alternatifs, mécanismes permettant une utilisation durable des services rendus par les écosystèmes. En outre, les systèmes socioécologiques peuvent garder une mémoire du passé qui les aide à se réorganiser après des événements extrêmes, une mémoire correspondant par exemple à des espèces épargnées au plan écologique (Elmqvist *et al.*, 2003) ou à des pratiques, des connaissances, des valeurs conservées au plan sociologique (Folke *et al.*, 2005).

La vulnérabilité aux événements extrêmes dépend donc du contexte dans lequel se produisent ces événements, un contexte démographique, économique et environnemental actuellement en transformation rapide sur l'ensemble de la planète. Réduire cette vulnérabilité passe par une organisation des connaissances scientifiques en liaison avec les processus de prise de décision (Sarewitz et Pielke, 2001) – une organisation dans laquelle : les catastrophes dues aux événements extrêmes sont considérées dans le contexte de systèmes socioécologiques ; la réduction de la vulnérabilité correspond à l'objectif privilégié des recherches ; les processus de décision visant à cette réduction intègrent la connaissance et l'action. Ces processus sont eux-mêmes variés, complexes et changeants, impliquant à la fois des individus et des organisations plus ou moins vastes. Ils sont indissociables d'une réflexion permanente sur l'efficacité des décisions, leur amélioration, les solutions alternatives possibles.

Une analyse élargie de la vulnérabilité se doit donc de prendre en compte le concept de résilience à côté de ceux d'exposition et de sensibilité. Elle peut alors permettre

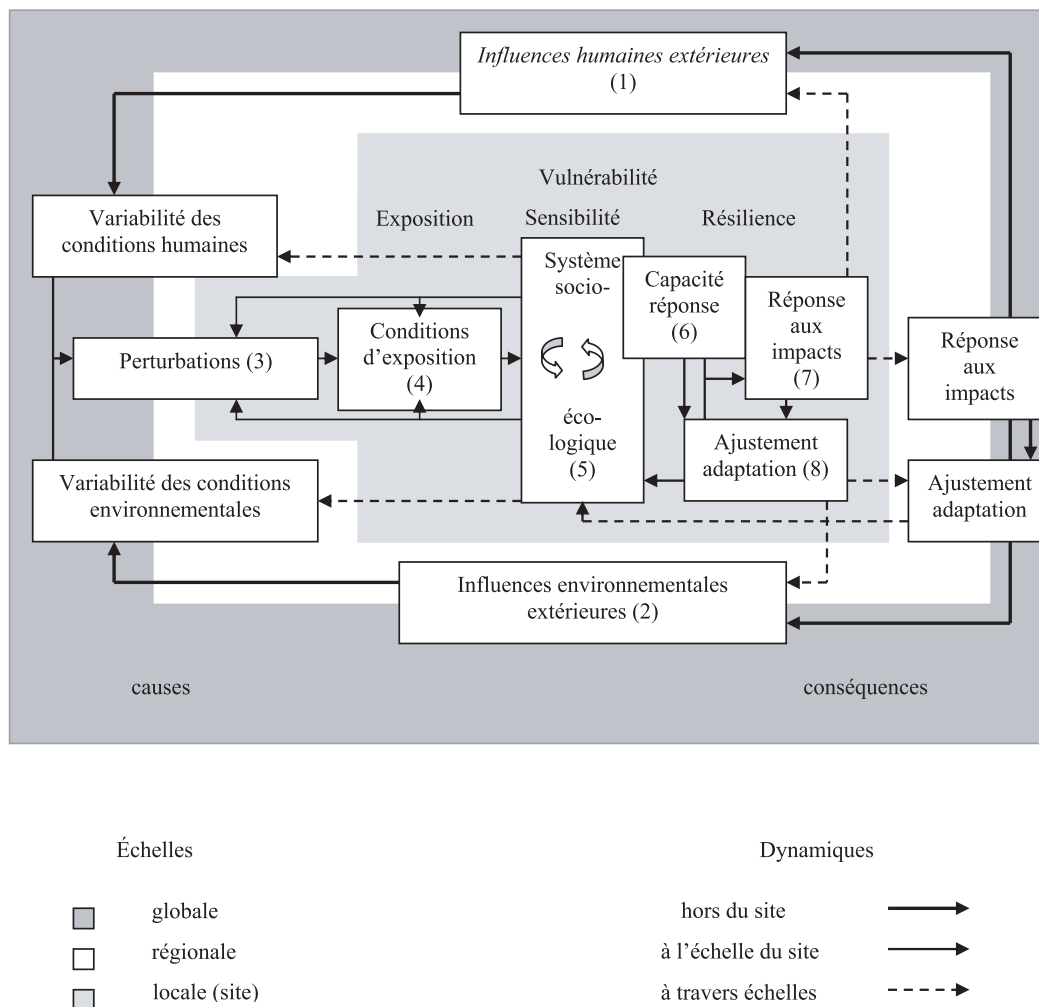


Fig. 2. Liaisons susceptibles d'affecter la vulnérabilité d'un système en un site donné (d'après Turner *et al.*, 2003). Les influences extérieures au site, humaines (1) et environnementales (2), sont à l'origine de perturbations (3) dont les effets sont déterminés par des conditions d'exposition (4), de sensibilité (5) et de résilience (6, 7, 8) propres au site. (1) influences humaines extérieures : macroéconomie et politique, institutions, tendances globales ; (2) influences environnementales extérieures : état de la biosphère, changement environnemental global ; (3) perturbations : stress et événements soudains dus à une variabilité « normale » ou exceptionnelle (événements extrêmes) d'origines externes ou internes ; (4) éléments d'exposition : individus, groupes sociaux, pays, écosystèmes exposés à des événements de diverses fréquences, ampleurs et durées ; (5) systèmes socioécologiques caractérisés à la fois par un capital humain et social (populations, droits à l'échange, institutions, structures économiques) et un capital naturel (sols, eau, climat, minéraux, écosystèmes) ; (6, 7, 8) mécanismes de réponse aux perturbations, caractérisant la résilience du système considéré.

d'expliquer les réponses possibles à des perturbations diverses et variées, et d'identifier quelles mesures assurent la durabilité dans un environnement incertain. Le concept de vulnérabilité offre un cadre organisateur en matière de recherche théorique et appliquée, à condition de prendre en compte l'interactivité des systèmes sociaux et écologiques, et leurs capacités de résilience.

Se préparer aux événements extrêmes

Le 17 juillet dernier, un tsunami tuait plus de 550 personnes en Indonésie. Contrairement à ce qui s'était passé lors du tsunami de décembre 2004 dans l'océan Indien, le

centre d'alerte du Pacifique put avertir à temps les autorités indonésiennes. Or, ces dernières ne firent rien de cette information, craignant, selon le ministre de la Science du pays, une fausse alerte et une panique inutile. Belle illustration de la formule de Jean-Pierre Dupuy (2005) : « Nous savons mais nous ne croyons pas ce que nous savons. » Belle illustration aussi des conséquences tragiques de l'impréparation : le tsunami du 17 juillet 2006 a frappé l'île de Java dans l'après-midi, à une heure d'affluence sur les plages, environ 40 minutes après que l'alerte eut été donnée. Comme le suggère un récent éditorial de la revue *Nature* intitulé « *Still not alert*³ », ce temps était

³ *Nature*, 442, 7101 (2006), 330.

largement suffisant pour faire évacuer les zones dangereuses si des sirènes avaient pu retentir, si les muezzins des mosquées locales avaient pu prévenir ou si la population avait pu reconnaître quels mouvements du sol et des eaux laissaient présager l'imminence de l'événement. Sans préparation au niveau local, notamment sur la manière d'utiliser les systèmes d'alerte, nous pouvons dès maintenant pleurer les victimes du prochain tsunami quel que soit le lieu où il se sera produit.

Il faut en effet se préparer au pire pour réduire la vulnérabilité des systèmes socioécologiques et accroître leur résilience. Ainsi, d'ici une dizaine d'années, nous le savons (Smil, 2005), éclatera une nouvelle pandémie de grippe, bénigne comme en 1957 et 1968 ou grave comme en 1918 (à l'échelle de la population mondiale actuelle, la pandémie de 1918-1920 produirait actuellement plus de 200 millions de morts). Il est urgent de se préparer à cette prochaine pandémie (MacKellar et Noymer, 2006) : urgent d'accroître les ressources des systèmes de santé publique des pays pauvres, dont les populations sont les plus vulnérables, à commencer par un réalignement des priorités gouvernementales en faveur des fonds de santé ; urgent d'améliorer les conditions d'élevage et de vente des porcs et des volailles en Asie, d'instaurer des contrôles épidémiologiques et des surveillances vétérinaires, d'inciter les fermiers à signaler les débuts de maladie et les officiels à diffuser les informations.

Il est aussi urgent d'accélérer la réalisation des vaccins, tout en accélérant les accords internationaux sur la production, la propriété intellectuelle, la distribution et l'administration de ces vaccins (Holmes *et al.*, 2005), sans oublier l'accord des populations menacées. Les vaccins utilisés pour des souches existantes peuvent se révéler inefficaces dans le cas d'une nouvelle souche. Or, une fois isolée la nouvelle souche virale à combattre, il faut actuellement six à huit mois pour mettre au point un vaccin, ce qui peut se solder par des millions de morts (MacKellar et Noymer, 2006). Se préparer consiste aussi à établir des plans d'urgence pour anticiper les pénuries de vaccin et, dans cette perspective, à administrer des vaccins « normaux » contre la grippe aux personnes au contact d'animaux à risque dans les zones où le virus H5N1 de la grippe aviaire est endémique, ce qui réduirait la possibilité de réassortiment génétique dans les hôtes humains – un réassortiment à l'origine des pandémies de 1957 et de 1968.

Les pays pauvres sont particulièrement vulnérables aux effets des événements extrêmes. Les catastrophes n'y sont « gérées », le plus souvent, que postérieurement aux événements : 98 % des fonds de gestion des catastrophes sont ainsi alloués à des mesures de secours et de reconstruction, contre 2 % à des mesures de préparation. Cependant, chaque euro investi dans la préparation se révèle précieux en termes d'impacts évités ou diminués sur les vies, les biens, l'économie, l'environnement.

Certes, ces bénéfices sont difficiles à évaluer, par manque de connaissance des outils facilitant cette évaluation et par manque de consultation appropriée des parties prenantes. Mais de nouveaux modèles d'estimation et d'évaluation des risques de catastrophes naturelles se développent, permettant d'étendre la couverture d'assurance de ces risques aux pays les plus pauvres, tandis que de nouvelles approches participatives peuvent contribuer à l'adhésion des parties prenantes (Linnerooth-Bayer et Mechler, 2006). Ces outils et ces techniques se développant, il devient possible d'investir dans la préparation plus que par le passé.

Conclusion

La vulnérabilité des systèmes socioécologiques aux événements extrêmes dépend d'interactions complexes et variées entre les conditions d'exposition, de sensibilité et de résilience propres à ces systèmes. Elle dépend également des liaisons, tout aussi complexes et variées, que ces systèmes entretiennent avec leur environnement tant social que biophysique, obligeant à prendre en compte d'autres échelles spatiales, temporelles et fonctionnelles dans les analyses. Ces dernières ne peuvent être dissociées des problématiques du changement climatique, ni de celle de l'accroissement démographique, ni de celle de la pauvreté. La vulnérabilité diffère en effet entre les pays, les groupes sociaux, les ménages, les individus. Sans doute reste-t-il encore à convaincre de la nécessité d'une analyse de la vulnérabilité menée dans le souci de cette complexité et reliée aux prises de décision politiques. Cependant, dès maintenant, informer et préparer nos sociétés aux prochains événements extrêmes, c'est aussi faire prendre conscience d'injustices insupportables. Prendre les dispositions nécessaires pour que le prochain événement extrême ne soit pas une catastrophe, c'est aussi combattre la pauvreté.

Références

- Adger, W.N., Hughes, T.P., Folke, C., Carpenter, S.R., Rockström, J., 2005. Social-ecological resilience to coastal disasters, *Science*, 309, 5737, 1036-1039.
- Allenby, B., Fink, J., 2005. Toward inherently secure and resilient societies, *Science*, 309, 5737, 1034-1036.
- Décamps, H., Mathieu, N., 2005. Événements extrêmes : retours d'expérience, *Natures Sciences Société*, 13, 369-370.
- Dupuy, J.-P., 2005. *Petite métaphysique des tsunamis*, Paris, Le Seuil.
- Elmqvist, T., Folke, C., Nyström, M., Peterson, G., Bengtsson, J., Walker, B., Norberg, J., 2003. Response diversity, ecosystem changes and resilience, *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1, 9, 488-494.

- Folke, C., Carpenter, S.R., Elmqvist, T., *et al.*, 2002. Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformation, *Ambio*, 31, 5, 437-440.
- Folke, C., Hahn, T., Olsson, P., Norberg, J., 2005. Adaptive governance of social-ecological systems, *Annual Review of Environment and Resources*, 30, 441-473.
- Goodin, D.G., 2004. Climate committee takes aim at extreme climatic events, *The Network Newsletter [of LTER]*, 17, 2 (http://intranet.lternet.edu/archives/documents/Newsletters/NetworkNews/fall04/fall04_pg09.htm).
- Gunderson, L., Holling, C.S. (Eds), 2002. *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*, Washington, DC, Island Press.
- Holmes, E.C., Taubenberger, J.K., Grenfell, B.T., 2005. Heading off an influenza pandemic, *Science*, 309, 5737, 789.
- ICSU, 2006. *Strategic Plan 2006-2011* (http://www.icsu.org/Gestion/img/ICSU_DOC_DOWNLOAD/863_DD_FILE_/ICSU_Strategic_Plan.pdf).
- Linnerooth-Bayer, J., Mechler, R., 2006. Planning for disaster, *Options Magazine*, 18-19 (<http://www.iiasa.ac.at/Admin/INF/OPT/Summer06/opt-06sum.pdf>).
- McBean, G., 2006. Hazards and disasters – a research challenge (http://www.icsu-asia-pacific.org/resource_centre/Hazards_Disasters_Research_Challenge_McBean.pdf).
- MacKellar, L., Noymer, A., 2006. Pandemic influenza: reducing vulnerability, *Options Magazine*, 20-21 (<http://www.iiasa.ac.at/Admin/INF/OPT/Summer06/opt-06sum.pdf>).
- Sarewitz, D., Pielke, R., Jr., 2001. Extreme events: a research and policy framework for disasters in context, *International Geology Review*, 43, 406-418.
- Scheffer, M., Carpenter, S.R., Foley, J.A., Folke, C., Walker, B., 2001. Catastrophic shifts in ecosystems, *Nature*, 413, 6856, 591-596.
- Sen, A., 1981. *Poverty and Famines: An Essay on Entitlement and Deprivation*, Oxford, Oxford University Press.
- Smil, V., 2005. The next 50 years: fatal discontinuities, *Population and Development Review*, 31, 201-236.
- Turner, B.L., II, Kasperson, R.E., Matson, P.A., McCarthy, J.J., Corell, R.W., Christensen, L., Eckley, N., Kasperson, J.X., Luers, A., Martello, M.L., Polsky, C., Pulsipher, A., Schiller, A., 2003. A framework for vulnerability analysis in sustainability science, *Proceedings of the National Academy of Science USA*, 100, 8074-8079 (<http://www.pnas.org/cgi/content/full/100/14/8074>).
- Walker, B.H., Carpenter, S.R., Anderies, J.M., Abel, N., Cumming, G.S., Janssen, M.A., Lebel, L., Norberg, J., Peterson, G.D., Pritchard, R., 2002. Resilience management in social-ecological systems: a working hypothesis for a participatory approach, *Conservation Ecology*, 6, 1,14 (<http://www.consecol.org/vol6/iss1/art14>).
- WMO [World Meteorological Organization], 2004. Water and disasters: be informed and be prepared (http://www.wmo.ch/web/homs/WWD2004/be_informed_and_be_prepared.html).