LACS ET RISQUES : UN ESSAI DE TYPOLOGIE

L. TOUCHART

ABSTRACT. - Lakes and risks: a typological review. Links between lakes and risks usually are studied through the natural hazards caused by lakes. Lakes induce hazards on different scales, i.e. downstream risks and coastal risks. Here we try to regard the lake as a target of the predicable damages and a vehicle of risks too, such as bursting of dam, seismic effect, flooding of arable lands, drying and pollution. Lastly, we suggest to consider the lake as a management tool decreasing and controlling risks, such as highest and lowest river water levels, groundwater recharge or nutrient trap.

1. Introduction

Le risque hydrologique est le plus souvent abordé dans la littérature sous l'angle de la menace fluviale, où crues et étiages sont de la plus grande importance (Giret, 2004). Pourtant, le risque hydrologique compte aussi le danger limnologique, beaucoup moins connu et qui n'est souvent étudié que ponctuellement. Telle catastrophe lacustre très médiatique, celle du lac Nyos par exemple (Sigurdsson *et al*., 1987, Leenhardt, 1995, Tchindjang & Konfor, 2001), ou telle famille d'origine du risque lacustre, notamment celle des lacs glaciaires (Lemarchand, 2002), donnent lieu à des recherches approfondies, mais isolées les unes des autres. Une synthèse est donc nécessaire, guidée par une réflexion étudiant dans toute leur complexité les relations entre les lacs et les risques, c'est-à-dire non seulement le lien de causalité, mais aussi le lien de réciprocité et le lien de négation.

2. Les risques provoqués par les lacs

L'étude des risques causés par les plans d'eau privilégie l'aléa lacustre, puisqu'il s'agit avant tout de rechercher les différentes probabilités des événements que les lacs peuvent provoquer. Mais le hasard lacustre n'est pas abordé seul, lié qu'il est à la vulnérabilité des populations face aux risques suscités par un lac existant donné. Une réflexion géographique permet de cerner les différentes échelles dans le cadre desquelles évoluent les risques dus aux lacs.

2.1. Les lacs, un risque pour l'aval

A petite échelle cartographique, les lacs naturels sont à l'origine de risques susceptibles de se propager assez loin du plan d'eau. La taille de la surface d'impact dépend notamment de l'élément accidentellement relâché, soit de l'eau, soit du gaz.

RISCURI ŞI CATASTROFE Vol. V, Nr. 3 / 2006

La cause principale de la libération d'une grande quantité d'eau en aval d'un lac naturel est la rupture d'un barrage. Ce volume d'eau se mélange avec les sédiments du barrage ou de la vallée et les dégâts pressentis sont ceux d'une lave torrentielle. Tous les lacs en arrière d'un barrage dû à des dépôts laissés par les grands agents de transports sont concernés, ainsi que les plans d'eau retenus par des accumulations de bas de versant. Les montagnes concentrent la plupart des risques de ce type. Il en est ainsi des moraines de glacier actuel, qui ne sont pas encore indurées. Dans les Alpes valaisannes, le lac de Mattmark, en arrière d'une moraine latérale du glacier d'Allalin, présentait de plus en plus de risques du début du XIX e siècle au début du XX e (Collet, 1925). C'est pourquoi les ingénieurs suisses ont, depuis, artificiellement consolidé le barrage naturel. Les barrages dus à des mouvements de masse sont eux aussi fragiles. On sait par exemple que, dans le Pamir tadjik, le lac Sarez, retenu par un chaos de blocs de plus de 600 m de haut issu de l'éboulement de 1911, présente de forts risques de déversement dans la vallée du Murgab par rupture partielle du barrage naturel (Fort & Vazyrov, 2006). Depuis 2000, la Banque Mondiale soutient un projet international, le *Lake Sarez Risk Mitigation Project*, chargé de trouver des solutions pour diminuer le risque.

Les lacs glaciaires présentent des risques proches, mais il faut ajouter au déversement potentiel d'eau et de sédiment celui de blocs de glace aggravant les dégâts. Dans les Alpes, pour éviter que des catastrophes ne se reproduisent plus, comme la vidange du lac juxtaglaciaire du Val de Bagnes (160 morts en 1595) ou celle du lac intraglaciaire de Tête-Rousse (175 morts à Saint-Gervais en 1892), la surveillance a été renforcée au XX e siècle et des travaux d'ingénierie entrepris. Ainsi, depuis plus de cent ans, le lac de Märjela, retenu par la langue du glacier d'Aletsch, est percé d'un écoulement artificiel évitant la rupture. C'est la probabilité d'occurrence de l'aléa qui a été la plus modifiée par les travaux.

Les lacs volcaniques constituent l'autre grande famille pouvant relâcher un élément dangereux. Les lahars, qui peuvent provenir de la vidange d'un lac imbibant des cendres volcaniques, sont des coulées de boue dont les dommages sont assez proches de ceux causés par les cas précédents. Plus originaux sont les lacs de cratère dont les eaux se gorgent progressivement de gaz carbonique émis par les chambres magmatiques en cours de refroidissement. La concentration en CO_2 dissous dans l'eau augmente sans accident tant que la pression atmosphérique est capable de l'équilibrer. Mais, quand un seuil de concentration dans l'eau est dépassé, la pression atmosphérique ne peut plus jouer ce rôle et un dégazage brutal et massif se produit de l'eau vers l'air. Le dioxyde de carbone, plus dense que l'air, s'écoule sur le flanc du volcan et asphyxie hommes et animaux. Tirant les leçons des catastrophes déjà avérées au Cameroun, on connaît désormais assez bien ce risque de dégazage des lacs de maar. L'aléa répond aux caractéristiques suivantes. La surface d'impact s'étire dans la vallée de l'émissaire, dans laquelle, le gaz carbonique, plus dense que l'air, est canalisé jusqu'à une quinzaine de kilomètres en aval. La probabilité d'occurrence reste discutée, selon qu'on admet la théorie

RISCURI ŞI CATASTROFE Vol. V, Nr. 5 / 2006

volcanique, pour laquelle la fréquence de retour est indéterminée, ou la théorie limnique, qui, dans le cas des lacs Monoun et Nyos, donnerait un temps de retour naturel d'environ 25 ans. L'intensité du phénomène est celle d'une nappe gazeuse qui s'écoule à une vitesse de 50 à 70 km/h après la déflagration initiale provoquant un raz-de-marée lacustre. La durée du phénomène est de quelques heures. La vulnérabilité répond aux caractéristiques suivantes. Le nombre de victimes dépend de la densité de population. Pour la catastrophe avérée du lac Nyos en 1986, on a dénombré 1 746 morts et 659 blessés, mais ce risque serait plus élevé dans des régions volcaniques plus peuplées, comme l'Indonésie. La gestion du risque peut prendre des formes variées. Le déplacement de population dépend lui aussi de la densité et des moyens économiques. Les recherches scientifiques doivent se focaliser sur la température de l'eau et, dans le cas de la théorie limnique, l'installation de tuyaux d'évent pour évacuer en permanence le gaz. Ce sont les orgues de Nyos au Cameroun. Cependant Leenhardt (1995) a bien montré comment la perception du risque jouait un rôle fondamental dans le choix des outils de gestion, à travers les dissensions entre les ethnies et entre les scientifiques sur fond de bataille de publications et de primauté de la recherche francophone ou anglophone.

2.2. Les lacs, un risque pour les régions riveraines

A grande échelle cartographique, les lacs provoquent des risques littoraux. Ce sont d'abord ceux de raz-de-marée lacustre et d'effondrement de portions côtières dans le cas de séismes. Depuis la catastrophe de 1861, le Baïkal prend en compte cet aléa. C'est plus banalement le recul des falaises lacustres, le démaigrissement des plages ou l'évolution très rapide de l'érosion littorale. Le cas de la dissolution du sel gemme dans de nombreux lacs roumains en est un exemple (Şerban *et al*., 2005). La lente montée de niveau de l'eau, sur plusieurs décennies, fait partie de ce type de risque. Ainsi, le grand lac du monde, la Caspienne, progresse depuis 1977, vers l'intérieur des terres en inondant le littoral et les installations humaines, portuaires, pétrolières, voire nucléaires. Le risque d'origine naturelle, par bilan hydrologique bénéficiaire, se transforme alors en risque technologique. Les menaces d'accident de navigation cumulent quant à eux un aléa hydrodynamique et une vulnérabilité fondée sur l'entretien des bateaux.

Les risques du vivant, selon la classification de Dauphiné (2001), concernent surtout les littoraux des lacs tropicaux, notamment par les maladies dues aux insectes, comme le paludisme, ou au contact avec l'eau, comme la bilharziose. Celles dues à la consommation d'eau potable par l'Homme ou le bétail sont pour certaines un risque provoqué par le lac, pour d'autres un risque dans lequel le lac n'est qu'un vecteur.

RISCURI ŞI CATASTROFE
Vol. V, Nr. 3 / 2006

3. Le lac, un milieu intermédiaire affecté par le risque

La réciproque de l'étude des risques provoqués par les lacs est celle des menaces pesant sur les plans d'eau. Elle privilégie la vulnérabilité lacustre, au sens où le lac lui-même peut subir des dommages et c'est cette potentialité de dégradation qui fournit un risque pour l'Homme. La recherche concernant les aléas n'en est pas absente, mais ce n'est pas le hasard lacustre à proprement parler dont il est question : ce sont d'autres aléas généraux, en particulier celui de pollution, qui doivent être étudiés dans ce cas. Bref, l'Homme forme ou transforme un lac, si bien que, par cet intermédiaire et en retour, cela constitue un risque pour l'Homme.

3.1. Les risques dus à la mise en eau d'un lac par l'Homme

Quand l'Homme crée un lac artificiel, il construit de nouveaux risques. Les principaux sont la menace de rupture du barrage, l'augmentation des séismes, le danger de dégradation du milieu et les risques socio-politiques. Le risque de rupture de la digue est le plus étudié, s'appuyant sur le financement des gestionnaires et la connaissance des catastrophes avérées, dont la plupart ont eu lieu aux Etats-Unis (Gignoux & Barbier, 1955). Les trois principales causes des ruptures sont d'abord celle d'une crue dépassant la capacité des déversoirs et évacuateurs et provoquant donc une charge trop forte (exemple du lac de Malpasset en France en 1959, Sarramea, 1999), ensuite l'érosion progressive de la digue avec infiltrations et fissurations, cas le plus fréquent pour les petits lacs et les étangs (exemple des Ouches en Auvergne, France, en 2001), enfin les éboulements ou glissements de terrain tombant dans le lac, provoquant une vague détruisant le barrage (exemple du lac de Vaiont en Italie en 1963). En France, la prévention de ce risque est fondée sur la surveillance, à la charge de l'exploitant, contrôlée par l'Etat sous l'autorité des préfets. Concrètement, la DRIRE est la principale administration de contrôle de la surveillance. Quant au Plan Particulier d'Intervention (PPI), il a remplacé le plan d'alerte en 1992. En cas de rupture de barrage, une corne de brume émet des signaux demandant à la population de gagner les points hauts insubmersibles.

Le risque sismique provient de ce que l'énorme poids de l'eau, lors du remplissage d'une nouvelle retenue, provoque des réajustements tectoniques, notamment en montagne (Mead & Carter, 1941, Rothé, 1973). Le danger de dégradation du milieu est varié, directement dû à l'inondation de terres de valeur. Cette valeur peut être économique, par l'inondation de riches terres arables (Oust-Ilimsk en Sibérie), patrimoniale, par l'ennoiement de monuments historiques ou de villages. Cette valeur peut être aussi écologique et la perte de biodiversité due à la mise en eau du barrage de Petit-Saut en Guyane française a concerné la forêt amazonienne. En rétroaction, la biomasse trop abondante ne peut être correctement décomposée (Charlet & Peretyashko, 2003). C'est que la création de tout lac artificiel transforme un écosystème lotique en un milieu lentique, bouleversant les processus en interne, ainsi qu'en aval, par les rejets pouvant causer une libération

RISCURI ŞI CATASTROFE Vol. V, Nr. 3 / 2006

de polluants, de sédiments lors des vidanges, des sauts brutaux de température néfastes aux organismes vivants, etc.

Les risques socio-politiques concernent surtout l'érection d'un barrage en amont d'une frontière. Le plan d'eau devient alors un instrument qui accroît les possibilités de pression du pays constructeur sur celui de l'aval. L'exemple le plus marqué des tensions qui en découlent est sans doute le pouvoir conféré à la Turquie par le début de réalisation du *Guneydogu Anadolu Projesi* (*GAP*), ce projet de développement de l'Anatolie fondé sur la construction d'une vingtaine de lacs de barrage sur le haut bassin de l'Euphrate (Olcay Ünver, 1997), dont les premières réalisations effectives, celles des lacs Atatürk et Keban, ont bouleversé les relations géopolitiques avec la Syrie et l'Irak (Bethemont, 1999).

3.2. Les risques dus à l'assèchement d'un lac par l'Homme

Les prélèvements d'eau humains dans les tributaires qui alimentent naturellement les lacs peuvent provoquer, s'ils déséquilibrent fortement les bilans hydrologiques, l'assèchement des plans d'eau situés en aval. C'est le cas de l'Aral, dont le niveau baisse depuis une quarantaine d'années du fait de l'irrigation du coton sur le piémont des chaînes d'Asie Centrale et de la consommation d'eau par les villes-oasis. Les domaines affectés par le risque sont l'augmentation de la salinité et la diminution du nombre d'espèces vivantes, en particulier de poissons, l'effet néfaste des sédiments exondés depuis le retrait du lac, l'abaissement du niveau des nappes jadis alimentées et, indirectement, leur susceptibilité à la pollution (Létolle & Mainguet, 1993). La Mer Morte connaît une baisse de niveau comparable, en nombre de mètres, et pour des raisons proches, qui sont celles d'énormes prélèvements d'eau pour les activités humaines dans son affluent, le Jourdain. Les conséquences sont différentes, moins écologiques mais plus politiques. Les risques socio-politiques sont cruciaux en terme de frontières et de peuples concernés, se focalisant sur les fait que les prélèvements sont effectivement israéliens, l'assèchement lacustre concernant en revanche aussi la Jordanie, et se surimposant au très difficile accès des Palestiniens à la ressource en eau.

Ce type de risque, caractéristique des régions arides et des lacs endoréiques, peut être élargi à l'échelle mondiale et aux lacs exoréiques, si l'on prend en compte les transformations du marnage par l'Homme. La construction de vannes à la sortie d'un lac naturel (par exemple à Genève depuis le XVIII e siècle pour le Léman), afin de réguler son niveau ou l'utiliser, change le régime des hautes et basses eaux. Le risque essentiel est celui d'une reprise d'érosion littorale, selon des modalités diverses.

3.3. Les risques dus à la pollution d'un lac par l'Homme

Doté d'une capacité auto-épuratrice plus faible que celle d'une eau courante, le lac souffre plus d'être le réceptacle des rejets anthropiques. Il s'agit d'une part de pollution au sens strict, une souillure de l'eau due à l'introduction de substances

RISCURI SI CATASTROFE Vol. V, Nr. 3 / 2006

toxiques, qui nuisent directement à la chaîne alimentaire. Le risque de pollution organique a baissé dans les pays industriels, mais il reste élevé dans les pays en voie de développement. Le risque de pollution chimique est quant à lui généralisé.

Il s'agit d'autre part d'eutrophisation, c'est-à-dire d'un enrichissement du lac en nutriments, qui augmente déraisonnablement sa biomasse et provoque en retour des effets néfastes à l'Homme, non seulement en bouleversant toute la chaîne trophique et l'appauvrissant en qualité, mais aussi causant un surcoût de son utilisation, voire des risques pour la santé. Le sujet est surétudié depuis des décennies (Pesson, 1976), mais ce n'est que depuis peu qu'il est intégré à la problématique des risques en géographie (Veyret & Pech, 1997).

4. Le lac, outil de gestion du risque

Afin de présenter l'ensemble de la complexité des liens entre lacs et risques, il convient de retourner la situation classique, en admettant que le plan d'eau est capable, dans certains cas, de réduire les risques extra-lacustres. La recherche doit alors privilégier la gestion, dans le but avoué que, grâce aux lacs, certains risques ne se transforment pas en catastrophe. Ce dernier rôle, trop souvent omis, globalise et conceptualise l'étude, sans pour autant empêcher d'aborder une multitude d'exemples concrets.

Le lac est avant tout un écrêteur de crue, qui réduit le risque d'inondation en aval. Ce phénomène est connu des plans d'eau naturels : encore à Lyon, les crues du Rhône sont beaucoup moins dévastatrices grâce au Léman (Bravard, 1987). Nombre de lacs artificiels sont alors construits dans ce but, comme ceux du Der-Chantecoq et de la Forêt d'Orient pour préserver Paris des inondations.

Le corollaire est le soutien d'étiage. Les lacs mettent en réservent de grands volumes d'eau en période humide et sont capables de la restituer peu à peu à l'émissaire, alors alimenté en période de basse eau fluviale par ailleurs. Le risque de pénurie d'eau est ainsi diminué en aval et c'est ce phénomène, connu pour les plans d'eau naturels, qui est imité lors de la construction de retenues artificielles destinées à cet effet. L'ouest de la France, connu pour ses sécheresses estivales et ses besoins en eau d'irrigation pour le maïs, profite ainsi de la construction de lacs artificiels, dont, parmi les derniers en date, ceux de Lavaud et Mas Chaban dans le bassin de la Charente.

La réduction des autres risques extra-lacustres est moins connue, mais les lacs sont aussi susceptibles de recharger les nappes, piéger les nutriments, accroître la biodiversité du milieu, notamment grâce à leurs ceintures littorales, augmenter la productivité dans les régions où le risque serait de manquer de nourriture, etc. Ainsi, le lac, s'il est compris comme un outil de domination du risque, peut participer à l'ensemble de la gestion de l'espace, dans une optique systémique proche de celle développée par Laganier & Davy (2000) à propos du risque hydroclimatique méditerranéen.

RISCURI şi CATASTROFE Vol. V, Nr. 3 / 2006

Conclusion

La difficulté de l'étude globale et complexe du risque limnologique réside sans doute dans le fait que les trois liens entre lacs et risques, tels qu'ils viennent d'être succinctement exprimés, sont le plus souvent séparés. Selon les groupes sociaux ou les individus, un même lac, par exemple une retenue artificielle, sera la cause d'un risque selon certains riverains, qui craindront la rupture du barrage, mais ce lac subira aussi des possibilités de dommages selon d'autres utilisateurs, comme les pêcheurs estimant que ce plan d'eau se pollue, et ce lac, enfin, préviendra au contraire le risque de crue fluviale selon les constructeurs et gestionnaires. Finalement, c'est la « culture du risque » (Thouret, 2004) qu'il convient de mettre en avant. Cette représentation mentale du risque, peu abordée en limnologie, doit permettre l'accès à la connaissance du risque, autorisant ainsi le dépassement du seul rôle classique du lac générateur de risque.

R E F E R E N C E S

1. Bethemont, J. (1999), *Les grands fleuves entre nature et société*. Paris, A. Colin, 256 p.
2. Bravard, J.-P., (1987), *Le Rhône du Léman à Lyon*. Lyon, La Manufacture, 452 p.
3. Charlet, L., Peretyashko, T. (2003), « Recharge d'une retenue hydroélectrique stratifiée tropicale après orage (Retenue de Petit Saut, Guyane Française) » *Revue de Géographie Alpine*, 91(1) : 93-98.
4. Collet, L.W. (1925), *Les lacs, leur mode de formation, leurs eaux, leur destin, éléments d'hydrogéologie*. Paris, Doin, 320 p.
5. Dauphiné, A. (2001), *Risques et catastrophes, observer, spatialiser, comprendre, gérer*. Paris A. Colin, col. U, 288 p.
6. Fort, M., Vazyrov, K. (2006), « Aléas et risques naturels dans le Pamir occidental : du local au global » *Bulletin de l'Association de Géographes Français, Géographies*, 83(2) : 235-250.
7. Gignoux, M., Barbier R. (1955), *Géologie des barrages et des aménagements hydrauliques*. Paris, Masson, 343 p.
8. Giret, A. (2004), « Le risque hydrologique » *L'Information Géographique*, 1 : 14-26.
9. Laganier, R., Davy L. (2000), « La gestion de l'espace face aux risques hydroclimatiques en région méditerranéenne » in Bravard J.-P., dir., *Les régions françaises face aux extrêmes hydrologiques*. Paris, Sedes, 288 p. : 15-38.
10. Leenhardt, O. (1995), *La catastrophe du lac Nyos au Cameroun, des mœurs scientiques et sociales au Cameroun*. Paris, L'Harmattan, 190 p.
11. Lemarchand, F. (2002), « La dangereuse vidange des lacs glaciaires » *La Recherche*, 356 : 16-17.
12. Létolle, R., Mainguet, M. (1993), *Aral*. Paris, Springer, 358 p.
13. Mead, T.C., Carter, D.S. (1941), Seismic Investigations in the Boulder Dam Area in 1940 » *Bulletin of the Seismological Society of America*, Stanford, 31 : 321-324.

RISCURI ŞI CATASTROFE
Vol. V, Nr. 3 / 2006

14. Olcay-Ünver, I.H. (1997), « South-eastern Anatolia Integrated Development Project (GAP) Turkey : an overview of issues of sustainability » *Water Resources Development*, 13(2) : 187-207.
15. Pesson, P. dir., (1976), *La pollution des eaux continentales*. Paris, Bordas, 285 p.
16. Rothé, J.-P. (1973), « Seismic Effects. Summary : Geophysics Report » in Ackermann W.C., White G.F. & Worthington E.B., Ed, 1973, *Man-Made Lakes, their Problems and Environmental Effects*. Washington D.C., American Geophysical Union, Geophysical Monograph n° 17, 847 p. : 441-454.
17. Sarramea, J. (1999), « Le drame de Malpasset : catastrophe naturelle ? » *L'Information Géographique*, 5 : 219-222.
18. Şerban, Gh., Alexe, M., Touchart, L. (2005), « L'évolution du modelé lacustre et la salinité des lacs de Cojocna (Plaine de Transylvanie, Roumanie) » *Géographies Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 82(2) : 234-245.
19. Sigurdsson, H., Devine, J.D., Tchoua, F.M., Presser, T.S., Pringle, M.K.W., Evans, W.C. (1987), « Origin of the lethal gas burst from lake Monoun Cameroon » *Journal of Volcanism and Geothermal Research*, 31 : 1-16.
20. Tchindjang, M., Konfor, N.I. (2001), « Risques d'inondation dans la vallée de Nyos » *African Journal of Science and Technology*, 2(2) : 50-62.
21. Thouret, J.-C. (2004), « Risques naturels, risques de société » *Bulletin de l'Association de Géographes Français, Géographies*, 81(1) : 59-63.
22. Veyret, Y., Pech P. (1997), *L'homme et l'environnement*. Paris, PUF, 2e éd., 423 p.

RISCURI ŞI CATASTROFE
Vol. V, Nr. 3 / 2006