Question II « Conséquences positives et négatives »

Pour une approche écologique de l'évaluation des conséquences des crues

Henri Décamps

Centre d'Ecologie des Systèmes Fluviaux, CNRS, Toulouse

Traiter des conséquences positives et négatives des crues n'est pas facile. Chacun voit bien quelles peuvent être les conséquences négatives : les inondations catastrophiques sont là pour nous rappeler régulièrement à quel point les mesures de protection sont indispensables. Chacun voit bien également qu'il ne saurait être question d'équilibre entre des « avantages » et des « inconvénients » et que, en matière de crues, ces deux notions se placent à des niveaux totalement différents. Il serait, à cet égard, tout à fait vain d'orienter le débat sur une opposition entre ceux qui accorderaient des conséquences plutôt positives aux crues et ceux qui leur accorderaient des conséquences plutôt négatives. Une telle opposition entre « partisans » et « adversaires » des crues ne serait qu'un piège. Il faut reconnaître que, pour caricatural qu'il soit, ce faux-débat s'est parfois développé dans le passé. Il débouche à chaque fois sur ce que P. CAZENAVE et J. CHAPON qualifient « d'intégrisme intellectuel » dans leur avant-propos à ces 23^e journées de l'hydraulique.

Pour éviter cet écueil, il importe de choisir un éclairage à partir duquel il sera possible d'évaluer le rôle des crues. Cet éclairage, me semble-t-il, ne peut être qu'écologique. Il consistera d'abord à replacer les crues, phénomène naturel, dans la dynamique des écosystèmes ; ensuite à distinguer les échelles qui peuvent permettre de dégager les enseignements apportés par les communications présentées ; enfin à discuter les solutions évoquées, les remèdes, les recommandations possibles dans ce domaine.

1. Crues et dynamique des écosystèmes

Quelle place donner aux crues dans la dynamique des écosystèmes d'eau courante ? Pour répondre à cette question, nous devons disposer de ce que j'appellerai d'abord une grille d'évaluation, ensuite d'un système de mesure.

L'idée de grille d'évaluation ramène aux problèmes fondamentaux de l'Ecologie. L'un de ces problèmes est de prévoir comment une variable écologique peut évoluer dans le temps (fig. 1). Par variable écologique, on entendra par exemple la production de végétaux aquatiques ou de poissons, la diversité biologique, la décomposition de la matière organique, etc. Prenons la production de végétaux aquatiques, plus précisément les algues du plancton. Cette variable va évoluer entre certaines limites sous l'influence de facteurs de contrainte de deux sortes : abiotiques tels

que la température, l'éclairement, le débit ; biotiques tels que les substances nutritives, la compétition intra- et interspécifique, la prédation. Le jeu de ces différentes contraintes fixe les limites entre lesquelles évolue la variable production du plancton végétal au cours d'une période dite de référence. A tout moment peut survenir une perturbation dont l'effet sera de modifier l'équilibre dynamique en place. Cette perturbation pourra être d'origine naturelle ou d'origine anthropique.

1. Dynamique temporelle d'une variable écologique en fonction de facteurs de contrainte et d'une perturbation d'origine naturelle ou anthropique (d'après Lubinski 1993).

Un premier problème posé par l'étude des crues est qu'elles peuvent être considérées tantôt comme facteurs de contrainte, tantôt comme perturbation. Les crues facteurs de contrainte délimitent l'équilibre dynamique en place pendant la période de référence : crues de printemps ou d'automne qui remanient les apports de substances nutritives, qui modifient les conditions d'éclairement, de température, etc... Dans ce cas, c'est l'arrêt des crues qui constitue la perturbation ; l'origine anthropique est alors claire : barrages et endiguements conduisent à de nouveaux équilibres en modifiant les effets des facteurs de contraintes. Mais les crues peuvent également être une perturbation naturelle dans la mesure où, par leur intensité

ou leur durée, elles viennent transformer les conditions qui prévalaient au cours d'une période de référence.

Un second problème posé par les crues est que la façon dont elles peuvent être perçues au plan écologique — contrainte ou perturbation — dépend de l'échelle de temps et d'espace considérée. De l'échelle de temps choisie dépend bien sûr la période de référence considérée. Ce choix est d'une grande importance et demande sans doute une grande attention, mais il n'est pas spécial à l'écologie. L'ensemble des études présentées lors de ces journées se réfère à une échelle de temps que je qualifierai d'opérationnelle. Il ne s'agit pas en effet de remonter au déluge, ni de s'interroger sur la manière dont l'impact, de plus en plus lourd, des activités humaines, a perturbé les écosystèmes depuis l'Antiquité ou le Moyen-Âge. Il s'agit plutôt de considérer l'échelle d'une centaine d'années de manière à tirer les conséquences les plus directes des réponses du système écologique aux événements perturbateurs. Cette échelle conduit à prendre comme référence une période qui, en première approximation, commence avec le début de ce siècle. Ce choix étant fait et une période de référence étant identifiée, il reste encore la question de l'échelle d'espace. C'est peut-être là le problème le plus important auquel nous sommes confrontés. Important parce que des échelles d'espace choisies dépendent l'identification de ce que nous appellerons « facteurs de contrainte » et « perturbation ». Important aussi parce que de l'échelle d'espace choisie dépendent les mesures à prendre pour protéger, restaurer, réhabiliter.

Ces échelles d'espace livrent en fait le système de mesure nécessaire à l'évaluation du rôle des crues dans la dynamique des écosystèmes d'eau courante.

2. Les crues à l'échelle du bassin

L'échelle du bassin est généralement considérée comme l'unité de base pour comprendre le fonctionnement des écosystèmes d'eau courante. Cette unité est cependant très variable : le bassin à l'étude peut-être celui d'un vaste ensemble — le bassin de la Loire par exemple — ou encore celui de sous-bassins de tailles plus ou moins réduites. En fait, le choix de cette échelle traduit surtout l'importance accordée aux contrôles que, par le jeu des ruissellements, les milieux terrestres exercent sur les milieux aquatiques, tant en ce qui concerne la qualité que la quantité des eaux. A cette échelle du bassin, les facteurs de contrainte abiotiques sont la taille et la localisation du bassin, ses conditions climatiques mais aussi géologiques et pédologiques. Les facteurs de contrainte biotique sont essentiellement ceux du couvert végétal : sa présence ou son absence, sa densité, sa nature forestière ou non, son morcellement, etc. Toujours à cette échelle, les perturbations naturelles viennent soit de périodes de sécheresse qui réduisent les écoulements, soit de fortes pluies ou de tempêtes qui transforment les apports ou modifient le couvert végétal. Quant aux perturbations d'origine anthropique, ce sont celles dues au développement de l'urbanisation et de l'agriculture dans la mesure où elles transforment les conditions du couvert végétal.

L'échelle du bassin est par excellence celle de la compréhension des mécanismes de rétention de l'eau ou des sédiments. Quatre articles placent en totalité ou en partie leur analyse à cette échelle.

A. DAOUD et J. TRAUTMAN se placent à l'échelle du bassin dans leur étude des Hautes Steppes tunisiennes. La densité des puits de la région de Sidi-Bouazid atteint 25 par km², entraînant une surexploitation de la nappe phréatique, et l'intrusion d'eau salée en bordure. Dans ces conditions, les techniques d'hydraulique traditionnelle mériteraient d'être remises en valeur par un épandage plus efficace des crues. Mais l'entretien des ouvrages de dérivation pose de grands problèmes, avec notamment l'entassement des dépôts de sable et la nécessité de travaux collectifs. Les auteurs soulignent la nécessité de prendre en compte l'imbriication des facteurs du milieu, des facteurs socio-économiques et des facteurs politiques.

J.Y. DELACOUX et D. PÉPIN insistent sur la nécessité d'une revégétalisation du bassin versant de la Durance dans le but de réduire l'érosion. D'importantes quantités de matériaux solides sont en effet charriées par la Durance et ses affluents. Le risque d'envasement des plans d'eau est réel. C'est ainsi que la retenue de St Lazare est passée de 6,2 à 2 millions de m³ et celle de l'Escale de 16 à 3 millions de m³. Par ailleurs, l'étang de Berre est toujours un point sensible, en dépit des dispositions prises qui ont diminué les apports de limons de 730 000 à 350 000 tonnes. Un plan de reconquête vise encore à réduire la moitié de ces apports.

P. BOURGOGNE et D. FRÉSIERS précisent le comportement hydraulique de deux sous-bassins du vignoble bordelais de la région de Pessac. Ils montrent que les responsabilités en matière de ruissellement peuvent être différentes en fonction des modifications subies par le fonds dominant.

Le cas des inondations pluviales à l'origine des catastrophes récentes de Nîmes et de Vaison La Romaine est traité par M. GUITTON. Le travail a ici porté sur les moyens qui permettent d'agir soit sur la rétention, soit sur la capacité d'écoulement. Trois zones du bassin doivent alors être prises en compte :

- dans la zone urbaine, il s'agit de fixer quelles capacités maximales d'urbanisme la ville peut supporter sans ennoiment compte tenu des techniques d'aménagement urbain : aménagements de rue canal, voies préservées, délestages et dérivations hydrologiques,
- dans la zone péri-urbaine d'amont, il s'agit de stocker le maximum de crue à la source, au niveau du parcellaire privé et public, ainsi qu'au niveau du parcellaire communal avec une gestion des eaux de ruissellement,
- dans les zones d'arrière-pays non urbanisé, il s'agit encore de stocker à partir d'ouvrages de laminage sur thalwegs secs, de retenues collinaires, de reboisements.

Tout ce travail de surface doit en outre être complété par une connaissance précise des surfaces concernées par le risque centennal, voire millénal.

3. Les crues à l'échelle du réseau hydrographique

L'échelle du réseau hydrographique est celle tracée par l'ensemble du chevelu des affluents à la rivière principale. Des sources à l'estuaire, les cours d'eau qui composent cet ensemble se modifient plus ou moins graduellement, les conditions en aval demeurant sous l'influence des conditions qui prévalent en amont. A cette échelle, les facteurs de contrainte abiotique se réfèrent aux conditions hydro-

logiques, à la morphologie du lit, à la qualité de l'eau, particulièrement la charge en sédiments. Le facteur de contrainte biotique se réfère essentiellement à la végétation forestière riveraine qui détermine par sa présence ou son absence des conditions totalement différentes au niveau des cours d'eau : atténuation de l'éclairement, de l'érosion des rives, apports de matière organique. Les perturbations naturelles sont ici les crues qui modifient les chenaux du réseau hydrographique. Les perturbations d'origine anthropique peuvent être très variées : chenalisation, barrages, diversions, introduction d'espèces exotiques, contamination par des produits chimiques.

L'échelle du réseau hydrographique est celle des écoulements, problème abordé dans six des communications présentées.

Pour P. BREIL et A. MALAFOSSE, une classification des régimes hydrologiques basée sur des caractéristiques de débits mensuels ne permet pas de considérer l'équilibre des écosystèmes. Ils proposent de considérer deux indices. Le premier est « l'indice de distorsion saisonnier », basé sur la médiane interannuelle et faisant le rapport entre les débits journaliers du mois et les débits journaliers des différents mois de l'année. Le deuxième indice proposé est l'indice de variabilité des crues, marqué par la différence entre le débit d'un jour donné et la médiane des débits des trente jours précédents. La question posée est de savoir quelle est la signification écologique de ces indices à l'échelle du réseau hydrographique.

J.L. PEIRY et H. VIVIAN s'appuient sur l'ensemble du Drac inférieur en amont de Grenoble pour analyser l'évacuation des crues exceptionnelles dans les lits court-circuités de beaucoup de rivières alpines. Dans le Drac, la mise en eau de la retenue de Notre-Dame de Commiers, en 1962, a pratiquement supprimé tout remaniement du lit en aval, ce qui a entraîné une végétalisation progressive et un envahissement du lit par des arbres qui, aujourd'hui adultes, sont susceptibles de perturber l'évacuation des crues. La crue d'octobre 1993, par exemple, aurait pu s'avérer catastrophique si, sans être plus intense, elle avait duré plus longtemps. Elle aurait en effet provoqué des arrachages massifs des arbres implantés dans le lit. Les auteurs concluent à la nécessité de mesures d'essartement, mais aussi à la nécessité d'une meilleure compréhension des processus de régénération de la végétation ligneuse et des facteurs qui la contrôlent.

L'étude de la catastrophe de la Joséphina en Equateur, présentée par E. CADIER, O. ZEVALLOS et A. VACCA se place également à l'échelle du réseau hydrographique. Le 29 mars 1953, un gigantesque glissement de terrain barrait la rivière Paute, créant un lac de retenue de près de 200 millions de m³. Le canal creusé dans ce barrage passait rapidement de quelques dizaines à plus de 10 000 m³/s, bousculant toutes les prévisions, ravageant l'aval et menaçant très sérieusement le barrage Daniel Palacios d'où le pays tire 75 % de son électricité. De telles catastrophes obligent à s'interroger sur le cas de nos rivières alpines par exemple, mais aussi à entreprendre de nouvelles études sur modèles réduits des divers moyens susceptibles de diminuer la vitesse de rupture des barrages.

Trois autres articles se placent également à l'échelle du réseau hydrographique. Ce sont ceux de J.Y. DELACOUX et D. PÉPIN à propos de la Durance, de M. GUITTON à propos des catastrophes de Nîmes et Vaison, ainsi que de B. LAMBLIN, P. LEFORT, M. BROUAT et M. DEBOSSE à propos

du Gave de Pau. Les deux premiers de ces articles plaçaient aussi leur analyse à l'échelle du bassin.

4. Les crues à l'échelle du secteur alluvial

Cette échelle est celle de la plaine inondable, c'est-à-dire celle où se développent les interactions entre systèmes aquatiques et terrestres. On comprend dès lors qu'au premier rang des contraintes abiotiques se trouvent les inondations annuelles, la morphométrie du lit majeur, les échanges de nutriments. Pour leur part, les contraintes biotiques sont celles de la production et de la diversité du couvert végétal. Quant aux perturbations, la perturbation naturelle principale à cette échelle est l'absence de poussée de débit à la suite de sécheresse. En effet, l'absence de crue limite les échanges de carbone et de nutriments entre la rivière et la plaine inondable. Il s'ensuit que le couvert végétal riverain est freiné dans son développement et que les poissons ont des difficultés pour trouver des zones de frai dans les bras morts et délaissés adjacents au chenal principal. Des perturbations d'origine anthropique peuvent également marquer les échanges par confinement des poussées de débit : digues et barrages, levées.

Cinq communications se placent à l'échelle du secteur alluvial.

H. PIEGAY, J.P. BRAVARD et P. DUPONT rappellent à quel point les crues sont lourdes de conséquences dans le Sud-Est de la France. La plupart des cours d'eau de montagne y drainent des corridors forestiers susceptibles de réduire les capacités d'écoulement dans les chenaux. D'où un effort pour restaurer les lits fluviaux et recréer un « état initial » jugé plus satisfaisant.

La question est justement d'identifier cet « état initial » de référence. Les paysages fluviaux alpestres ont été en effet profondément transformés du XIV^e au XIX^e siècle. Ces transformations ont d'abord conduit à une législation visant à maintenir des rives boisées de manière à limiter l'érosion latérale. Cependant, après la crue du Rhône de 1856, priorité est donnée à l'évacuation des eaux et donc à des coupes systématiques des forêts riveraines, livrant l'espace à l'agriculture. Depuis la fin des années 40, on assiste, avec l'abandon progressif de l'agriculture, à un retour des ripisylves favorisé par le fonctionnement des ouvrages hydroélectriques. Cette suite ininterrompue de changements rend particulièrement délicate, voire illusoire, l'identification d'un état de référence.

A cette difficulté s'ajoutent celles provenant des interactions qui lient la végétation riveraine et l'hydrodynamique des cours d'eau. Les boisements du bord des eaux jouent en effet un double rôle : écologique car ils créent une grande diversité d'habitats aquatiques, semi-aquatiques et terrestres ; hydrologique car ils réduisent la capacité érosive des flux d'inondation. Dans ces conditions, la gestion de la végétation riveraine doit faire preuve d'une grande souplesse et faire valoir, selon les secteurs, tantôt des impératifs de conservation de la nature, tantôt des impératifs de protection contre les crues.

J. STEIGER et F. GAZELLE, dans un deuxième article consacré à l'échelle du secteur alluvial, insistent sur le rôle des crues dans l'évolution naturelle des paysages de la Garonne. Le secteur considéré est situé en aval de Toulouse, sur une soixantaine de kilomètres de longueur. L'incision du lit, les modifications de la morphométrie de la

section mouillée ont « déconnecté » tout le cortège d'anciens bras, de chenaux et de méandres qui bordent le fleuve. A ces changements se sont superposés ceux des pratiques d'utilisation de l'espace alluvial. Il s'en est suivi l'installation d'une mosaïque, — d'un « espace non-investi » — au sein du lit majeur immédiat. Là se côtoient encore des ripisylves, des zones humides, des habitats naturels en bordure de Garonne sur l'ensemble de la zone étudiée. Les auteurs plaident pour une protection de cette zone.

P.C. CHAMARD et M.F. COUREL posent la question de savoir si le delta du Niger est condamné ou s'il est possible d'en sauvegarder les possibilités. Peut-on à cet égard développer une gestion plus rationnelle des eaux du Niger, lesquelles sont de moins en moins abondantes ? La réponse est très nuancée : la diminution de l'inondation a eu, certes, de graves conséquences sur la production des prairies aquatiques et sur l'élevage, de même que sur la pêche, mais elle a permis le développement des riz flottants. En revanche, dans l'hypothèse d'un retour durable à une pluviométrie normale, les petits aménagements réalisés seraient à l'origine d'inondations exceptionnelles, favorables à l'élevage et à la pêche, mais catastrophiques pour la riziculture.

Ph. DEBAR, P. DESGRANGES, L. GAZULL et N. JULIEN présentent le cas des grands lacs de Seine. L'objectif est ici de cartographier les zones inondables et de quantifier les dommages engendrés par les crues historiques, compte-tenu de l'occupation actuelle du sol. Parallèlement est estimée la rentabilité des différents partis d'aménagement techniquement envisageables. Les auteurs parviennent à une évaluation globale des dommages résultant des crues historiques. Pour reprendre leurs conclusions, la zone inondable de la crue de 1910 représente 25 000 ha dont 18 % sur le secteur habitat, 11 % concernant les activités, 15 % les équipements et 56 % d'autres types d'occupation du sol. La population concernée en zone inondable est de 510 000 habitants. Pour les départements riverains de la Marne, les plus touchés, les dommages directs atteindraient 35 milliards de francs, les dommages indirects 19 milliards de francs. L'outil mis en place permet donc une évaluation globale des dommages, bien adaptée à l'échelle du 1/25 000^e mais pouvant être utilisée à des échelles plus grandes.

L'analyse des crues catastrophiques de Nîmes et de Vaison La Romaine par M. GUITTON se place aussi à l'échelle du secteur alluvial qui apparaît, finalement, comme un secteur-clé de l'évaluation des conséquences positives et négatives des crues.

5. Les crues à l'échelle des habitats aquatiques

Cette échelle révèle les structures fines des milieux aquatiques, — celles qui déterminent les distributions et les conditions de vie des poissons comme de la flore et de la faune nutritive. On peut à cet égard distinguer diverses catégories d'habitat : les rapides et les mouilles, l'axe du chenal principal et les bordures, les bras morts, les herbiers, etc... Ces habitats diffèrent entre eux en fonction d'un ensemble de variables géomorphologiques et physiques qui déterminent des facteurs de contraintes abiotiques tels que : vitesse du courant, substrat, oxygénation, turbidité, profondeur, températures. Au rang des facteurs de contraintes

biotiques figurent la végétation aquatique, le plancton, et divers animaux fouisseurs et brouteurs susceptibles d'influencer les habitats. Les perturbations naturelles sont causées par des chutes d'arbres et des intempéries ; les perturbations d'origines anthropiques résultent du nettoyage du lit, du dragage, de la navigation, également d'actions visant à la restauration du lit.

Même si plusieurs articles présentés évoquent l'échelle de l'habitat aquatique, aucun ne lui a été consacré dans le cadre de ces journées. Il s'agit pourtant de l'échelle privilégiée par de nombreuses études d'écologie traditionnelle. N'existe-t-il pas toute une série d'études à propos de la « directive habitat » ? Cette lacune me paraît révélatrice de la coupure existant entre naturalistes et physiciens. Peu de naturalistes écologues participent d'habitude aux journées de la Société Hydrotechnique de France. Un effort est très certainement nécessaire car les quelques questions écologiques soulevées au cours des débats tenus à Nîmes montrent une réelle possibilité d'enrichissement mutuel entre écologues naturalistes de terrain et ingénieurs modélisateurs.

6. Conclusion

La dynamique des écosystèmes d'eau courante est caractérisée par sa variabilité et par son imprévisibilité : variabilité des échelles et des situations où surviennent des événements en grande partie imprévisibles. Les articles présentés lors de ces journées livrent, à partir d'expériences locales et d'études de cas, les bases d'une réflexion qui peut nous aider à affronter cette variabilité et cette imprévisibilité des écosystèmes d'eau courante.

A cet égard, plusieurs enseignements méritent d'être soulignés. Premièrement, c'est tout un ensemble de disciplines qu'il faut prendre en compte pour parvenir à une connaissance susceptible de nous permettre d'exercer un contrôle sur les événements hydrologiques. Des bases géologiques, écologiques et socio-économiques sont tout aussi indispensables que des bases hydrotechniques. Deuxièmement, l'ignorance des règles fondamentales du développement des écosystèmes naturels peut aboutir à des conséquences dramatiques. Il faut par exemple mieux connaître, et faire connaître, les lois du développement végétal le long des rives des cours d'eau, mieux comprendre les conséquences de l'exploitation des bassins versants. Troisièmement, nous devons prendre la mesure de la complexité des systèmes en cause, non seulement à cause des intrications entre facteurs physiques et biologiques, mais surtout parce que la plupart des questions posées ont une portée humaine exceptionnellement forte : sensibilité de l'opinion publique, populations sinistrées, problèmes juridiques et socio-économiques.

Ces différents enseignements conduisent à l'idée que dans le domaine des crues et de leurs conséquences, les études de cas prennent une importance exceptionnelle. Tout nous porte en effet à l'analyse approfondie et particulière d'événements singuliers : la variabilité des phénomènes hydrologiques, leur relative imprévisibilité, leur complexité, leur portée incalculable au plan humain. Il faut ajouter que le poids de l'histoire nous oblige également à cet examen rigoureux de cas particuliers : l'histoire des systèmes naturels mais aussi celle des systèmes anthropisés. L'exemple de la catastrophe de la José-

phina en Equateur est venu confirmer à quel point nos certitudes sont fragiles et notre maîtrise des situations améliorabile.

Car, c'est finalement vers l'action que nous amènent les interrogations précédentes. La réaction exemplaire de la ville de Nîmes à la catastrophe du 3 octobre 1988 a véritablement imprégné les réflexions au cours de ces journées, indiquant les voies à suivre (FABRE G., FICHES J.L. et PEY J. 1944). Le laissez-faire n'est certes pas une solution acceptable. Nous nous devons d'intervenir sur le milieu naturel, sans doute en nous appuyant sur les sciences de l'Ingénieur mais aussi sur l'écologie des systèmes naturels. Nous devons intégrer dans notre connaissance la capacité de résilience de ces systèmes, c'est-à-dire leur aptitude à se reconstituer, à recouvrer un état d'équilibre après perturbation. Nous devons aussi apprendre à restaurer, à réhabiliter, à réaffecter (DÉCAMPS 1995), tout en sachant, et c'est ce qui demeure l'enseignement majeur de

ces journées, que chaque intervention sur les systèmes en cause ne peut être commandée que par le souci de l'intérêt des populations locales.

Références

- CAZENAVE P. et CHAPON J. (1995). — *Avant-Propos. Crues et inondations*. 23^e journées de l'hydraulique.
- DÉCAMPS H. (1995). — A propos du colloque « recréer la Nature » tenu au marais d'Orx, Landes les 17-18-19 mai 1994. Natures, Sciences, Sociétés (sous presse).
- FABRE G., FICHES J.L. et PEY J. (1994). — *L'eau à Nîmes*. 158 pp. Les Presses du Languedoc. Montpellier.
- LUBINSKI K. (1993). — *A conceptual model of the Upper Mississippi River System Ecosystem*. U.S. Fish and Wildlife Service. Environmental Management Technical Center, Onalaska, Wisconsin. EMTC 93-T001. 23 pp.

Crue du Rhin (photothèque EDF - Photo Marc Morceau).