

ingénieries

eau – agriculture – territoires

Les inondations représentent l'un des risques majeurs de catastrophes naturelles en France. Avec l'urbanisation croissante, de plus en plus de zones habitées sont vulnérables entraînant des dommages dont le coût économique est d'autant plus important que ces événements sont violents et de plus en plus fréquents.

Pour pallier autant que possible aux effets dévastateurs de ces phénomènes, les recherches se sont orientées sur les techniques de rétention et de ralentissement des flux d'eau. Ce numéro spécial est donc la traduction technique des dernières avancées scientifiques dans ce domaine et des retours d'expériences accumulés depuis quelques années. Il permet d'apporter à l'ensemble des acteurs locaux de la décision publique, les connaissances techniques nécessaires pour mettre en place des plans de prévention des crues et de réaliser des projets d'aménagement adéquats pour en limiter les conséquences.

Sommaire

Avant-propos : Il est temps d'accélérer le ralentissement dynamique des crues

Dynamic flood retention : time for new dynamics

Gérard Degoutte _____ 3

Prévention des inondations par ralentissement dynamique : principe et recommandations

Dynamic Flood Retention : principle and guidelines

Christine Poulard, Bernard Chastan, Paul Royet, Gérard Degoutte, Frédéric Grelot, Katrin Erdlenbruch et Yves Nédélec _____ 5

Quelques erreurs que l'on ne voudrait plus voir dans les études hydrologiques

Some errors to avoid in future hydrological studies

Étienne Leblois et Anne Jouhannaud-Trusson _____ 25

Enseignements de retours d'expériences de barrages à pertuis ouverts, de 1905 à nos jours

Dams with open outlets for flood control : some lessons to be learnt since 1905

Christine Poulard, Paul Royet, Jerzy Ratomski et Anna Lenar-Matyras _ 33

Deux exemples d'inondations par ruissellement : quelles leçons en tirer pour une meilleure prévention ?

Two case studies of floods caused by overland flow : which lessons learn in expectation of a better prevention ?

Yves Nédélec _____ 55

Le « polder » d'Erstein : objectifs, aménagements et retour d'expérience sur cinq ans de fonctionnement et de suivi scientifique environnemental (Rhin, France)

The Erstein "polder" : objectives, management and feedback of five years of functioning and environmental monitoring (Rhine River, France)

Laurent Schmitt, Marc Lebeau, Michèle Trémolières, Stéphane Defraeye, Cécile Coli, Evelyne Denny, Michèle Dillinger, Thierry Beck, Jean-Charles Dor, Philippe Gombert, Antoine Gueidan, Sébastien Manné, Jean-Paul Party, Pascal Perrotey, Maurice Piquette, Ute Roeck, Annick Schnitzler, Olivier Sonnet, Jean-Pierre Vacher, Vincent Vauclin, Mélanie Weiss, Jean-Nicolas Zacher et Patrick Wilms _____ 67

sommaire (suite)

Évaluer le temps de rupture d'une digue en remblai érodée par conduit traversant

Piping flow erosion in dike : quantifying the failure time

Stéphane Bonelli, Nadia Benahmed, Pierre Philippe, Alain Bernard, Yves Grémeaux et Guillaume Nunes_ 85

Sensibilité d'une analyse coût-bénéfice – Enseignements pour l'évaluation des projets d'atténuation des inondations

Sensitivity analysis of a cost-benefit analysis. Lessons for the valuation of food alleviation projects

Frédéric Grelot, Jean-Stéphane Bailly, Céline Blanc, Katrin Erdlenbruch, Patrice Mériaux, Nathalie Saint-Geours et Rémy Tourment _____ 95

Ralentissement dynamique et partage du risque – Mise en place des systèmes de compensation locaux

Dynamic flood retention and risk sharing – On the implementation of local compensation schemes

Katrin Erdlenbruch, Frédéric Grelot, Sophie Thoyer, Pauline Brémond, Carole Breton, Bernard Chastan, Geoffroy Enjolras et Robert Kast _____ 109

Communiquer sur les inondations : quelques propositions pour adapter une expérience de maquette interactive grand public

Communicating on floods : propositions for using an interactive educational small-scale model

Christine Poulard, Oldrich Navratil et Jean-Philippe Vidal _____ 121

Revue bibliographique – Panorama de la recherche sur la prévention des inondations

Literature review – An overview of the state of research on flood prevention

Christine Poulard _____ 131

Liens avec la politique du ministère chargé de l'écologie et le guide* de 2004

Ce numéro a pour objectif de diffuser des éléments de connaissance et de réflexion sur la mise en œuvre de techniques de prévention des inondations par rétention et ralentissement.

La thématique du ralentissement dynamique (RD) est soutenue par le ministère chargé de l'écologie. Il a initié en 2002 les **programmes d'actions de prévention des risques liés aux inondations** (PAPI) afin de rassembler l'État et les collectivités territoriales autour d'initiatives communes intégrées dans des programmes d'ensemble cohérents. La mise en œuvre préférentielle des techniques de ralentissement dynamique est un critère de sélection des projets candidats à un financement PAPI, les autres critères étant tout à fait cohérents avec le principe de gestion intégrée et à l'échelle du bassin dans lequel le RD a été imaginé (estimation des niveaux de risque, maîtrise d'ouvrage globale à l'échelle du bassin, renforcement de la conscience du risque et prise en compte dans les politiques d'aménagement, travail simultané sur l'aléa et la vulnérabilité...).

Une convention sur la prévention des inondations est d'ailleurs régulièrement reconduite entre le ministère (Bureau des risques météorologiques) et le Cemagref (les unités de recherche « Hydrologie-hydraulique » – HHLY à Lyon, « Ouvrages hydrauliques et hydrologie » – OHAX à Aix-en-Provence, « Hydro-systèmes et bioprocédés » – HBAN à Antony et l'unité mixte de recherche « Gestion de l'eau, acteurs et usages » – G-EAU à Montpellier), afin de favoriser les actions de formalisation et de diffusion des connaissances dont le présent numéro relève très largement.

Ces articles présentent des éléments nouveaux par rapport au guide édité par le ministère chargé de l'écologie en 2004*, mais surtout ils lui sont complémentaires en approfondissant certains points techniques et en présentant des analyses de retour d'expérience.

Une version révisée de cet ouvrage est d'ailleurs envisagée, afin de réactualiser les connaissances à la lumière de l'expérience acquise lors des projets et des questions reçues.

Appel à contributions

Si vous avez vous-mêmes acquis une expérience dans ce domaine, la revue *Ingénieries-EAT* vous invite à soumettre un article qui pourrait paraître dans un prochain numéro spécial dans la continuité de celui-ci.

Enfin, vous pouvez adresser vos questions et remarques aux coordinateurs de ce numéro *via* l'adresse mail guideRD@cemagref.fr. Nous en tiendrons compte dans les prochains articles et la prochaine édition du guide.

* « Le ralentissement dynamique pour la prévention des inondations : guide des aménagements associant l'épandage des crues dans le lit majeur et leur écrêtement dans de petits ouvrages », coord. B. Chastan pour le ministère chargé de l'écologie.

Avant-propos

Il est temps d'accélérer le ralentissement dynamique des crues

Les risques subis pendant les périodes de crue constituent un réel problème de société. L'intrusion d'eau dans les lieux habités ou dans les commerces, les ateliers et les usines est considérée comme inadmissible. Pourtant, la pression en faveur de nouvelles implantations dans des lieux exposés ne ralentit pas. Obtenir une stabilité de la vulnérabilité ou la faire diminuer demande des efforts considérables des uns, et entraîne une rancœur tenace des autres. Les projets de réduction des inondations entraînent plus facilement des adhésions de principe, mais se heurtent aussi à des difficultés énormes lorsqu'il s'agit de passer à la localisation des projets. Ainsi va notre société.

Dans les techniques de prévention contre les crues, depuis quelques décennies pouvoirs publics et chercheurs tentent de changer les états d'esprit et de sortir du cercle vicieux consistant à renvoyer toujours plus vite l'eau à l'aval. Au début des années 1990, un chercheur, Guy Oberlin, après avoir défini les concepts, a proposé de les regrouper sous le vocable « ralentissement dynamique »¹. Le ministère chargé de l'environnement s'est aussi emparé de cette appellation qui a connu et connaît un certain succès. Peut-être l'association improbable des deux mots qui la composent est-elle à l'origine de ce succès.

L'idée de base est limpide, il s'agit de ralentir, tout le monde adhère spontanément à cette idée. Si en plus c'est dynamique, c'est sûrement très bien. Mais que ralentit-on ? Les choses se compliquent un peu. Où ralentit-on ? Les choses se compliquent beaucoup. Quel dynamisme ? Les idées ne sont pas toujours claires. Quand ralentit-on ? Peut-être pas aussi souvent qu'on aimerait.

Que ralentit-on ?

Ralentir les crues, c'est assurément diminuer leur vitesse de propagation (la célérité de l'onde de crue dans le langage hydraulicien). Des notions simples comme la conservation des volumes d'eau, tout comme des modélisations complexes, montrent que ce ralentissement est provoqué par un amortissement des crues : on cherche à propager un hydrogramme de crue moins pointu et la crue dure donc plus longtemps. Par voie de conséquence la vitesse de montée de l'eau est également ralentie. Le ralentissement, c'est donc celui de la propagation vers l'aval des crues et c'est aussi celui de la montée des eaux. Si, pour simplifier le problème, on ne considère qu'un axe hydraulique, sans affluents, le bénéfice du ralentissement est indéniable : la crue arrive plus tard, elle monte moins haut, elle monte moins vite. Et cela vaut bien qu'elle dure un peu plus longtemps. En outre, les milieux et les ressources en eaux en profitent.

Où ralentit-on ?

Ralentir les crues peut se faire sur toute la surface du bassin versant. On parle d'aménagements diffus, à l'échelle de la parcelle : plantation de haies le long de courbes de niveau, fossés rejoignant la rivière plus en amont en suivant un tracé proche des courbes de niveau et non pas selon la ligne de plus grande pente, implantation de bandes riveraines boisées, techniques culturales sans labour, pratique de cultures dérobées pour couvrir le sol après la première récolte...

Ralentir les crues, peut aussi se faire dans l'axe hydraulique qui propage la crue, c'est-à-dire l'ensemble lit mineur et lit majeur : recul ou ouverture des endiguements de protection des zones non urbaines, haies épaisses et autres ralentisseurs transversaux, zones de surstockage (ou bassins), barrages à pertuis ouverts, barrages à lit mineur inchangé (ou barrages échancrés)... Il s'agit de ne pas continuer la course à l'augmentation de la capacité d'écoulement du lit mineur, mais aussi de veiller à ce que le lit majeur puisse jouer pleinement son rôle essentiel de stockage.

Outre le stockage temporaire en surface, on peut aussi stocker une partie du volume dans le sol ou dans la nappe avec une restitution encore plus retardée.

1. OBERLIN, G., 1994, Contribution à une gestion intégrée du patrimoine des eaux continentales par une protection raisonnée et négociée contre les inondations, in : *Compte-rendu du CADAS Paris*, mai 1994, Académie des Sciences et Conseil économique et social, Paris, p. 108-116. Voir aussi : DESBOS, E., 1997, Le concept de ralentissement dynamique, en gestion intégrée des eaux, in : *FRIEND projects H-5-5 and 1.1, third report*, OBERLIN, G., GILARD, O., SAUQUET, E., Cemagref Éditions, p. 373-380.

2. CHASTAN, B.
coordonnateur, 2004,
*Le ralentissement
dynamique pour
la prévention des
inondations : guide
des aménagements
associant l'épandage
des crues dans le
lit majeur et leur
écrêtement dans
de petits ouvrages*,
ministère chargé
de l'écologie et du
développement
durable, Cemagref,
http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/GUIDE_RD_Web.pdf.

Le ministère chargé de l'écologie soutient ces démarches de ralentissement, en particulier dans le cadre des plans de prévention du risque inondation (PAPI) et par la rédaction d'un guide en 2004².

Quel dynamisme dans le ralentissement ?

Selon le concepteur, le ralentissement dynamique « vise une inondabilité acceptée des lits majeurs tout en respectant les nombreuses dynamiques favorables dont l'écosystème est le siège : dynamique fluviale, dynamique de l'autoépuration, dynamique paysagère, dynamique de la réalimentation des nappes (...) ». Il s'agit donc de retenir les eaux sans en « faire des eaux dormantes ». Cette dynamique écologique est illustrée par l'exemple du « polder » d'Erstein.

Ralentir partout et toujours ?

Une approche philosophique ou militante consiste à ralentir à chaque occasion ; le ralentissement est alors considéré comme une fin en soi. Cette approche n'est évidemment pas critiquable, elle est en tout cas bien meilleure que celle qui consiste à accélérer à chaque occasion et à obliger les occupants aval à subir plus ou à se surprotéger. Elle est en outre très favorable aux milieux aquatiques et aux ressources en eaux. Mais elle n'est pas forcément idéale pour deux raisons. L'une est la manière dont les crues se combinent aux confluences. On pourra même, au titre du ralentissement dynamique, ralentir un émissaire et accélérer l'autre. On ne ralentit donc pas partout. L'autre raison est la bonne utilisation des capacités de ralentissement permises par le lit majeur. Les saturer trop tôt, c'est se priver de leur bénéfice quand on en a vraiment besoin. L'approche technique consiste donc à chercher l'efficacité du ralentissement en optimisant l'échange mineur-majeur car pour une crue que l'on veut écrêter, le lit majeur ne doit être sollicité ni trop tôt, ni bien évidemment trop tard, c'est-à-dire pas du tout. On ne ralentit donc pas toujours. Le ralentissement dynamique ne cherche pas à influencer sur les petites crues, relativement peu dommageables. Il ne prétend pas influencer sur les très grandes crues.

Le ralentissement dynamique doit tenir compte de la dynamique fluviale

Si le ralentissement dynamique se veut respectueux de la dynamique fluviale, la réciproque n'est certainement pas acquise. Pour que le lit majeur soit sollicité à bon escient, une condition première est de maîtriser la loi de déversement mineur-majeur. Y parvenir ne suffit pas, il faut aussi la maintenir. Or les conditions d'écoulement dans le lit mineur peuvent évoluer dans le temps, et conduire à ce que la sollicitation du lit majeur soit avancée ou retardée.

Cela peut se produire si la végétation évolue fortement par croissance en taille, développement en surface ou formation d'embâcles. Également, si le lit mineur s'incise ou s'exhausse au droit de la communication mineur-majeur. D'autre part, la prise d'eau d'un bassin en dérivation peut modifier elle-même les conditions d'écoulement en provoquant des dépôts localisés.

En conclusion, la conception du ralentissement dynamique durable (le RDD) doit vérifier qu'une variation légère des conditions d'écoulements en rivière ne perturbe pas le ralentissement recherché. Elle doit aussi être attentive au rôle de la végétation et du transport solide, et prévoir des parades si nécessaire. Ce sujet, parmi bien d'autres, souligne, si besoin était, la nécessité d'une ingénierie de qualité et multidisciplinaire pour mener à bien ces projets.

1990- 2009 : concluons que le ralentissement dynamique est devenu majeur

Ni panacée ni utopie, le ralentissement dynamique conçu en pleine conscience de ses exigences et de ses limites d'emploi, offre une panoplie d'actions destinées à améliorer la situation face à des épisodes de crues moyennes. Érigés en philosophie, ses principes visent aussi à changer les états d'esprit et à éviter l'entraînement dans la spirale « plus de protection (ici), plus de risques (en aval) » ; ils offrent, en outre, un cadre pour réaliser les bénéfices écologiques des aménagements.

Le ralentissement dynamique, même s'il est pratiqué depuis fort longtemps et que des efforts de recherche soient encore nécessaires à sa consolidation, peut ainsi se voir comme une solution innovante qui réconcilie protection contre les crues et protection des milieux.

Gérard Degoutte,
CGAAER³-Cemagref

3. Conseil général
de l'agriculture, de
l'alimentation et des
espaces ruraux.