

## **Modélisation en deux dimensions de la dynamique des crues de la Durance**

C.Brignolles, L.Royer, F.Calvet, Y.Viala,  
Société du Canal de Provence et  
d'Aménagement de la Région Provençale  
Le Tholonet  
BP 100 - 13603 Aix-en-Provence Cedex 1  
Tél. : 04 42 66 70 00  
Fax : 04 42 66 70 87  
prénom.nom@canal-de-provence.com

J.de Saint Seine  
Direction régionale de l'environnement  
PACA  
Le Tholonet  
BP 120 - 13603 Aix-en-Provence Cedex 1  
Tél. : 04 42 66 65 53  
Jacques.DESAINTESEINE@paca.ecologie.  
gouv.fr

Dans le cadre de l'élaboration du Plan de Prévention du Risque Inondation de la basse vallée de la Durance, la Direction Régionale de l'Environnement (DIREN-PACA) a souhaité actualiser les résultats datant d'une étude de 1995, afin de tenir compte des différentes évolutions.

Cette étude, confiée à la SCP, implique :

- la création d'un modèle, à l'aide de Telemac 2D, sur une distance d'environ 50 km,
- le calage de ce modèle à l'aide de données relevées lors de la dernière crue importante estimée à 2850 m<sup>3</sup>/s, soit une fréquence trentennale,
- le test de différents scénarii, tenant compte :
  - o de différents débits, correspondant à des fréquences centennales et cinq centennales,
  - o de différents scénarii de ruptures d'ouvrages au regard de la vulnérabilité des ouvrages et des enjeux humains.

Au-delà de son utilité évidente pour la délimitation de la zone touchée par les inondations, l'intérêt de l'étude repose beaucoup sur :

- la compréhension des phénomènes de propagation dans le lit majeur et la remise en cause des principes concernant le calage des ouvrages,
- l'analyse des conséquences de ces différents scénarii sur la répartition des débits et des volumes entre le lit majeur et le lit mineur, l'étude des temps de propagation et des l'amortissement de la crue.

### **MOTS CLES :**

Durance, Modèle numérique 2D, Ruptures d'ouvrages, Dynamique de crue

## **Contexte de l'étude**

Une étude des zones inondables de la Durance, entre Cadarache et Mallemort, a été réalisée en 1995 pour le compte des DDE du Vaucluse et des Bouches du Rhône, sur la base d'une topographie levée à cette occasion. Depuis, de récentes études aboutissent à une nouvelle estimation du débit de la crue centennale. Par ailleurs, des travaux de confortement d'ouvrages ainsi que des travaux de curage du lit ont été réalisés dans ce secteur.

La Direction Régionale de l'environnement (DIREN-PACA) a désiré réactualiser les résultats de l'étude des zones inondables, afin de tenir compte de ces évolutions.

La DIREN souhaite que cette réactualisation soit l'occasion d'une approche globale des risques hydrauliques dans la zone étudiée, ce qui conduit à aborder certains aspects tels que les conséquences de ruptures d'ouvrages de protection lors d'une crue tant sur l'aval que sur l'amont.

In fine, cette démarche doit aboutir à la conception d'aménagements hydrauliques permettant une réduction des risques pour l'ensemble des riverains.

## **La Durance, domaine d'étude**

La Durance, rivière de 350 km de long, prend sa source dans le massif du Montgenèvre (Hautes Alpes) et se jette dans le Rhône à Avignon (Vaucluse). C'est le 2<sup>e</sup> affluent du Rhône et la 1<sup>ère</sup> rivière torrentielle de France. Son bassin versant, d'une superficie de 14225 km<sup>2</sup> occupe 45% de la surface de la région PACA.

Son régime est à la fois alpin (eaux fortes en automne et au printemps lors de la fonte des neiges) et méditerranéen (orages provoquant des crues violentes). Avec un débit moyen de 125 à 350 m<sup>3</sup>/s, la Durance s'écoule dans un lit mineur en tresse. Les crues de faible et moyenne amplitude sont absorbées ou écrêtées par les ouvrages hydroélectriques ce qui renforce l'idée de risque limité alors que ces ouvrages sont complètement transparents pour les crues de grande amplitude qui peuvent provoquer des dégâts considérables.

Le domaine d'étude de la Durance s'étend entre le barrage de Cadarache et le barrage de Mallemort sur une surface d'environ 100 km<sup>2</sup> et une longueur d'environ 50 km dans une zone gérée par le SMAVD.

Afin de gérer de manière harmonieuse les 100 km de Basse Durance entre la confluence du Verdon et le Rhône, le Syndicat Mixte d'Aménagement de la Vallée de la Durance a été créé en 1976. Il regroupe les représentants de 32 communes riveraines et les deux départements du Vaucluse et des Bouches-du-Rhône. Concessionnaire de la gestion du Domaine Public Fluvial



## **Les différentes étapes de l'étude :**

### *Création des modèles numériques*

Basé sur un levé photogramétrique au 5000<sup>e</sup> réalisé en 1994 et sur des profils en travers de 1994, le modèle numérique utilisé pour la phase de calage tient compte des nombreux ouvrages modifiant la direction des flux ou présentant un obstacle à l'écoulement. On recense : les digues, les épis, les canaux d'irrigation en élévation par rapport aux terrains avoisinant, les infrastructures routières construites en remblai.

Le modèle actualisé utilisé pour étudier la dynamique des crues tient compte des modifications du lit mineur grâce aux nouveaux profils en travers levés en 2002 et à la nouvelle répartition de la ripisylve. Il prend en compte également les aménagements réalisés depuis 1994 (construction/confortement d'ouvrages, opérations de curage...).

### *Calage du modèle numérique*

Cette phase consiste à obtenir la meilleure coïncidence possible entre les résultats du modèle numérique et les observations effectuées lors du phénomène réel servant de référence. Ce phénomène de référence est la crue de Janvier 1994, elle a duré 72 heures et a culminé à 2850m<sup>3</sup>/s. Le principe du calage consiste à retrouver en une soixantaine de points du modèle situés sur les ouvrages les cotes de surface libre de laisses de crue observées sur le terrain après la crue. Pour cela, sont uniquement modifiés les paramètres suivants : la topographie à proximité des laisses de crue dans les limites permises par la précision, le coefficient de frottement sur le fond. Il faut également que le modèle reproduise les surverses et les ruptures d'ouvrages là où elles ont été observées.

Le modèle est considéré comme valide quand la différence entre les résultats numériques et les laisses de la crue de 1994 n'excèdent pas +/- 35 cm.

### *Choix de trois scénarii de ruptures d'ouvrages et des hydrogrammes amont*

Cette phase s'est orientée autour de deux approches permettant de dresser la cartographie de l'aléa inondation.

La première partie est consacrée à l'analyse des écoulements sans rupture pour les débits suivants : 4000, 5000, 5500 et 6500 m<sup>3</sup>/s.

La seconde partie est dirigée vers la modélisation de scénarii de rupture pour une crue de 5000 m<sup>3</sup>/s. Le premier scénario entraînant la rupture des ouvrages au regard de leur vulnérabilité. Pour cela, deux conditions ont été prises en comptes, l'une observée en 1994

liée au dénivelé amont/aval de l'ouvrage et l'autre générée pour des ouvrages qualifiés de dégradés lorsque la hauteur d'eau est supérieure au 2/3 de la hauteur de l'ouvrage.

Le second scénario de rupture rend compte des enjeux humains, aussi l'ensemble des ouvrages protégeant des zones d'habitat dense ou isolé a subi une rupture pour une hauteur d'eau amont supérieure au 2/3 de la hauteur de l'ouvrage. Dans cette configuration, la majeure partie des digues a subi une rupture et laissé ainsi un large accès à l'inondation du lit majeur.

L'intérêt de générer les ruptures réside en le fait que l'on peut observer ainsi la dynamique des écoulements et comprendre par quels passages privilégiés les flux vont s'écouler. D'autre part, cela permet d'établir des cartes de risques derrière les ouvrages.

#### *Analyse des écoulements pour les différents tests*

Le logiciel bidimensionnel permet de comprendre, d'une part, les phénomènes liés à la dynamique de la crue grâce des cartes représentant les vecteurs vitesses ou les lignes de courant de l'écoulement. D'autre part, il permet de connaître les hauteurs et vitesses maximales atteintes en chaque nœud.

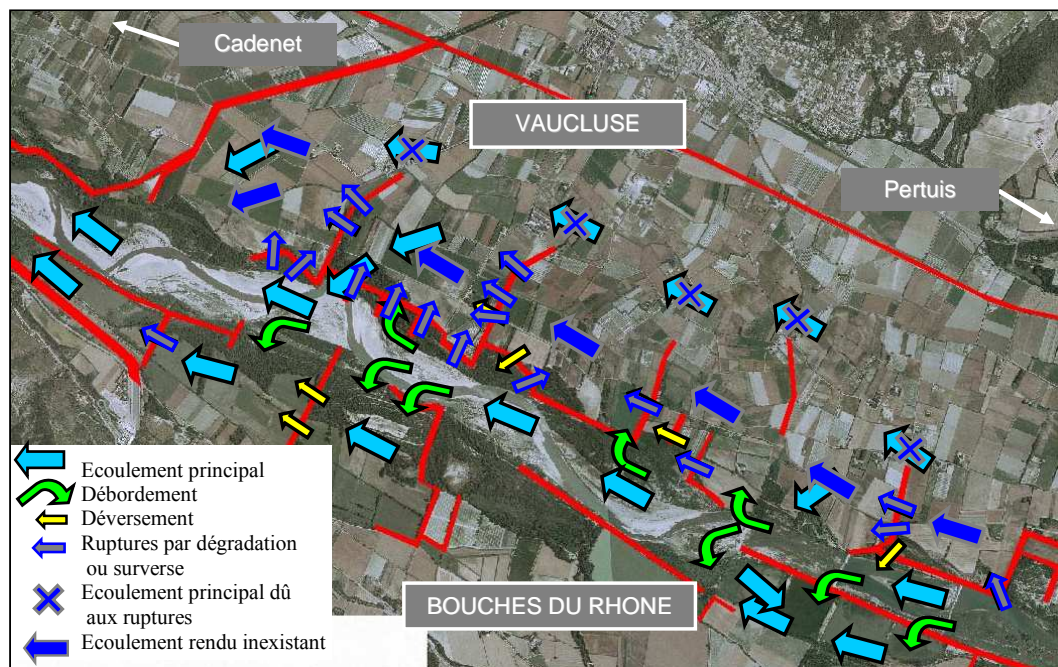


Fig. 2 : Analyse dynamique des écoulements

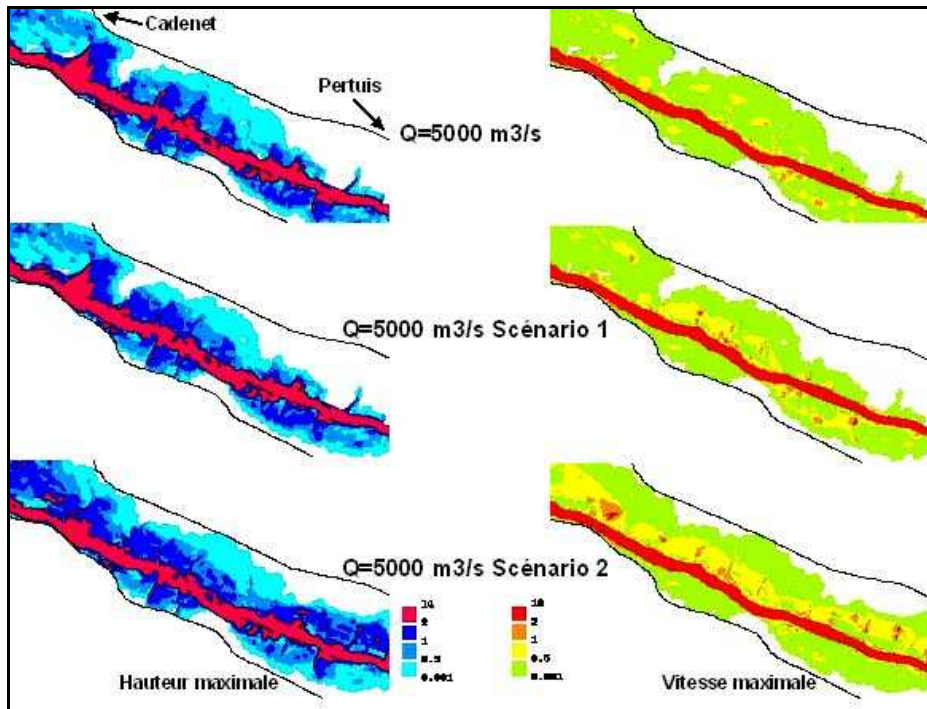


Fig. 3 : Champ des vitesses et des hauteurs maximales dans un secteur donné

### Synthèse des résultats

En tenant compte des modifications du lit mineur (curage...) et du lit majeur (création de nouvelle digue...), il apparaît que la crue culminant à 2850 m<sup>3</sup>/s en 1994 et la crue culminant à 5000 m<sup>3</sup>/s dans l'état actuel (topographie de 2002) ont un même champ d'expansion des crues similaire en de nombreux points.

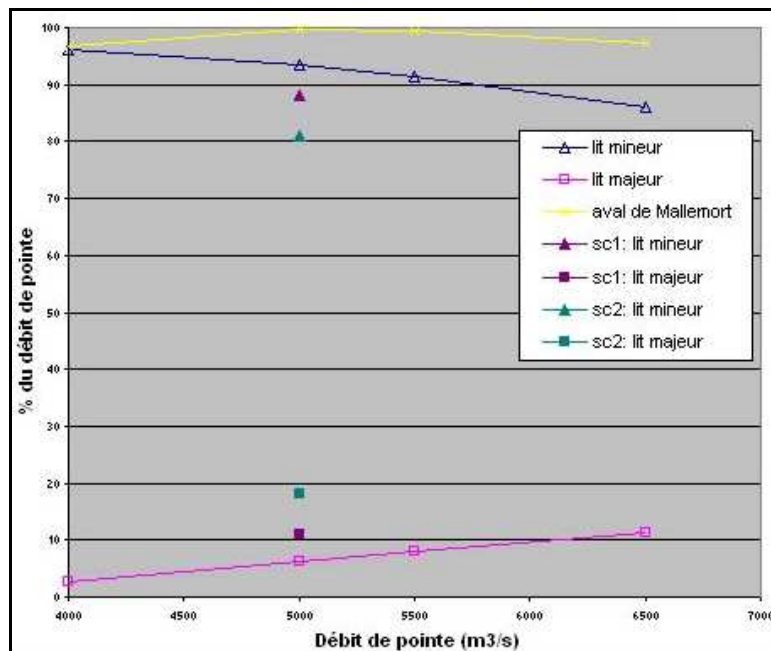


Fig. 4 : Pourcentage du débit à l'aval par rapport au Qmax

Des comparaisons entre les différents tests dans l'état actuel indiquent que :

- Plus le débit de la crue est important et plus le temps de propagation dans le lit majeur diminue. Dans le lit mineur, le temps de propagation reste quasiment identique quelque soit le débit de la crue.
- Plus le débit de crue est important et plus le lit majeur est sollicité.
- Le débit de 5000 m<sup>3</sup>/s est celui pour lequel on n'observe aucun amortissement de la crue. Pour des débits plus faibles ou plus importants, un amortissement apparaît.
- Pour un débit donné, plus les ouvrages s'effacent (ruptures plus nombreuses et plus rapides pour le scénario 2) et plus le pourcentage des écoulements dans le lit majeur est important.

### **Bibliographie :**

BCEOM. 1995. Etude du risque inondation sur les rives de la Durance entre Mallemort et Cadarache

SOGREAH. 2001. Schéma d'Aménagement et de Gestion de la Moyenne et Basse Durance

P.LEFORT INPG. 1994. Crue de janvier 1994, Protection des crues

P.LEFORT INPG. 1995. Crue de janvier et novembre 1994, Expertise hydraulique

P.LEFORT INPG. 1995. Crue de janvier et novembre 1994, Impact hydraulique des bancs et atterrissements dans la Durance

SOGREAH. 2001. Protection contre les crues du secteur Lauris / la Roque d'Anthéron / Mallemort

ISL. 2004. Diagnostic des digues de Durance

BCEOM. 2004. Pont de Pertuis RD 556, étude Hydraulique

J-M HERVOUET. 2003. Hydrodynamique des écoulements à surface libre, modélisation numérique avec la méthode des éléments finis. Presses de l'école nationale des Ponts et Chaussées)

<http://www.sea-river.com>: pour information sur la Durance

[http://perso.easynet.fr/omoyse/web\\_durance/durance.html](http://perso.easynet.fr/omoyse/web_durance/durance.html): pour information sur la Durance

<http://www.smavd.org>: site du Syndicat Mixte d'Aménagement de la Vallée de la Durance