



HAL
open science

Modélisation du flux sédimentaire pendant une chasse hydraulique (Arc en Maurienne)

B. Camenen, M. Jodeau, J. Le Coz

► **To cite this version:**

B. Camenen, M. Jodeau, J. Le Coz. Modélisation du flux sédimentaire pendant une chasse hydraulique (Arc en Maurienne). *La Houille Blanche - Revue internationale de l'eau*, 2008, 4, p. 83 - p. 89. 10.1051/lhb:2008043 . hal-00454500

HAL Id: hal-00454500

<https://hal.science/hal-00454500>

Submitted on 8 Feb 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Modélisation du flux sédimentaire pendant une chasse hydraulique (Arc en Maurienne)

Modelling of the sediment flux during a flushing event (Arc en Maurienne)

BENOIT CAMENEN, MAGALI JODEAU, JEROME LE COZ

Cemagref Lyon

3 bis quai Chauveau CP 220, 69336 LYON cedex 09, FRANCE

Tél. : +33 (0)4 72 20 86 07 ; Fax : +33 (0)4 78 47 78 75 ; e-mail : camenen@lyon.cemagref.fr

Les chasses de barrages ont un fort impact sur la morphologie et l'écologie des rivières. Un modèle conceptuel est présenté pour estimer l'évolution d'un "nuage" de matières en suspension (MES) le long de l'Arc au cours d'une chasse effectuée annuellement. Ce modèle a pour principale hypothèse l'équilibre entre le taux de dépôt et le taux d'érosion et peut être calibré à partir de trois paramètres seulement. Ces derniers sont la diffusion moyenne le long de la rivière, la vitesse de propagation du pic de concentration et la forme du signal de concentration à l'aval du barrage (représenté simplement par le maximum de concentration et la « largeur » du nuage). Il a ainsi permis de simuler aisément le flux de matières en suspension engendré par la chasse de 2006, du barrage de Saint Martin la Porte jusqu'à Grenoble. Un test sur les mesures de 2005 et 2007 a montré que ce schéma est transposable à d'autres chasses en ce qui concerne la vitesse de propagation et le terme de diffusion. Ces termes pourront être utiles à la construction d'un modèle 1D plus complexe. Les écarts entre le modèle et les observations pour le maximum de concentration ont de plus permis de repérer les zones potentielles de dépôt ou d'érosion.

Flushing events have a significant impact on the morphology and ecology of the downstream part of the river. A conceptual model is proposed to estimate the evolution of the suspended sediments load (SSL) along the Arc river during an annual flushing event. The main assumption of the model is the balance between deposition and erosion rates. Only three parameters need to be calibrated : the celerity of the sediment cloud peak, the mean diffusion rate along the river, and the initial SSL profile (represented by a simple function based on the maximum concentration and the width of the cloud). This model yields encouraging results for the prediction of the concentrations along the river. It has been calibrated on the 2006 flushing event and validated against data from the 2005 and 2007 events for the celerity and diffusion parameters. Some discrepancy appeared between the model and data for the maximum concentration. A comparison allows however to locate zones where deposition and erosion potentially occurred.

I ■ INTRODUCTION : L'ARC EN MAURIENNE

La vallée de la Maurienne en aval de Modane est caractérisée par une forte concentration d'aménagements hydro-électriques et de voies de communication (la voie ferrée Lyon - Turin, la RN6 et l'autoroute A43) dans une vallée étroite fortement marquée par les apports en sédiments en provenance de l'ensemble du bassin versant, et tout particulièrement des chasses annuelles des barrages EDF. Le lit de l'Arc est ainsi très fortement contraint latéralement pour des pentes moyennes assez élevées (variant de 1 % à 0,2 %, Hydratec et Cemagref, 1999). Du fait des prises d'eau et restitutions, les débits sont segmentés avec une alternance de longs tronçons en débit réservé (80 % du cours de l'Arc) et de courtes sections à fort écoulement turbiné.

La superficie du bassin versant alpin est de 1 957 km² (zone grisée figure 1) avec un régime hydrologique de type nival avec un débit moyen variant de 6-8 m³/s en hiver à 15-20 m³/s au printemps (au niveau de La Chambre). Les principales crues ont lieu en début d'été et en automne. Si

les petites crues sont quasiment supprimées par les aménagements, les fortes crues ne sont que faiblement écrêtées (Marnézy, 1999). De même, le transport solide est fortement affecté : les sédiments sont stockés dans les retenues ; dans les tronçons court-circuités, les apports sédimentaires des affluents ne sont pas dilués, ce qui favorise la formation de cônes de déjection permanents à l'aval des torrents.

Depuis la mise en service des trois barrages du Freney, Pont des Chèvres et Saint Martin la Porte, des chasses hydrauliques sont régulièrement réalisées en fonction de l'engrèvement des retenues pour récupérer une partie de leur capacité utile (EDF, 2002). Depuis 1996, les chasses sont régies par une procédure qui s'inscrit dans le cadre du contrat « Rivière Arc » et résulte d'un arrêté préfectoral. Le Syndicat de Pays de Maurienne (SPM) est ainsi directement concerné par ces événements. Outre l'assainissement, ses actions sur la rivière et ses affluents portent en effet sur la protection contre les crues (érosions de berge, affouillements, exhaussements locaux du lit mineur ; EDF SIRA, 1997), la restauration et la mise en valeur des cours d'eau.

Une meilleure compréhension de l'impact des crues et plus particulièrement des chasses hydrauliques sur la morphodynamique de la rivière Arc est donc primordiale pour sa gestion. Lors de ces événements, une grande quantité de matières en suspension (MES) avec des concentrations supérieures à 10 g/l se propage le long de

l'Arc et de l'Isère jusqu'à Grenoble (Jodeau, 2007). Cet article présente un modèle simple permettant de suivre correctement ce « nuage » de MES. Après une description des mesures réalisées au cours de ces chasses, le modèle proposé est décrit, calibré puis validé. Une discussion est ensuite proposée sur les intérêts et limites d'un tel outil.

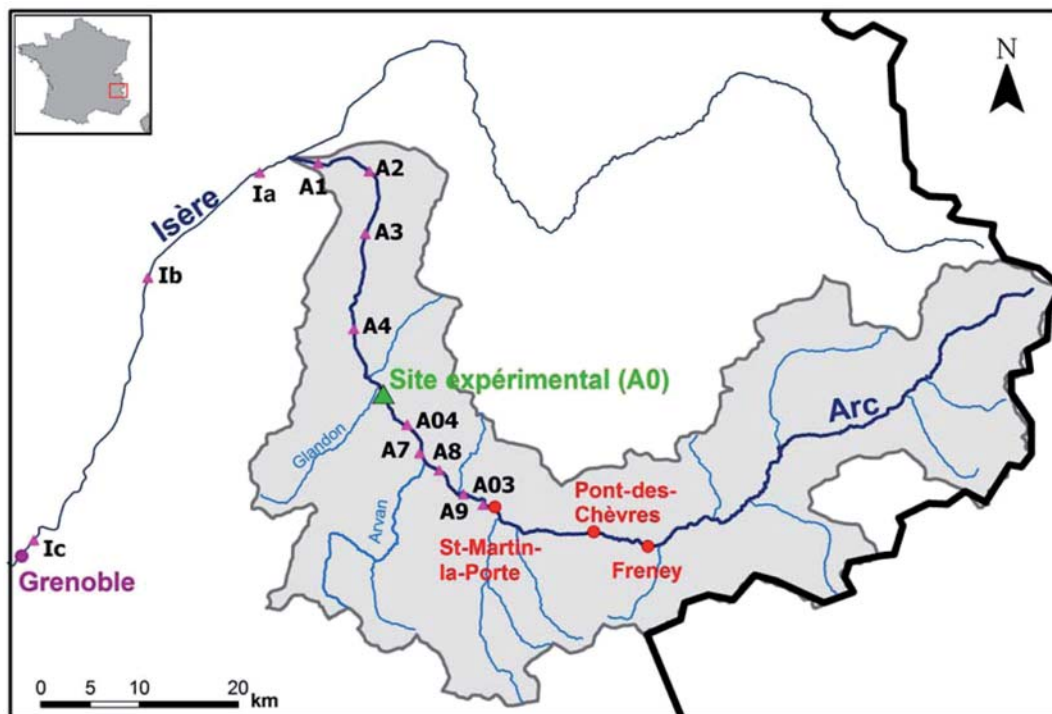


Figure 1 : Plan de situation de l'Arc et localisation des prélèvements de MES.

II ■ LES CHASSES HYDRAULIQUES DE L'ARC

Des campagnes de mesures ont été réalisées pendant les chasses hydrauliques annuelles des trois barrages EDF situés sur l'Arc moyen (voir plan de localisation Figure 1) au cours des mois de juin 2005, 2006 et 2007 afin de suivre l'impact de ces dernières sur un banc de galets (Jodeau, 2007). Des mesures de débit et de concentration en matières en suspension (MES) ont ainsi été réalisées le long de l'Arc et de l'Isère jusqu'à Grenoble.

● II.1 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL ET RÉSULTATS

Des capteurs de pression ont été utilisés dans ce travail pour estimer ponctuellement la hauteur d'eau le long de la rivière (capteurs autonomes à membrane de type DIVER-2005 et 2007- et des capteurs de type bulle à bulle – 2006 et 2007-). A l'aide de jaugeages par exploration des vitesses et de mesures de vitesses de surface par vidéo (méthode LSPIV), une relation hauteur-débit au niveau du site expérimental A0 a été établie et appliquée à un enregistrement limnimétrique continu.

Les mesures de concentration en MES ont été effectuées à partir d'échantillons prélevés, soit en surface au seau depuis des ponts, soit en bordure de rivière par des préleveurs automatiques (stations ISCO 4230). Une comparaison entre ces deux méthodes sur le site A3 a montré une bonne cohérence entre les résultats (différence inférieure à 10 %) indiquant une bonne homogénéité des concentrations sur une section de la rivière. Les échantillons ont ensuite été filtrés et pesés conformément aux normes en vigueur (ISO 11923, NF EN 872). Il est apparu que l'apport en MES des affluents était négligeable ; ces derniers n'influençant le flux mesuré qu'en terme de dilution.

Sur la station Isère-Campus située en amont de Grenoble, des mesures de débits (à l'aide d'un aDcp en 2007 en complément de la station de jaugeage) et de concentrations (préleveur automatique et turbidimètre) ont permis de suivre le signal en MES à plus de 110 km de Saint Martin la Porte. Une étude de Mano *et al.* (2007) a aussi montré une très bonne homogénéité des concentrations sur l'ensemble de la section de la rivière.

Au cours de ces chasses, les débits passent de 10 à 150 m³/s sur 12 h et les concentrations en MES dépassent largement les

10 g/l. La figure 2 présente les résultats concernant l'évolution des débits et de la concentration en sédiments fins sur l'Arc et l'Isère pour la chasse de 2006. De très fortes concentrations ont été mesurées juste à l'aval du dernier barrage (Saint Martin la Porte) atteignant 80 g/l au pic de concentration. Dans un premier temps, ces mesures ont suggéré un dépôt significatif sur les premiers kilomètres à l'aval du barrage où le flux de matière n'est pas en équilibre avec la capacité de transport de la rivière, liée aux conditions hydrodynamiques

locales. Ceci n'ayant pas été vérifié sur le terrain, il est apparu que le mode de prélèvement (au seau en bord de rivière) était sans doute la principale cause de ces fortes concentrations. Ces mesures n'ont donc pas été exploitées. Un équilibre entre le dépôt et l'érosion semble ensuite être atteint rapidement. Le pic de concentration n'apparaît alors être influencé que par les phénomènes de dilution et de diffusion.

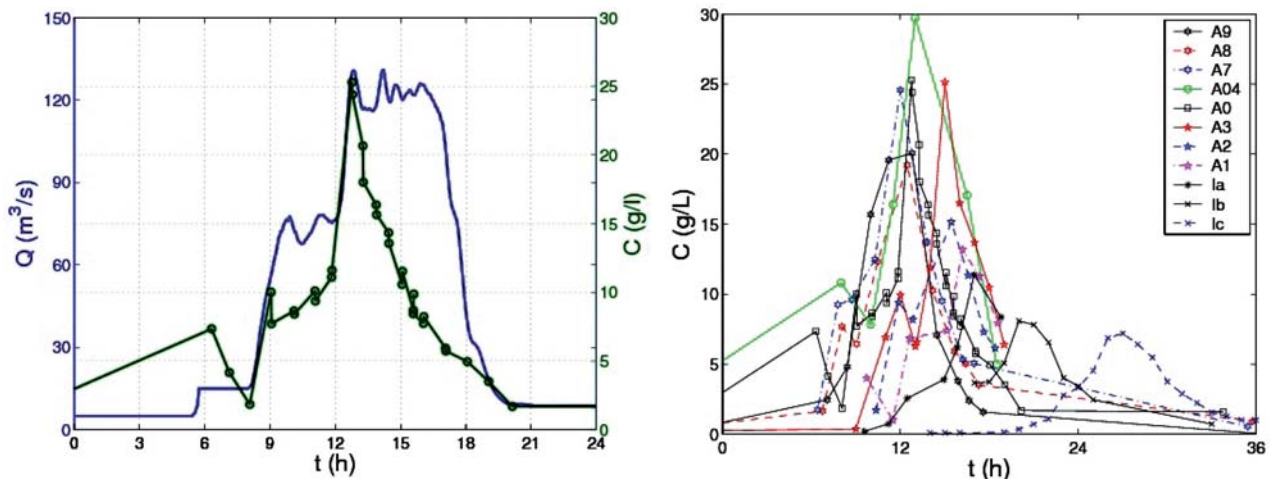


Figure 2 : Evolution temporelle du débit et des concentrations en MES au site d'étude A0 (a) et des concentrations en MES le long de l'Arc et de l'Isère (b) au cours de la chasse hydraulique de 2006 (le temps 0 correspond au 27 juin, 0h).

● II.2 EVOLUTION TEMPORELLE ET SPATIALE DU SIGNAL DE MES

L'évolution temporelle du signal de MES (figure 2(a)) est directement corrélée aux différentes phases de l'hydrogramme :

1. La vague d'alerte est accompagnée d'une première augmentation de la concentration. Pour cette étape, l'eau évacuée des barrages par déversement est de l'eau de surface initialement pauvre en MES. Les sédiments trouvés en suspension à l'aval ne proviennent donc pas des retenues. D'autre part, sur tout l'événement, les apports en MES par les affluents sont négligeables devant les concentrations dans l'Arc. Ce pic de MES est ainsi probablement dû à une reprise des sédiments fins présents dans le lit de l'Arc.

2. Le deuxième pic de MES (10 g/l) se produit simultanément au passage en torrentiel dans la retenue. Il correspond donc à une phase d'érosion dans la retenue.

3. Le plateau de débit suivant est accompagné d'un plateau de concentration, l'érosion dans la retenue pendant cette phase paraît continue.

4. Le maximum de MES principal, de valeur sensiblement supérieure aux précédents pics (25 g/l), est simultané à la dernière augmentation de débit (associée au supplément de

débit apporté par les centrales d'altitude). Cette phase semble être la plus active pour l'érosion dans la retenue. Il apparaît au travers de cette phase (ainsi que la phase 2) que les pics de concentrations sont nettement associés aux phases d'augmentation de débit. Comme observé par Le Coz *et al.* (2007) sur la Saône en crue, l'augmentation de la contrainte au fond lors des phases d'accélération semble être un facteur explicatif des pics de concentration engendrés par la mobilisation des stocks sédimentaires.

5. La concentration en MES décroît ensuite progressivement, même lorsque le débit est maintenu à un niveau élevé.

6. La diminution de la concentration en MES est cependant plus lente (pente dC/dt plus faible) sur la fin de l'hydrogramme avec la diminution de débit.

7. Le retour au débit réservé est accompagné d'un retour de la concentration en MES à une valeur stable et inférieure à 5 g/l.

L'évolution de ce « nuage » de MES le long de l'Arc et de l'Isère est représentée figure 2(b). Les principales caractéristiques du signal paraissent conservées. Seuls les effets de diffusion semblent lisser légèrement le profil, voire même effacer certains pics étroits (*cf.* profils de concentration sur l'Isère figure 2(b)). A partir de cette forme caractéristique, il est apparu possible d'adimensionaliser les profils de concentrations.

III ■ UN MODÈLE CONCEPTUEL POUR LE FLUX DE MES

● III.1 PRÉSENTATION DU MODÈLE

S'appuyant sur ces premières observations expérimentales, un modèle conceptuel est proposé en décrivant le « nuage » de matières en suspension par une fonction simple $f(x, t)$ pouvant être modifiée selon deux phénomènes principaux :
 — la **dilution par apport extérieur d'eau claire** (cf. figure 3(a)) ; la concentration en sédiments fins décroît alors

ponctuellement d'un facteur A_{dil} . En considérant un affluent avec un débit Q_{af} et une concentration en MES négligeable, on obtient par conservation des masses liquides et solides :

$$\begin{aligned} Q_{av} &= Q_{am} + Q_{af} \\ C_{av} &= \frac{Q_{am}}{Q_{av}} C_{am} = A_{dil} C_{am} \end{aligned} \quad (1)$$

où Q_{av} et Q_{am} correspondent aux débits aval et amont, et C_{av} et C_{am} aux concentrations aval et amont, respectivement.

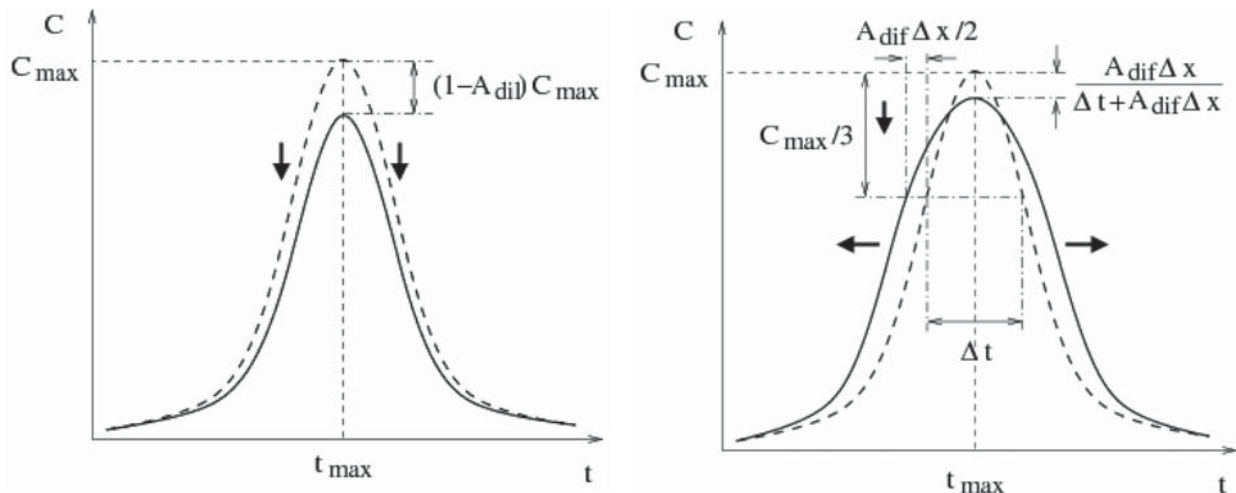


Figure 3 : Schématisation des effets de dilution (a) et de diffusion sur une distance Δx (b) pour un « nuage » de MES décrit par une fonction $f(x, t)$ de maximum C_{max} et centrée sur t_{max} .

— la **diffusion** (cf. figure 3(b)), prise en compte via un coefficient $A_{dif}(x)$ distribué spatialement pouvant être défini comme la variation de $\Delta t(x)$, la largeur temporelle du « nuage » observée aux 2/3 du pic de concentration, sur une distance dx :

$$A_{dif}(x) = \frac{d\Delta t(x)}{dx} > 0 \quad (2)$$

Le terme $A_{dif}(x)$ a été choisi avec une dimension (h/km) afin de faciliter le calage du modèle. Il pourrait cependant être adimensionnalisé par la vitesse de propagation du flux de MES ($d(t_{max})/dt$). Entre deux points d'observation x_1 et x_2 , $A_{dif}(x)$ est supposé varier linéairement. L'élargissement du nuage est également associé à une diminution du pic de concentration. Le terme distribué correspondant est donc ajouté au coefficient A_{dil} , en plus du terme de dilution ponctuelle.

Lorsque ces deux hypothèses conservatives sont vérifiées, l'évolution du flux de sédiments peut être estimée à partir de la connaissance du profil de concentration à l'origine et par l'intermédiaire de trois paramètres fonctions de la distance à l'origine :

— le maximum de concentration $C_{max}(x)$ (fonction uniquement de $A_{dil}(x)$ et $A_{dif}(x)$) ;
 — le temps de passage du pic de concentration $t_{max}(x)$;
 — la largeur temporelle du nuage $\Delta t(x)$ (fonction uniquement de $A_{dif}(x)$).

Le terme $A_{dil}(x)$ est estimé en premier lieu en supposant uniquement deux points de dilution : au niveau de la restitution EDF à Randens (point A2, 10 km en amont de la confluence avec l'Isère, $A_{dil}(x) = 0,65$ d'après l'équation (2) et à la confluence avec l'Isère ($A_{dil}(x) = 0,75$). Le terme $A_{dif}(x)$ (comme $\Delta t(x)$) est estimé à partir d'une adimensionnalisation des profils de concentrations (cf. figure 4). De même, la vitesse de propagation $d(t_{max})/dt$ est estimée à partir des mesures expérimentales. Les résultats obtenus pour le calage de ces coefficients à partir du suivi de la chasse 2006 sont donnés sur la figure 5(a).

La figure 4 représente l'ensemble des profils de concentrations en MES adimensionnalisés. Il apparaît ainsi clairement qu'une fonction simple peut représenter correctement l'ensemble de ces profils. Une fonction gaussienne (équation 3) est donc proposée pour décrire de manière simplifiée le « nuage » de MES. Si cette représentation reste approximative pour la description du signal en amont de la rivière

(du fait de maxima secondaires), elle apparaît tout à fait réaliste en aval (sur l'Isère) où le signal est naturellement lissé du fait de la diffusion.

$$f(t) = C_{\max} \exp \left[-2 \frac{(t - t_{\max})^2}{\Delta t^2} \right] \quad (3)$$

Par conservation de la matière, une telle fonction implique du fait de la diffusion une réduction de la concentration maximum C_{\max} entre deux points d'observation x_1 et x_2 ($x_2 > x_1$) égale à

$$\Delta t(x_1) / \Delta t(x_2) = 1 - A_{\text{dif}}(x_1) (x_2 - x_1) / \Delta t(x_2) < 1, \text{ soit}$$

$$C_{\max}(x_2) = C_{\max}(x_1) [1 - A_{\text{dif}}(x_1) (x_2 - x_1) / \Delta t(x_2)].$$

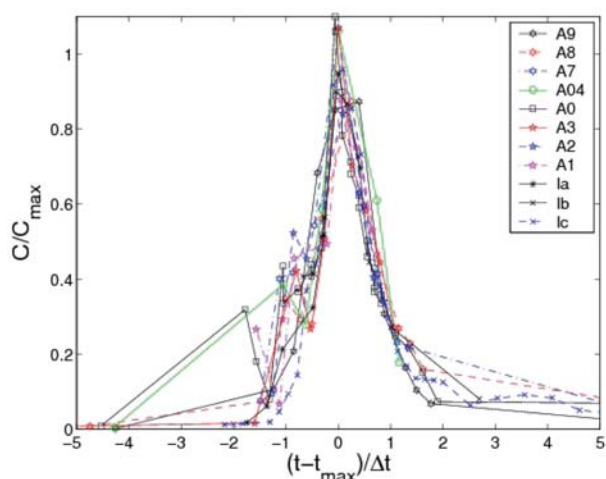


Figure 4 : Profils adimensionnalisés des concentrations en MES le long de l'Arc et de l'Isère au cours de la chasse hydraulique de 2006.

● III.2 CALAGE DU MODÈLE

Le modèle ne prenant pas en compte les effets de resuspension / dépôt des sédiments, il ne peut reproduire des variations telles qu'observées en 2006 entre les points A9 et A7 où le maximum de concentration augmente légèrement (cf. figure 5(a)). La vitesse de propagation du « nuage » (dx/dt_{\max}) semble de plus quasi constante (de l'ordre de 10 km/h) avec un léger ralentissement sur l'Isère (cf. figure 5(a)). Ceci est sans doute dû à l'augmentation significative de la largeur du lit sur l'Isère par rapport à l'Arc. De la même manière, le terme de diffusion semble constant le long de la rivière : $A_{\text{dif}} \cong 0,015 \text{ h/km}$. Le troisième terme pour la calibration du modèle (qui est en fait la condition initiale) est la concentration maximale du « nuage » en entrée ou juste en aval du barrage de Saint Martin la Porte. Comme les mesures disponibles au point A03 sont critiques et du fait des possibles reprises de sédiments sur cette première partie de l'Arc, le terme $C_{\max}(x=0)$ a été estimé de manière à obtenir une valeur réaliste au point A4 (juste en amont de la première dilution du fait due à la restitution) Comme observé sur la figure 5(b), le modèle offre des résultats très encourageants malgré un calage sommaire. En particulier, la sous-estimation de la vitesse sur l'Isère peut être facilement corrigée par une amélioration du calage. La légère surestimation du pic de concentration à l'aval correspond vraisemblablement aux nombreuses dilutions ignorées sur l'Arc et l'Isère. Sur la première partie de l'Arc, il existe toutefois de fortes incertitudes du fait des reprises en sédiments. Alors que le modèle indique une décroissance constante du maximum C_{\max} (due au terme de diffusion), les mesures indiquent une valeur quasi-constante pour la concentration maximale.

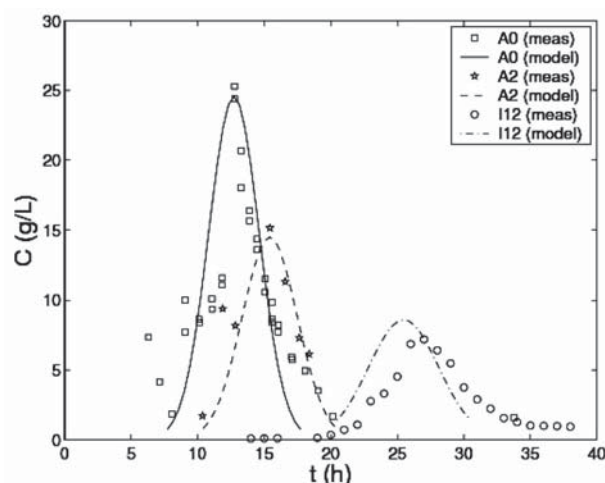
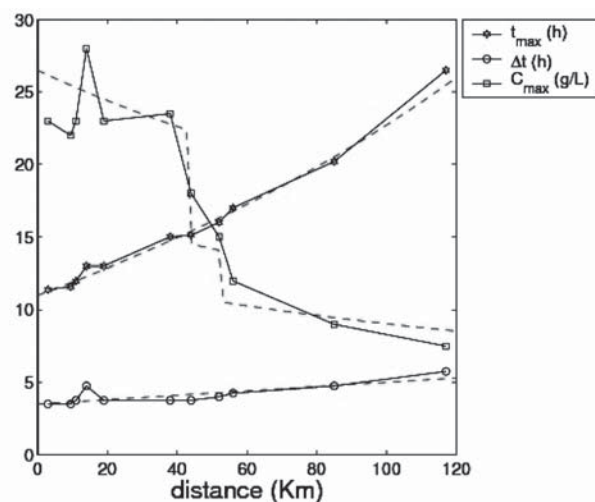


Figure 5 : Estimation des trois paramètres du modèle (symboles : d'après flux observés adimensionnalisés ; trait pointillé : modèle) (a) et test du modèle sur des points expérimentaux de la chasse de juin 2006 (b).

La figure 6 montre les résultats obtenus pour les chasses de 2005 et 2007. S'agissant de la vitesse de propagation du pic de concentration et du terme de diffusion (les deux principaux paramètres de calage du modèle), il apparaît que les résultats sont reproductibles. En utilisant les calibrations réalisées pour la chasse de 2006 (à l'exception de $\Delta t(x=0)$ pour la chasse de 2007), l'adéquation avec les résultats expérimentaux reste aussi bonne. Dans le cas de la chasse de 2005, il est difficile de discuter sur la prédiction du maximum C_{max} . Comme les concentrations ont été mesurées en deux points uniquement (A0 et Ic), un bon choix de la condition initiale permet d'estimer correctement ces deux points. En revanche, les mesures réalisées en de nombreux points au cours de la chasse de 2007 permettent une meilleure discussion sur les limites et intérêts de ce modèle. Les limites de ce modèle sont bien sûr liées à l'hypothèse très forte qu'est l'équilibre entre les taux de dépôt et d'érosion. Dès que les termes d'érosion ou de dépôts prédominent (cf. les résultats de la chasse de 2007 figure 6(b)), le modèle ne peut reproduire correctement l'évolution spatiale du maximum de concentration. Cette limite devient en revanche un intérêt pour la compréhension des phénomènes physiques se produisant au cours de la chasse étudiée. En effet, en comparant les résultats du modèle avec les résultats expérimentaux, il est possible de localiser les zones où de forts dépôts (ou de fortes érosion) ont vraisemblablement eu lieu. Ainsi, dans le cas

de la chasse de 2007, une forte reprise de sédiment peut être observée entre l'aval direct du barrage de Saint Martin la Porte et le point A8 (11 premiers km), et entre les points A0 et A3 (points kilométriques 18 à 40). De la même manière, comme la diminution du maximum C_{max} observée est plus rapide que celle modélisée, un fort dépôt s'est vraisemblablement produit entre les points A7 et A0 (PK 12 à 18). Au cours de la chasse de 2006, l'inverse avait été observé (érosion en amont du point A8, dépôt en aval du point A7). Le bassin de Longefan situé entre les points A8 et A7 pourrait être une explication à ce point caractéristique. En effet, ce bassin sert d'exutoire aux débits turbinés à la centrale d'Hermillon depuis la retenue de Saint Martin la Porte ; il sert aussi de prise d'eau pour la dérivation Arc-Isère vers le bassin du Flumet et l'usine du Cheylas. L'entrée dans ce bassin étant calibrée à 90 m³/s et la sortie à 70 m³/s, il arrive donc qu'un débit excédentaire (≈ 20 m³/s) d'eau faiblement chargée soit déversé dans l'Arc. La présence d'un tel apport liquide supplémentaire peut accroître l'érosion en aval. Au contraire, son absence, alors que le lit en aval est *a priori* « déficitaire » en matériaux fins par rapport au lit en amont, peut impliquer de forts dépôts en aval.

Sur l'ensemble des trois chasses étudiées, il apparaît enfin que le modèle proposé offre des résultats tout à fait acceptables. L'hypothèse d'un équilibre entre les dépôts et érosions semble donc globalement pertinente.

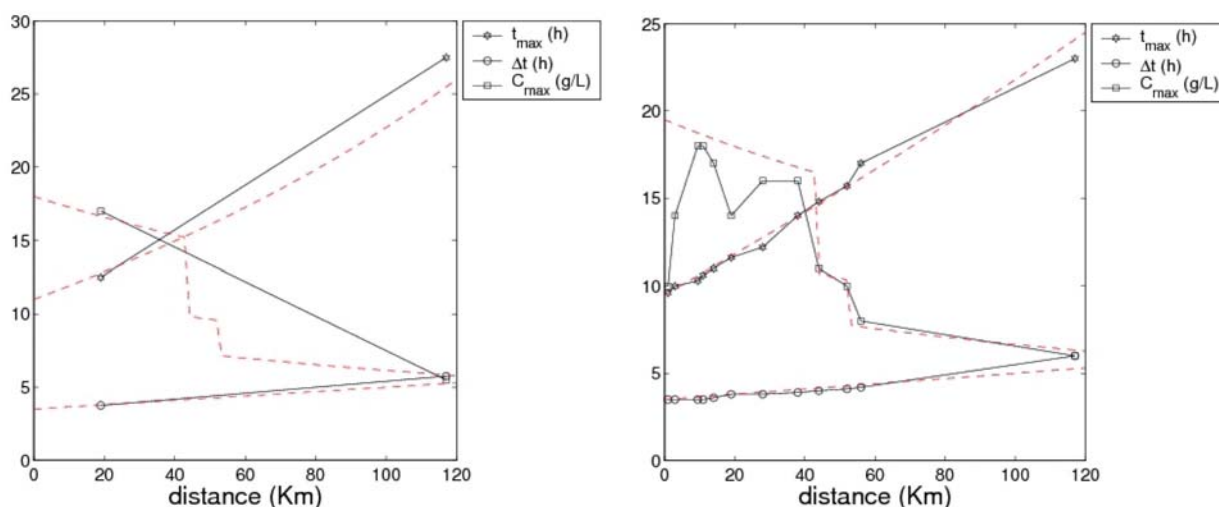


Figure 6 - Estimation des trois paramètres du modèle (symboles : d'après flux observés adimensionnalisés ; trait pointillé : modèle) pour les chasses de 2005 (a) et 2007 (b).

IV ■ CONCLUSIONS

Un modèle conceptuel a été mis en œuvre pour estimer l'évolution d'un « nuage » de MES le long de l'Arc pour le cas particulier des chasses de barrages effectuées annuellement. Ce modèle a pour principale hypothèse l'équilibre entre le taux de dépôt et le taux d'érosion (flux conservatif). Il peut être calibré à partir de trois paramètres seulement,

qui sont la diffusion moyenne le long de la rivière, la vitesse de propagation du pic de concentration et le maximum de concentration à l'origine. Un test sur les mesures de 2005, 2006 et 2007 indique que ce schéma est transposable à différents événements en ce qui concerne la vitesse de propagation et le terme de diffusion. Dans le cas d'un signal de concentration complexe (avec plusieurs maxima), il semble ainsi possible de modéliser sa propagation en supposant une

fonction $f(x, t)$ égale à la somme de fonctions élémentaires simples. Ces résultats devront cependant être confirmés par les futures observations de chasses.

Il serait aussi intéressant de voir à quel niveau ce modèle est applicable pour les crues naturelles sur l'Arc. La mise en place d'un dispositif expérimental en continu (un turbidimètre sera installé fin 2007 sur le site A0) devrait permettre de répondre à cette question. Durant l'automne 2006, un événement de crue a pu être observé (Jodeau, 2007). L'hydrogramme mesuré en A0 était très similaire à celui d'une chasse (sur une durée quatre fois plus longue – 40h contre 12h –). L'apport en sédiments des affluents (des bassins versants torrentiels de la Valloirette, de l'Arvan ou du Glandon par exemple) n'y était par contre probablement plus négligeable. De cette étude, il est ressorti que l'histoire (crues, chasse) de la rivière est très important quant aux conditions initiales (C_{max}) de l'événement suivant, *i.e.* les capacités d'érosion des retenues et l'état du lit (présence ou non de matériaux fins). Les concentrations plus faibles observées au cours de la chasse de 2007 peuvent ainsi être liées à la crue précédente de 2006 qui aurait fortement réduit la quantité de sédiments mobilisables dans les retenues.

La principale limite du modèle est l'hypothèse du flux conservatif. Ceci est clairement observé pour la chasse de 2007 où le C_{max} observé fluctue autour de 15 g/l alors que le modèle indique une décroissance constante du fait de la diffusion seule. Cependant, la méthodologie proposée pour calibrer le modèle (adimensionnalisation des signaux de concentration) en comparaison avec les résultats du modèle permet de localiser les zones potentielles de dépôt et de resuspension des sédiments. Il sera intéressant par la suite de voir si une zone de dépôt sera au cours du prochain événement propice à l'érosion ou inversement.

Enfin, outre ses applications directes pour les prédictions des concentrations le long de l'Arc et de l'Isère au cours d'une chasse de barrage, le modèle proposé pourrait aider à l'élaboration d'un modèle 1D plus complet (avec résolution des équations d'advection-diffusion et intégration des termes d'érosion et dépôt) comme le modèle Adis proposé par le Cemagref Lyon. En particulier, le terme de diffusion linéaire obtenu par le modèle simplifié pourrait être directement repris dans Adis.

V ■ RÉFÉRENCES ET CITATIONS

- [1] HYDRATEC & CEMAGREF (1999) — *Etude hydraulique de l'Arc de Maurienne (de Modane à l'Isère), Morphologie du lit de l'Arc. Rapport*.
- [2] MARNEZY A. (1999) — L'Arc et sa vallée ; anthropisation et géodynamique d'une rivière alpine dans son bassin versant.. *Thèse de l'université Joseph Fourier Grenoble I*.
- [3] EDF (2002) — Note de synthèse « chasses et curages de l'Arc », perspectives EDF. *Rapport EDF*.
- [4] EDF SIRA S. M. (1997) — Retenues du Freney, de Pont des Chèvres et de Saint Martin la Porte. *Rapport EDF*.
- [5] JODEAU M. (2007) — Morphodynamique d'un banc de galets en rivière aménagée lors de crues. *Thèse de l'université Claude Bernard, Lyon I*.
- [6] MANO V., NEMERY J., BELLEUDY P., POIREL A. (2007) — Un an de mesure des flux de Matières En Suspension (MES) et de Carbone sur une rivière alpine : l'Isère. *Colloque SHF : Transport solides et gestion des sédiments en milieux naturels urbains, Lyon*.
- [7] LE COZ J., PIERREFEU G., BROCHOT J., PAQUIER A., CHASTAN B., LAGOUY M. (2007) — Suspended-load dynamics during floods in the River Saône, France. *10th International Symposium on River Sedimentation, Moscou, Russie*.