

4 Réaction du chenal à la dérivation des eaux de crues vers les zones alluviales

Les structures de dérivation latérale dans les cours d'eau permettent de dévier une partie des volumes d'eau durant les événements de crue. Le déversement latéral réduit le débit et, par là même, la capacité de charriage dans le lit principal, ce qui entraîne un dépôt de sédiments. Le présent chapitre analyse et illustre les interactions entre le débit latéral et les changements du niveau du lit par des approches de modélisation 1D et 2D. Il propose également des recommandations pour appliquer ces modèles en pratique. Par ailleurs, il traite brièvement des aspects liés à l'inondation écologique des zones de rétention.

Seline Frei, Eva Gerke, Robert Boes et David Vetsch

4.1 Introduction

Les structures de dérivation latérale dans les cours d'eau telles que les déversoirs latéraux et les digues submersibles sont des mesures courantes utilisées pour dévier des parties du débit vers une zone de rétention latérale ou un corridor d'évacuation pendant les épisodes de crues importantes. Cela permet de réduire les risques d'inondation pour les zones à l'aval. Bien qu'il existe des structures de dérivation latérale régulées, la plupart des structures en Suisse sont non régulées (Bühlmann et Boes 2014).

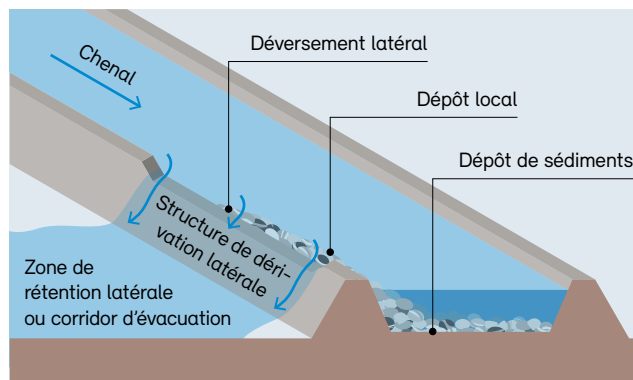
Un déversement latéral se produit dès que le niveau de l'eau atteint la crête de la digue ou du déversoir. La hauteur de la crête doit être conçue conformément aux objectifs hydrologiques et de protection contre les crues. En Suisse, l'objectif de protection est fondé sur une évaluation des risques et défini sur la base du préjudice potentiel dans la zone inondable (OFEV 2005). Le débit de déversement prévu est donc spécifique à chaque projet. Les structures de dérivation latérale sont utilisées dans la protection contre les crues, à la fois comme composantes du concept d'aménagement et pour la sécurité du système durant les événements extrêmes (scénario de surcharge). Le déversement latéral est généralement mis en œuvre en amont des zones hautement vulnérables telles que des regroupements urbains et des installations industrielles pour autant que des zones de rétention appropriées ou des corridors d'inondation soient disponibles pour accueillir les volumes d'eau ainsi déviés. Le

déversement latéral entraîne une réduction du débit et, de ce fait, de la capacité de charriage dans le lit principal. Par conséquent, il peut survenir à la fois un dépôt local à proximité des structures de dérivation et un dépôt de sédiments dans le tronçon à l'aval (fig. 22). L'augmentation du niveau du lit peut considérablement renforcer le déversement latéral par comparaison à une situation sans charriage.

À mesure que la durée de la crue augmente, le dépôt de sédiments s'étend dans la partie aval du lit principal. Ensuite, la décrue engendre de l'érosion à l'endroit où les sédiments

Figure 22

Structure de dérivation latérale avec dépôt local et dépôt distribué dû au déversement latéral durant un événement de crue. Figure adaptée sur la base de Rosier (2007).



Source : VAW, ETH Zurich

se sont accumulés. Dans la conception des structures de dérivation latérale, il ne faut cependant pas négliger l'interaction entre le déversement latéral et les changements dans la dynamique du charriage du cours d'eau. Bühlmann et Boes (2014), Giesecke *et al.* (2014) ainsi que Jäggi *et al.* (2015) proposent des lignes directrices de conception pour les structures de déversement latéral qui ne prennent pas en compte les dépôts de sédiments. Pour tenir compte de l'effet engendré par l'augmentation du niveau du lit sur le déversement latéral, Rosier (2007) a mené plusieurs expériences en laboratoire, dans un canal de la Plateforme PL-LCH à l'EPFL.

Les modèles numériques couramment utilisés pour l'aménagement des cours d'eau et pour l'évaluation des risques de crue (c.-à-d. les modèles 1D et 2D fondés sur des équations d'écoulement à faible profondeur) peuvent être employés comme outils de conception de structures de dérivation latérale qui tiennent compte des changements du niveau du lit. Le logiciel de simulation BASEMENT (Vetsch *et al.* 2020) a été appliqué pour analyser l'interaction entre le déversement latéral et les changements du niveau du lit, en utilisant les résultats des expériences en laboratoire (Rosier 2007) pour valider les résultats. Le présent chapitre montre les capacités et les exigences des modèles et fournit des recommandations.

Un autre aspect relativement novateur en Suisse est « l'inondation écologique », c'est-à-dire l'utilisation du déversement latéral pour améliorer les conditions écologiques dans les zones de rétention (voir encadré 7). Dans un tel système, l'eau est déviée vers les zones de rétention pendant les épisodes de crue non seulement majeurs, mais aussi mineurs. Cela peut

favoriser la formation d'habitats en zones alluviales dynamiques. L'Allemagne a mis en œuvre l'inondation écologique avec succès, par exemple au polder d'Altenheim le long du Rhin, qui existe depuis 1987 (Pfarr *et al.* 2014).

4.2 Estimation du déversement latéral

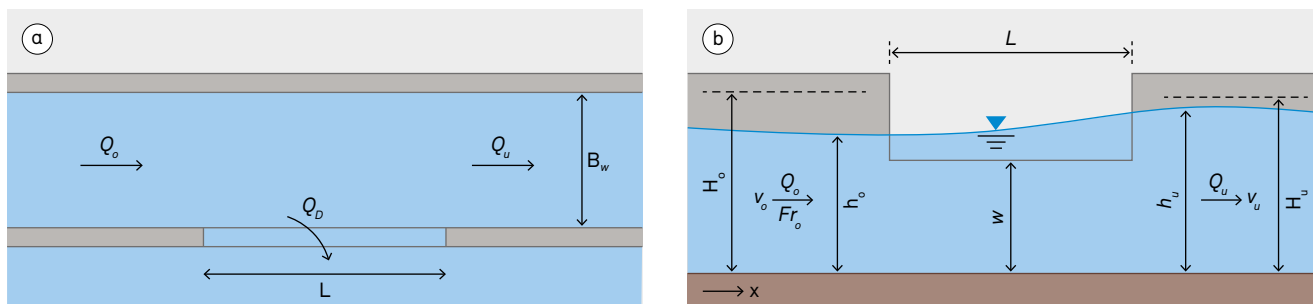
4.2.1 Approches courantes

Les équations de déversoir classiques utilisées pour estimer le débit d'eau se fondent sur un écoulement perpendiculaire à l'axe du déversoir. Dans le cas du déversement latéral cependant, l'angle de l'écoulement par rapport à la structure de déversement est inférieur à 90° . La figure 23 montre une vue en plan et une coupe longitudinale d'une telle structure dans des conditions sous-critiques où l'écoulement est dévié vers une zone de rétention latérale ou un corridor d'évacuation. Toutes les variables décrites ci-après sont représentées à la figure 23.

La profondeur d'eau le long de la structure de dérivation latérale augmente dans un régime fluvial ou sous-critique (vitesse d'écoulement < vitesse de propagation d'une onde de surface ; fig. 23b) et diminue dans un régime torrentiel ou supercritique (vitesse d'écoulement > vitesse de propagation d'une onde de surface). Par conséquent, le déversement latéral unitaire pour un écoulement supercritique est nettement plus petit que pour un écoulement sous-critique et il est presque impossible à prédire (Jäggi *et al.* 2015). Les structures de déversement latéral ne sont pas recommandées pour un écoulement supercritique (Hager 2010) et devraient être considérées uniquement

Figure 23

(a) Vue en plan et (b) coupe longitudinale d'une structure de dérivation latérale montrant la hauteur de la ligne d'eau dans un chenal présentant un régime d'écoulement sous-critique. Toutes les variables sont décrites dans le corps du texte. Figure adaptée sur la base de Bollrich (2013).



dans des tronçons de cours d'eau sous-critiques avec un nombre de Froude amont de $Fr_o = v_o / (g \cdot A / B_w)^{0.5} < 0,75$ (Hager 2010 ; Giesecke *et al.* 2014), où $v_o = Q_o / A$ = vitesse de l'écoulement d'approche moyennée sur la section d'écoulement, Q_o = débit d'approche, A = section d'écoulement, g = accélération de la pesanteur et B_w = largeur du chenal à la surface de l'eau. La littérature scientifique propose diverses approches pour estimer le déversement latéral Q_D , qui en général émettent l'hypothèse qu'il n'y a aucune perte d'énergie sur la structure de dérivation latérale.

Pour calculer le déversement latéral dans un chenal rectangulaire horizontal avec un déversoir latéral à paroi mince, De Marchi (1934) a proposé la formule suivante :

$$\frac{dQ_D}{dx} = \frac{2}{3} \cdot C_M \cdot \sqrt{2g} \cdot (h_w - w)^{2/3} \quad (1)$$

$\frac{dQ_D}{dx}$ taux de changement de débit le long de la structure de dérivation latérale [$m^3 (m^{-1} s^{-1})$]

C_M coefficient de débit pour déversoirs latéraux [-]

Q_D débit de déversement latéral [$m^3 s^{-1}$]

$h_w = h_w(x)$ profondeur d'eau le long de la structure de dérivation latérale [m]

w hauteur de la crête de la structure de dérivation latérale [m]

g accélération de la pesanteur [$m s^{-2}$]

L'approche de De Marchi est fondée sur la solution d'une équation dynamique 1D pour un écoulement stationnaire, graduellement varié, avec un débit C_M non uniforme et une profondeur d'eau non constante $h_w(x)$ le long de la structure (Di Bacco et Scorzini 2019). Pour les déversoirs à paroi mince dans les chenaux rectangulaires et trapézoïdaux en condition sous-critique, le coefficient de débit peut être déterminé selon l'approche simplifiée de Hager (1987) (équation 2). Il n'existe que peu de publications sur les coefficients de débit pour les structures de dérivation latérale à seuil épais (p. ex. Ranga Raju 1979), à crête arrondie (p. ex. Izadinia et

Heidarpour 2016) ou en forme de toit. Le coefficient de débit pour les déversoirs latéraux influence considérablement le déversement latéral calculé. On utilise ici l'approche de De Marchi avec un coefficient C_M tel que défini par Hager (1987) :

$$C_M = 0.728 \sqrt{\frac{2+Fr_o^2}{2+3Fr_o^2}} \quad (2)$$

Dans de nombreuses situations, il est possible de définir le débit à l'amont Q_o , le débit à l'aval Q_u et les conditions d'écoulement dans le chenal à l'aval (vitesse aval v_u , profondeur d'eau h_u , charge hydraulique H_u et largeur du chenal B). En supposant qu'il n'y a aucune perte d'énergie le long de la structure de dérivation latérale, il est possible de calculer les conditions d'écoulement à l'amont (vitesse à l'amont v_o , profondeur d'eau h_o et charge hydraulique H_o) en utilisant l'équation de Bernoulli. Di Bacco et Scorzini (2019) ont proposé l'équation suivante pour calculer la longueur nécessaire de la structure de dérivation latérale L pour réduire Q_o à Q_u :

$$L = \frac{3B}{2C_M} \cdot (\Phi_u - \Phi_o) \quad (3)$$

où $\Phi_i = \frac{2H_i - 3w}{H_i - w} \cdot \sqrt{\frac{H_i - h_i}{h_i - w}} - 3 \cdot \arcsin\left(\frac{H_i - h_i}{h_i - w}\right)$ et $i = o, u$

4.2.2 Impact de la morphodynamique

Le déversement latéral lors d'une crue réduit la capacité de charriage dans le lit principal. Par conséquent, il peut se produire à la fois un dépôt local à proximité de la structure de dérivation latérale et un dépôt de sédiments dans le tronçon à l'aval de la structure de dérivation latérale (fig. 22). Le dépôt local commence au début de la structure de dérivation latérale (déversoir) et atteint sa hauteur maximale à l'extrémité aval du déversoir. Le débit de déversement latéral pourrait augmenter, jusqu'à tripler, en raison du dépôt de sédiments (Rosier 2007).

Rosier (2007) a proposé une méthode empirique itérative pour estimer le dépôt local dû à une structure de dérivation latérale sur la base d'expériences physiques (voir également Rosier *et al.* 2008). L'estimation itérative est relativement laborieuse et requiert la configuration d'un modèle numérique et d'une simulation hydrodynamique à chaque étape d'itération. Cependant, pour concevoir des structures de dérivation latérale, il est recommandé de réaliser, comme présenté ci-après, une estimation

détaillée du dépôt de sédiments et du déversement latéral en utilisant des simulations effectuées par des modèles numériques (en tenant compte du charriage).

4.3 Modélisation numérique des structures de dérivation latérale

4.3.1 Approches de modélisation

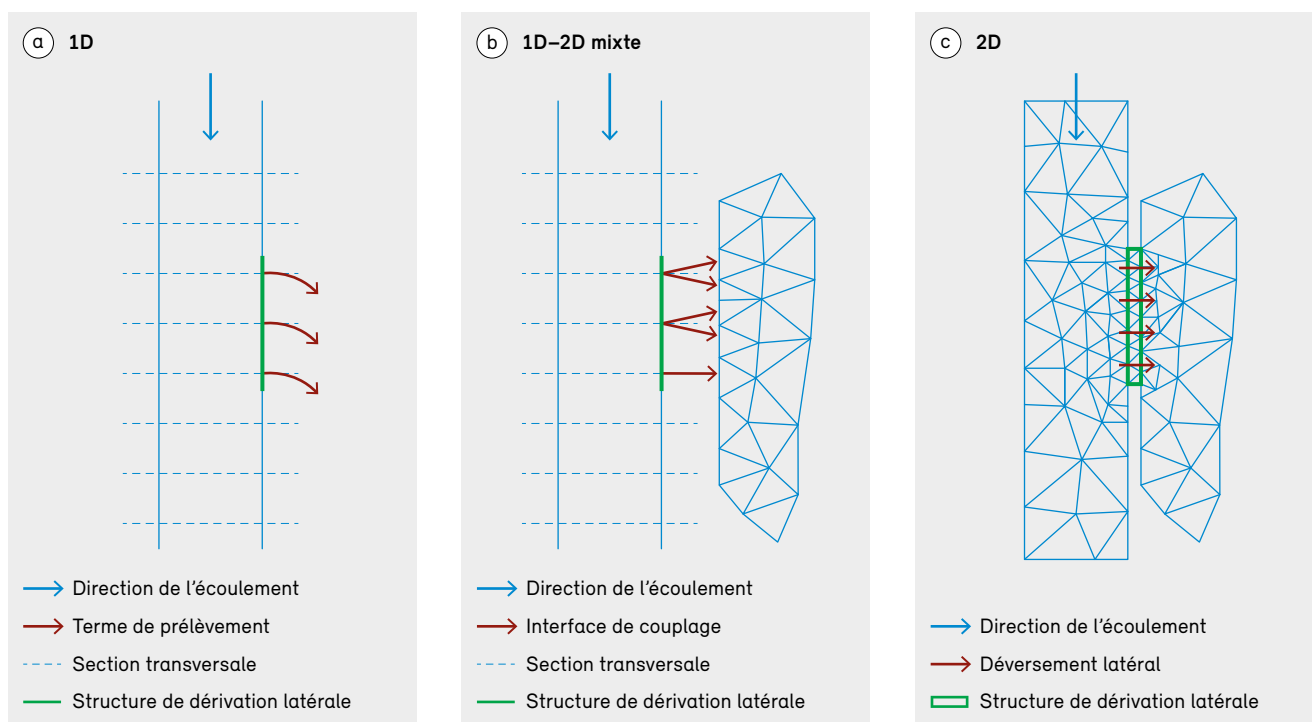
Pour évaluer l'impact de la dynamique du dépôt de sédiments sur le déversement latéral, plusieurs approches de modélisation numérique ont été évaluées au moyen de BASEMENT, version 2.8.2. Il s'agit d'un logiciel gratuit de simulation de l'hydrodynamique et de la morphodynamique des cours d'eau (www.basement.ethz.ch) développé par le Laboratoire d'hydraulique, d'hydrologie et de glaciologie (VAW) de l'ETH Zurich. Plusieurs simulations hydrodynamiques (lit fixe, aucun charriage) et morphodynamiques ont été exécutées selon les différentes approches de modélisation et les résultats ont été comparés avec des données d'observation expérimentales de Rosier (2007).

Plus précisément, des chenaux trapézoïdaux et rectangulaires avec des structures de dérivation latérale ont été simulés. Quatre approches de modélisation numérique différentes ont été testées, et les trois approches ci-dessous ont été retenues (fig. 24).

- (a) **1D** : le déversement latéral causé par la structure de dérivation latérale est implémenté dans un modèle BASEMENT à une dimension en tenant compte de la réduction du débit par des termes de prélèvement spécifiques (équation 1) à chaque section transversale le long de la structure de dérivation latérale. Des valeurs C_M spécifiques doivent être définies pour chaque terme de prélèvement. BASEMENT prend en compte les pertes de quantité de mouvement dans la direction de l'écoulement dues au débit déversé.
- (b) **1D-2D mixte** : dans BASEMENT, le modèle mixte sur le plan latéral comprend un chenal à une dimension et une zone alluviale à deux dimensions. Le déversement latéral est calculé sur la base de l'équation 1, une

Figure 24

Approches (a) 1D, (b) 1D-2D mixte et (c) 2D utilisées dans le logiciel BASEMENT pour modéliser le déversement latéral par-dessus une structure de dérivation latérale.



valeur C_M spécifique devant être définie. BASEMENT prend en compte les pertes de quantité de mouvement dans la direction de l'écoulement dues au débit déversé.

- (c) **2D** : la géométrie de la structure de dérivation latérale et la topographie de la section de déversement à proximité sont modélisées. Pour cette simulation, il n'est pas nécessaire de définir une valeur C_M spécifique.

Des exemples de ces approches sont disponibles sur le site Internet de BASEMENT (www.basement.ethz.ch > Download > Test cases).

4.3.2 Comparaison de différentes approches de modélisation

Les modèles 1D et 1D-2D mixtes sont les plus adéquats pour les tronçons de cours d'eau rectilignes. En général, ces modèles nécessitent moins de données topographiques et les temps de calcul associés sont courts. Aucun de ces deux types de modèles ne montre la déviation de l'écoulement dans le lit principal et la zone d'inondation. L'approche par modèle mixte 1D-2D peut être préférable lorsque le champ d'écoulement dans la zone d'inondation est important. En ce qui concerne le déversement latéral, le paramètre le plus sensible est le coefficient de débit pour déversoirs latéraux ; il est recommandé

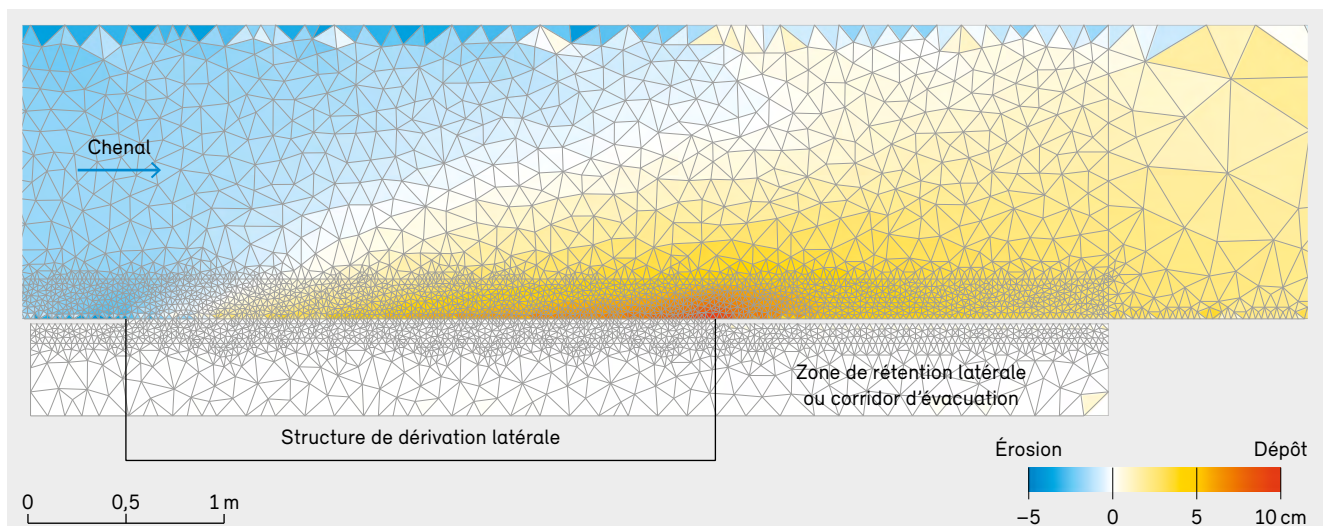
Tableau 3

Comparaison du déversement latéral (Q_D en $l\ s^{-1}$) pour les simulations hydrodynamiques et morphodynamiques et l'expérience physique B02 de Rosier (2007). Le canal de laboratoire rectangulaire présente les dimensions suivantes : largeur = 1,5 m, pente du fond = 0,2 %, longueur de la structure de dérivation latérale $L = 3$ m, hauteur du déversoir $w = 10$ cm, débit constant $Q_0 = 181\ l\ s^{-1}$.

	Hydrodynamique	Morphodynamique	Morphodynamique (avec enrochement)
Expérience physique de Rosier (2007)	–	52	–
Modèle 1D ($C_M = 0,6$ pour l'ensemble des 11 termes de prélèvement)	33	48	43
Modèle mixte 1D–2D ($C_M = 0,6$)	33	47	43
Modèle 2D avec déversement	32	42	40

Figure 25

Dépôt local le long d'une structure de dérivation latérale et dépôts distribués à l'aval dans le chenal principal (modèle 2D tiré de l'expérience B02 de Rosier [2007], structure de dérivation latérale $L = 3$ m).



d'effectuer une analyse de sensibilité correspondante. Il est possible d'obtenir de bons résultats pour des chenaux rectangulaires avec un déversoir à paroi mince et des chenaux trapézoïdaux avec un déversoir en forme de toit en utilisant un coefficient de débit pour déversoirs latéraux selon Hager (1987) (équation 2). Dans le tableau 3, les simulations 1D et 1D-2D mixtes sont comparées avec la simulation 2D, qui ne nécessite aucune valeur C_{M_s} et avec l'expérience physique menée par Rosier (2007).

Pour le modèle 2D, il faut fournir la topographie et préciser la rugosité de la crête du déversoir. Cependant, le déversement latéral est moins sensible à la rugosité que ne l'est le modèle 1D ou le modèle 1D-2D mixte au coefficient de débit pour déversoirs latéraux. Le modèle 2D montre quant à lui la déviation de l'écoulement dans le lit principal et la zone d'inondation.

4.3.3 Impact de la morphodynamique

Des simulations morphodynamiques sont recommandées pour la conception de structures de dérivation latérale dans les cours d'eau à fort charriage. Les trois approches de simulation permettent toutes de simuler le dépôt de sédiments à l'aval de la structure de dérivation latérale et le déversement latéral plus élevé qui en résulte. Cependant, le modèle 1D ne

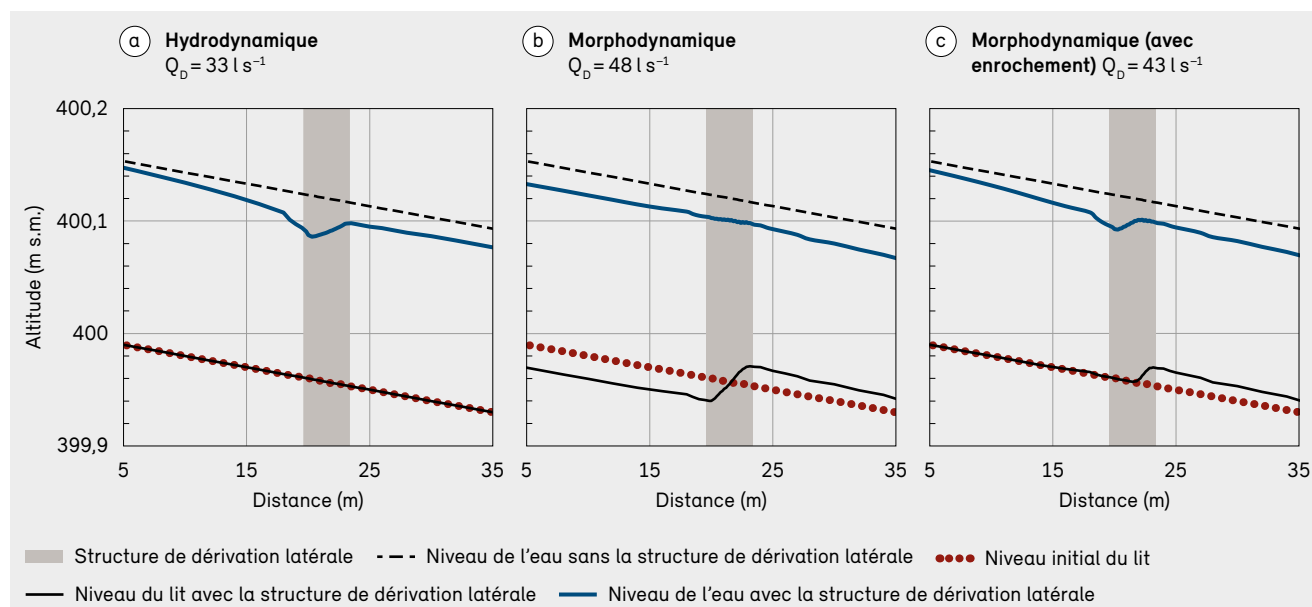
permet pas de capturer la portée spatiale du dépôt local près de la structure de dérivation latérale. Le déversement latéral, le dépôt de sédiments ainsi que la géométrie et l'emplacement du dépôt local calculés par le modèle 2D morphodynamique (fig. 25) concordent bien avec les expériences physiques menées par Rosier (2007).

Le tableau 3 compare le déversement latéral pour les simulations hydrodynamiques et morphodynamiques, en montrant également les résultats de l'expérience physique de Rosier (2007). Le déversement latéral est significativement plus élevé dans les simulations morphodynamiques qui tiennent compte du dépôt des matériaux charriés. Il se pourrait que le modèle purement hydrodynamique sous-estime le déversement latéral et que la zone de rétention ou le corridor d'évacuation soit sous-dimensionné dans ce modèle.

La figure 26 illustre le niveau de l'eau et le niveau du lit pour la simulation hydrodynamique et les simulations morphodynamiques avec ou sans enrochement pour l'approche de modélisation 1D. Les mêmes résultats sont obtenus pour les approches de modélisation 1D-2D mixte et 2D. Une quantité importante de sédiments peut se déposer à l'aval de la structure de dérivation latérale et ainsi réduire la section transversale (fig. 26b). Il y a moins d'eau dans le chenal à

Figure 26

Niveau de l'eau et niveau du lit pour l'approche de modélisation 1D, pour les simulations respectivement (a) hydrodynamique, (b) morphodynamique et (c) morphodynamique (avec enrochement). Les paramètres des simulations sont décrits au tableau 3.



l'aval de la structure de dérivation latérale ; il n'y a donc pas d'augmentation du niveau d'eau (fig. 26). En raison de la courbe de rabattement à l'amont de la structure de dérivation latérale (fig. 26a), une stabilisation du lit avec enrochement est recommandée (tab. 3 et fig. 26c). Le dépôt local et le dépôt distribué sur le tronçon s'étendent à mesure que la longueur de la structure de dérivation latérale augmente.

Contrairement au dépôt local et au dépôt distribué sur le tronçon, le déversement latéral répond rapidement aux changements de débit. L'analyse avec un hydrogramme pour une crue courte montre un dépôt local moindre, un dépôt distribué moindre ainsi qu'un déversement latéral moindre par comparaison à une simulation avec un hydrogramme pour une crue longue. Pendant la décrue, le dépôt local et le dépôt distribué sont complètement érodés et le lit du cours d'eau revient à l'état dans lequel il était avant la crue.

4.3.4 Effet de la discrétisation spatiale

Dans le modèle 1D ou le modèle 1D-2D mixte, le lit principal est discrétisé en sections transversales. La profondeur d'eau, la vitesse d'écoulement et le déversement latéral peuvent être simulés à l'aide de trois ou quatre sections transversales le long de la structure de dérivation

latérale pour les simulations hydrodynamiques. Le recours à plusieurs sections transversales (jusqu'à 10) le long de la structure de dérivation latérale donne des résultats plus uniformes pour les simulations morphodynamiques.

Dans les modèles 2D, le système est discrétisé dans l'espace avec un maillage (fig. 24c et fig. 25). Dans les simulations morphodynamiques, de petites cellules de maillage proche de la structure de dérivation latérale sont nécessaires pour mieux simuler le dépôt local. En règle générale, les cellules de maillage à proximité de la structure de dérivation latérale devraient être plus petites que $B/20$ afin de pouvoir modéliser le dépôt local correctement. Dans les simulations hydrodynamiques ainsi qu'à l'amont et à l'aval de la structure de dérivation latérale, on pourrait considérer raisonnable d'utiliser des cellules de maillages plus grandes.

4.4 Recommandations pour des applications pratiques

Les approches empiriques (équation 1) peuvent être utilisées pour estimer grossièrement le déversement latéral, mais elles sont limitées à l'analyse des conditions

Encadré 7 : En pratique – inondation écologique des zones de rétention

Eva Gerke, VAW, ETH Zurich

L'objectif de l'inondation écologique est d'implanter des populations stables, autonomes et tolérantes aux inondations ; en d'autres termes, il s'agit d'habituer la faune et la flore aux inondations régulières (Meurer et Pfarr 2018). En comparaison, des inondations peu fréquentes, avec une période de retour de 30 ans ou plus, ne sont pas suffisantes pour un développement dynamique de la biodiversité dans les zones alluviales situées en zones de rétention.

Pour que l'inondation écologique soit efficace, il faut impérativement pouvoir dévier l'eau vers la zone de rétention à un faible débit, ce qui présuppose une structure de contrôle qui peut être aménagée séparément de la structure de dérivation utilisée pour la protection contre les crues. Il est nécessaire que l'eau puisse s'écouler librement à travers la zone de rétention. Il faut par ailleurs éviter les zones d'eau stagnante où l'oxygène serait appauvri. Par ailleurs, la dynamique des hautes eaux est bénéfique aux processus

d'érosion et de sédimentation typiques des zones alluviales. Il faut en outre s'intéresser à l'utilisation des terres. Les zones alluviales originelles et les zones alluviales séparées du cours d'eau conviennent particulièrement bien. Si la zone de rétention est déjà utilisée pour l'agriculture, l'inondation écologique n'est guère judicieuse. Cependant, dans le cas d'une utilisation mixte, on peut envisager d'utiliser une partie de la zone pour l'inondation écologique. À titre d'exemple d'implémentation de l'inondation écologique, on citera notamment la zone de rétention des crues d'Altenheim, le long du Rhin supérieur du Bade-Wurtemberg (Allemagne). La fréquence, la durée et la quantité d'eau déviée durant une inondation écologique dépendent du débit actuel dans le Rhin. L'état de revitalisation des communautés biotiques dans les zones alluviales fait l'objet d'un suivi fondé sur un échantillonnage aléatoire. De manière générale, on a pu observer une tendance à la fois à une plus grande diversité et à une domination visible d'espèces plus tolérantes à la submersion dans les zones fréquemment inondées (Pfarr 2014).

d'écoulement stationnaires et ne prennent pas en compte les changements de niveau du fond dans le lit principal. En principe, les modèles numériques présentés ici génèrent des simulations hydrodynamiques transitoires d'événements de crue et tiennent compte de la réduction du débit par dérivation due au déversement latéral. Tous ces modèles (1D, 1D-2D mixte et 2D) montrent le dépôt de sédiments à l'aval de la structure de dérivation latérale, qui peut faire augmenter le déversement latéral et qui nécessiterait ainsi une augmentation de la capacité de la zone de rétention ou du corridor d'évacuation. Dans les approches de modélisation 1D et 1D-2D mixte, le coefficient de débit pour déversoirs latéraux est entaché d'incertitude. Il est néanmoins possible d'obtenir de bons résultats en utilisant l'approche simplifiée proposée par Hager (1987). Dans le modèle 2D, le coefficient devient obsolète et il est possible

de simuler non seulement l'écoulement dans le chenal, mais aussi l'écoulement dans la zone d'inondation ou la zone de rétention. Seuls les modèles 2D reproduisent le dépôt local, ce qui fait d'eux l'option la plus adéquate pour simuler les changements de niveau de lit à proximité de la structure de dérivation.

Les avantages (en vert) et les inconvénients (en rouge) des trois approches de modélisation pour simuler les structures de dérivation latérale sont listés au tableau 4. Nous recommandons de concevoir les structures de dérivation latérale en utilisant des modèles morphodynamiques. Le choix de l'approche de modélisation pour simuler le déversement latéral (c.-à-d. 1D, 1D-2D mixte ou 2D) dépend des exigences du modèle, de la disponibilité des données et des objectifs poursuivis.

Tableau 4

Avantages (en vert) et inconvénients (en orange ou en rouge) des trois approches de modélisation pour la simulation de la dérivation latérale de l'écoulement.

	Modèle 1D	Modèle mixte 1D-2D	Modèle 2D
Modèle de déversement latéral	Terme de prélèvement ; utilisation de l'équation 1	Association de modèles ; utilisation de l'équation 1	Topographie de la section de déversement
Paramètres pour le déversement latéral	Pour chaque section transversale avec déversement latéral : <i>Hauteur de la crête du déversoir</i> <i>Largeur de la crête du déversoir</i> C_M	<i>Hauteur de la crête du déversoir</i> C_M	<i>Rugosité</i> pour la crête du déversoir
Résultats hydrodynamiques			
Prédiction du déversement latéral	Bonne	Bonne	Bonne
Écoulement dans le chenal	Aucune déviation de l'écoulement ¹	Aucune déviation de l'écoulement ¹	Déviation de l'écoulement
Écoulement dans la zone d'inondation	Pas de zone d'inondation	Champ d'écoulement approximatif (90° à l'endroit du flux entrant)	Champ d'écoulement 2D
Résultats morphodynamiques			
Prédiction du déversement latéral dû aux dépôts	Bonne	Bonne	Bonne
Dépôts	Bon dépôt de sédiments à l'aval, mais aucune distinction transversale des dépôts locaux	Bon dépôt de sédiments à l'aval, mais aucune distinction transversale des dépôts locaux	Bons
Temps de calcul relatif	Court	Moyen	Long

1 L'écoulement dans le lit principal est parallèle à la structure de dérivation latérale.