

**IMPACT DU DEVERSOIR DE L'ÎLOT TISON SUR L'HYDRODYNAMIQUE  
ET LE TRANSPORT SEDIMENTAIRE DU CLAIN : UTILISATION DU  
LOGICIEL BASEMENT**

*17<sup>èmes</sup> JOURNEES DE L'HYDRODYNAMIQUE JH2020*

**A. Beaudoin<sup>(1)\*</sup>, M. Cruchon<sup>(1)</sup>, Y. Guinard<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup> Institut PPRIME, Université de Poitiers, France

<sup>(2)</sup> Grand Poitiers Communauté Urbaine, France

Corresponding author: [anthony.beaudoin@univ-poitiers.fr](mailto:anthony.beaudoin@univ-poitiers.fr)

**Résumé**

En France, les normes environnementales de l'eau sont de plus en plus strictes en ce qui concerne l'aménagement des rivières. La directive européenne sur l'eau, le code français de l'environnement et les lois du Grenelle ont fixé l'objectif d'atteindre un bon état quantitatif et qualitatif des rivières pour 2027. La continuité écologique est alors le principal facteur limitant pour atteindre un bon état écologique des cours d'eau. La continuité écologique devient alors la condition à remplir pour faire accepter un projet d'aménagement des cours d'eau. Dans ce travail, la restauration du déversoir de l'Îlot Tison, situé au cœur de la ville de Poitiers sur la rivière Le Clain est un cas d'étude. L'objectif principal du présent travail est de montrer la possibilité pour le logiciel BASEMENT d'étudier l'impact des structures existantes et futures sur l'hydrodynamique et le transport sédimentaire sur le site du déversoir de l'Îlot Tison. L'approche expérimentale peut être très coûteuse, l'approche numérique offre une alternative intéressante.

**Summary**

In France, the environmental standards of water are becoming increasingly stringent in relation to river development. The european directive on water, the french environment code and the Grenelle laws fixed the objective to achieve a good quantitative and qualitative status of rivers for 2027. The ecological continuity is then the main limiting factor for achieving good ecological status on watercourses. The ecological continuity then becomes the condition to be satisfied in order to get a river development project accepted. In this work, the restoration of Îlot Tison weir, located at the city Poitiers on the river Le Clain is a case study. The main objective of the present work is to show the BASEMENT's possibility to study the impact of existing and future structures on the hydrodynamics and bedload transport on the site of Îlot Tison weir. The experimental approach may be very expensive, the numerical approach gives an interesting alternative.

**1. Contexte et objectif de l'étude**

L'Îlot Tison de la ville de Poitiers est concerné par les textes réglementaires de la DCE, du code de l'environnement et des lois Grenelle. La masse d'eau Clain Aval, dans laquelle il se situe, est classée en listes 1 et 2 au titre de l'article L.214-17 du code de l'environnement. L'état écologique de cette masse

d'eau a été évalué moyen. L'objectif de bon état écologique a été fixé à 2021 par le SAGE Clain. La masse d'eau a été subdivisée en 3 tronçons RCE (Restauration de la Continuité Ecologique). L'étude porte sur le tronçon RCE n°3 présentant un linéaire de 18,93 km avec 8 ouvrages transversaux. La zone est fortement urbanisée, traversant la ville de Poitiers. L'ouvrage transversal étudié a pour identifiant "CA19 - Moulin des Cours et Scierie de Tison". La propriété du déversoir est partagée entre la ville de Poitiers (en rive gauche) et un particulier (en rive droite). Il y a un ouvrage hydraulique sur chaque rive : le Moulin des Cours en rive droite et l'ancienne scierie de Tison en rive gauche (Figure 1). La centrale hydroélectrique, propriété de la ville de Poitiers, est à l'arrêt. Ses 2 turbines, d'une puissance totale de 58,84 kW, sont diagnostiquées fonctionnelles. La remise en exploitation est conditionnée à la restauration de la continuité écologique. Le clapet semi-automatique en rive droite est géré par le syndicat Clain Aval. Le site de Tison a été profondément remanié en 2017-2018 lors d'une restauration paysagère et du génie civil, relançant le tourisme sur le site. D'après l'étude du devenir des ouvrages sur le Clain de 2016 (SAGE Clain, 2016), la hauteur de chute de 1,02 m est considérée infranchissable pour l'anguille (niveau 5) et quasi-infranchissable pour la truite et le brochet (niveau 4). L'ouvrage aurait un impact important sur l'écologie, provoquant des écoulements profonds et lents, un colmatage fort des substrats, une diminution de la capacité des habitats. Le transit sédimentaire est de plus qualifié de mauvais. Le remous hydraulique est de 900 m. Enfin, l'ouvrage est transparent vis-à-vis des crues. Pour aider la ville de Poitiers à définir une politique d'aménagement de l'Îlot de Tison afin que celui-ci puisse satisfaire aux exigences de continuité sédimentaire de la DCE, BASEMENT a été utilisé pour étudier le fonctionnement hydro-sédimentaire du site existant de l'Îlot de Tison.

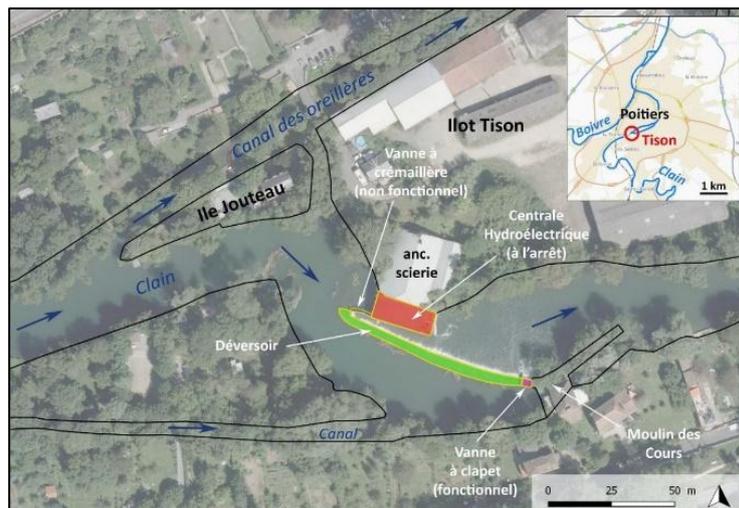


Figure 1 : Localisation de l'ouvrage dans l'agglomération de Poitiers.

## 2. Méthodologie

Le modèle numérique est construit à l'aide d'un logiciel de modélisation hydraulique et morphodynamique, appelé BASEMENT et développé par l'équipe de Recherche du laboratoire d'Hydraulique, d'Hydrologie et de Glaciologie de l'Université de Zurich (<https://vaw.ethz.ch/en/>).

### 2.1 Modèles physiques

L'écoulement du Clain est modélisé par les équations de Saint Venant qui décrivent les écoulements à surface libre en eaux peu profondes. Elles sont obtenues à partir d'une intégration verticale des équations de Navier-Stokes en utilisant un certain nombre d'hypothèses (pression hydrostatique le long de la colonne d'eau, pas de transfert de masse entre le fond et la surface libre ...) :

$$\frac{\partial}{\partial t} h + \frac{\partial}{\partial x} (uh) + \frac{\partial}{\partial y} (vh) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(uh) + \frac{\partial}{\partial x}\left(u^2h + \frac{1}{2}gh^2 - vh\frac{\partial u}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(uvh - vh\frac{\partial u}{\partial y}\right) + gh(S_{ox} - S_{fx}) = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(vh) + \frac{\partial}{\partial x}\left(uvh - vh\frac{\partial v}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(v^2h + \frac{1}{2}gh^2 - vh\frac{\partial v}{\partial y}\right) + gh(S_{oy} - S_{fy}) = 0 \quad (3)$$

où  $h$  est la hauteur d'eau [m],  $u$  et  $v$  sont les composantes en  $x$  et en  $y$  de la vitesse [m/s],  $g$  est l'accélération de la pesanteur [m/s<sup>2</sup>],  $S_{ox}$  ( $=\partial z/\partial x$ ) et  $S_{oy}$  ( $=-\partial z/\partial y$ ) représentent les pentes du fond selon  $x$  et  $y$  [Ø],  $\nu$  est la viscosité cinématique [m<sup>2</sup>/s],  $S_{fx}$  et  $S_{fy}$  sont des termes sources qui dépendent d'un coefficient de friction. Le déplacement de la couche de charriage est modélisé par l'équation d'Xener, résolue pour chaque classe granulaire des sédiments :

$$(1 - p)\frac{\partial(\beta_i h_m)}{\partial t} + \frac{\partial q_{B,x}}{\partial x} + \frac{\partial q_{B,y}}{\partial y} + Si = 0 \quad (4)$$

où  $p$  est la porosité du sédiment,  $\beta_i$  est la fraction par classe de taille  $i$  [Ø],  $h_m$  l'épaisseur du fond mobilisable [m],  $S_i$  [kg/s/m<sup>2</sup>] est un terme source calculé à partir de la vitesse de chute des grains selon la taille de classe  $i$  [m/s] et à partir de lois empiriques qui permettent de déterminer la concentration des grains passant en suspension et celle des grains se déposant,  $q_{B,x}$  et  $q_{B,y}$  sont les flux selon  $x$  et  $y$  du transport de fond par charriage. Les termes de flux sédimentaires sont donnés par la loi de Wilcock et Crowe :

$$q_{bi} = \frac{(u_*)^3 \beta_i}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1\right)g} \times \begin{cases} 0.002 T_i^{7.5} & \text{pour } T_i \geq 1.35 \\ 14 \left(1 - \frac{0.894}{T_i^{0.5}}\right)^{4.5} & \text{pour } T_i < 1.35 \end{cases} \quad (5)$$

où  $q_{bi}$  représente le débit volumique pour une classe de taille  $i$  et par unité de largeur  $b$  [m<sup>2</sup>/s],  $u_*$  est la vitesse de frottement (eng: shear velocity) [m/s],  $\rho_s$  la masse volumique du sédiment [kg/m<sup>3</sup>],  $\rho_w$  la masse volumique de l'eau [kg/m<sup>3</sup>] et  $T_i$  une fonction prenant en compte le ratio entre la contrainte de cisaillement et une contrainte de cisaillement critique.

## 2.2 Modèle numérique

La réalisation du maillage nécessite l'utilisation de données topographiques sous la forme de MNT. Le MNT est issu d'une interpolation spatiale réalisée sur des données Lidar et fourni par la communauté urbaine de Grand Poitiers (en Lambert CC47). Sa résolution spatiale est de 1x1 m. Le MNT est discrétisé par la réalisation d'un maillage, lisible par BASEMENT, nécessitant un maillage triangulaire irrégulier pour les simulations numériques. La grille est réalisée par la méthode de triangulation de Delaunay. Une extension sur QGis permet la création du maillage et l'exportation en .2dm. Différents aménagements (piles de ponts, bâtiments, déversoir, vannes, digues etc.) peuvent être mis en place dans le maillage à l'aide de breaklines (lignes de rupture) indiquant des limites de flux entrant et sortant. Par défaut, le logiciel considère un mur de hauteur illimitée lorsqu'il n'y a pas de condition sur les flux. Il est donc nécessaire de prendre un domaine suffisamment large pour que les bords du modèle n'interfèrent pas sur les paramètres hydrauliques en cas d'inondation du lit majeur. Un débit en m<sup>3</sup>/s sera imposé à l'entrée du modèle numérique. Concernant les conditions initiales, il est possible de débiter une simulation en condition sèche ou à partir d'une simulation hydraulique réalisée précédemment. Il est possible d'imposer un coefficient de friction en fonction des sections du cours d'eau, celui de Strickler sera ici utilisé. Concernant le transport sédimentaire, il est nécessaire d'inclure des informations sur les lois de transport utilisées, la granulométrie, l'épaisseur de la couche de charriage, la porosité, la densité du sédiment ou encore sur la connexion possible entre la couche de sédiment et la colonne d'eau. Le linéaire étudié s'étendra de 400 m en amont à 800 m en aval de l'ouvrage de l'îlot Tison (Figure 2). Les résultats étudiés se trouveront ainsi au centre du domaine afin de s'affranchir d'éventuels effets de bords pouvant entraîner une instabilité des résultats numériques. La largeur du modèle a été déterminée par rapport aux documents PPRI du département de la Vienne, basés sur l'extension de la dernière crue centennale, ayant eu lieu en 1982 (Préfecture de la Vienne,

2015). 3 scénarios ont été simulés. Le premier scénario correspond à un arasement total de l'ouvrage. Le deuxième scénario correspond à un aménagement où le déversoir est présent avec la vanne ouverte. Dans le troisième scénario, la vanne est fermée. La longueur du déversoir est de 80 m et celle de la vanne est de 4 m. L'altitude de ces deux ouvrages est de 71,44 m NGF et 70,54 NGF (Orchis Ingénierie, 2017). Ne disposant de mesures de terrain, la granulométrie des sédiments présents dans le lit du Clain a été fixée arbitrairement en considérant le cas d'une rivière de plaine avec une faible pente (moins de 0,08 %) présentant une granulométrie de type sablo-graveleux. Cette granulométrie est répartie spatialement de manière homogène sur tout le linéaire du lit mineur lors du lancement des simulations numériques. Par méconnaissance de la profondeur de la couche active, l'épaisseur de la couche active est fixée à 20 cm, en-dessous le lit sera considéré comme non mobilisable. Par défaut, le logiciel considère la masse volumique des sédiments à  $2650 \text{ kg/m}^3$  et une porosité de 37%. En entrée de données, BASEMENT a besoin de l'hydrogramme des débits sur le temps réel simulé. Au vue des statistiques des crues sur Le Clain, 3 crues seront simulées. La crue avec le débit de  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  correspond à un débit haut d'hiver. La crue avec le débit de  $200 \text{ m}^3/\text{s}$  correspond à la crue décennale. La crue avec le débit  $350 \text{ m}^3/\text{s}$  correspond à la crue centennale. Les 3 crues seront simulées avec une durée d'une semaine. Cela correspond au régime des crues observé sur Le Clain (<http://www.hydro.eaufrance.fr/>).

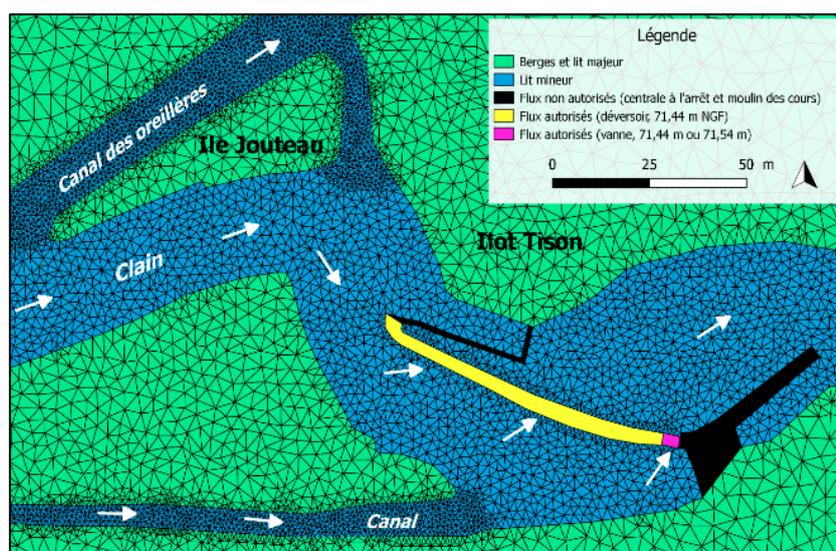
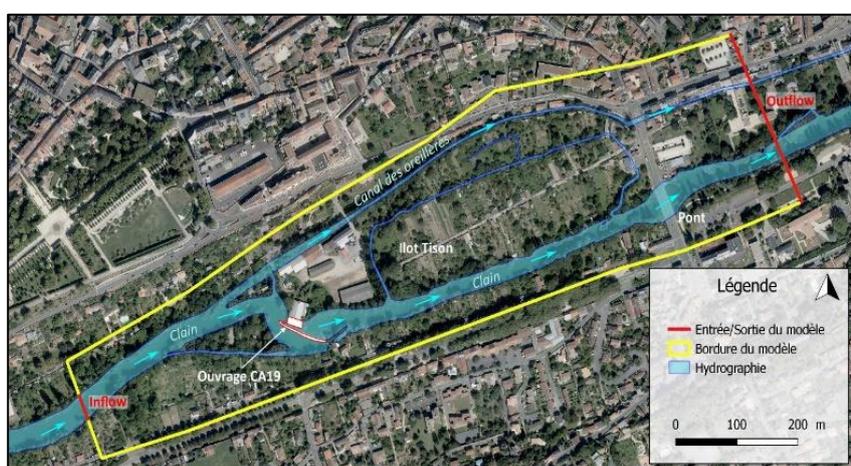


Figure 2 : Extension de la zone modélisée (haut) et Maillage réalisé autour de l'Îlot Tison (bas).

## 6. Résultats

### 6.1 Ecoulement

Les résultats présentés concerneront les débits de 10, 25 et 100 m<sup>3</sup>/s. Les débits de 50 et 75 m<sup>3</sup>/s présentent des tendances intermédiaires entre 25 et 100 m<sup>3</sup>/s. D'après la figure 3, l'influence de l'ouvrage sur la distribution du champ de vitesses serait différente en fonction du débit. Ainsi, pour des débits de 10 et 25 m<sup>3</sup>/s, il existe une forte variabilité locale des vitesses à l'entrée du déversoir alors que la variation est plus faible pour un débit de 100 m<sup>3</sup>/s. Ceci peut s'expliquer par la hauteur d'eau. En effet, plus la hauteur d'eau est faible, plus les écoulements seraient contraints par la géométrie du lit mineur. Or, on observe la présence d'un goulot d'étranglement dans le lit mineur à l'entrée du déversoir (zone 1 des figures 3-a et 3-b). Ce goulot diminuerait la section traversée, ce qui accélérerait les flux. Pour un débit de 100 m<sup>3</sup>/s, le cours d'eau déborde dans la plaine alluviale et serait ainsi moins influencé par une diminution de la section dans le lit mineur en zone 1 (figure 3-c).

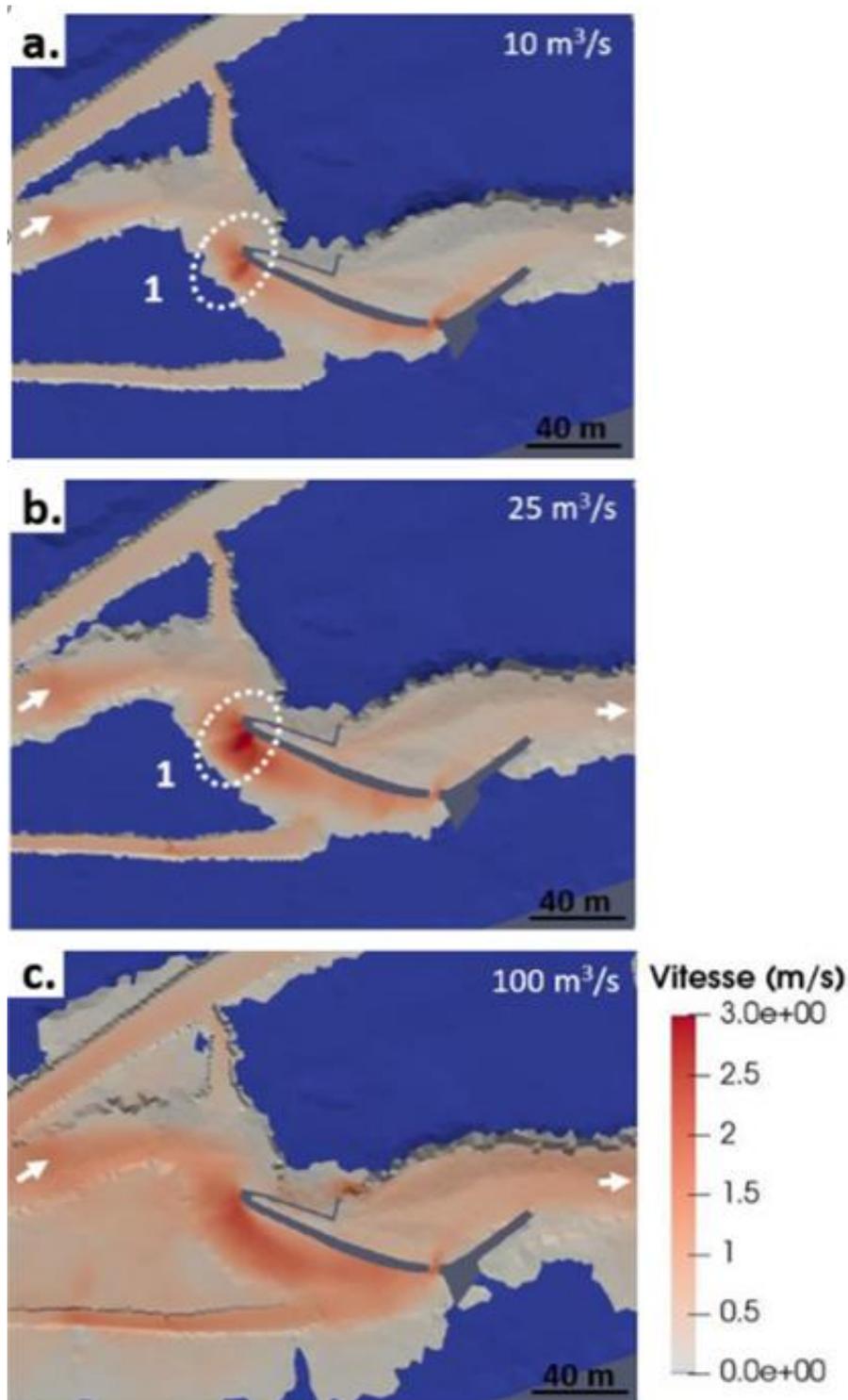


Figure 3 : Influence de l'ouvrage sur la norme des vitesses d'écoulements [m/s] en fonction des débits de 10 (a), 25 (b) et 100 (c)  $\text{m}^3/\text{s}$ . L'ouvrage est ici présenté avec la vanne ouverte.

## 6.2 Transport

La figure 4 permet d'observer l'influence de l'ouvrage transversal sur un même débit (ici  $25 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Lorsque la vanne est fermée (figure 4-a), nous pouvons constater quatre zones érosives principales. La zone 1 correspond à une érosion progressive en aval du déversoir, la zone 2 est visible en amont et au sud du déversoir, la zone 3 est plus fortement érodée, probablement causé par l'effet de goulot d'étranglement abordé dans la partie hydraulique. Enfin, la zone 4 correspond à une mouille et un radier. Concernant les zones de dépôt, il existe un plaquage important des sédiments contre le déversoir. Lors de l'ouverture de la vanne, nous pouvons observer deux effets. Tout d'abord une érosion progressive moins marquée en zone 1,

mais plus intense en zone 2. En effet, l'ouverture de la vanne provoque un effet aspirant, ce qui augmente localement les vitesses en direction de la vanne. Par ailleurs, le plaquage sédimentaire est moins marqué le long du déversoir et un dépôt de sédiment est visible en aval de la vanne. Enfin, lorsque le déversoir est arasé, les zones d'érosion et de dépôt sont profondément modifiées. En effet, la zone 1 n'est plus visible et a été comblée par des sédiments, la zone 2 a diminué en intensité et la zone 3 est fortement décalée du côté de la rive opposée, ceci étant dû à des contraintes moins importantes sur la direction des flux. Enfin, la zone 4 a fortement avancé vers l'aval. En effet, le haut-fond présent en zone 4 a subi une intensification de la contrainte de cisaillement, due à une diminution de la hauteur d'eau et une augmentation des vitesses.

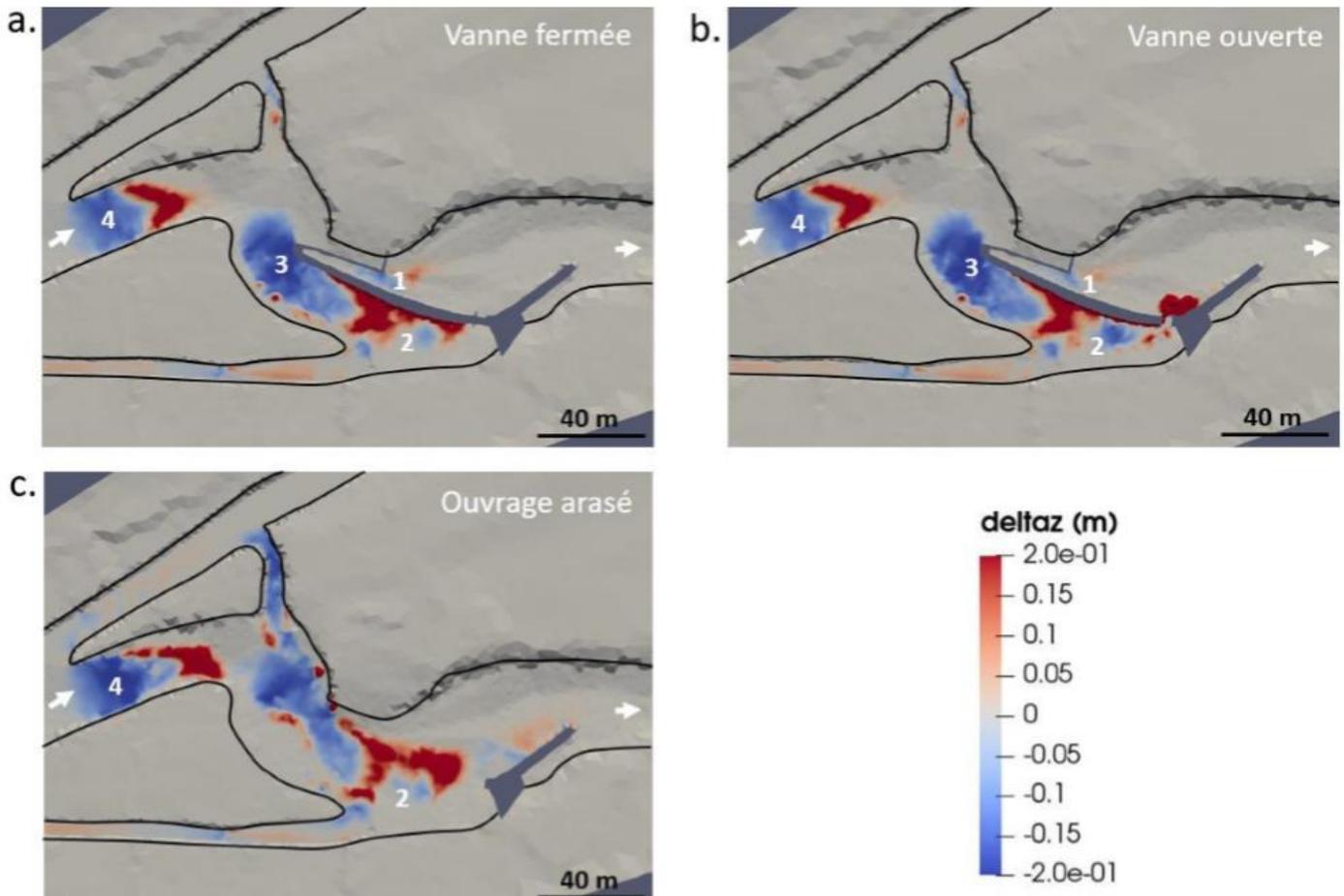


Figure 4 : Variation de la topographie  $\text{deltaz}$  [m] pour un débit à  $25 \text{ m}^3/\text{s}$ , en fonction des différents aménagements (a - vanne fermée, b – vanne ouverte et c – ouvrage arasé).