

## Cours d'eau à deux niveaux

### Contexte

Dans la nature, les cours d'eau sont typiquement constitués d'un chenal et d'une plaine inondable, parfois aussi appelés lit mineur et lit majeur (figure 1). La plaine inondable est l'espace utilisé par le cours d'eau lorsque le chenal, dont le gabarit est adapté aux débits plus fréquents, se retrouve en état de surcapacité en eau. Elle fait partie intégrante du milieu hydrique.



*Figure 1. Dans la nature, les cours d'eau non-confinés sont composés d'un chenal et d'une plaine inondable. Ruisseau Tompkin à Ogden ©RAPPEL - 2021*

Historiquement, les cours d'eau en milieux habités au Québec ont été modifiés afin de réduire leur emprise et ainsi permettre l'occupation des terres riveraines. Cela a signifié la suppression de la plaine inondable par son remblai, ou de façon indirecte par l'érosion verticale du chenal. Les cours d'eau ont été restreints à une section trapézoïdale, large et profonde, qui ne correspond pas à la forme des cours d'eau en milieu naturel. De nos jours, l'avancée des connaissances et l'évolution des expériences collectives nous font prendre conscience des conséquences négatives des modifications que nous avons imposées aux milieux hydriques.

Les cours d'eau aménagés favorisent la concentration de l'énergie de l'écoulement, ce qui provoque souvent l'érosion du lit et des berges (figure 2a). Dans d'autres cas, les vitesses de l'eau à l'étiage deviennent incapables de mobiliser les sédiments, surtout en présence de végétation, ce qui provoque l'accumulation persistante de matériel sur le lit (figure 2 b).



Figure 2. Des cours d'eau aménagés typiques des milieux agricoles : linéaires, trapézoïdaux, larges, sans plaine inondable et (a) sujets à de l'érosion ou (b) à de la sédimentation persistante et aux entretiens répétés (© Rivières).

## Description

Le concept de cours d'eau à deux niveaux a été développé pour répondre aux problèmes sédimentaires des petits cours d'eau agricoles en se basant sur la morphologie des cours d'eau en milieu naturel<sup>1</sup>. Ils comportent un chenal à l'intérieur d'une petite plaine inondable (aussi appelée chenal de crue ou terrasse inondable) dont la base et les berges sont végétalisées (figure 3).

Cette configuration vise à concentrer l'écoulement et à permettre le transport sédimentaire en période de faible débit, tout en assurant l'écoulement dans les limites du cours d'eau en période de crue. Elle permet aussi de donner une sinuosité au chenal, même dans des cas où le tracé d'ensemble du cours d'eau est linéaire.

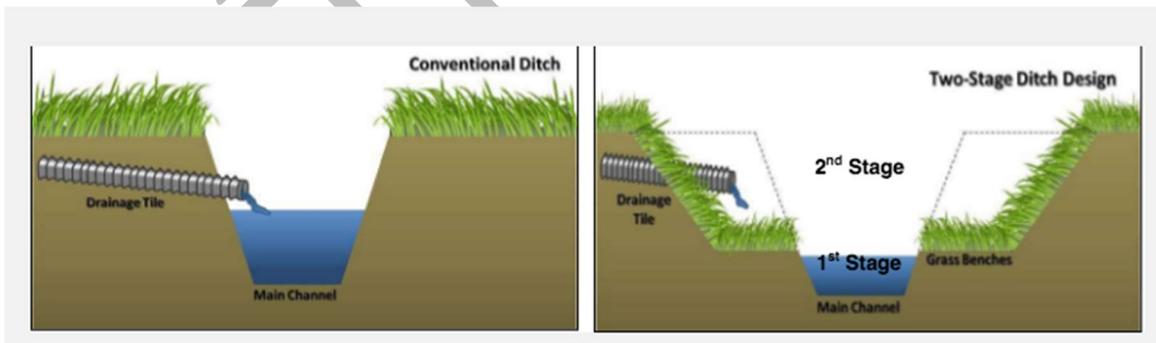


Figure 3 : Différences entre un cours d'eau aménagé de façon conventionnelle et un cours d'eau à deux niveaux (Ohio State University)

Bien des avantages découlent de cette morphologie, notamment :

<sup>1</sup> Powell et al., 2007

- la réduction des vitesses lors des crues, donc la réduction du potentiel érosif et des pics de crue en aval dans le bassin versant ;
- la réduction des entretiens de cours d'eau et de la remise en suspension de sédiments et des perturbations biologiques associées à ceux-ci<sup>2</sup> ;
- l'amélioration de la qualité de l'eau par l'augmentation de la dénitrification, de la filtration des sédiments fins et des nutriments comme le phosphore et l'azote<sup>3</sup> ;
- la diversification de l'écoulement, un niveau d'eau soutenu à l'année et l'amélioration générale des conditions de l'habitat pour les communautés de poisson<sup>4</sup> .

Les deux désavantages principaux par rapport aux cours d'eau aménagés de façon conventionnelle sont la perte de superficies cultivables dues à l'empreinte plus large du cours d'eau (dans certains cas) et les coûts de mise en place.

Les cours d'eau à deux niveaux forment une famille d'approches qui concourent à reproduire une morphologie similaire à partir de différentes méthodes. Les principales sont :

- L'excavation de plaines [ouverture d'un encadré]

Le cours d'eau à deux niveaux par excavation de plaines en est la version la plus classique (*two-stage channel* en anglais<sup>5</sup>). Il consiste en l'élargissement du cours d'eau par l'excavation d'un deuxième niveau aux abords du chenal existant, formant une petite plaine inondable dans le bas des talus. Les travaux consistent exclusivement à de l'extraction de matériel.



<sup>2</sup> USDA-NRCS, 2007 ; Kallio et al., 2010

<sup>3</sup> Mahl et al., 2015

<sup>4</sup> Gravel, 2021

<sup>5</sup> Powell et al., 2007

Figure 4. Exemples de cours d'eau à deux niveaux par excavation ; (a) Ruisseau Mullenbach, Minnesota moins de 2 ans après l'installation<sup>6</sup> ; (b) cours d'eau à deux niveaux en construction à St-Jean-Baptiste, Montérégie<sup>7</sup> ; (c) cours d'eau à deux niveaux en Suède.

Les principaux effets hydrauliques sont :

- Augmenter la capacité du cours d'eau.
- Réduire les vitesses (en crue).

Et les principaux effets sédimentaires sont :

- Réduire l'érosion (en crue).
- Capturer des sédiments sur le deuxième niveau (en crue).

[fin de l'encadré]

- L'aménagement de banquettes [ouverture d'un encadré]

La stratégie d'aménagement de banquettes consiste à rétrécir la section d'écoulement afin de reproduire des dimensions ajustées. Contrairement aux autres techniques, la réintroduction d'un matériel externe est nécessaire au redimensionnement du cours d'eau.



Figure 5. Banquettes récemment aménagées avec un mélange granulaire grossier<sup>8</sup>

<sup>6</sup> Kramer, 2011

<sup>7</sup> UPA Montérégie, 2021

<sup>8</sup> (ONEMA, 2012)

Des banquettes sont des bancs de sédiments, de part et d'autre du chenal d'un cours d'eau, qui peuvent se former naturellement à partir du transport et du dépôt de sables, limons et cailloux et de la croissance de la végétation. Les banquettes aménagées (figure 5) s'efforcent de reproduire cette morphologie dans les circonstances où leur formation naturelle est compromise, lente ou inadaptée au drainage.

Puisqu'elles favorisent le transport et le captage des sédiments, elles permettent d'éviter la sédimentation sur le lit et la nécessité de procéder à des entretiens répétés. Attention, ce n'est pas un remblai en milieu hydrique ! L'intention est de reproduire une morphologie plus naturelle et davantage compatible avec les usages riverains et les besoins en drainage.

Les principaux effets hydrauliques des banquettes sont :

- Augmenter le niveau d'eau (à l'étiage et en crue).
- Augmenter les vitesses (à l'étiage).

Et les principaux effets sédimentaires sont :

- Favoriser le transit des sédiments (à l'étiage).
- Capturer des sédiments sur le deuxième niveau (en crue).

[fin de l'encadré]

- L'excavation d'un sillon [ouverture d'un encadré]

Cette méthode consiste à former un cours d'eau à deux niveaux en retravaillant le dépôt accumulé sur le lit du cours d'eau. Contrairement à l'excavation de plaines, exclusivement faites en rives, cette approche consiste à excaver le lit du cours d'eau à partir des sédiments qui s'y sont déposés après l'aménagement d'origine. L'emprise du cours d'eau n'est pas nécessairement élargie.



Figure 6. Cours d'eau à deux niveaux par excavation d'un sillon à Brome-Missisquoi : (a) branche 1 du cours d'eau Campbell (MRC Brome-Missisquoi, © Simon Lajeunesse) et (b) branche 46 du ruisseau Morpions en Brome-Missisquoi<sup>9</sup> ;

Les principaux effets hydrauliques de l'excavation d'un sillon sont :

- Augmenter la capacité du cours d'eau.
- Augmenter la profondeur de l'eau (à l'étiage).
- Augmenter les vitesses (à l'étiage).

Et les principaux effets sédimentaires sont :

- Favoriser le transit des sédiments (à l'étiage).
- Capter des sédiments sur le deuxième niveau (en crue).

[fin de l'encadré]

De plus, dans plusieurs cours d'eau, le maintien des processus peut mener au développement d'une morphologie à deux niveaux de façon spontanée. En effet, si les conditions hydrologiques et sédimentaires sont réunies, les chenaux aménagés de façon conventionnelle peuvent développer d'eux-mêmes une section d'écoulement à deux niveaux (figure 7). La construction d'un chenal à deux niveaux permet d'atteindre plus rapidement cet état d'équilibre.



---

<sup>9</sup> OBVBM, 2021

*Figure 7 : Cours d'eau aménagé de façon conventionnelle ayant développé une section d'écoulement à deux niveaux (ruisseau au Castor, MRC Brome-Missisquoi ; photo : Nicolas Stämpfli)*

## Où les mettre en place ?

Les circonstances propices à la création d'un cours d'eau à deux niveaux, ainsi que les moyens mécaniques d'y parvenir, dépendent de la façon avec laquelle le cours d'eau évolue (sa trajectoire) et des problématiques encourues par le riverain (figure 8).

PRÉLIMINAIRE

Trajectoire et problématique



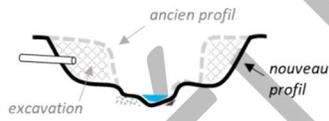
Cours d'eau dont la tendance est à l'érosion.



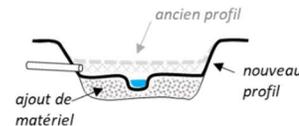
Cours d'eau dont la tendance est à l'accumulation.

Solution : Aménager d'un cours d'eau à deux niveaux...

...par excavation de plaines



...par aménagement de banquettes



...par excavation d'un sillon

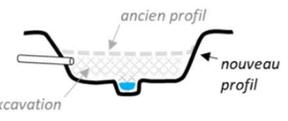


Figure 8. Différentes approches pour l'aménagement d'un cours d'eau à deux niveaux : a) excavation de plaines ; b) aménagement de banquettes ; c) excavation d'un sillon (MRC Brome-Missisquoi, © Simon Lajeunesse).

### Dans un contexte d'accumulation (alternative aux entretiens classiques)

Les cours d'eau fréquemment entretenus en milieu agricole sont, sous certaines conditions, de bons candidats à l'**aménagement de banquettes** ou à l'**excavation d'un sillon**.

Plusieurs tentatives de creuser des cours d'eau à deux niveaux à même les sédiments accumulés se sont soldées par des échecs, présumément en raison de l'absence de cohésion des matériaux et de travaux faits en conditions mouillées. L'excavation d'un sillon est possible lorsque la cohésion du matériel accumulé permet de le remodeler. Ceci pourrait être le cas dans des cours d'eau sévèrement envasés et n'ayant pas été entretenu depuis des décennies.

L'aménagement de banquettes doit s'inscrire dans un contexte où elles se seraient formées naturellement avec le temps (énergie et apports sédimentaires disponibles). Autrement, leur durabilité est compromise par le risque d'un colmatage par les apports en sédiments fins subséquents et l'envasement complet de la morphologie à deux niveaux. Certains cours d'eau de tête à pentes faibles, souvent d'anciens milieux humides, n'ont pas l'énergie suffisante pour édifier ce type de morphologie.

Dans les circonstances spécifiques où des banquettes se sont naturellement formées, mais gêneraient le drainage, il pourrait être tenté de les curer et d'en reproduire la morphologie à une élévation plus basse. Ce type de stratégie est risquée cependant, considérant que le niveau du lit pourrait se rehausser par la suite.

### Dans un contexte d'érosion

Dans le cas des cours d'eau dont la tendance est à l'érosion, l'**excavation de plaines** permet de dissiper l'énergie de l'eau et d'en réduire le potentiel érosif. Cette approche sera particulièrement bénéfique dans des bassins versants où la qualité de l'eau est mauvaise, due aux transports de matières en suspension, de fertilisants ou d'autres contaminants.

### Comme promoteurs de la biodiversité

Au-delà des problématiques hydrosédimentaires, les cours d'eau à deux niveaux peuvent également servir à diversifier les habitats dans des secteurs pauvres en biodiversité. L'apparition d'une petite plaine inondable permet notamment d'augmenter la qualité morphologique du cours d'eau.

L'aménagement de banquettes peut servir à restaurer la connectivité avec les espaces riverains en périodes de crue. En contractant la section d'écoulement, la capacité hydraulique du chenal d'écoulement est réduite, ce qui permet à l'eau d'occuper la plaine inondable plus fréquemment.

## Conception

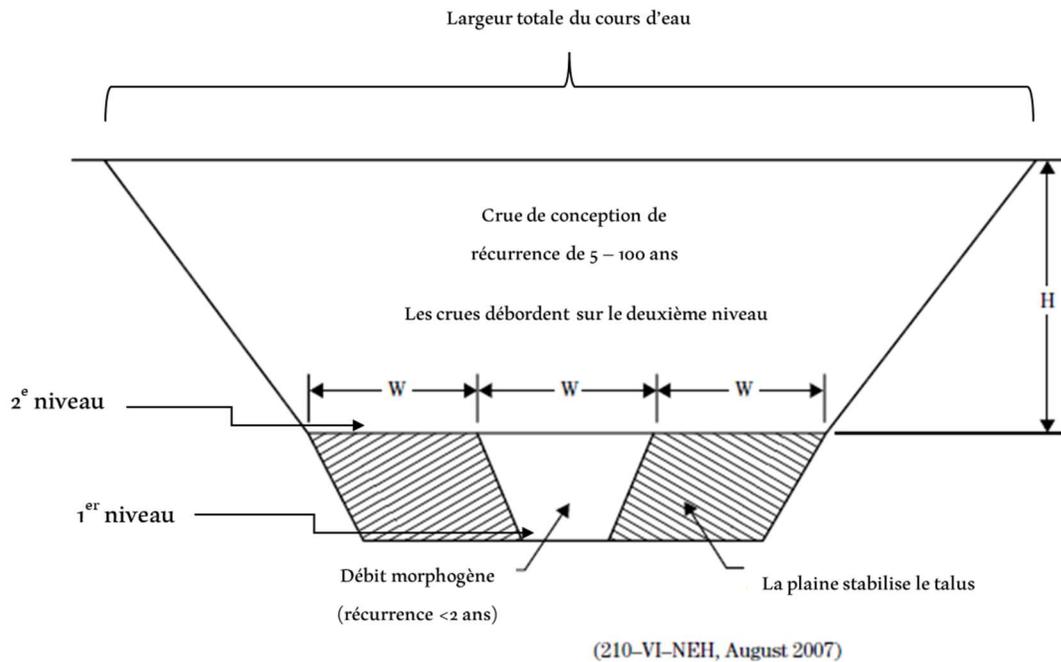


Figure 9. Aperçu des dimensions du cours d'eau à deux niveaux (adapté de NRCS, 2007).

### Dimensions du chenal d'écoulement

Le chenal d'étiage est conçu pour contenir un débit correspondant au débit de plein bord (considéré inférieur au débit de récurrence 2 ans, mais supérieur au débit 1 an) de cours d'eau naturels de même taille dans des contextes géologiques et hydrologiques similaires.

Les dimensions du chenal d'écoulement sont typiquement définies à partir de cours d'eau de référence. Il s'agit de cours d'eau formés dans un contexte similaire qui présentent des dimensions ajustées à leur environnement (débit liquide, pente, granulométrie du lit). Ces dimensions peuvent être déterminées à partir d'équations de géométrie hydraulique régionale, qui associent les dimensions du chenal (largeur, profondeur et aires d'écoulement) à des variables prédictives telles que l'aire de drainage ou le débit liquide<sup>10</sup>, ou bien plusieurs cours d'eau de référence peuvent aussi servir à développer des équations de géométrie hydraulique locales.

Les dimensions obtenues peuvent être validées par des observations dans le cours d'eau à aménager si une configuration à deux niveaux s'y est formée naturellement ou dans des cours d'eau environnants de taille similaire. Les dimensions du chenal d'étiage doivent aussi permettre le transport des sédiments compte tenu de la pédologie du bassin versant, tout en assurant la stabilité du lit du cours d'eau.

<sup>10</sup> (Leduc et Roy, 1990; Biron et Paradis, 2017)

## Dimensions du cours d'eau entier

La largeur et la profondeur totale du cours d'eau (incluant les deux niveaux, figure 9) doivent assurer l'écoulement de l'eau sans débordement pour une crue associée à la période de récurrence souhaitée. Selon les recommandations du NRCS (2007), la largeur de la plaine inondable (le 2<sup>e</sup> niveau, incluant le premier niveau) devrait représenter entre 3 et 5 fois la largeur du chenal.

## La pente des talus

La pente des talus doit être établie pour assurer leur stabilité en fonction du type de sol et de dépôt en place, comme dans le cas d'un cours d'eau aménagé conventionnel. Au besoin, des techniques de stabilisation par phytotechnologie peuvent être utilisées.

## Intégrer les sorties de drain

Les documents de conception des cours d'eau à deux niveaux recommandent que le deuxième niveau soit aménagé en dessous des sorties de drains. Au Québec, la profondeur des sorties de drains constitue souvent le facteur qui dicte la profondeur des cours d'eau. Dans ces cas, le dimensionnement du chenal pourrait devoir être ajusté et un compromis réalisé entre le risque de submersion des sorties de drains et la capacité hydraulique et de transport sédimentaire du premier niveau.

Alternativement à l'aménagement de banquettes ou à l'excavation d'un sillon, le rehaussement des sorties de drains pourrait être envisagé si cette option s'avère réalisable et intéressante aux plans technique et économique.

## Spécifiquement à l'aménagement de banquettes [ouverture d'un encadré]

Il est possible de concevoir des banquettes par une approche mécanique, par recharge sédimentaire ou de façon passive. On s'intéresse ici plus spécifiquement à une approche mécanique. Celle-ci consiste à reconstruire les banquettes avec de la machinerie.

Les banquettes sont généralement alternées afin de créer un chenal sinueux. La largeur occupée par les banquettes est déterminée par l'espace disponible dans le fond du cours d'eau aménagé. Au besoin, le cours d'eau peut être élargi afin d'accommoder l'espace disponible pour des banquettes suffisamment larges (1-2 x la largeur du cours d'eau de chaque côté).

Il est important de vérifier qu'il est possible de construire des banquettes de la hauteur souhaitée sans obstruer les sorties de drain.

En plus de la configuration du chenal d'écoulement principal, il faut s'attarder à la composition du matériel à utiliser.

### Matériel à utiliser pour créer un cours d'eau alluvial

Un cours d'eau naturel en milieu agricole est typiquement alluvial, c'est-à-dire que l'écoulement a la capacité d'éroder et de transporter les sédiments sur le lit et les berges. Ces sédiments sont remplacés par d'autres, apportés par le bassin versant. Dans ce contexte, la composition des banquettes devrait reproduire la granulométrie des nouveaux apports en sédiments. Plusieurs méthodes peuvent aider à spécifier la taille de ces matériaux : par exemple, l'utilisation de cours d'eau de référence, l'échantillonnage des sédiments transportés en période de crue ou par des calculs en hydraulique.

### Matériel à utiliser pour créer un cours d'eau à substrat fixe

Dans le cas de contraintes au processus de transport, les banquettes peuvent être construites à partir de matériel non mobilisable. Ces matériaux peuvent être granulaires, mais dimensionnés de façon à rester stables pendant les crues. D'autres techniques peuvent être utilisées, notamment via l'utilisation de phytotechnologies (peignes, fascinages, toiles biodégradables, etc.), l'ajout de terre derrière un cordon rocheux, ou même l'utilisation de matières végétales uniquement (troncs, branches, souches) (figure 10). Dans certains cas, la vase préalablement curée pourrait être réutilisée et stabilisée par phytotechnologie.



Figure 10. Exemples de différentes techniques d'aménagement de banquettes : (a) banquettes soutenues par phytotechnologie<sup>11</sup> ; (b) banquettes faites de terre et d'un cordon rocheux<sup>12</sup> ; (c) banquettes faites de matières végétales seulement<sup>13</sup>

[fin de l'encadré]

Certains enjeux doivent être spécialement pris en compte dans la conception selon le contexte du projet, notamment :

- Les niveaux d'eau en temps de crue et le risque de débordement ;
- La capacité hydraulique des traverses du cours d'eau, comme les ponceaux et les passerelles ;
- Le transit des sédiments mobilisés vers l'aval et leur finalité ;
- Le risque d'érosion des banquettes, plaines et/ou du lit (dans le cas d'une conception à substrat fixe) ;
- Le niveau des sorties de drain.

La plupart de ces considérations nécessitent que la conception soit appuyée par une modélisation hydraulique, selon le niveau de confiance requis.

## Réalisation des travaux

### Accessibilité du site et précautions à prendre

L'accès au cours d'eau peut constituer un défi, particulièrement si une bande riveraine arborée est présente. La coupe de certains arbres peut être nécessaire s'il n'existe aucun accès.

Les travaux se font d'aval vers l'amont, comme un entretien standard de cours d'eau, et les mêmes pratiques de prévention environnementales sont à appliquer (fosse temporaire à sédiments, barrières à sédiments, huiles hydrauliques biodégradables, surveillance de chantier, guidage laser, etc.)

Spécifique à l'excavation de plaines [ouverture d'un encadré]

### Excavation

Selon les problèmes et la conception, identifier le besoin de recréer le chenal actuel du cours d'eau OU la possibilité de le laisser intact et de seulement retravailler les talus en y excavant les petites plaines. Si le chenal doit être recréé, cette étape est réalisée avant l'élargissement des paliers de crue.

---

<sup>11</sup> (SOGREAH, 2010)

<sup>12</sup> (ONEMA, 2015)

<sup>13</sup> (Biotec ingénierie écologique, 2023)

Cours d'eau trapézoïdal classique

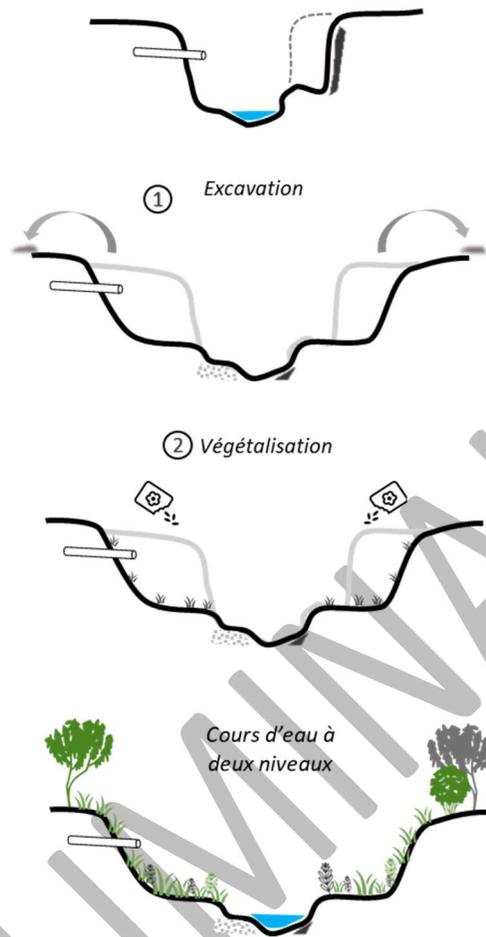


Figure 11. Principales étapes dans l'élaboration d'un cours d'eau à deux niveaux par excavation de plaines

[fin de l'encadré]

Spécifique à l'aménagement de banquettes [ouverture d'un encadré]

#### Curage

Si le cours d'eau est envasé, il faudra d'abord procéder au curage par la méthode du tiers inférieur afin de retirer ce matériel (figure 12).

#### Construction des banquettes

Les banquettes requièrent l'ajout de matériel au choix (matériaux granulaires ou phytotechnologies).

Si un matériel externe est utilisé, il faut s'assurer que celui-ci ne provienne pas d'un site colonisé par une espèce exotique envahissante qui pourrait être introduite au cours d'eau à restaurer.

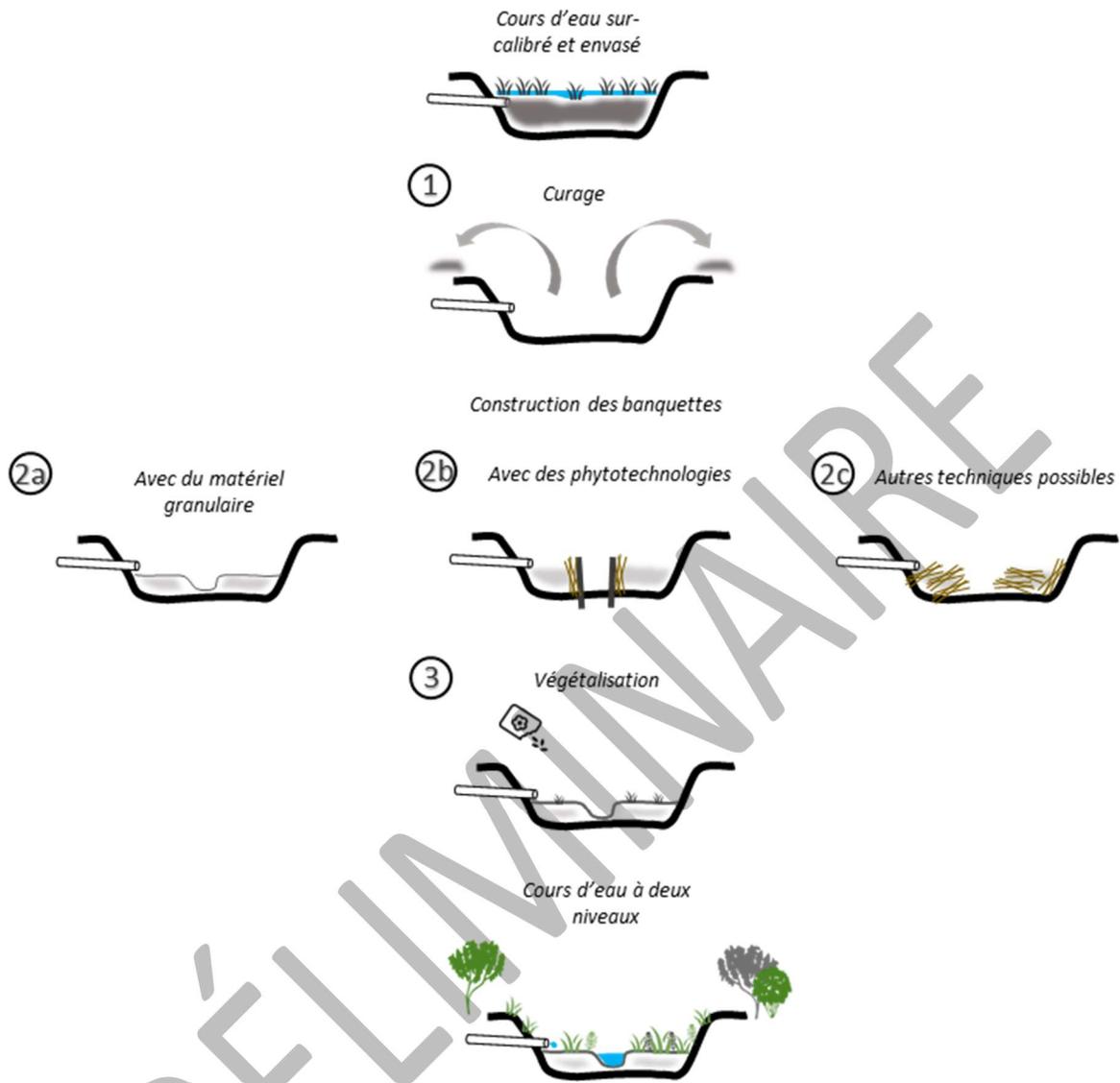


Figure 12. Principales étapes de l'élaboration d'un cours d'eau à deux niveaux par aménagement de banquettes

[fin de l'encadré]

Spécifique à l'excavation d'un sillon [ouverture d'un encadré]

### Excavation

L'excavation du sillon se fait dans le dépôt en place...

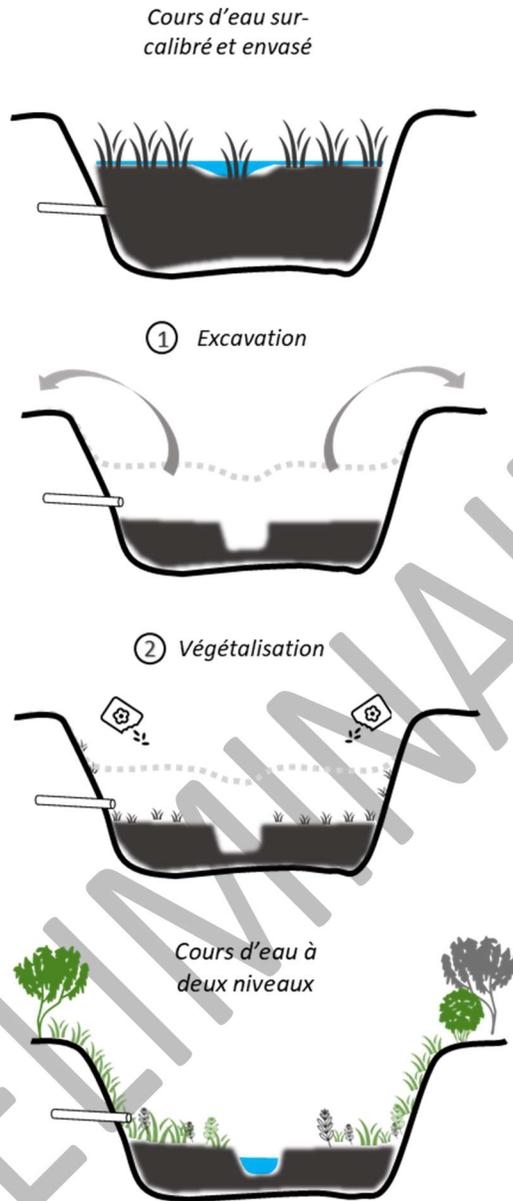


Figure 13. Principales étapes de l'élaboration d'un cours d'eau à deux niveaux par l'excavation d'un sillon

[fin de l'encadré]

### Gestion des déblais

L'excavation du 2<sup>e</sup> niveau engendrera un volume accru de sol de déblai par rapport à un entretien standard. La gestion de ce sol dans les champs à proximité réduira les coûts, mais les précautions suivantes sont à prendre :

- Valider l'absence d'EEE (espèces exotiques envahissantes, ex : phragmite) dans le sol de déblai à gérer en terres agricoles.

- Avoir une entente limpide avec les producteurs pour la gestion du sol, et idéalement, intégrer un avis professionnel de leur agronome.
- Envisager le nivellement de précision des terres par GPS pour inclure le volume de sol excavé et coordonner la gestion du ruissellement dans les champs avec les travaux de creusage de cours d'eau.

### Végétalisation

La végétalisation des berges et des paliers de crue est un facteur de réussite important lors de la construction de cours d'eau à deux niveaux. Tant que le deuxième niveau et les talus ne seront pas bien colonisés par une végétation au système foliaire et racinaire dense, le cours d'eau sera à risque d'être érodé dans l'éventualité d'une grande crue.

Une approche agressive doit être envisagée : taux de semis élevé, plantes-abris, semis hydraulique, voire matelas de fibre végétale sont à prévoir. Une végétation capable de tolérer des cycles d'inondation et d'exondation fréquents et prolongés doit être utilisée. Les herbacées sont à privilégier par rapport aux arbustes et aux arbres, car ils couvriront plus densément la surface des banquettes.

La colonisation et l'obstruction des cours d'eau par des espèces envahissantes comme le phragmite constituant un enjeu majeur pour le transport sédimentaire dans les petits cours d'eau, les projets devraient prévoir l'implantation de bandes riveraines limitant l'ensoleillement des cours d'eau, notamment par le recours à des espèces arbustives et arborescentes.

## Coûts

*(Claire : il sera souhaitable de mettre une échelle de valeurs plutôt que des chiffres, ex \$, \$\$, \$\$\$)*

Les éléments suivants doivent être pris en compte dans le calcul des coûts du projet :

- La conception de l'aménagement

Dans certains cas, de la modélisation hydraulique peut être nécessaire à la conception. Prévoir l'ensemble des intrants nécessaires à la réalisation du modèle (arpentage, jaugeage, etc.).
- Les plans et devis

Lorsque la géométrie d'un cours d'eau est modifiée, ils sont nécessaires et doivent être signés par un membre de l'Ordre des Ingénieurs du Québec.
- Le matériel à utiliser

Lorsque c'est possible, réutiliser le substrat curé peut permettre de réduire les coûts. Lorsque du matériel doit être importé, privilégier des fournisseurs locaux permet de limiter les coûts associés au transport. La quantité et le type de matériel nécessaire dépendront directement des techniques utilisées, des dimensions données aux banquettes et de la longueur du tronçon à restaurer.

- Les travaux d'excavation et/ou de construction des banquettes

Le coût dépendra de l'effort à déployer pour les travaux, incluant le curage, la répartition du matériel, le montage des banquettes et la largeur totale donnée au cours d'eau.

Prévoir le coût pour les mesures de sécurité habituelles : barrière à sédiment, etc.

- La disposition du matériel excavé

Pour éviter les coûts associés au transport et à la disposition du matériel vaseux, prévoir de l'épandre sur les champs ou d'utiliser un site de disposition local.

- La surveillance du chantier
- Les travaux de végétalisation

En plus des honoraires demandés, prévoir l'achat de plants et/ou de semences.

- Un budget devrait aussi être prévu pour l'entretien à moyen terme des banquettes.

#### Fourchettes de prix

La variabilité des coûts est reliée principalement à la largeur de l'excavation. Plus le deuxième niveau créé est large, plus les coûts seront élevés.

Bien que dans certains cas, un deuxième niveau peut être créé simplement en retravaillant le talus du cours d'eau, les cours d'eau à deux niveaux par excavation de plaines sont généralement plus larges que les cours d'eau aménagés de façon conventionnelle. Ceci signifie que la construction d'un cours d'eau à deux niveaux par excavation implique souvent des pertes de superficies cultivables, qui sont généralement limitées à quelques dizaines de centimètres à 2 mètres de chaque côté du cours d'eau.

Dans le cas d'excavation de sillon ou d'aménagement de banquettes, il n'y a généralement aucune perte de superficie agricole ; ces méthodes présentent donc un large potentiel d'acceptabilité sociale chez les producteurs agricoles.

## **Suivi et entretien**

Les années suivant les travaux, des ajustements spontanés dans la morphologie du cours d'eau sont à anticiper. Elles ne sont pas en soi problématiques. Cependant, le colmatage du lit ou l'érosion généralisée et soutenue dans le temps ne sont pas souhaitables. Ces processus devront être corrigés si possible.

Une attention particulière doit être accordée à l'état de la végétation. Selon les crues ou les sécheresses ayant affecté le cours d'eau, des végétaux pourraient devoir être réimplantés.

#### Dans le cas de l'aménagement de banquettes

Dans le cas d'un cours d'eau alluvial, les banquettes peuvent se maintenir indéfiniment, si la source en sédiment permettant le renouvellement du substrat ne s'épuise pas et qu'aucune autre perturbation ne vient compromettre l'équilibre hydrosédimentaire.

Dans le cas d'un cours d'eau à substrat fixe, la longévité dépendra de la résistance du matériel utilisé, des forces qui y seront appliquées et des choix faits lors de la conception.

### Autres considérations

- + Bien que la configuration des chenaux à deux niveaux ressemble à celle des cours d'eau naturels, les chenaux à deux niveaux sont conçus pour contenir des crues plus importantes, ce qui limite leur connectivité avec les champs environnants. Malgré l'excavation, ils sont généralement moins larges et plus profonds que les cours d'eau naturels.
- + Dans le cas des cours d'eau en situation d'accumulation sédimentaire, l'aménagement d'un cours d'eau à deux niveaux devrait être accompagné de mesures dans le bassin versant pour réduire l'érosion des sols et l'acheminement des sédiments vers le cours d'eau.
- + Le PCRMHH permet de financer certains projets.

### Références

Gravel, R. (2021). Communautés ichthyologiques des petits cours d'eau de la Montérégie et leur réponse à différents types d'interventions à des fins de drainage agricole — Rapport technique, Direction de la gestion de la faune de l'Estrie, de Montréal, de la Montérégie et de Laval, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 78 p. et annexes.

D'Ambrosio, Jessica L., Andrew D. Ward, and Jonathan D. Witter, 2015. Evaluating Geomorphic Change in Constructed Two-Stage Ditches. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*. 51(4): 910-922. DOI: 10.1111/1752-1688.12334

Kallio, R., Ward, A., D'Ambrosio, J., & Witter, J. D. (2010). A decade later: the establishment, channel evolution, and stability of innovative two-stage agricultural ditches in the midwest region of the United States. *9th International Drainage Symposium held jointly with CIGR and CSBE/SCGAB Proceedings, 13-16 June 2010, Palais des congrès de Québec, Québec, Canada* (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.

Lagacé, 2016 (Université Laval)

Leduc, C., & Roy, A. G. (1990). L'impact du drainage agricole souterrain sur la morphologie des petits cours d'eau dans la région de Cookshire, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 44(2), 235-239.

Mahl, U. H., Tank, J. L., Roley, S. S., & Davis, R. T. (2015). Two-stage ditch floodplains enhance N-removal capacity and reduce turbidity and dissolved P in agricultural streams. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 51(4), 923-940.

MRC de Brome-Missisquoi. (2021). Bonification des travaux d'entretien de cours d'eau agricoles. Disponible au <https://robvq.qc.ca/24e-rdv-des-obv/>.

Natural resources conservation service (NRCS). 2007. Two-stage channel design. Chapter 10. National engineering handbook. Part 654 Stream restoration design. United States Department of agriculture (USDA). August 2007. 15 p.  
<https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=17770.wba> (page Web visitée le 27 avril 2021)

ONEMA, Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques. (12 juin 2016). Faut-il restaurer ? Pourquoi ? Pour qui ? Où, quand ? Comment ? À quel coût ? *Journée technique Veyre-Monton 12/06/2012. Réhabilitation de petits cours d'eau : les fondamentaux.*

ONEMA, Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques. (6 novembre 2015). Aménager une banquette en rivière. Pourquoi ? Comment ? Retour d'expériences et conseils pratiques. *10<sup>e</sup> forum des Techniciens Médiateurs de Rivières à Lathus.*

Ohio State University. 2021. Open channel / two-stage ditch (NRCS 582). <https://agbmps.osu.edu/bmp/open-channeltwo-stage-ditch-nrcs-582#:~:text=A%20two%2Dstage%20ditch%20is,is%20%E2%82ooded%20during%20higher%20%E2%82ows>. (page Web visitée le 27 avril 2021)

Organisme de bassin versant de la baie Missisquoi (OBVBM). (2021). Aménagement de cours d'eau inédits au Québec à Ste-Sabine, au nord de la baie Missisquoi. Disponible au <https://obvbm.org/amenagement-de-cours-deau-inedits-au-quebec-a-ste-sabine-au-nord-de-la-baie-missisquoi/>

Paradis, A., & Biron, P. M. (2017). Integrating hydrogeomorphological concepts in management approaches of lowland agricultural streams: Perspectives, problems and prospects based on case studies in Quebec. *Canadian Water Resources Journal/Revue canadienne des ressources hydriques*, 42(1), 54-69.

Powell, G. E., Ward, A. D., Mecklenburg, D. E., & Jayakaran, A. D. (2007). Two-stage channel systems: Part 1, a practical approach for sizing agricultural ditches. *Journal of Soil and Water Conservation*, 62(4), 277-286.

SOGREAH (2010). Restauration physique des milieux aquatiques et gestion des risques d'inondation sur le bassin versant de la Beze. Phase 2 : Élaboration d'une logique d'action. Édition définitive, #4160520.

UPA Montérégie (2021). Bulletin AGRO annuel - Mars 2021. Bassin versant de la rivière des Hurons. Disponible au <https://monteregie.upa.qc.ca/producteur/agroenvironnement/protection-des-bandes-riveraines/projet-par-bassin-versant-de-la-riviere-des-hurons-1>

Guide gestion des cours d'eau du Québec, AGRCQ

### **Références proposées pour la conception :**

Natural resources conservation service (NRCS). 2007. Two-stage channel design. Chapter 10. National engineering handbook. Part 654 Stream restoration design. United States Department of agriculture (USDA). August 2007. 15 p.  
<https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=17770.wba> (page Web visitée le 27 avril 2021)

Lagacé 2016, chapitre 7 « Cours d'eau à deux niveaux »

### **Rédaction :**

Félix Riopel (Rivières)

Simon Lajeunesse, biologiste (MRC Brome-Missisquoi)

Nicolas Stämpfli (Université Concordia)

François Durand, ing. et agr. (Groupe multiconseils agricole Saguenay–Lac-Saint-Jean)

Sylvio Demers (Rivières)

Louis Gabriel Pouliot (Rivières)