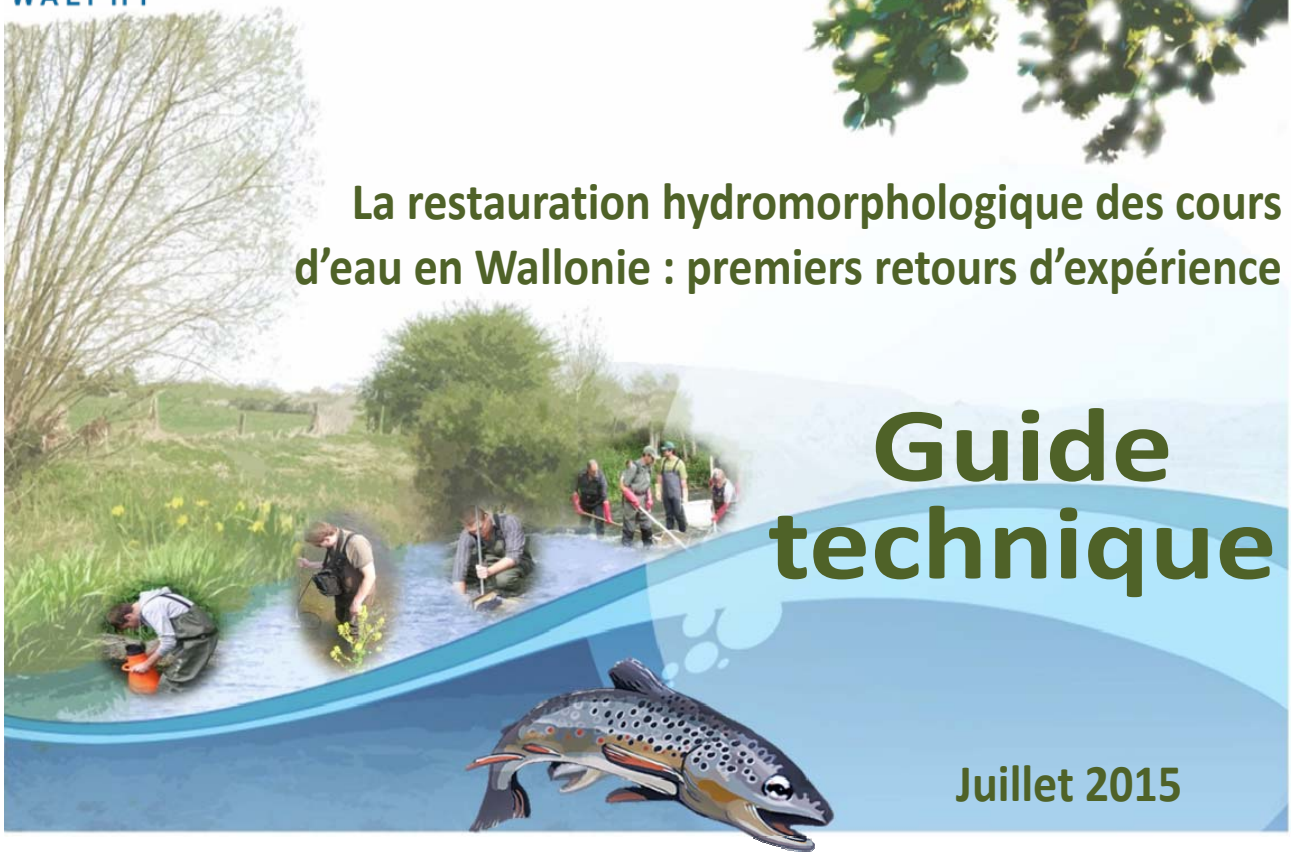
WALPHY

La restauration hydromorphologique des cours d'eau en Wallonie : premiers retours d'expérience



Guide technique

Juillet 2015

LIFE07 ENV/B/000038

LHGF

Université de Liège

URBE

UNIVERSITÉ DE NAMUR

DGO 3

SPW

Service public de Wallonie

Coordination : Alexandre Peeters [2]

Rédaction : Bernard de le Court [1]
Alexandre Peeters [2]
Gisèle Verniers [3]

Relecture : Jean-Pierre Descy [3]
Eric Hallot [2]
Patrice Orban [1]
Francis Lambot [1]
François Petit [2]

[1] Service Public de Wallonie
Direction générale opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement
Département de la Ruralité et des Cours d'eau
Direction des Cours d'Eau non navigables

Contact : bernard.delecourt@spw.wallonie.be

[2] Université de Liège
Laboratoire d'Hydrographie et de Géomorphologie Fluviatile

Contact : a.peeters@ulg.ac.be

[3] Université de Namur
Unité de Recherche en Biologie Environnementale et Evolutive

Contact : gisele.verniers@unamur.be

www.walphy.be

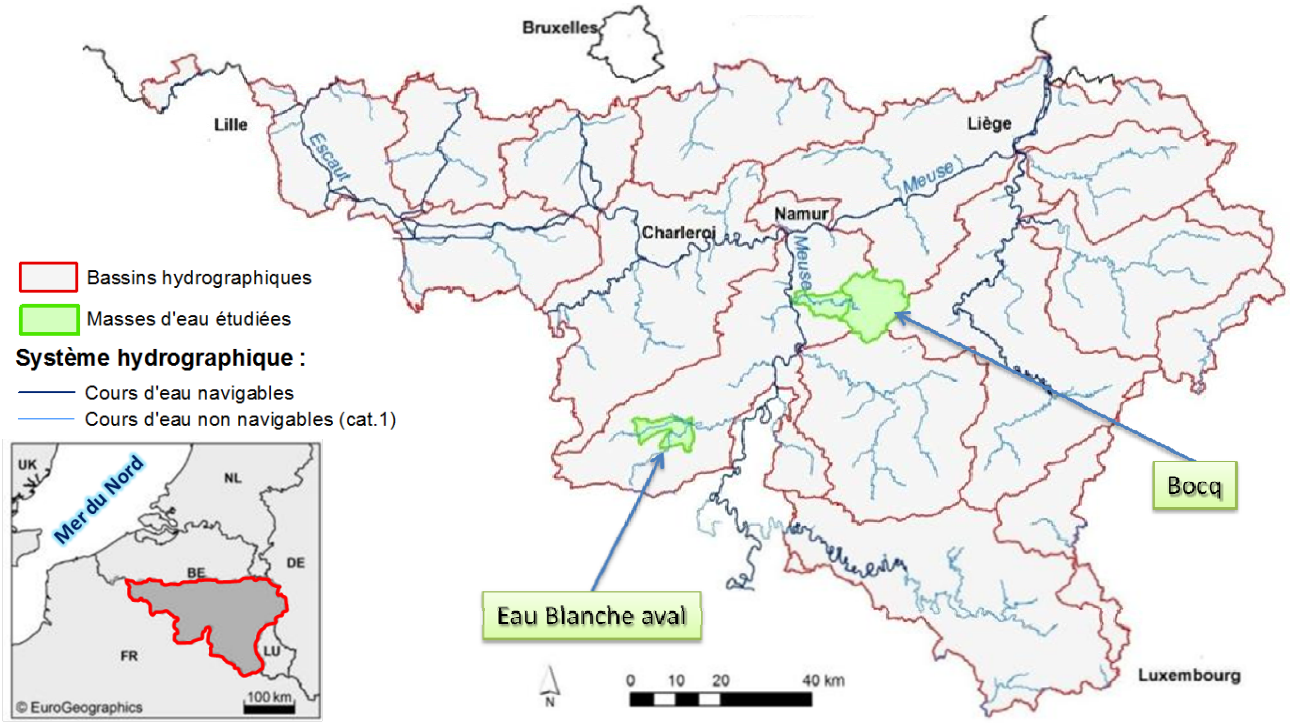
Avant-propos

Contexte

Diverses modifications engendrées par l'Homme et ses activités ont mis à mal l'intégrité des milieux aquatiques, tant au niveau physico-chimique que morphologique, ce qui influe de manière importante sur la diversité des organismes animaux et végétaux qui habitent ces milieux.
Cette situation a poussé l'Union Européenne à adopter la directive-cadre sur l'Eau (DCE 2000/60/CE), qui impose aux Etats membres d'atteindre le « bon état écologique » des masses d'eau de surface à l'horizon 2015 (European Commission, 2000). La caractérisation du « bon état écologique » repose sur une suite ordonnée de trois analyses de qualité : la qualité biologique, la qualité physico-chimique et la qualité hydromorphologique. Ce dernier point nous intéresse plus particulièrement, bien qu'il soit le dernier des trois paramètres à être analysé pour évaluer le bon état écologique. Il prend néanmoins toute son importance car la qualité biologique est sous-tendue par la qualité hydromorphologique, qui s'avère être une composante essentielle de la mise en œuvre de la DCE.
Outre la qualité de l'eau, la qualité hydromorphologique du cours d'eau peut également freiner le retour à un bon état écologique. Ainsi, les interventions anciennes susceptibles d'altérer la qualité hydromorphologique sont multiples : rectification, modification du tracé, recalibrage (voire canalisation en cunette bétonnée ou en pertuis), ouvrages transversaux, etc. Ces aménagements, mis en place jadis pour des raisons essentiellement économiques (agriculture, industrie) ou de protection de biens et de personnes (inondations, assainissement), ont eu un impact majeur sur la diversité des habitats des rivières, ainsi que sur la libre circulation des sédiments et des organismes.

Restaurer les cours d'eau de Wallonie

De nos jours, de nombreux projets de restauration de la qualité hydromorphologique voient le jour, essentiellement aux Etat-Unis et en Europe. Ces projets peuvent être classés en deux grands axes : *(I)* les projets de restauration de la continuité longitudinale du cours d'eau, qui concernent des suppressions ou des aménagements d'ouvrages transversaux, tels que des barrages ou des déversoirs ; *(II)* les projets de restauration de la continuité transversale du cours d'eau, relatifs aux aménagements de berges et à la mise en place d'espace de liberté pour le cours d'eau.
En Wallonie, des projets de restauration hydromorphologique ont commencé à voir le jour dès la fin des années nonante mais ces projets concernaient des aménagements ponctuels sur de faibles linéaires de cours d'eau. De plus, ces projets étaient rarement accompagnés d'un monitoring permettant de mesurer leurs effets positifs et négatifs à long terme.
Grâce au financement européen LIFE+, c'est en 2009 que le projet **Walphy** a permis d'entreprendre des travaux de restauration écologique innovants à l'échelle de masse d'eau entière (Bocq et Eau Blanche), ce qui n'avait encore jamais été réalisé auparavant en Wallonie.
Ce projet pilote a pour but la mise au point d'une démarche structurée de restauration des cours d'eau pour atteindre le bon état écologique requis par la DCE et ce, par l'amélioration de la qualité hydromorphologique de masses d'eau à risque du bassin hydrographique de la Meuse amont.
Par ailleurs, ce projet possède un large volet dédié aux suivis scientifiques des travaux de restauration.



Méthodologie

Objectif

Un des objectifs du projet Walphy consiste en la mise au point d'une méthodologie concrète et applicable en Wallonie permettant d'identifier les travaux de restauration à entreprendre. Cette étape répond à une nécessité légale pour les gestionnaires, en relation avec la mise en œuvre des plans de gestion par bassin hydrographique.

Choix des masses d'eau

Le choix des masses d'eau à étudier a, dans un premier temps, été dicté par les critères liés à la caractérisation de celles-ci dans le contexte de la DCE. Nous avons ainsi sélectionné les masses d'eau présentant un risque de ne pas atteindre le bon état écologique pour 2015.
Parmi cette sélection, seules les masses d'eau présentant une qualité physico-chimique au moins moyenne ont été retenues. En effet, la qualité de l'eau est un facteur limitant qui peut contraindre les bénéfices écologiques d'un projet de restauration physique.
Enfin, parmi ces dernières, nous avons choisi de travailler sur des masses d'eau dont les pressions identifiées étaient représentatives des problèmes de continuité longitudinale d'une part et des problèmes de continuité latérale d'autre part.
Ainsi, nous avons choisi les masses d'eau MM30R (Bocq aval) et MM28R (Bocq amont) car elles semblaient convenir pour réaliser des travaux de restauration concernant la dimension longitudinale, qui fait état des flux unidirectionnels le long du gradient amont-aval. Cette continuité longitudinale était particulièrement modifiée sur le Bocq par la présence de déversoirs, de vannages ou d'autres obstacles généralement compris entre 1 et 3 m de hauteur.
Enfin, la masse d'eau MM05R (Eau Blanche aval) semblait, quant à elle, convenir aux travaux de restauration concernant la dimension transversale, qui fait état des échanges entre le cours d'eau et son lit majeur. Cette continuité transversale a été particulièrement altérée sur certains tronçons de cette masse d'eau, en particulier sur l'Eau Blanche. En effet, son tracé a été profondément rectifié par le passé, ce qui a entrainé une altération des connections avec les milieux alluviaux.

Choix des sites d'intervention

Afin de déterminer les sites sur lesquels des travaux de restauration doivent être entrepris, nous avons réalisé au préalable un diagnostic des masses d'eau sélectionnées.
Pour ce faire, nous avons utilisé l'outil d'évaluation de la qualité physique Qualphy (Agence de l'Eau Rhin-Meuse & Atelier d'Ecologie Rurale et Urbaine, 1997). Cette méthode permet, après un découpage préalable en secteurs homogènes, de mettre en évidence les secteurs altérés ainsi que les compartiments les plus dégradés (lit majeur, lit mineur et berges).

Ces données sont une aide précieuse au gestionnaire de cours d'eau lorsqu'il doit définir ses actions d'intervention, les prioriser et les séquencer. Néanmoins, des paramètres complémentaires à la méthode ont été ajoutés. Ils concernent essentiellement les aspects physiques du cours d'eau (évaluation du colmatage du fond du lit, estimation de la dynamique du cours d'eau et de sa puissance spécifique).

Dans le cas des problèmes de ***continuité latérale***, l'outil Qualphy a permis d'identifier les pressions ainsi que de localiser les secteurs problématiques. Une visite de terrain sur ces secteurs problématiques a ensuite permis de déterminer les sites les plus impactés.
L'examen des cartes et plans anciens a permis d'identifier des altérations non repérables sur le terrain (berges enrochées recouvertes de végétation par exemple). La consultation des données cadastrales a également été utile car d'anciens tracés de cours d'eau aujourd'hui rectifiés se retrouvent inscrits dans le parcellaire.
Certains sites identifiés ont dû être écartés car leur restauration aurait impliqué des budgets disproportionnés pour un gain écologique potentiellement faible (exemples des sites en milieu urbain).
Enfin, le choix des sites d'études doit être priorisé de l'aval vers l'amont, tout en intégrant les petits affluents (ruisseaux frayères potentiels).

Dans le cas des problèmes de ***continuité longitudinale***, l'outil Qualphy est insuffisant et ne permet pas d'identifier à lui seul les pressions liées à la présence d'obstacles à la libre circulation des poissons et au transport naturel des sédiments. C'est pourquoi nous avons utilisé l'inventaire des obstacles physiques à la libre circulation des poissons dans le réseau hydrographique wallon (Fédération des sociétés de pêche Vesdre Amblève, 2004). Certains obstacles recensés ont dû être réévalués sur base d'avis d'expert. Une sélection des obstacles importants, majeurs et infranchissables s'est imposée, les obstacles mineurs n'étant pas prioritaires.
Les interventions sur ces obstacles s'ordonnent de l'aval (le plus prioritaire) vers l'amont (le moins prioritaire). Par ailleurs, une importance particulière est accordée au regroupement géographique des obstacles considérés, dans le but de libérer des linéaires de cours d'eau les plus longs possible.

Choix des actions d'intervention

Dans le cas des projets de restauration de la ***continuité latérale***, le choix des actions d'intervention et leur ambition est dicté en premier lieu par l'analyse des contraintes et des opportunités foncières. Elles permettent de déterminer si le projet de restauration se limite au lit mineur (diversification des facies d'écoulement par exemple) ou bien s'il peut s'étendre au lit majeur (reméandration par exemple).

Méthodologie

Ensuite, le dimensionnement des aménagements et les techniques mises en œuvre sont établis sur base des enjeux « inondation » et sur base de la puissance spécifique du cours d'eau, qui traduit sa dynamique d'érosion et donc sa mobilité.

Dans le cas des projets de restauration de la ***continuité longitudinale***, des études préliminaires ont été menées sur les obstacles étudiés, avec le concours d'experts internes et externes. Elles ont permis de déboucher sur plusieurs variantes d'aménagement, comprenant l'effacement de l'obstacle et plusieurs scénarios d'aménagement.
Ces variantes d'aménagement ont ensuite été comparées entre-elles sur base d'une analyse multicritère et des concertations avec les propriétaires.
Enfin, le choix du scénario le plus intéressant a été réalisé en concertation avec toutes les parties concernées.

Monitoring

Le projet Walphy possède un large volet dédié aux suivis scientifiques des travaux de restauration. L'objectif du monitoring est d'évaluer l'efficacité des travaux de restauration, en comparant la situation avant les travaux avec les situations après les travaux. En plus de cette analyse dans le temps (avant/après travaux), il comprend également une analyse dans l'espace, c'est-à-dire basée sur une station de contrôle (qui est comparée aux secteurs restaurés), lorsqu'elle existe.

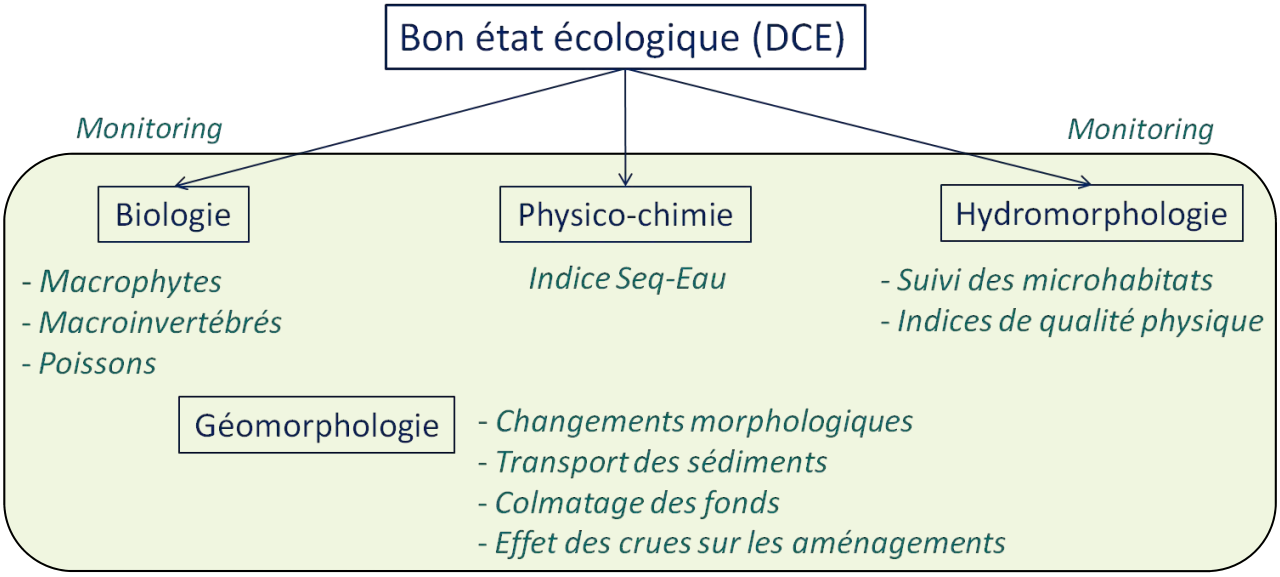
Suivi écologique

La partie écologique du monitoring se concentre sur la relation entre l'amélioration des habitats et la diversité de la flore et de la faune (macroinvertébrés et poissons).

Un suivi des microhabitats est réalisé sur base d'un relevé des vitesses de courant, des profondeurs et des substrats.
Cette cartographie sert de base aux prélèvements de macroinvertébrés, qui constituent l'élément principal de l'analyse car ce sont d'excellents indicateurs de la qualité de l'habitat.
Le suivi est complété par les pêches électriques qui permettent de mettre en évidence l'état des populations de poissons dans les cours d'eau suivis.
L'étude des macrophytes, qui sont de bons indicateurs à long terme, complètent les aspects biologiques.
Enfin, l'analyse de la qualité physico-chimique de l'eau est indispensable car elle peut constituer un frein au développement des espèces sensibles.

Suivi géomorphologique

La partie géomorphologique du monitoring a pour objectif principal de suivre les changements morphologiques des sites restaurés. Il s'agit d'analyser leur évolution, suite aux travaux de restauration, ainsi qu'en fonction des événements hydrologiques. Par exemple, dans le cas de l'arasement d'un déversoir (restauration de la continuité longitudinale), le suivi permet de mettre en évidence le rétablissement du transport naturel des sédiments et de caractériser l'évolution des facies d'écoulement qui définissent les habitats aquatiques. Dans le cas d'une reméandration (restauration de la continuité latérale), le suivi porte sur la dynamique latérale du cours d'eau (érosion des berges notamment) et ses relations avec l'évolution des facies d'écoulement.
Ce suivi concerne également l'analyse du transport des sédiments, du colmatage du fond du lit et l'effet des crues sur les aménagements.



Agence de l'Eau Rhin-Meuse & Atelier d'Ecologie Rurale et Urbaine, 1997. *Typologie des cours d'eau, Compléments et consolidation*, 27p.+ Annexes.
Fédération des sociétés de pêche Vesdre Amblève, 2004. *Inventaire des obstacles physiques à la libre circulation des poissons dans le réseau hydrographique wallon, Bassin du Bocq*, Convention Etude Fédération des Sociétés de Pêche Vesdre Amblève - Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Direction des Cours d'eau non navigables.
European Commission, 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23rd October 2000: Establishing a framework for community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities, L 327, 1-72.

Effacement et aménagement d'obstacles

1.1 Aménagement de pré-barrages sur le Bocq à Yvoir (anc. Forge Aminthe)

Caractéristiques du secteur restauré

Masse d'eau : MM30R
Cours d'eau : Bocq
Secteur restauré : Forge Aminthe (commune d'Yvoir)
Linéaire ouvert aux poissons : 16640 m
Zonation piscicole : zone à Ombre
Début des travaux : juin 2011
Fin des travaux : juillet 2012
Coût : 78 034 €

Taille du bassin versant	232 km²
Pente moyenne	5,3 ‰
Largeur moyenne	12,80 m (en secteur naturel)
Puissance spécifique	~ 100 W/m² (pour le débit à plein bord)
Débit moyen annuel	2,31 m³/s (station limnigraphique d'Yvoir, 1980 - 2008)

Contexte

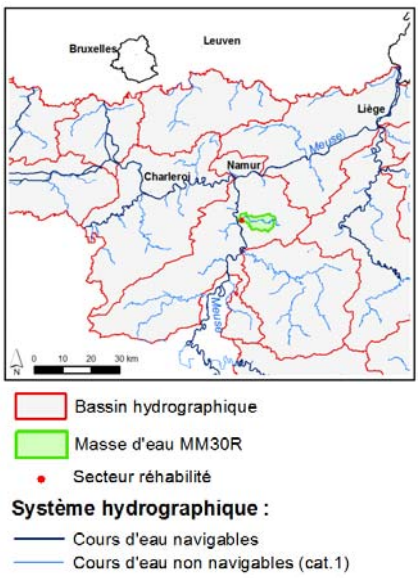
Le village d'Yvoir a connu jadis une importante activité sidérurgique, avec douze forges recensées sur la localité. Parmi elles, la forge Aminthe, dont subsistent, outre le bâtiment, un système de vannages commandant différents biefs, ainsi qu'un déversoir.
Ce déversoir, d'une **hauteur de 1,48 m**, réalisé en maçonnerie, est situé sur le cours principal du Bocq (photo 1). Il est considéré comme **obstacle majeur**, difficilement franchissable à la montaison pour toutes espèces de poissons. Les biefs secondaires sont également rendus infranchissables par la présence d'un seuil fixe (photo 2) et d'un vannage (photo 3).
L'usage hydraulique lié à ces ouvrages a disparu. L'ensemble du site a acquis un usage essentiellement paysager en lien avec plusieurs habitations et leurs jardins. Les ouvrages sont privés et le lit est public.

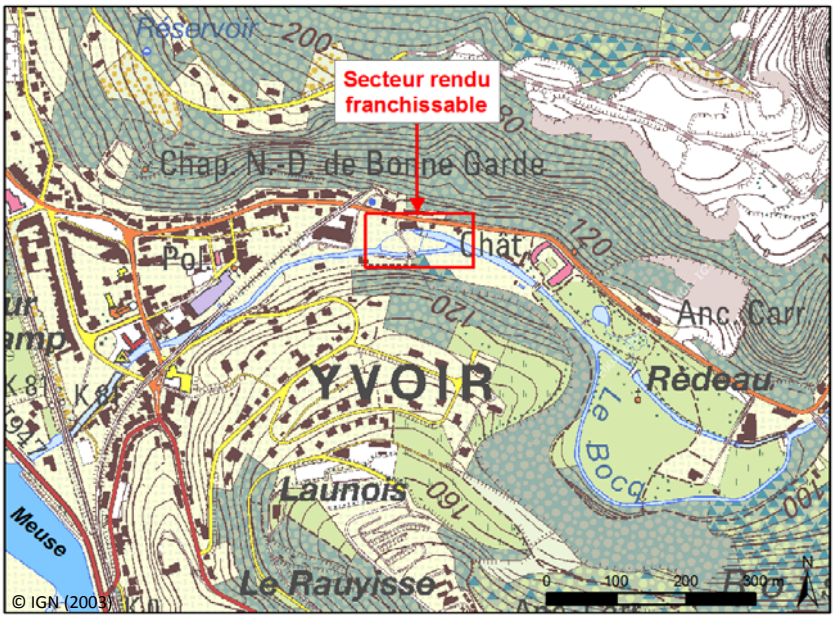
Photo 1: Déversoir de l'ancienne forge Aminthe à Yvoir (h = 1,48 m)

Photo 2: Seuil fixe du bief de l'ancienne forge

Photo 3: Vannage de by-pass du bief de l'ancienne forge

Localisation





Fiche actualisée le 31/12/2013

Aménagement de pré-barrages sur le Bocq à Yvoir (anc. Forge Aminthe)

Objectifs

Les travaux ont pour objectif la restauration de la franchissabilité de l'obstacle à la montaison et à la dévalaison pour toutes les espèces caractéristiques du cours d'eau (salmonidés, anguille et cyprins rhéophiles). Le dispositif doit être franchissable 11 mois par an, sa plage de fonctionnement s'étendant de l'étiage moyen (Q_{355} = 1,0 m³/s) jusqu'à un débit égal au double du débit moyen annuel (soit 4,6 m³/s).

Conception et design

Choix du dispositif

Le choix d'un dispositif en pré-barrages s'est imposé assez rapidement au vu des contraintes : impossibilité de supprimer les ouvrages privés et absence d'espace disponible pour installer un bras de contournement. Il restait la solution d'un aménagement dans le lit du cours d'eau en aval de l'obstacle afin de décomposer la chute de 1,48 m en petites chutes franchissables (figure 1 et photo 4).

Photo 4: Dispositif en pré-barrages (vue vers l'amont)

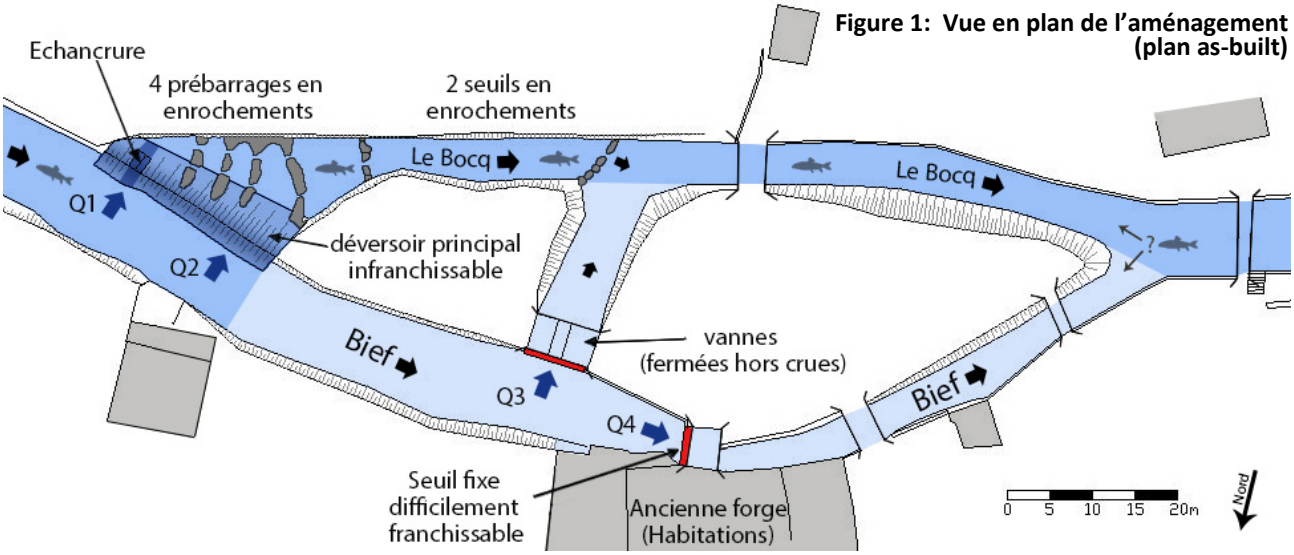


Figure 1: Vue en plan de l'aménagement (plan as-built)

Partage des débits

Les débits se répartissent en quatre composantes (figure1) :

- Q1= par une échancrure réalisée dans le déversoir amont (l'alimentation principale du dispositif) ;
- Q2= par surverse sur le déversoir amont, (alimentation secondaire du dispositif) ;
- Q3 = infiltrations sous les vannes du by-pass du bief (50 à 100 l/s) ou via vannes ouvertes en crue ;
- Q4 = passage sur le seuil de l'ancienne forge.

Une répartition correcte des débits entre les divers bras est essentielle pour un bon fonctionnement du dispositif. En effet, trop peu de débit dans la branche franchissable la rendrait non attractive alors que trop de débit dans celle-ci augmenterait exagérément la turbulence au niveau des bassins dont le volume est limité vu l'espace disponible.

Le débit de base dans le dispositif passant par l'échancrure Q1 est fixé à 440 l/s, ce qui correspond à 44 % du débit du Bocq en période d'étiage modéré. Pour la plage de fonctionnement comprise entre 1 et 4,6 m³/s), le dispositif aménagé reçoit un débit compris entre 50 et 70 % du débit total (figure 2).

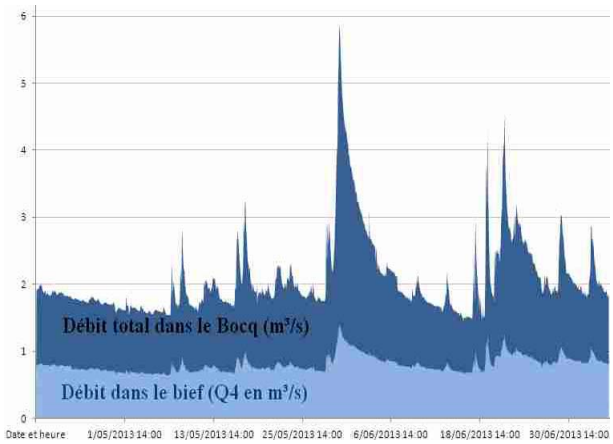


Figure 2: Comparaison des débits mesurés en sortie du bief par rapport au débit total dans le Bocq

Aménagement de pré-barrages sur le Bocq à Yvoir (anc. Forge Aminthe)

Dimensionnement

Le dispositif en pré-barrages est réalisé au moyen d'enrochements liaisonnés au béton (photo 5). Il est dimensionné sur le même principe qu'une passe à bassins technique. Cependant, du fait de travailler avec des matériaux bruts et irréguliers (enrochements), les calculs de dimensionnement doivent prévoir une marge de sécurité pour faire face aux imprécisions liées aux travaux de réalisation où une tolérance de +/- 3 cm est acceptée en altitude. Le dénivelé amont/aval de 1,48 m est décomposé en 7 chutes de 21 cm (figure 3). Les cloisons entre bassins sont munies d'échancrures profondes (charge de minimum 50 cm) pour garder un ennoyage partiel du jet et permettre aux poissons moins bons nageurs de franchir la chute. Les formes et dimensions des échancrures varient selon la position dans l'ouvrage. Les échancrures sont doubles au niveau des 4 pré-barrages.

Photo 5: Construction des pré-barrages au moyen d'enrochements liaisonnés au béton

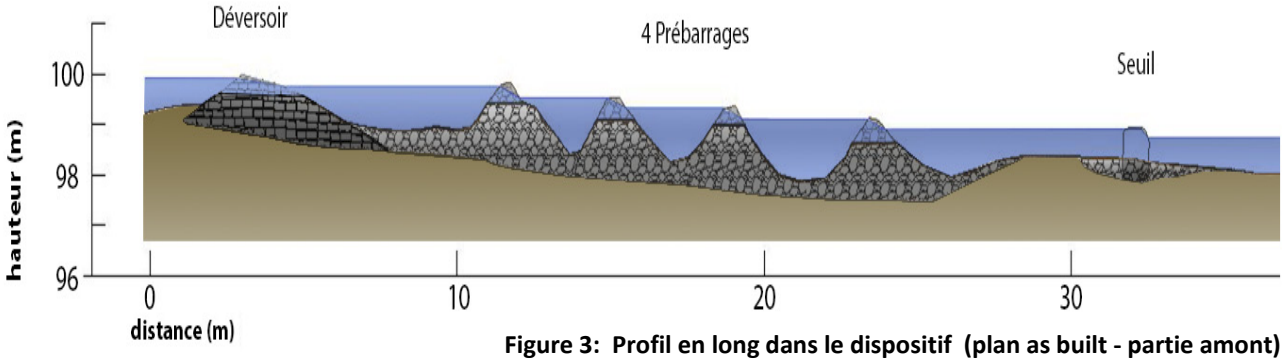


Figure 3: Profil en long dans le dispositif (plan as built - partie amont)

Echancrure du déversoir

L'échancrure dans le déversoir amont a été difficile à dimensionner. Deux essais ont été nécessaires pour y faire passer le débit convenu (Q1= 440 l/s). En effet, s'agissant d'un déversoir latéral avec une crête très épaisse (3 m), le coefficient de débit du déversoir a dû être réduit de 35 % par rapport aux valeurs théoriques pour ce type de situation (photo 6).

Photo 6: Large échancrure dans le déversoir

Seuils en enrochements

Les deux seuils situés en aval des pré-barrages sont réalisés au moyen d'enrochements à faces parallèles posés jointivement et munis d'une seule échancrure en fente verticale de 70 cm de largeur (photo 7). Entre ces deux seuils, des dalles ont été disposées de manière à constituer des caches à poissons (photo 8).

Photo 7: Seuil aval (vue vers l'amont)

Photo 8: Dalles offrant des caches pour poissons dans le secteur aval du dispositif (vue vers l'aval)

Monitoring

Matériel et méthode

Un suivi par **radio-télémétrie** a été confié à la société Profish-Technology, en vue d'évaluer la franchissabilité de l'ouvrage aménagé et de détecter des éventuels retards à la migration.
23 poissons (14 truites fario, 5 ombres communs et 4 chevesnes) ont été capturés par pêche électrique sur des secteurs situés en amont (truites et ombres) ou en aval (chevesnes) et munis d'un émetteur inséré chirurgicalement (photo 9). Les poissons avaient un poids supérieur à 250 g.

Photo 9: Ombre (Thymallus thymallus) muni de son émetteur radio dont on voit l'antenne extérieure sortir par le flanc

Les signaux émis chaque 1,5 sec. par les poissons sont captés au niveau de **7 antennes réceptrices fixes** (photo 10), placées en subaquatique (A1 à A6) ou en aérien (A7) dans des points stratégiques du dispositif (figure 4). Le champ de réception des antennes subaquatiques est de 3 à 3,5 m. En réalité, seules les antennes 1 à 3 se trouvent sur le site de la Forge Aminthe, tandis que les antennes 4 à 7 sont placées sur un secteur amont pour le contrôle du dispositif installé sur un autre obstacle (rivière de contournement dans le parc Dapsens).
L'ensemble des données enregistrées permettent de retracer le parcours de chacun des poissons au sein du secteur aménagé pendant les 4 mois de suivi (du 7 mars au 7 juillet 2013).

Photo 10: Placement de l'antenne 2 dans le bief, au pied d'un obstacle difficilement franchissable

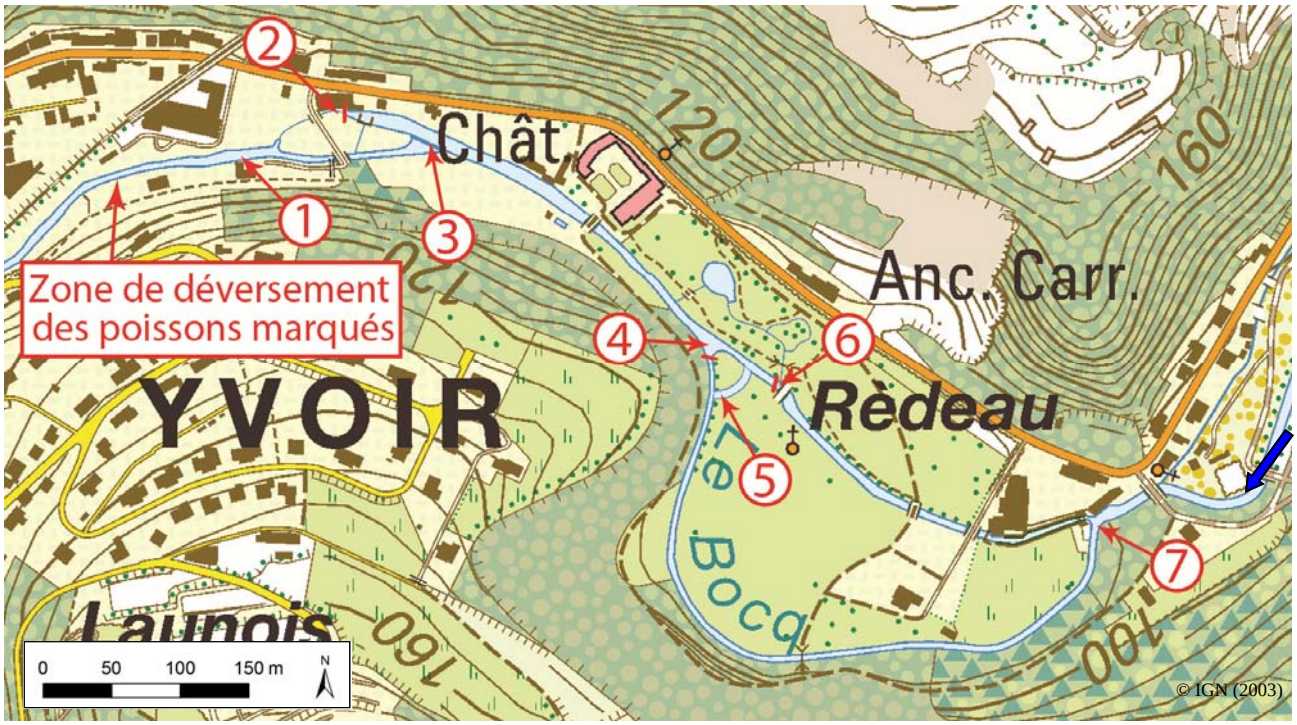


Figure 4: Localisation des antennes réceptrices (check-point) pour le contrôle des déplacements des poissons marqués

Aménagement de pré-barrages sur le Bocq à Yvoir (anc. Forge Aminthe)

Résultats et interprétation

L'efficacité de l'aménagement Forge Aminthe se traduit par la capacité qu'ont les poissons de passer aisément de l'antenne 1 à l'antenne 3.
De cette étude, il ressort que l'aménagement est fonctionnel et est utilisé parfois un grand nombre de fois en montaison et en dévalaison par 100 % des poissons ayant tenté de l'utiliser, soit 14 individus. Parmi ceux-ci, un individu a même franchi le seuil fixe du bief de la Forge Aminthe.
Les 9 individus restants ont, pour différentes raisons liées notamment aux lieux de capture et à la période de suivi, eu tendance à dévaler et n'ont pas pu ou n'ont pas cherché à franchir l'obstacle.
Ce résultat positif doit cependant être nuancé par la prise en compte de retard pris pour franchir le dispositif pour de nombreux individus.

Temps de séjour dans le dispositif de franchissement

La plupart des poissons s'étant engagés dans le bras migratoire parviennent à franchir les pré-barrages rapidement (parfois en quelques minutes seulement). Certains individus restent plusieurs jours peu mobiles entre les antennes 1 et 3, avant de franchir complètement les pré-barrages. Plusieurs individus y trouvent probablement un habitat intéressant et y séjournent après l'avoir franchi plusieurs fois en montaison et dévalaison. Plusieurs poissons ont d'ailleurs été détectés par antenne mobile dans les caches à poissons aménagées (photo 8).

Attractivité du dispositif

Malgré une répartition des débits en faveur du lit principal du Bocq, une proportion importante des poissons marqués s'est engagée dans le bief par l'aval (photo 11). Le bief présente peu d'habitats intéressants et il s'agit d'un obstacle majeur à la montaison. La plupart des poissons n'y a séjourné que quelques heures à 2 jours. Cependant, 2 poissons ont mis plus d'une semaine pour en sortir et franchir ensuite l'obstacle via les pré-barrages. On considère qu'un retard à la migration doit être considéré actuellement. Pour y remédier, il est prévu un petit aménagement pour rediriger les lignes de courant vers le dispositif franchissable.

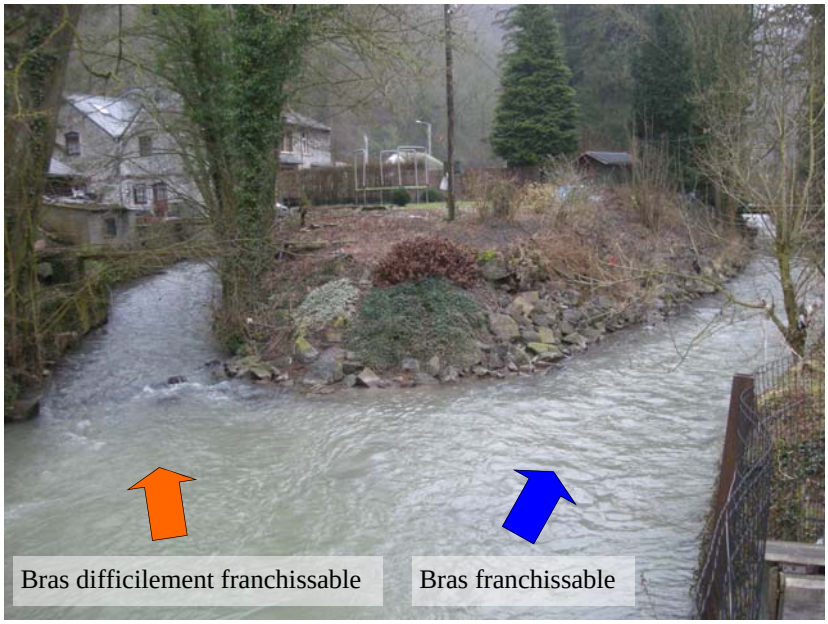


Photo 11: Confluence entre la sortie du bief (à gauche sur la photo) et le lit principal du Bocq (à droite)

Contacts

bernard.delecourt@spw.wallonie.be
a.peeters@ulg.ac.be
gisele.verniers@unamur.be

www.walphy.be

Projet co-financé par l'Union Européenne
LIFE07 ENV/B/00038

Les techniques utilisées ont été développées pour s'adapter aux contraintes particulières des sites décrits et pourraient ne pas s'appliquer sur d'autres sites

Effacement et aménagement d'obstacles

1.2 Arasement du déversoir (h : 1,2 m) de Spontin sur le Bocq

Caractéristiques du secteur restauré

Masse d'eau : MM30R
Cours d'eau : Bocq
Secteur restauré : Spontin (commune d'Yvoir)
Longueur : 200 m
Linéaire ouvert aux poissons : 1159 m
Zonation piscicole : zone à Ombre
Début des travaux : décembre 2010
Fin des travaux : mai 2011
Coût : 79 170 € (hors acquisition de terrain)

Taille du bassin versant	164 km²
Pente moyenne	5,2 ‰
Largeur moyenne	10,20 m
Puissance spécifique	93 W/m² (pour le débit à plein bord)
Débit moyen annuel	1,80 m³/s (calculé depuis la station limnigraphique d'Yvoir, 1980 - 2008)

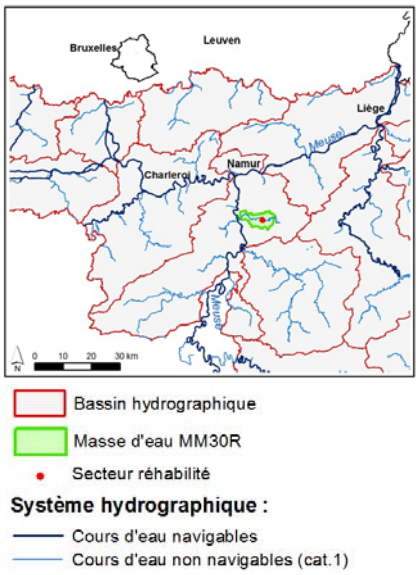
Contexte

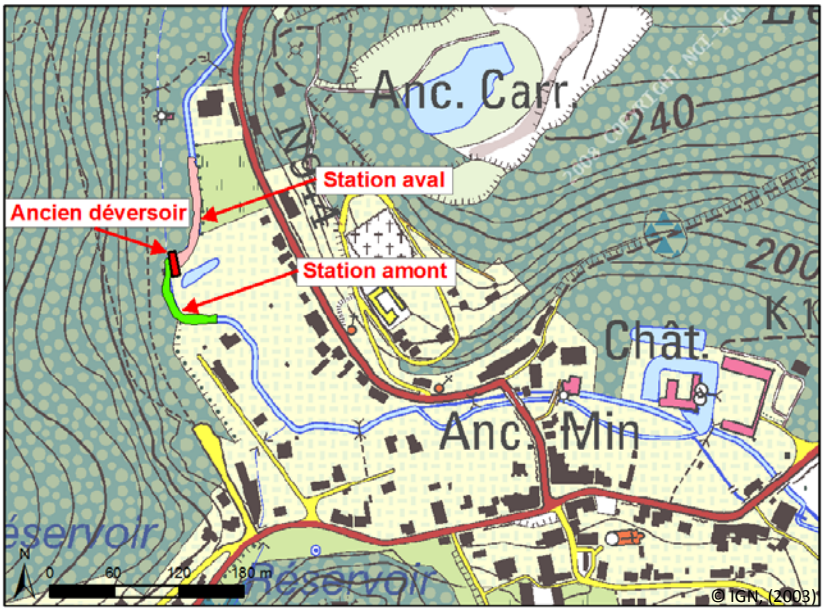
A la sortie du village de Spontin, un ancien déversoir en pierres de taille permettait jadis d'alimenter un bief sur lequel un bélier hydraulique approvisionnait le haut du village en eau potable.
L'ouvrage, d'une **hauteur de 1,20 m**, était considéré comme important, très difficilement franchissable à la montaison pour toutes espèces de poissons (photo 1). De plus, il constituait un obstacle au transport des sédiments de la charge de fond. Enfin, la zone amont, longue de 200 m, était caractérisée par des faciès d'écoulement peu diversifiés et lentiques (photo 2).
L'usage hydraulique lié à cet ouvrage ayant disparu, son effacement a été envisagé par le SPW-DCENN, gestionnaire du cours d'eau.

Photo 1: Déversoir à la sortie du village de Spontin

Photo 2: Secteur amont du déversoir avant arasement (vue vers l'aval, août 2009)

Localisation





Fiche actualisée le 31/12/2013

Arasement du déversoir (h : 1,2 m) de Spontin sur le Bocq

Objectifs

Les travaux visent un effacement complet de l'ouvrage pour améliorer la continuité longitudinale. De plus, une attention particulière est accordée à la bonne intégration paysagère des aménagements et à la stabilisation des ouvrages en place.

Enjeux et concertations

Entouré de jardins et d'habitations, le Bocq à Spontin joue un rôle social et paysager. Dès lors, des concertations ont été menées pendant 2 ans, faisant apparaitre les enjeux suivants :
- les riverains sont attachés à la cascade ;
- l'arasement du barrage pourrait avoir un impact positif en abaissant la ligne d'eau en amont, ce qui réduirait le risque d'inondation pour 2 habitations et le danger de noyade dans la profonde retenue ;
- le mur de berge gauche protégeant une conduite d'eau potable doit être stabilisé et protégé de l'érosion ;
- l'étang situé en amont du barrage peut être racheté et aménagé en mare.

Photo 3: Démolition de l'ouvrage

Design et réalisation

Démolition du barrage

Les travaux de démolition du barrage sont simples à concevoir et à réaliser. L'espace disponible en rive droite a permis la mise en place d'une dérivation provisoire du cours d'eau de manière à travailler dans le lit à sec (photo 4).
L'ouvrage a été rapidement démantelé, moellon après moellon, par martèlement à la pelle mécanique (photo 3).

Photo 4: Mise à sec du lit et dérivation provisoire du Bocq

Photo 5: Lit retaluté et enrochements protégeant la berge gauche

Gestion des sédiments

Une importante accumulation de sédiments grossiers (blocs et galets) se trouvait bloquée à l'amont du déversoir (photo 4). Dans la mesure où ces sédiments n'étaient pas pollués, il devenait intéressant de les conserver en vue de leur mobilisation ultérieure. Cependant, une partie de ces sédiments a dû être évacuée pour pouvoir circuler sur le fond du lit avec des engins de chantier et accéder au mur de berge à stabiliser en rive gauche (photo 5).
La crue décennale du 7 janvier 2011, qui a fait directement suite au chantier, a effectivement mobilisé une partie de ces sédiments (cf. les suivis après travaux).

Arasement du déversoir (h : 1,2 m) de Spontin sur le Bocq

Profil longitudinal

Sachant que la pente moyenne du secteur est de 5,2 ‰ et que la zone d'influence du déversoir s'étend sur 200 m en amont, le profil longitudinal a été recalé comme suit :

- le déversoir a été complètement arasé jusqu'à 30 cm sous le plafond du cours d'eau ;
- sur les 40 premiers mètres en amont de l'ancien déversoir, la pente a été fixée à 8 ‰. Cette forte pente permet de rattraper une partie de la dénivellation perdue par l'arasement, ce qui réduit les travaux de stabilisation de berge à l'amont, où le site est inaccessible. De plus, ces facies d'écoulement lotiques permettent d'obtenir un bruit proche de celui de l'ancienne chute d'eau, comme les riverains le souhaitaient ;
- deux seuils de fonds viennent caler le profil en long pour éviter une érosion régressive. L'un se trouve à l'emplacement de l'ancien déversoir (photo 6) et l'autre 40 m en amont.

Photo 6: Seuil de fond en enrochements au droit de l'ancien barrage

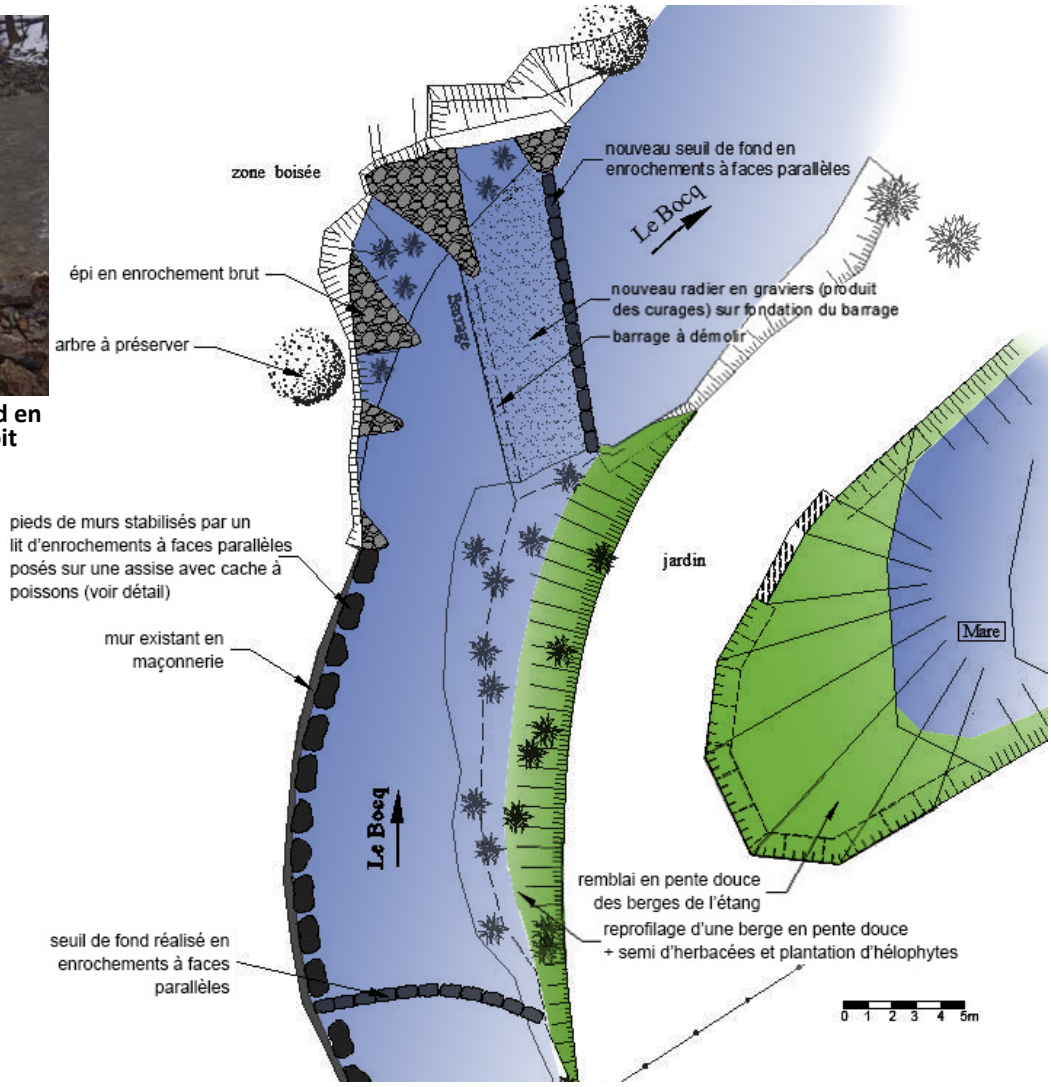


Figure 1: Vue en plan des aménagements à proximité de l'ancien déversoir

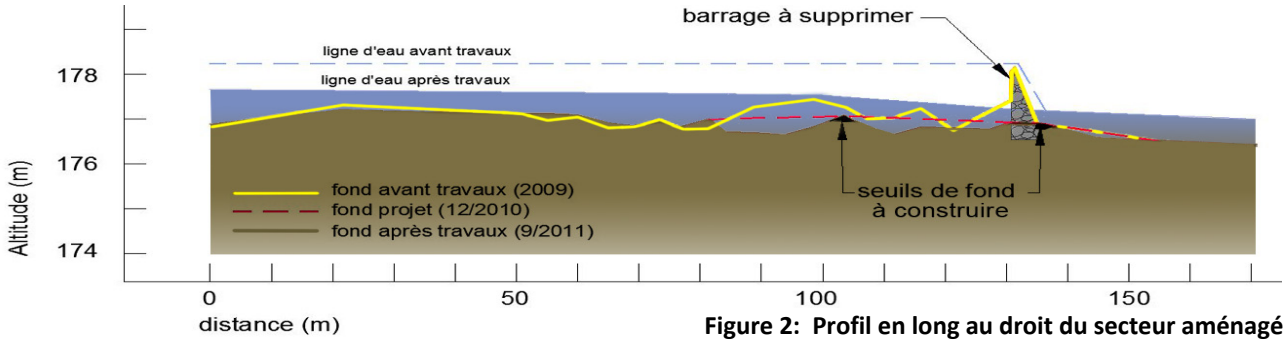


Figure 2: Profil en long au droit du secteur aménagé

Arasement du déversoir (h : 1,2 m) de Spontin sur le Bocq

Stabilisation des berges

L'abaissement de la ligne d'eau conséquent à l'effacement du barrage présentait un risque de déstabiliser les berges en place. Par conséquent, différents aménagements ont été réalisés :

- le secteur de 60 m situé directement à l'amont de l'ancien déversoir a nécessité une attention particulière. En effet, comme le nouveau lit se trouvait plus bas que les fondations du mur de berge gauche protégeant la conduite d'eau, un nouveau pied de mur a dû être érigé devant le mur existant. Ce pied est constitué de gros enrochements à faces parallèles posés sur un lit de moellons récupérés du démontage du barrage (photo 7 et figure 3). Des espaces vides ont été laissés entre les moellons pour constituer des zones de refuges pour les poissons (photos 8 et 9) ;
- le reste des berges de ce secteur exposé a été stabilisé par des épis en enrochements associés à des plantations d'hélophytes (photo 10) ;
- sur le secteur situé au-delà du secteur problématique (plus de 60 m en amont de l'ancien déversoir), aucune mesure particulière n'a été prise car l'effet y était moins marqué. Seuls quelques grands arbres ont été recépés et des saules ont été plantés.

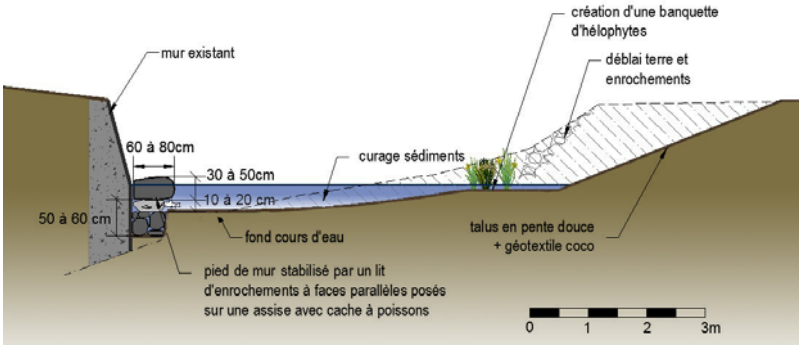


Figure 3: Profil en travers type des aménagements réalisés dans le secteur situé directement en amont de l'ancien déversoir

Photo 7: Berge droite retalutée et épis en enrochements au pied de la berge gauche. Mur de berge gauche à l'arrière plan (vue vers l'amont, 2 mois après les travaux)

Photo 8: Caches à poissons au pied du mur de la berge gauche

Photo 9: Mur de berge gauche et plantation d'hélophytes au pied de la berge droite (vue vers l'aval, 10 mois après les travaux)

Photo 10: Plantation d'hélophytes au pied de la berge droite

Arasement du déversoir (h : 1,2 m) de Spontin sur le Bocq

Monitoring

Suivis hydromorphologiques et écologiques

Deux secteurs de 100 m de long, situés de part et d'autre de l'obstacle, ont fait l'objet d'un état initial avant les travaux de réhabilitation au niveau des habitats aquatiques (en 2009), des invertébrés (en 2009) et des poissons (en 2010). Un premier suivi après travaux de réhabilitation a eu lieu en 2012 selon le même protocole.

Au niveau de l'hydromorphologie, il en ressort que l'arasement a contribué à diversifier les habitats aquatiques sur la station amont, qui possède maintenant un caractère plus lotique qu'auparavant (figure 4).

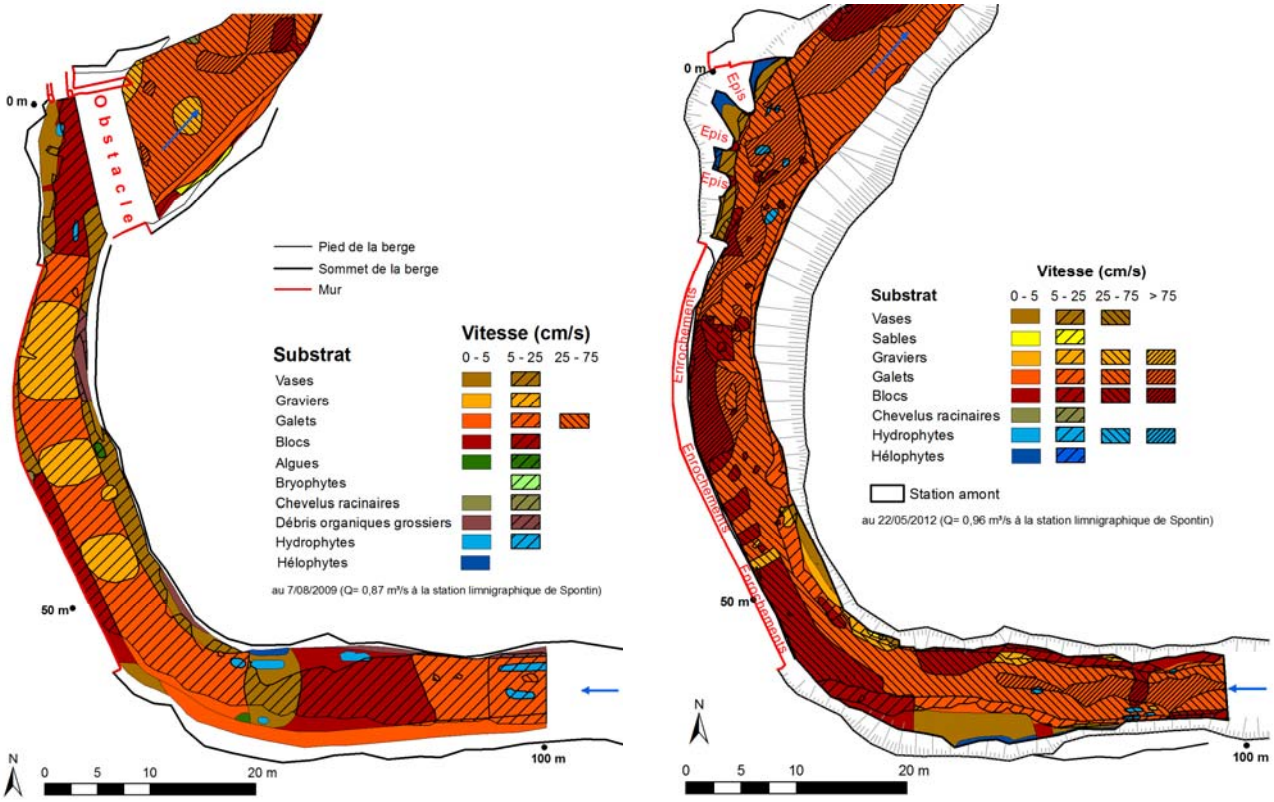


Figure 4: Microhabitats relevés sur la station amont avant (à gauche) et après (à droite) l'arasement du déversoir

Au niveau écologique, l'arasement du déversoir de Spontin a donné des résultats très marqués, en grande partie prévisibles grâce à la création d'habitats plus biogènes.

En effet, les peuplements d'invertébrés et de poissons limnophiles installés en amont du barrage ont laissé la place à des peuplements plus rhéophiles et plus typiques d'une zone salmonicole. Même si la diversité d'invertébrés a diminué après travaux (de 40 à 33 taxons), les différents indices ont bien augmenté grâce à la présence de taxons plus sensibles (GFI passant de 5 à 7). Ainsi, suite aux travaux, l'indice IBGN a augmenté de 15 à 16 et l'indice morphodynamique de 15 à 18.

Photo 11: Cartographie des microhabitats

La biomasse piscicole a nettement progressé de 38 à 97 kg/ha et l'IBIP de 19 à 24. La multiplication des truites fario (de 1 à 33 individus) et l'apparition de l'ombre commun sont des résultats très significatifs qui sont encore provisoires puisque le suivi a été réalisé seulement 16 mois après les travaux.

Photo 12: Echantillonnage des macroinvertébrés

Photo 13: Pêche électrique (juin 2012)

Arasement du déversoir (h : 1,2 m) de Spontin sur le Bocq

Suivi du transport des sédiments

De manière à mettre en évidence les changements morphologiques que l'effacement du déversoir a entrainés, nous avons réalisé des relevés topographiques avant (en 2009) et après les travaux d'arasement (en 2011 et 2012). Ces deux derniers ont chacun fait suite à une crue importante, entrainant une mobilisation des sédiments de la charge de fond. Ces relevés ont été réalisés sur une distance de 100 m en aval de l'ancien déversoir, pour pouvoir quantifier la vague sédimentaire des éléments piégés par le déversoir, et 140 m en amont de l'ancien déversoir, pour vérifier la présence d'une éventuelle érosion régressive. Les profils en travers ont été relevés tous les 5 m.

La comparaison des profils en travers du secteur amont montre que les sédiments grossiers piégés à l'amont de l'ancien déversoir ont été partiellement remobilisés, bien qu'une partie avait été évacuée durant les travaux. La comparaison des relevés avant et après travaux ne montre pas de vague d'érosion régressive, ce qui prouve que les deux seuils de fond jouent leur rôle de manière efficace.

L'analyse du secteur aval montre un bilan tendant vers une aggradation du fond du lit, suite à la propagation de la vague sédimentaire entraînée par la crue décennale du 7 janvier 2011 (figure 5). Cette aggradation est de l'ordre de 20-30 cm (petits « plus » verts sur la carte) et atteint localement 30-50 cm (grands « plus » verts). A titre d'exemple, le profil en travers 25 m montre la formation d'un dépôt de convexité en rive gauche, accompagné d'une érosion de la berge droite, concave. Le recul de cette berge est de l'ordre de 40 cm.

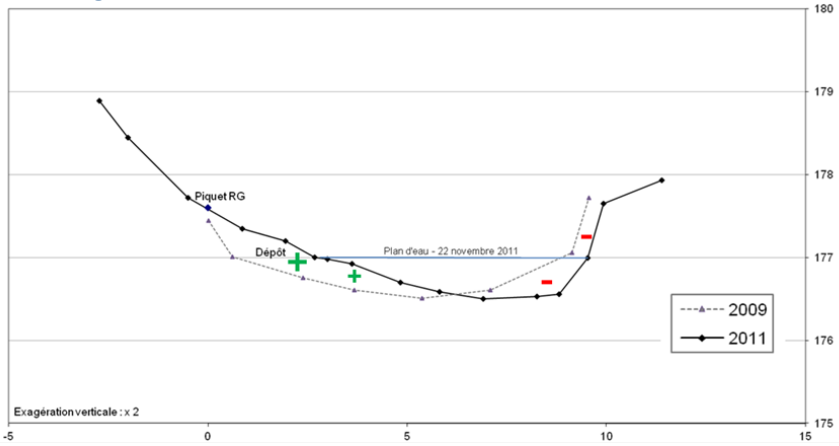


Figure 6: Zones d'érosion et d'aggradation au droit du profil en travers situé 25 m en aval de l'ancien déversoir

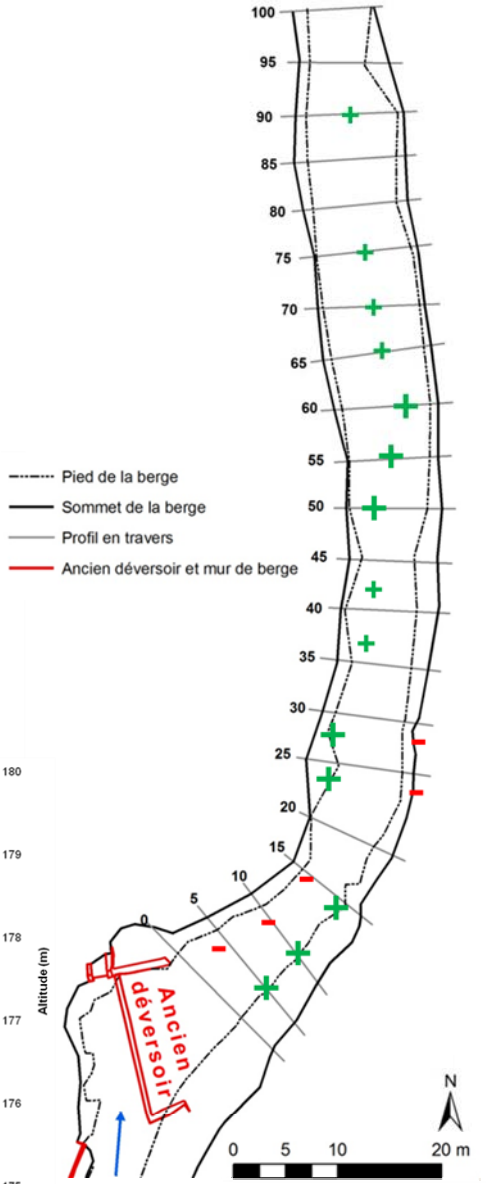


Figure 5: Zones d'érosion et d'aggradation du fond du lit sur le secteur situé en aval de l'ancien déversoir

La vague sédimentaire qui a fait suite au démantèlement du déversoir a aussi été mise en évidence par marquage des sédiments. Ainsi, 50 galets peints et équipés de Pit Tag avaient été disposés à l'amont du déversoir. Après l'arasement et la crue décennale du 7 janvier 2011, ils ont été retrouvés jusqu'à 60 m en aval, ce qui confirme le rétablissement du transport naturel des sédiments de la charge de fond.

Contacts

bernard.delecourt@spw.wallonie.be
a.peeters@ulg.ac.be
gisele.verniers@unamur.be

www.walphy.be

Projet co-financé par l'Union Européenne
LIFE07 ENV/B/00038

Les techniques utilisées ont été développées pour s'adapter aux contraintes particulières des sites décrits et pourraient ne pas s'appliquer sur d'autres sites

Effacement et aménagement d'obstacles

1.3 Réhabilitation en step/pool d'un secteur canalisé du Bocq à Spontin

Caractéristiques du secteur restauré

Masse d'eau : MM30R
Cours d'eau : Bocq
Secteur restauré : traversée de la zone des captages de Vivaqua à Spontin (commune d'Yvoir)
Longueur : 600 m
Linéaire ouvert au poissons : 28950 m
Zonation piscicole : zone à Ombre
Début des travaux : novembre 2011
Fin des travaux : octobre 2012
Coût : 317 000 €

Taille du bassin versant	163 km²
Pente moyenne	6 ‰
Largeur moyenne	8,60 m
Puissance spécifique	~250 W/m² (pour le débit à plein bord)
Débit moyen annuel	1,80 m³/s (calculé depuis la station limnigraphique d'Yvoir, 1980 - 2008)

Contexte

Au cours des années soixante à septante, un secteur long de 600 m avait été déplacé et canalisé afin d'éviter toute contamination des captages souterrains d'eau potable par débordement du Bocq. Le lit du cours d'eau se retrouvait ainsi artificialisé (cunette bétonnée et en maçonnerie ; photos 1 et 2). Par conséquent, la qualité écologique avait été considérablement appauvrie, suite à la perte d'habitats aquatiques et à la rupture de la continuité longitudinale (obstacle majeur lié aux importantes vitesses de courant et aux faibles profondeurs d'eau).

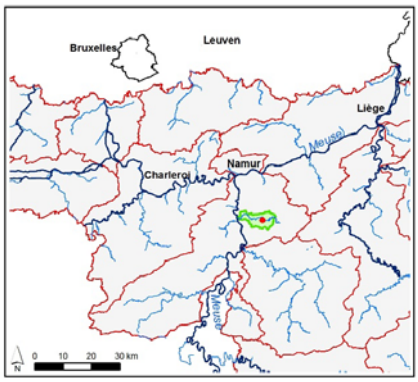
Photo 1: Secteur amont avant travaux de réhabilitation

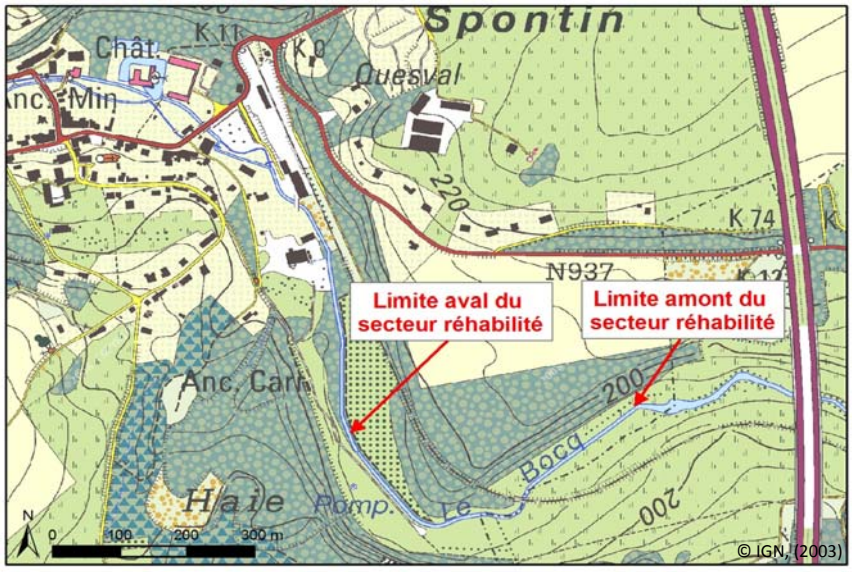
Photo 2: Secteur aval avant travaux de réhabilitation

Objectifs

Les objectifs du projet sont de rendre le secteur franchissable pour les poissons (truites, ombres et cyprins d'accompagnement) et de diversifier les habitats aquatiques, tout en intégrant la contrainte du risque d'inondation des captages.

Localisation





Fiche actualisée le 31/12/2013

Design et réalisation

Profil longitudinal en step/pool

Le principe de base consiste à ériger des petits seuils en enrochements à intervalles réguliers (un seuil tous les 15 cm de dénivelé) dans le but de créer un système en escaliers (*step/pool*) facilement franchissable (figure 1, profil en long). 23 seuils ont été réalisés, permettant de rehausser la lame d'eau de 35 cm en moyenne.

Figure 1: Profil en long

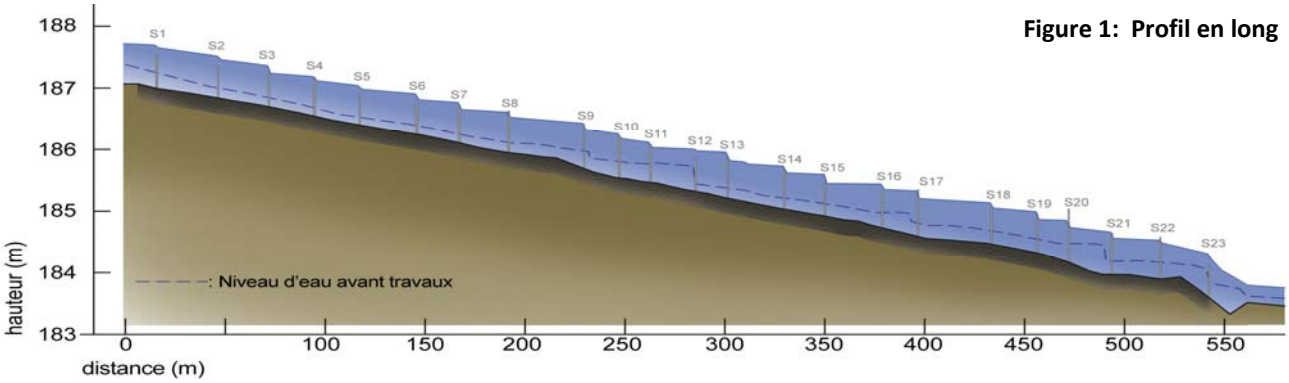


Photo 3: Seuil avec échancrure sur secteur amont (vue vers l'amont)

Construction des seuils

Les seuils ont été dimensionnés selon le meilleur compromis entre les critères de franchissabilité des poissons visés (v < 1,7m/s) et l'optimisation de la capacité de débit de plein bord. Ils sont pourvus d'échancrures avec des hauteurs déversantes à 20 cm, 40 cm et 50 cm (photos 3 et figure 2). Leur positionnement en oblique avec un angle à 45° par rapport à l'axe du cours d'eau augmente la capacité hydraulique, diversifie les écoulements et améliore la franchissabilité.

Les matériaux utilisés sont des blocs d'enrochements calcaires à faces plus ou moins parallèles, triés pour correspondre aux différentes hauteurs demandées et posés sur le radier en béton.

Etant donné l'importante puissance spécifique qui caractérise ce secteur (~250 W/m²), les enrochements sont retenus par un dispositif de cornières en acier ancrées dans le fond (photo 4).

En aval immédiat des seuils, des moellons ou des blocs ont été fixés pour freiner les vitesses et créer des zones de repos pour la montaison des poissons aux moins bonnes capacités de nage (photo 5).

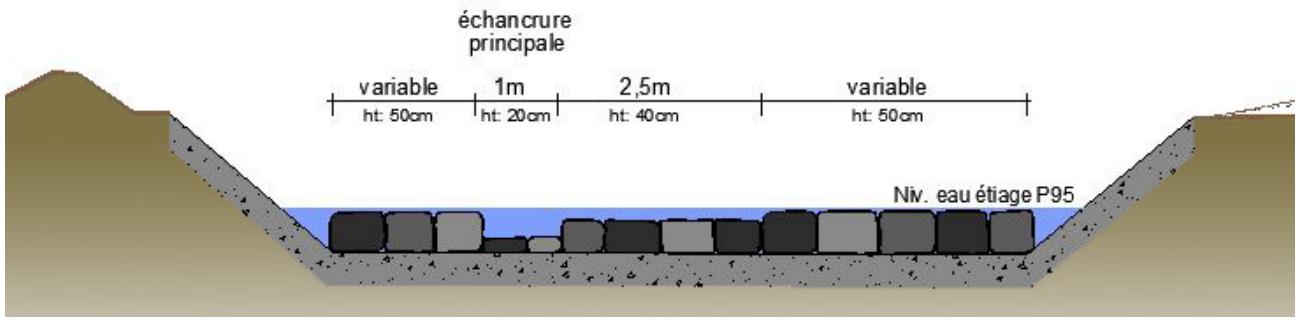


Figure 2: Profil type en travers d'un seuil du secteur aval

Photo 4: Détail des cornières en acier

Photo 5: Blocs disposés à l'aval de l'échancrure du seuil (vue vers l'amont)

Habitats aquatiques

Divers habitats aquatiques ont été réalisés (figure 3):

- des risbermes en enrochements de dimensions variables au moyen de blocs de 15 à 45 cm de diamètre posés sur le fond et partiellement retenus par des cornières. Ce sont des zones sur lesquelles la végétation aquatique peut se fixer et dans lesquelles les poissons de petite taille trouvent refuge (photo 6) ;
- des frayères reconstituées au moyen de galets roulés (diamètre : 16-32 mm) posés sur une épaisseur de 20 à 50 cm (photo 7) ;
- des blocs d'enrochement épars ;
- des caches à poissons réalisées au moyen de dalles fixées sur des moellons de pierres (photo 8).

Photo 6: Risberme avec renoncule flottante (vue vers l'aval)

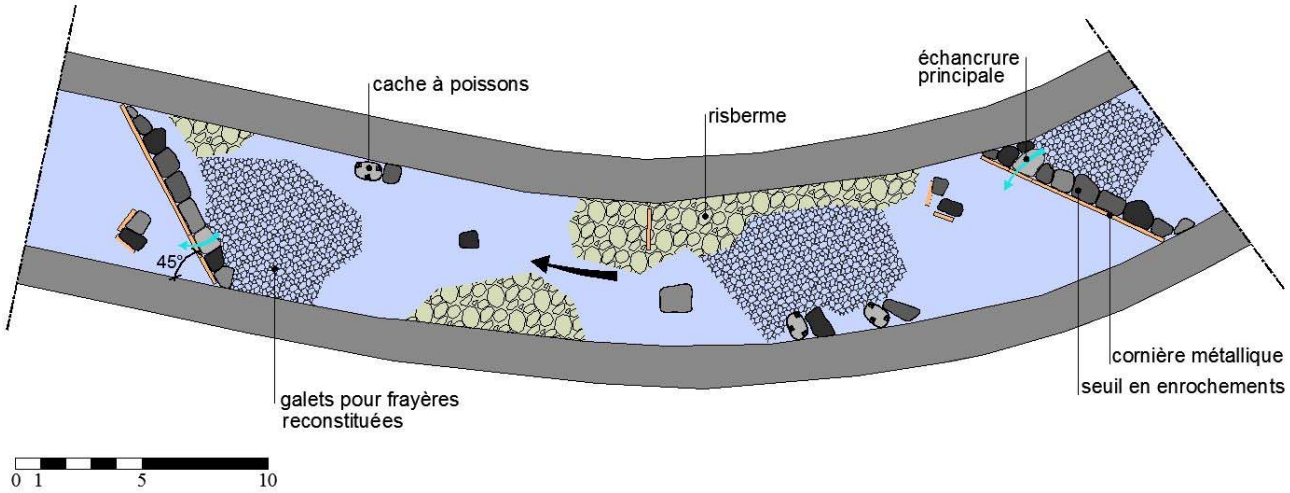


Figure 3: Aménagement des habitats aquatiques dans le lit artificiel

Photo 7: Frayère reconstituée

Photo 8: Pose d'une dalle qui servira de cache à poissons

Impact éventuel sur les inondations

L'ensemble de ces aménagements du lit mineur a pour effet d'augmenter la rugosité du lit et de diminuer la section mouillée du cours d'eau. D'après les calculs de modélisation hydraulique, le débit à plein bord passerait de 35 m³/s avant travaux de réhabilitation (récurrence de 15 ans) à 23 m³/s après travaux de réhabilitation (récurrence de 5 ans). Dés lors, pour éviter que les débordements du Bocq ne contaminent le captage d'eau potable, une diguette de 50 cm de hauteur a été aménagée en rive gauche au droit des captages (photo 9). La rive droite a été déblayée en aval du secteur de manière à permettre le débordement dans cette zone non problématique (figure 3).

	n de Manning	Qb (m³/s)	T (an)
Avant travaux	0,017	35	15
Après travaux	0,035	23	5

Photo 9: Diguette enherbée en rive gauche (vue vers l'aval)

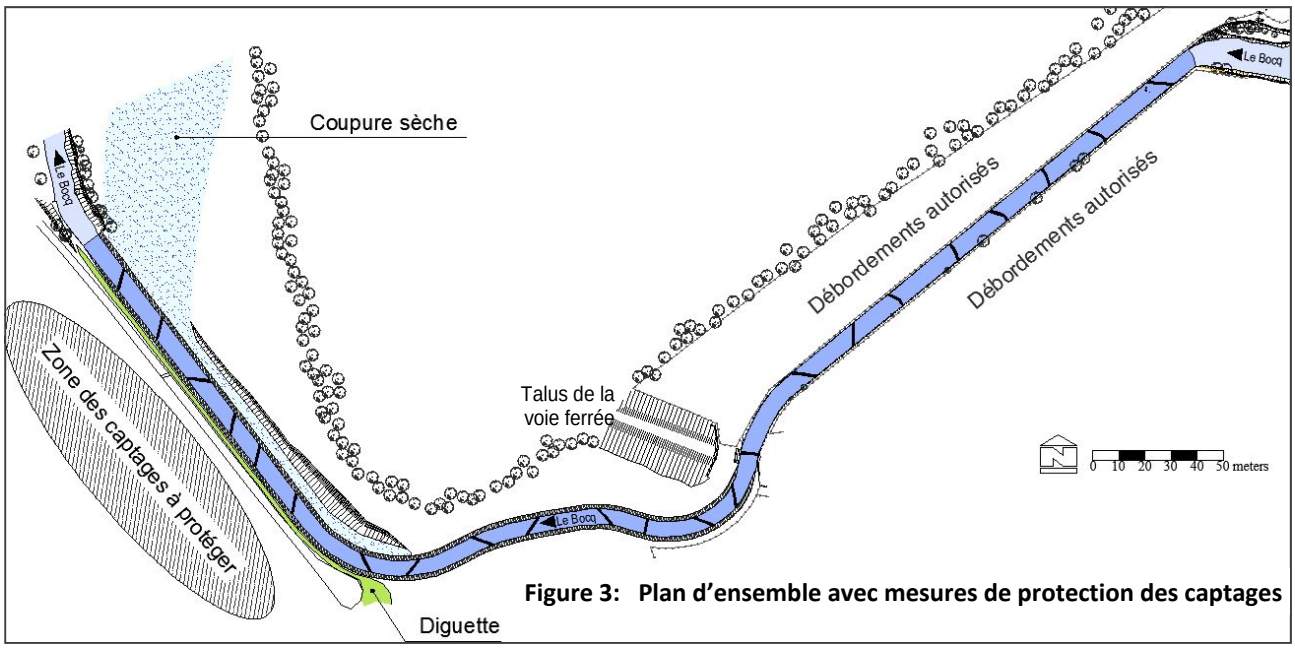


Figure 3: Plan d'ensemble avec mesures de protection des captages

Réhabilitation en step/pool d'un secteur canalisé du Bocq à Spontin

Monitoring

Suivis hydromorphologiques et écologiques

Un secteur de 100 m de long a fait l'objet d'un état initial avant les travaux de réhabilitation au niveau des habitats aquatiques (en 2009), des invertébrés (en 2009) et des poissons (en 2011). Un premier suivi après travaux de réhabilitation a eu lieu en 2013 selon le même protocole. Il en ressort que :

- les travaux ont largement contribué à diversifier les **habitats aquatiques** (de 11 à 17) au travers des substrats, vitesses de courant et profondeurs. Ainsi, le coefficient morphodynamique, témoin de la diversité des microhabitats, évolue positivement de 11,4 à 13,8/20 ;
- l'attractivité a augmenté grâce à la création de caches (blocs) et de frayères (galets roulés) ;
- les communautés d'invertébrés ne se sont pas fortement modifiées, mis à part une diminution des éphéméroptères et un développement important des diptères Simuliidae, ce qui déséquilibre le peuplement ;
- la biomasse des poissons a augmenté, passant de 5,6 kg/ha à 78,9 kg/ha, ce qui reste néanmoins faible pour une zone salmonicole. L'indice poisson passe de 19 à 21/30 et l'indice d'attractivité morphodynamique (IAM Téléos), traduisant l'attractivité des substrats vis-à-vis des populations de poissons, augmente sensiblement (de 4 à 29 %).

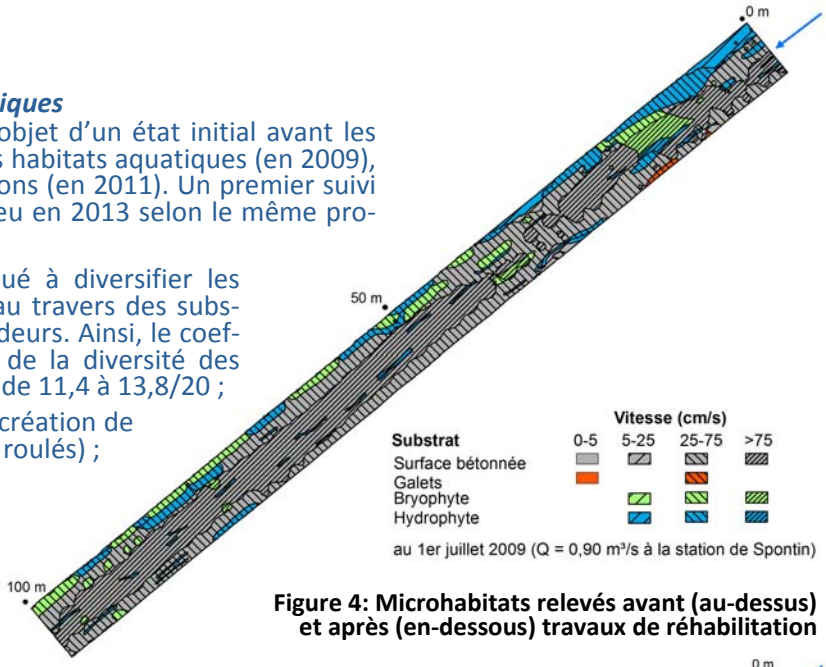
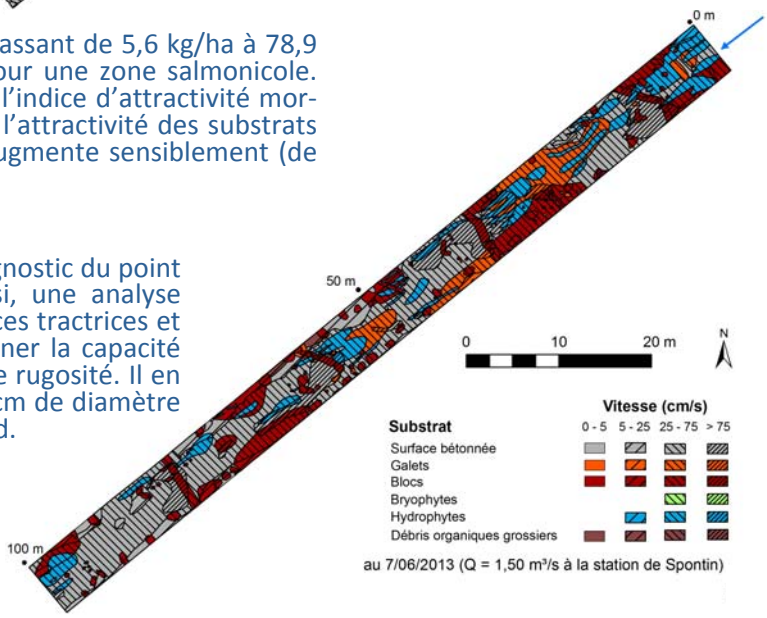


Figure 4: Microhabitats relevés avant (au-dessus) et après (en-dessous) travaux de réhabilitation



Suivi du transport des sédiments

Le secteur a également fait l'objet d'un diagnostic du point de vue du transport des sédiments. Ainsi, une analyse avant travaux, basée sur les calculs des forces tractrices et du critère de Shields, a permis de déterminer la capacité de transport du Bocq sur ce secteur à faible rugosité. Il en ressort que des éléments de l'ordre de 30 cm de diamètre sont mobilisables pour une crue à plein bord.

Les marquages (100 galets peints en rouge et équipés de *Pit Tag*) réalisés sur ce secteur confirment ces calculs (photo 10). C'est pourquoi, dans le cadre du projet de réhabilitation, il a été décidé de fixer les blocs au fond du lit.
Un suivi des frayères reconstituées au moyen de galets roulés est également en cours. Il est basé sur des mesures de colmatage réalisées dans la frayère (sticks hypoxies et conductivité hydraulique), ainsi que sur l'évaluation de la mobilité des galets en fonction des événements hydrologiques (marquage par *Pit Tags*).

Photo 10: Mise en place du marquage sur la cunette bétonnée

Contacts

bernard.delecourt@spw.wallonie.be
a.peeters@ulg.ac.be
gisele.verniers@unamur.be

www.walphy.be

Projet co-financé par l'Union Européenne
LIFE07 ENV/B/00038

Les techniques utilisées ont été développées pour s'adapter aux contraintes particulières des sites décrits et pourraient ne pas s'appliquer sur d'autres sites

Effacement et aménagement d'obstacles

1.4 Contournement d'un obstacle (h: 1,65 m) à Gemenne et réhabilitation des habitats aquatiques en amont de l'obstacle

Caractéristiques du secteur restauré

Masse d'eau : MM30R
Cours d'eau : Bocq
Secteur restauré : hameau de Gemenne (commune de Hamois)
Longueur de la restauration : 500 m
Zonation piscicole : zone à barbeaux (mais caractère salmonicole donné par les eaux calcaires)
Linéaire de cours d'eau ouverts aux poissons : 28950 m
Travaux de contournement de l'obstacle : mai 2012
Travaux de réhabilitation du secteur amont : oct.-déc. 2012
Coût total : 79 127 € (hors acquisition de terrain)
dont 28 815 € pour le contournement

Taille du bassin versant	146 km²
Pente moyenne	2,3 ‰
Largeur moyenne	11,10 m
Puissance spécifique	~ 35 W/m² (pour le débit à plein bord)
Débit moyen annuel	1,57 m³/s (calculé depuis la station limnigraphique d'Yvoir, 1980 - 2008)

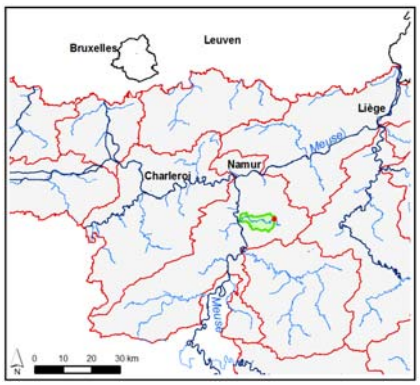
Photo 1: Vannage de Gemenne

Contexte

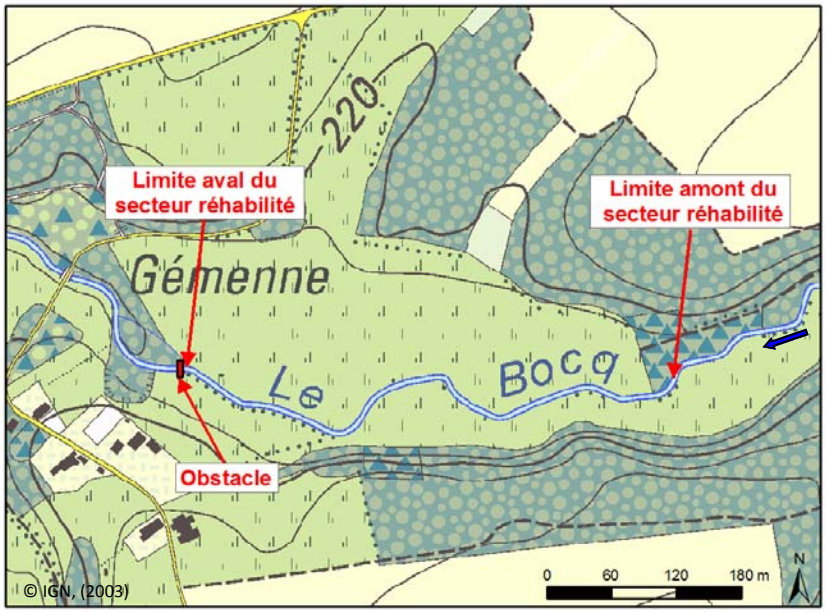
A Gemenne, un ancien vannage équipé de 5 vannes permettait jadis l'abissage des prés (photo 1). Cet usage a depuis longtemps disparu et un manque d'entretien de l'ouvrage a entrainé un envasement important du lit. La digue en amont de l'ouvrage présente en rive droite une brèche par laquelle a été creusé un bras de contournement. L'impact du barrage se fait sentir sur plus de 400 m en amont, avec un lit colmaté, un facies d'écoulement uniforme (plat courant), une ripisylve presque absente et des berges dégradées par le piétinement du bétail (photo 2).
Au terme des concertations, il s'est avéré que le site présente un intérêt paysager et patrimonial. Il a donc été décidé de maintenir l'ancien ouvrage sous eau, avec un fonctionnement « vannes ouvertes ». Le secteur amont a fait l'objet d'un ensemble d'aménagements permettant d'améliorer les habitats piscicoles.

Photo 2: Secteur amont avant travaux (vue vers l'amont)

Localisation



Bassin hydrographique
Masse d'eau MM30R
Secteur réhabilité
Système hydrographique :
Cours d'eau navigables
Cours d'eau non navigables (cat.1)



Fiche actualisée le 31/12/2013

Contournement d'un obstacle (h: 1,65 m) à Gemenne et réhabilitation des habitats aquatiques en amont de l'obstacle

Objectifs

Les objectifs des travaux sont doubles :

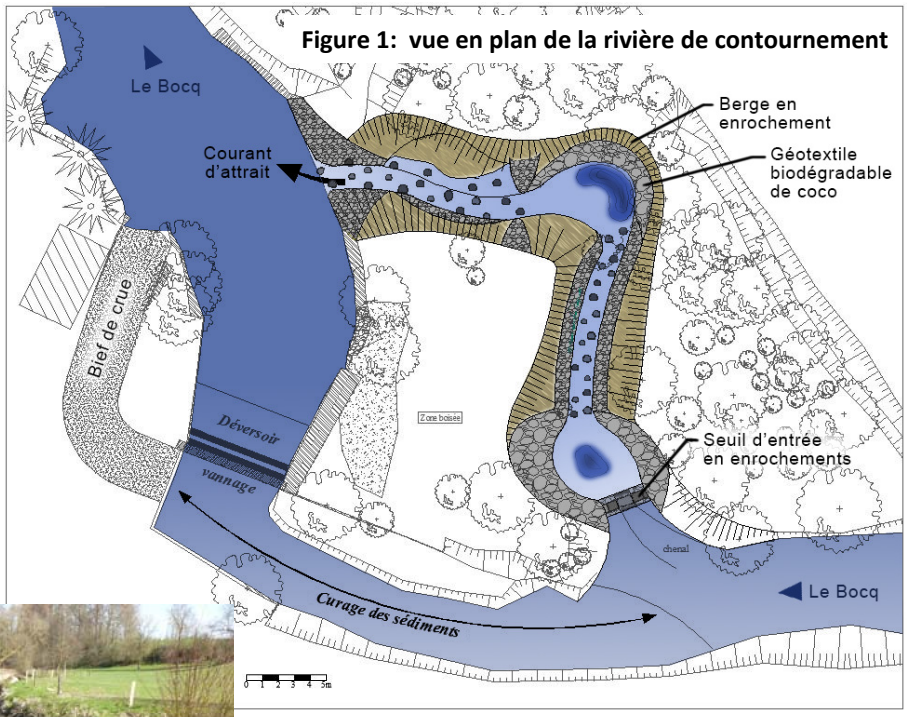
- restaurer la continuité longitudinale par la création d'une rivière de contournement du vannage ;
- réhabiliter les habitats aquatiques sur le secteur amont impacté par le vannage.

Phase 1 : Rivière de contournement

Principe de conception

Lors des concertations avec les riverains, il fut convenu de laisser les vannes ouvertes toute l'année, ce qui permit, après désencrassement des vannes et curage des sédiments accumulés, d'abaisser la ligne d'eau amont de 80 cm. Néanmoins, l'ouvrage restant infranchissable en raison d'un seuil de 85 cm de dénivelé sous les vannes, une rivière de contournement a été aménagée en rive droite, à partir de la brèche dans la digue, sur une longueur de 40 m (figure 1).

Figure 1: vue en plan de la rivière de contournement



La rivière de contournement est dimensionnée pour recevoir un peu plus de la moitié du débit du Bocq pendant la plage normale de fonctionnement, c'est-à-dire le double du débit moyen annuel. Ainsi, la rivière de contournement devient en quelque sorte le nouveau lit dédoublé du Bocq.

Photo 3: Entrée (amont) de la rivière de contournement (vue vers l'amont)

Attractivité

Bien que le bras de contournement ne débouche pas véritablement au pied de la chute, son attractivité est élevée en raison du fort courant d'attrait donné par la pente et par le partage favorable des débits.

Photo 4: Sortie (aval) de la rivière de contournement (vue vers l'amont)

Photo 5: Sortie (aval) de la rivière de contournement en crue (29/01/2013, vue vers l'aval, à droite)

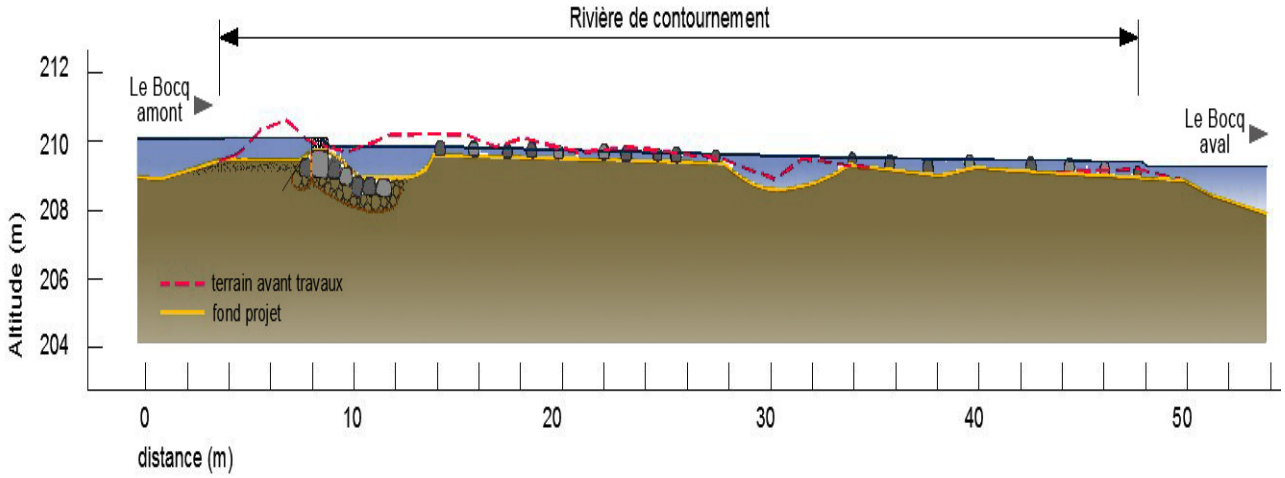
Contournement d'un obstacle (h: 1,65 m) à Gemenne et réhabilitation des habitats aquatiques en amont de l'obstacle

Seuil d'entrée et profil en long

La configuration et le dimensionnement de l'entrée du bras de contournement sont toujours un point délicat. L'option est prise de réaliser un seuil en enrochement muni d'une échancrure centrale permettant d'avoir une lame d'eau déversante d'au moins 35 cm (photo 6). Ce seuil est placé 4 m en aval de l'entrée du bras de façon à orienter le courant perpendiculairement au seuil. En aval du seuil, une fosse de dissipation d'énergie et une cache à poisson ont été réalisées. La fosse débouche sur une section en rampe rugueuse de pente égale à 1,7 % et comprenant des blocs d'enrochements épars. Le dimensionnement de cette section permet d'ajuster le niveau d'eau en aval du seuil d'entrée, de façon à garder une chute d'environ 15 cm de hauteur dans la plage de fonctionnement.
La partie aval de la rivière de contournement fait alterner les radiers (seuils) et mouilles, avec une pente plus importante (2,1 % en moyenne).

Photo 6: Seuil d'entrée de la rivière de contournement (vue vers l'amont)

Figure 2: Profil en long dans la rivière de contournement



Aménagement des berges

Le lit et les berges sont réalisés à l'aide d'enrochements bruts de calibres variés. Du gravier (récupéré de curages précédents) est posé au fond du lit en interstices entre les blocs. Les hauts de berges, peu exposées à l'érosion, sont protégés par un géotextile biodégradable de coco tissé et sont végétalisés (semis et plantations).

Photo 7: Aménagement des berges au niveau de la sortie de la rivière de contournement (vue vers l'amont)

Photo 8: Berges végétalisées au niveau de la sortie de la rivière de contournement (vue vers l'amont, 4 mois après les travaux)

Contournement d'un obstacle (h: 1,65 m) à Gemenne et réhabilitation des habitats aquatiques en amont de l'obstacle

Phase 2 : Réhabilitation des habitats aquatiques sur le secteur amont

Les altérations

Les perturbations physiques sont multiples sur le secteur situé jusqu'à 400 m en amont du vannage :

- les crêtes de berges sont rehaussées d'environ 50 cm par rapport au reste de la plaine alluviale (endiguement), ce qui diminue la connectivité latérale ;
- l'influence du vannage se répercute en amont par la présence d'un seul facies d'écoulement, plat et uniforme ;
- l'envasement est important, avec une épaisseur de sédiments fins accumulés atteignant 80 cm ;
- les prairies adjacentes sont pâturées et non clôturées, entrainant d'importantes dégradations des berges par piétinement et une ripisylve très peu développée (photos 2 et 9).

Photo 9: Secteur avec berges piétinées et lit mineur envasé (juillet 2012, vue vers l'aval)

Schéma de réhabilitation

La restauration du secteur amont a commencé 4 mois après l'abaissement de la ligne d'eau provoqué par l'achèvement de la phase 1.

Le parti a été pris d'explorer au maximum les possibilités de recréer des habitats diversifiés par l'apport de bois immergés : arbres, troncs et souches (figure 3). L'observation du terrain en basses eaux et pendant les travaux de réalisation a permis de revoir et d'ajuster de façon optimale la localisation des aménagements prévus initialement.

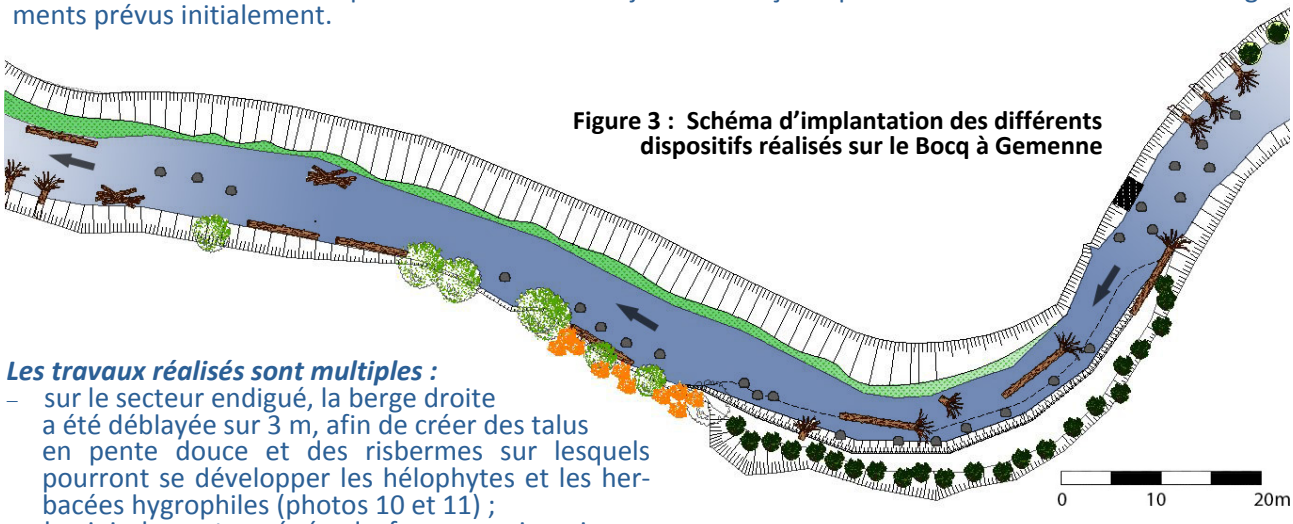


Figure 3 : Schéma d'implantation des différents dispositifs réalisés sur le Bocq à Gemenne

Les travaux réalisés sont multiples :

- sur le secteur endigué, la berge droite a été déblayée sur 3 m, afin de créer des talus en pente douce et des risbermes sur lesquels pourront se développer les hélophytes et les herbacées hygrophiles (photos 10 et 11) ;
- la ripisylve est recépée de façon parcimonieuse, en veillant de ne couper que les troncs présentant un risque élevé de basculement ;

Photo 10 : Terrassement des berges et risbermes (10/2012, vue vers l'amont)

Photo 11 : Terrassement des berges et risbermes (10/2012, vue vers l'amont)

Contournement d'un obstacle (h: 1,65 m) à Gemenne et réhabilitation des habitats aquatiques en amont de l'obstacle

- des caches à poissons ont été aménagées au moyen de diverses techniques faisant appel à des troncs et des souches d'arbres (photo 12) ;
- des îlots et des déflecteurs sont également créés au moyen de troncs et de souches d'arbres ;
- des blocs épars sont posés sur le fond du lit pour diversifier les écoulements ;

Photo 12 : Risbermes et troncs d'arbres servant de caches pour les poissons (10/2012, vue vers l'aval)

- deux annexes hydrauliques sont creusées en connexion avec le lit principal (photo 13) ;
- les sédiments ne sont pas curés (ou très peu), laissant le cours d'eau s'auto-ajuster en tenant compte de la présence d'herbiers enracinés dans les sédiments ;
- la création de radier par injection de galets roulés est différée, en raison de l'importante quantité de sédiments fins présents sur le fond du lit ;
- des plantations de ligneux et d'hélophytes sont réalisées sur les risbermes et les pieds de berge ;
- des clôtures et des abreuvoirs sont également installés.

Photo 13 : Annexe hydraulique

Phase 3: L'apport de bois pour recréer des habitats aquatiques

Pourquoi ?

Les arbres de la ripisylve tombés dans l'eau et formant des embâcles dans le lit du cours d'eau font partie des structures naturelles qui jouent un rôle déterminant pour sa richesse biologique.
L'apport de branches, troncs et souches d'arbres en amas de formes multiples permet de recréer des structures « bois » naturelles, là où elles font défaut.
Les bois immergés agissent à 3 niveaux :

1. Hydromorphologie : complexification de la morphologie du cours d'eau et diversification des habitats physiques (substrats et vitesses de courant) ;
2. Chaine trophique : lieu d'une haute activité biologique attirant une faune importante et variée d'invertébrés filtrant et décomposant la matière organique ;
3. Poissons : zones de refuges appréciées par de nombreuses espèces de poissons.

Photo 14 : Transport d'un tronc avec souche sur chantier

Quels bois?

Travaillant sur un secteur fort dépourvu en arbres, ceux-ci ont été prélevés lors de coupes d'entretien sur les secteurs adjacents. On choisit de préférence des bois de houppiers ou des troncs branchus dont on garde des départs de branches sur +/- 50 cm. Les souches ou troncs avec souches, plus difficiles à trouver, proviennent également d'un autre chantier où ils avaient été stockés temporairement. Les espèces utilisées sont l'aulne et le frêne et, de façon très réduite, le saule blanc qui rejette trop facilement. Les troncs les plus intéressants font un diamètre d'au moins 30 cm et une longueur d'au moins 5 m. Les souches de toutes tailles sont intéressantes, si possible munies de la base de leur tronc sur une longueur de 1,5 m.
Un total de 21 souches et 58 troncs dont 5 avec souche ont été mis en œuvre dans divers dispositifs.

Contournement d'un obstacle (h: 1,65 m) à Gemenne et réhabilitation des habitats aquatiques en amont de l'obstacle

Les dispositifs « bois »

A priori, il n'y a pas de mauvaise disposition du bois dans l'eau, si l'on part du principe d'imiter la nature. Néanmoins, les bois sont disposés avec l'intention particulière de produire certaines fonctions spécifiques. Par ailleurs, la question de la stabilité du dispositif est toujours posée, et particulièrement le risque de déplacement du bois en crue. Selon le type de situation rencontrée, les bois sont soit simplement fichés dans la berge ou le fond, soit plus ou moins solidement fixés avec des pieux de chêne (1,5 à 3 m de longueur) et du fil d'acier (3 ou 4 mm de diamètre).

Sous-berges en bois

Il existe diverses façons de réaliser des sous-berges en bois. Le plus facile est de disposer un ou plusieurs troncs allongés le long de la berge (figure 4, photos 15 et 16). En travaillant avec des troncs branchus, ces derniers peuvent être plus facilement ancrés sur le fond ou dans la berge tout en ménageant de belles cavités. Par ailleurs, les chicots de branches accrochent les algues, feuilles et autres débris végétaux charriés par le cours d'eau. Le bois étant généralement flottant, il est parfois nécessaire de le maintenir immergé au moyen de pieux de chêne. Ce dispositif remplit sa fonction de cache à poissons s'il permet de créer des espaces sombres ou obscurs de 5 à 20 cm de hauteur et d'au moins 30 à 40 cm de profondeur. L'arrière du tronc peut être remblayé pour optimiser la cache (photo 15). Il peut aussi être disposé sous un rideau dense de saules buissonnants.
Des assemblages de rondins de bois imbriqués les uns dans les autres et disposés en sous-berge peuvent également constituer des caches à poissons (photo 17).

Photo 15: Sous-berge réalisée à sec dans un bras de contournement

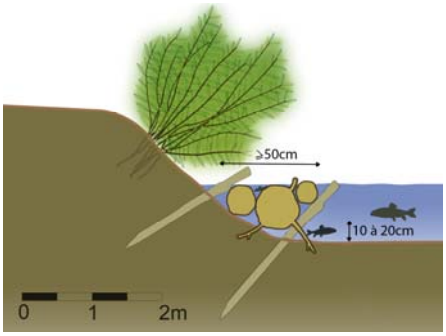


Figure 4: Dispositif de troncs allongés en sous-berge

Photo 16: Sous-berge en troncs couchés

Photo 17: Assemblage de rondins de bois à disposer en sous-berge

Les troncs avec souche

Les troncs avec souche permettent de réaliser d'excellents déflecteurs et des postes de chasse pour la truite (figure 5 et photo 18).

Photo 18: Sous-berge en troncs couchés

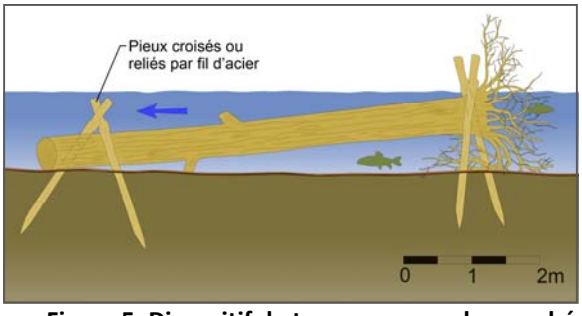


Figure 5: Dispositif de tronc avec souche couché

Contournement d'un obstacle (h: 1,65 m) à Gemenne et réhabilitation des habitats aquatiques en amont de l'obstacle

Les souches d'arbres

Les souches d'arbres sont des matériaux attractifs de par leur denses chevelus racinaires ramifiés. Ils sont faciles à stabiliser dans le lit du cours d'eau. Cependant, ils nécessitent un matériel lourd pour être manipulé (photos 19 et 20). Elles sont utilisées comme cache et comme déflecteur.

Photo 19: Préparation de la souche avant sa mise en place

Photo 20: Mise en place de souches d'arbres dans le fond du lit (vue vers l'aval)

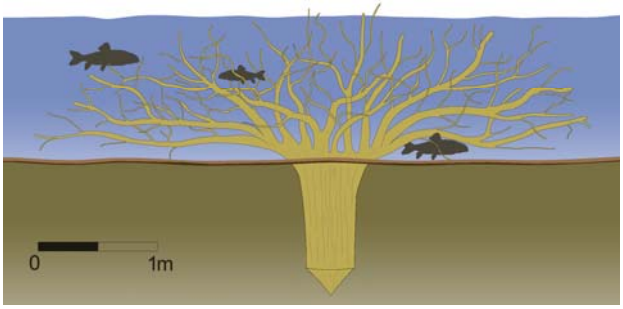


Figure 6: Dispositif de souche d'arbre

Les amas de bois

Les amas de bois sont les dispositifs les plus complets et les plus complexes. Disposés sur plus de la moitié de la largeur du cours d'eau, ils forment d'excellents déflecteurs (figure 7, photos 21 et 22).

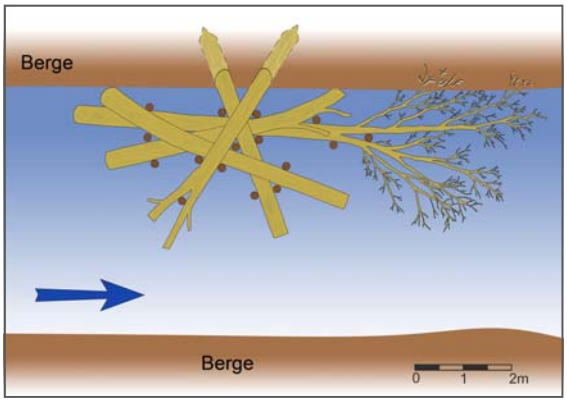


Figure 7: Dispositif en amas de bois

Photo 21: Mise en place d'un amas de bois

Photo 22: Amas de bois faisant office de déflecteur (vue vers l'aval)

Contacts

bernard.delecourt@spw.wallonie.be
a.peeters@ulg.ac.be
gisele.verniers@unamur.be

www.walphy.be

Projet co-financé par l'Union Européenne
LIFE07 ENV/B/00038

Les techniques utilisées ont été développées pour s'adapter aux contraintes particulières des sites décrits et pourraient ne pas s'appliquer sur d'autres sites

Effacement et aménagement d'obstacles

1.5 Création d'une rampe rugueuse et d'une rivière de contournement sur le Petit Bocq à Natoye

Caractéristiques du secteur restauré

Masse d'eau : MM28R
Cours d'eau : Petit Bocq
Secteur restauré : Natoye (commune de Hamois)
Zonation piscicole : zone à Ombre
Longueur : 300 m
Début des travaux : mai 2013
Fin des travaux : septembre 2013
Coût : 136.000 €

Taille du bassin versant	17 km²
Pente moyenne	5,4 ‰
Largeur moyenne	3,70 m
Puissance spécifique	~ 30 W/m² (pour le débit à plein bord)
Débit moyen annuel	~ 0,17 m³/s (calculé depuis la station limnigraphique d'Yvoir, 1980-2008)

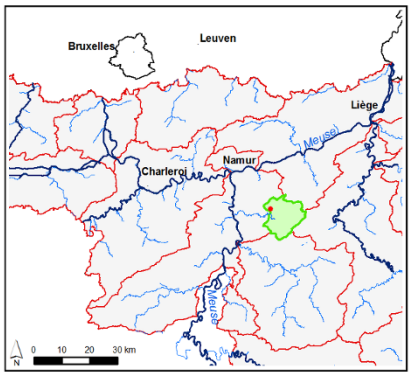
Contexte

A l'entrée du village de Natoye, le Petit Bocq coule en bordure d'une pâture, au pied du talus de la route principale du village (Chaussée de Namur ; photo 1). Un haut dispositif de vannage et d'une rampe de béton empêche la circulation des poissons à la montaison (hauteur de 3,30 m) et à la dévalaison (faible lame d'eau) (photo 2). De plus, le secteur situé à l'amont de cet obstacle est caractérisé par un faciès d'écoulement uniforme, un tracé rectiligne et un lit envasé, ce qui se traduit par une faible diversité d'habitats aquatiques. La berge gauche, non clôturée, est piétinée par le bétail.
L'aménagement de cet obstacle rétablirait la connexion longitudinale du Petit Bocq et permettrait aux poissons de rejoindre librement les frayères potentielles situées en amont.

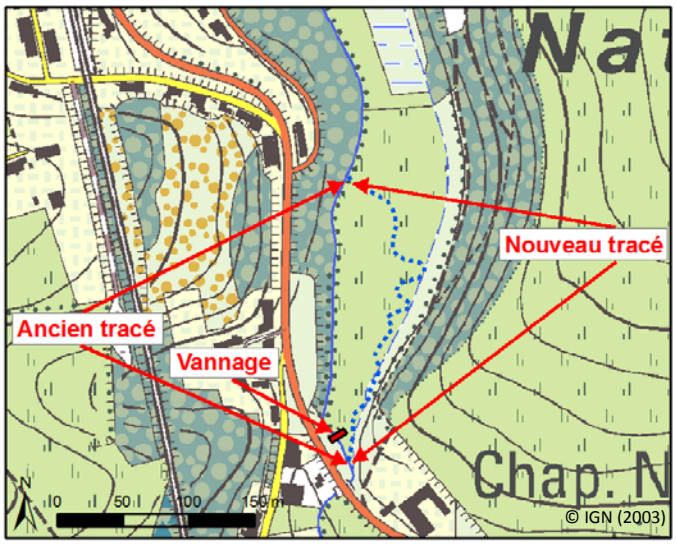
Photo 1: Secteur envasé situé en amont du vannage de Natoye sur le Petit Bocq (avril 2008)

Photo 2: Vannage sur le Petit Bocq à Natoye (avril 2008)

Localisation



Bassin hydrographique
Masse d'eau MM28R
Secteur réhabilité
Système hydrographique :
Cours d'eau navigables
Cours d'eau non navigables (cat.1)



Fiche actualisée le 28/02/2015

Création d'une rampe rugueuse et d'une rivière de contournement sur le Petit Bocq à Natoye

Objectifs

Les objectifs des travaux sont doubles :
- restaurer la continuité longitudinale par la création d'une rampe rugueuse et d'une rivière de contournement ;
- créer des habitats aquatiques diversifiés sur la rivière de contournement.

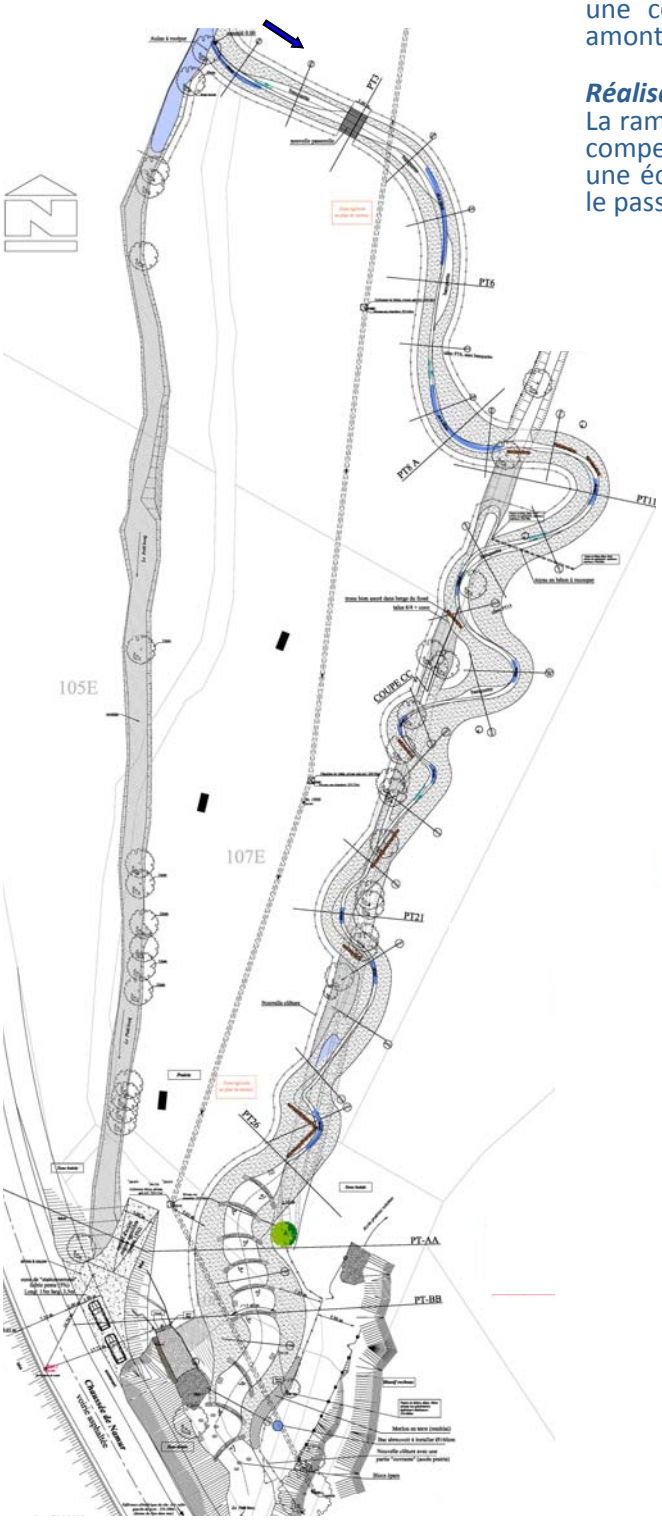


Figure 1: Extrait du plan d'exécution des travaux

Conception et réalisation

Le Petit Bocq a été remis dans le point bas de la vallée (il coulait auparavant au pied du talus de la route). De manière à compenser la hauteur de chute de l'obstacle, une rampe rugueuse et un secteur sinueux ont été mis en place. L'ancien lit du Petit Bocq a quant à lui été remblayé par les terres extraites du nouveau lit creusé. Néanmoins, une courte partie de l'ancien lit a été conservée en amont, ce qui constitue une annexe hydraulique.

Réalisation d'une rampe rugueuse

La rampe rugueuse, réalisée en enrochements, permet de compenser un dénivelé d'1,56 m. Chaque seuil possède une échancrure de 20 cm de largeur destinée à favoriser le passage des poissons.

Photo 3: Mise en place des blocs formant les pré-barrages de la rampe rugueuse

Photo 4: Entrée aval de la rampe rugueuse située au pied du vannage (vue vers l'amont)

Photo 5: Partie amont de la rampe rugueuse (vue vers l'amont)

Création d'une rampe rugueuse et d'une rivière de contournement sur le Petit Bocq à Natoye

Aménagement d'une rivière de contournement

En amont de la rampe rugueuse, un secteur sinueux dont la pente vaut 9,5 ‰ a été creusé sur 250 m de longueur (photo 6). Ce secteur fait alterner une succession de seuils (radiers) et de mouilles.

Les berges de ce secteur ont été talutées dans les matériaux en place, à savoir un limon argileux très compact. Elles ont généralement été talutées en 6/4, bien que pour certaines portions, telles que les zones de convexité, une pente plus douce leur a été donnée (entre 8/4 et 12/4). Elles ont été végétalisées par semis et plantations.

Photo 6: Creusement du secteur sinueux

Création d'habitats aquatiques spécifiques

- Des caches à poissons ont été aménagées au moyen de divers techniques faisant appel à des dalles fixées sur des moellons de pierre ou bien à des troncs d'arbre fixés avec des pieux en chêne, tant au niveau des seuils (figure 7) qu'au niveau des mouilles (figure 8) ;

Photo 7: Tronc pour cache à poissons et frayère reconstituée (vue vers l'amont prise quelques mois après les travaux)

Photo 8: Berges talutées et tronc favorisant les caches à poissons (vue vers l'amont prise quelques mois après les travaux)

- Localement, des banquettes ont été aménagées à un niveau situé légèrement sous la ligne de basses eaux ;
- Des blocs d'enrochements épars ont été disposés dans le fond du lit pour diversifier localement les vitesses ;
- Un total de 75 tonnes de galets roulés (16-32 mm) a été déversé par endroits sur une épaisseur de 20 à 50 cm pour reconstituer des frayères à truites (figures 9 et 10).

Photo 9: Déversement de galets pour créer des frayères

Photo 10: Mise en place de galets de frayères

Création d'une rampe rugueuse et d'une rivière de contournement sur le Petit Bocq à Natoye

Monitoring

Suivis hydromorphologiques

Un état initial a été réalisé en 2008 sur une station de 60 m de longueur située en amont de l'obstacle. Suite aux travaux, nous avons repris une partie de cette station comme contrôle ainsi que deux autres stations restaurées, l'une sur le bras de contournement, l'autre dans la rampe rugueuse pour effectuer les suivis (figure 2).

Figure 2: Microhabitats relevés après les travaux de réhabilitation:
- station de contrôle (en haut à gauche)
- station « rampe rugueuse » (en bas à gauche)
- station « rivière de contournement » (en bas à droite)
- localisation (au centre)

Création d'une rampe rugueuse et d'une rivière de contournement sur le Petit Bocq à Natoye

Le coefficient morphodynamique, qui tient compte de la diversité en microhabitats, ne traduit pas une réelle amélioration du milieu, qui reste dominé par les limons et les galets ainsi que les blocs dans la rampe rugueuse. Les suivis ayant eu lieu seulement un an après les travaux, les végétations ligneuses (boutures de saules), semi-aquatiques et aquatiques ne sont pas encore développées, ce qui laisse présager d'une amélioration de la diversification à moyen terme.

Photo 11: Gravière reconstituée servant de frayère potentielle sur la rivière de contournement (vue vers l'amont, 1 an après travaux)

Suivis écologiques

Au niveau des indices biologiques, la qualité des communautés de macroinvertébrés reste bonne après les travaux de réhabilitation, avec néanmoins une richesse numérique plus importante dans les stations restaurées. On constate également une diversification de certains traits suite à la restauration, ce qui indiquerait une exploitation des habitats et des ressources plus diversifiées et, par conséquent, un meilleur fonctionnement des communautés et/ou de l'écosystème.

Concernant les populations de poissons, on observe une augmentation sensible des truites fario et de la lamproie de Planer (espèce Natura 2000) dans le bras de contournement après restauration. Par contre, le nombre de chabots est très faible. Cette espèce est particulièrement sensible aux aménagements. De plus, le substrat de cette station ne lui est pas très favorable (limon compacte notamment). Les populations de truites sont bien équilibrées en classes de taille et représentent une biomasse intéressante de 60 kg/ha. La présence d'un grand nombre de juvéniles indique que ces derniers trouvent des conditions trophiques favorables ainsi qu'un habitat propice à leur développement, ce qui est plutôt de bon augure pour le peuplement futur. Ceci indique aussi une bonne efficacité des zones de frai qui ont été créées.

Photo 12: Pêche électrique réalisée le 3 juillet 2014 sur la rivière de contournement

Photo 13: Recensement de lamproies de Planer (espèce Natura 2000) lors de la pêche électrique réalisée le 3 juillet 2014 sur la rivière de contournement

Contacts

bernard.delecourt@spw.wallonie.be
a.peeters@ulg.ac.be
gisele.verniers@unamur.be

www.walphy.be

Projet co-financé par l'Union Européenne
LIFE07 ENV/B/00038

Les techniques utilisées ont été développées pour s'adapter aux contraintes particulières des sites décrits et pourraient ne pas s'appliquer sur d'autres sites

Effacement et aménagement d'obstacles

1.6 Aménagement d'une rivière de contournement sur le Bocq à Emptinne

Caractéristiques du secteur restauré

Masse d'eau : MM30R
Cours d'eau : Bocq
Secteur restauré : Emptinne (commune de Hamois)
Longueur de la restauration : 250 m
Linéaire de cours d'eau ouverts : 920 m
Zonation piscicole : zone à Ombre
Début des travaux : avril 2014
Fin des travaux : mai 2014
Coût : +/- 80 000 €

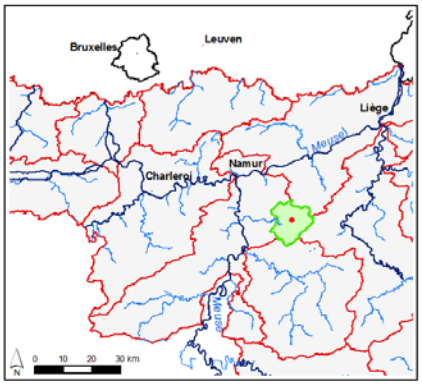
Taille du bassin versant	40 km²
Pente moyenne	2,2 ‰
Largeur moyenne	4,60 m
Puissance spécifique	~ 26 W/m² (pour le débit à plein bord)
Débit moyen annuel	~ 0,4 m³/s (calculé depuis la station limnigraphique d'Yvoir, 1980 - 2008)

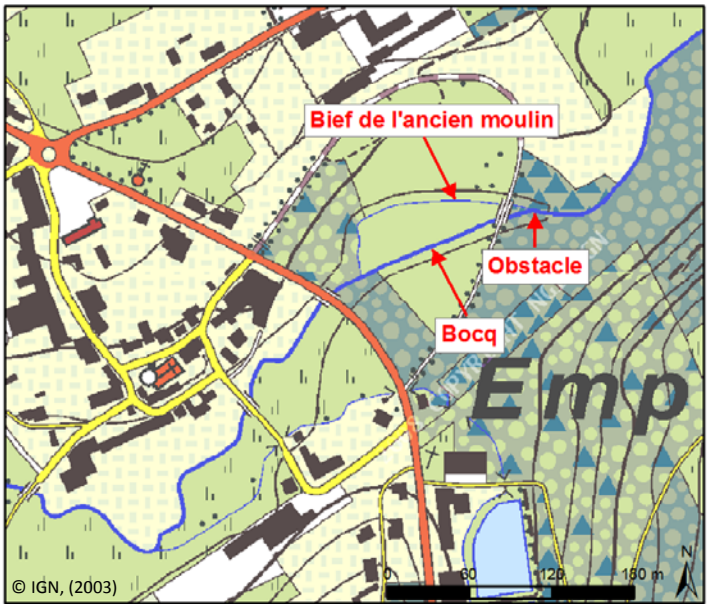
Contexte

Le Bocq, dans sa traversée de la propriété du Château d'Emptinne, rencontre un ouvrage composé d'un vannage et de trois petits déversoirs, dont la hauteur total de chute vaut 1,35 m (photo 1). Cet obstacle est considéré comme important du point de vue de la libre circulation des poissons. Il permettait jadis d'alimenter le moulin du village via un bief traversant la propriété du château. Aujourd'hui, la chute de l'ancien moulin alimente une microcentrale hydro-électrique.
L'option d'effacement de l'obstacle a rapidement été écartée à cause du maintien de l'usage actuel du déversoir. C'est donc l'option de la rivière de contournement qui a été retenue. Notre choix s'est porté sur une rivière de contournement de type long du fait de l'espace mis à disposition par le propriétaire riverain, ce qui a ainsi permis de réhabiliter des habitats aquatiques et rivulaires par la même occasion.

Photo 1: Obstacle composé d'un vannage et d'une série de petits déversoirs

Localisation





Fiche actualisée le 30/05/2015

Aménagement d'une rivière de contournement sur le Bocq à Emptinne

Objectifs

Le projet a pour objectif principal de rendre l'obstacle franchissable par l'aménagement d'une rivière de contournement. Le second objectif consiste à réhabiliter des habitats aquatiques et rivulaires le long de cette rivière de contournement, tout en prenant soin de préserver, voire d'améliorer, les aspects paysager du parc du château.

Design et réalisation

Répartition des débits

Afin de maintenir un débit minimal dans le Bocq en permanence, un débit réservé a été déterminé à 0,17 m^3/s. Le débit passant par la rivière de contournement ne peut descendre sous ce seuil. Une autre partie du débit est destinée à alimenter le bief pour permettre le fonctionnement de la microcentrale hydro-électrique une partie de l'année.

Principe de conception

Pour rattraper le dénivelé de 1,35 m, la rivière de contournement est réalisée sur une longueur de 240 m et possède une pente moyenne de 7,5 ‰ .
La rivière est conçue selon une alternance de sections en écoulement libre sur 160 m (pente de 5 ‰) et de sections en rampe rugueuses sur 80 m (pente de 12,5 ‰).
De manière à obtenir une grande diversité en habitats aquatiques, une sinuosité importante est donnée au tracé, avec une alternance de radiers (seuils) et de mouilles, ce qui fournit également une plus-value paysagère au site (photo 2).

Photo 2: Tracé sinueux avec alternance de radiers (seuils) et de mouilles (vue vers l'aval)

Sections en rampe rugueuse

Les sections en rampe rugueuse sont caractérisées par des berges enrochées au moyen de blocs de 20-30 cm de diamètre. Le lit est également enroché mais avec des blocs de plus gros diamètre (entre 50 et 60 cm), qui sont disposés de manière éparse tout en conservant des ouvertures de 45 cm (+/- 5 cm) entre -eux (figures 3 à 5). De la sorte, ces sections en rampe rugueuse vont avoir une hauteur d'eau de 40 cm minimum et des vitesses d'écoulement relativement importantes.

Photo 3: Section en rampe rugueuse

Photo 4: Section en rampe rugueuse (vue vers l'aval)

Photo 5: Section en rampe rugueuse (vue vers l'aval)

Aménagement d'une rivière de contournement sur le Bocq à Emptinne

Sections en écoulement libre

Les sections en écoulement libre sont caractérisées par des berges argilo-limoneuses en pente douce et sans dispositif de protection (photo 6). Ces sections ont été dimensionnées de manière à ce qu'une hauteur d'eau minimale de 20 cm soit maintenue, même en étiage. Les mouilles, quant à elles, possèdent une profondeur maximale de 70 cm. Le dimensionnement permet localement le débordement de la rivière de contournement dans la prairie humide bordant le cours d'eau (photo 6).

Photo 6: Sections en écoulement libre avec berges en pentes douces, permettant le débordement (vue vers l'aval)

Photo 7: Frayère potentielle composée de galets roulées

Divers aménagements ont été réalisés dans le but d'obtenir une diversité maximale des habitats aquatiques :

- la pose de blocs épars de manière à créer des secteurs où la vitesse d'écoulement est plus importante ;
- des apports ponctuels de galets roulés (diamètre entre 28 et 32 mm) sur une épaisseur de 10 à 40 cm dans le but de créer des frayères potentielles pour les poissons (ombres et truites) (photo 7) ;
- la pose de de troncs d'arbres et souches pour fournir des caches potentielles aux poissons (photo 8) ;
- enfin, des plantations de saules ont été réalisées sur les berges de la rivière de contournement.

Photo 8: Troncs avec sous-berges (vue vers l'aval)

Contacts

bernard.delecourt@spw.wallonie.be
a.peeters@ulg.ac.be
gisele.verniers@unamur.be

www.walphy.be

Projet co-financé par l'Union Européenne
LIFE07 ENV/B/00038

Les techniques utilisées ont été développées pour s'adapter aux contraintes particulières des sites décrits et pourraient ne pas s'appliquer sur d'autres sites

Effacement et aménagement d'obstacles

1.7 Rivière de contournement sur le Bocq à Yvoir (propriété Dapsens)

Caractéristiques du secteur restauré

Masse d'eau : MM30R
Cours d'eau : Bocq
Secteur restauré : Propriété Dapsens (comm. d'Yvoir)
Linéaire ouvert aux poissons : 16270 m
Zonation piscicole : zone à Ombre
Début des travaux : août 2010
Fin des travaux : juin 2011
Coût : 75 004 € (hors passerelle)

Taille du bassin versant	232 km²
Pente moyenne	5,3 ‰
Largeur moyenne	12,80 m (en secteur naturel)
Puissance spécifique	~ 100 W/m² (pour le débit à plein bord)
Débit moyen annuel	2,31 m³/s (station limnigraphique d'Yvoir, 1980 - 2008)

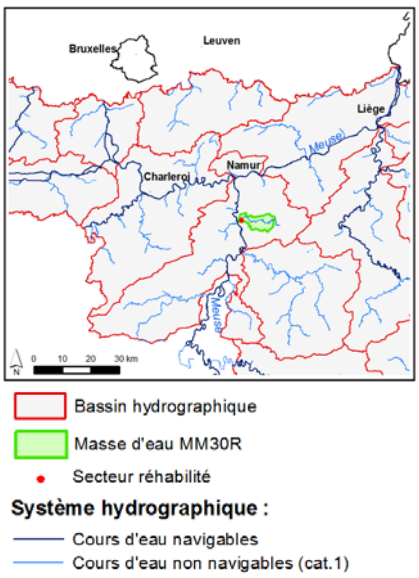
Contexte

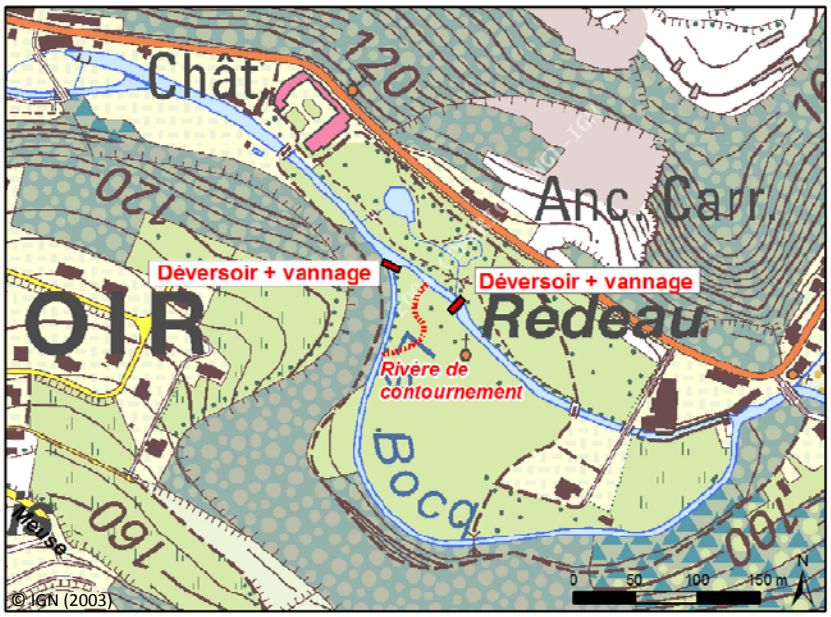
En amont du village d'Yvoir, le Bocq traverse la propriété Dapsens, qui comprend un grand jardin d'agrément. Ce dernier est traversé par deux bras du Bocq, chacun d'entre-eux étant barré par un système de déversoir vannage qui permet de rehausser le plan d'eau en amont, ce qui confère au jardin un attrait paysager. La prairie située entre ces deux bras est pâturée par des chevaux.
Les deux déversoirs sont considérés comme **obstacles majeurs**, difficilement franchissables à la montaison pour toutes espèces de poissons (photos 1 et 2). L'usage hydraulique lié à ces ouvrages a certes disparu mais les enjeux paysager et patrimoniaux sont majeurs. Les terrains situés de part et d'autre du Bocq et le bras nord du Bocq sont privés alors que le bras sud du Bocq est public.

Photo 1: Déversoir sur le bras nord du Bocq à Yvoir (propriété Dapsens)

Photo 2: Déversoir (h= 1,5 m) sur le bras sud du Bocq à Yvoir (propriété Dapsens)

Localisation





Fiche actualisée le 28/02/2015

Rivière de contournement sur le Bocq à Yvoir (propriété Dapsens)

Objectifs

Les travaux ont pour objectif la restauration de la franchissabilité de ce secteur à la montaison et à la dévalaison pour toutes les espèces caractéristiques du cours d'eau (salmonidés, anguille et cyprins rhéophiles). Compte tenu de la contrainte paysagère, l'option d'effacement d'un des déversoirs a été écartée. Le dispositif qui a été sélectionné est une rivière de contournement du déversoir du bras sud. Ce dernier se situe à la confluence entre les deux bras et est disposé latéralement par rapport au bras nord.

Conception et design

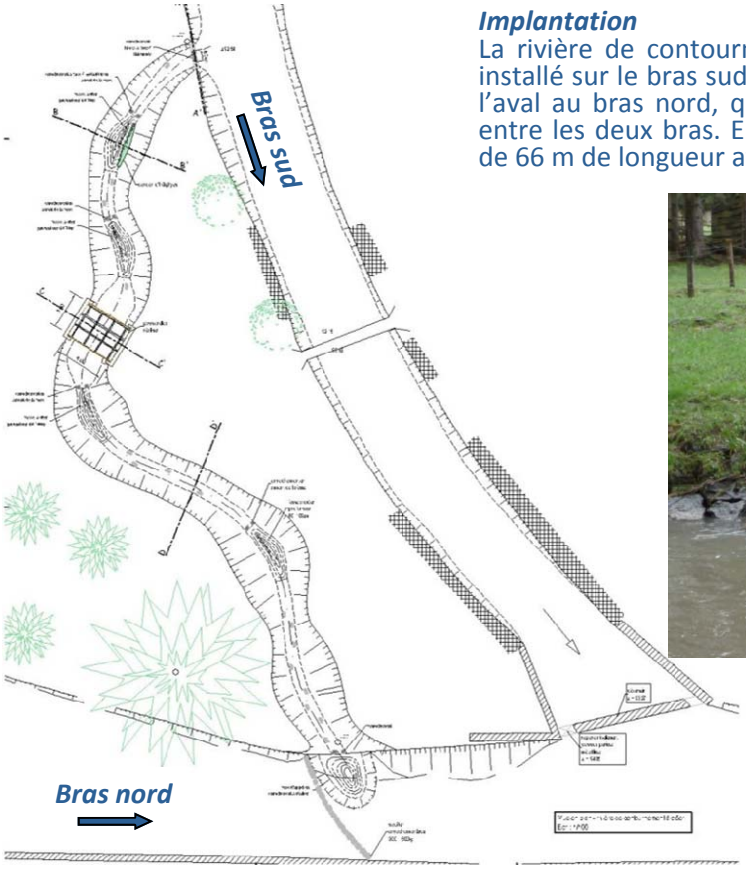


Figure 1: Bras de contournement du déversoir situé sur le bras sud au niveau de la confluence entre les deux bras

Implantation

La rivière de contournement permet de contourner le déversoir installé sur le bras sud du Bocq. Pour ce faire, elle est connectée à l'aval au bras nord, quelques mètres à l'amont de la confluence entre les deux bras. Elle relie ensuite le bras sud par un parcours de 66 m de longueur avec une pente moyenne de 2,2 % (figure 1).

Photo 3: Connexion amont de la rivière de contournement avec le bras sud du Bocq

Partage des débits et attractivité

La connexion (amont) de la rivière de contournement au bras sud du Bocq a été dimensionnée de manière à avoir un débit minimum de 250 l/s (photo 3). Un débit inférieur ne la rendrait pas attractive.

Un pré-barrage a été implanté juste à l'amont de l'entrée de la rivière de contournement pour éviter que les poissons ne prennent la direction opposée à la rivière de contournement. En effet, en l'absence de ce pré-barrage, les poissons seraient attirés par l'attractivité exercée par le déversoir du bras nord (photo 4).

Photo 4: Connexion aval de la rivière de contournement avec le bras nord du Bocq

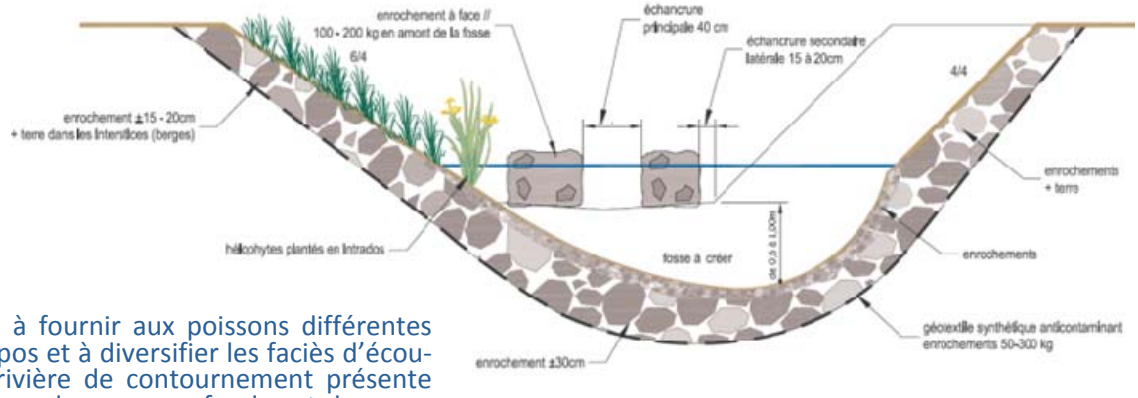
Rivière de contournement sur le Bocq à Yvoir (propriété Dapsens)

Dimensionnement

Le lit de la rivière de contournement est réalisé à l'aide de gros blocs d'enrochements (entre 50 et 300 kg) posés sur un géotextile synthétique. Des enrochements moins grossiers (15-20 cm de diamètre) sont posés par-dessus (photo 5). Les berges sont également réalisées en enrochements, avec de la terre déversée par-dessus et dans les interstices des blocs, de manière à ce qu'une végétation herbacée puisse s'installer (photo 6). Leur talus est généralement réalisé en 4/4, sauf pour les berges convexes dont le talus est en 6/4, avec des plantations d'hélophytes en pied de berge (figure 2).

Photo 5: Berge et lit en blocs d'enrochements

Photo 6: Berges végétalisées avec des enrochements sous-jacents (vue vers l'amont)



De manière à fournir aux poissons différentes zones de repos et à diversifier les faciès d'écoulement, la rivière de contournement présente une alternance de zones profondes et de zones moins profondes, avec des blocs d'enrochements posés au fond du lit (photo 6).

Enfin, comme la rivière de contournement traverse une prairie pâturée par des chevaux, il a été nécessaire de construire une passerelle pour garder un accès au terrain isolé (photo 7). Cette dernière repose sur des gros blocs d'enrochements à faces parallèles, sur lesquels repose une structure en béton supportant la passerelle.

Photo 7: Construction d'une passerelle au-dessus de la rivière de contournement

Rivière de contournement sur le Bocq à Yvoir (propriété Dapsens)

Monitoring

Matériel et méthode

Un suivi par **radio-télémétrie** a été confié à la société Profish-Technology, en vue d'évaluer la franchissabilité de l'ouvrage aménagé et de détecter des éventuels retards à la migration.
23 poissons (14 truites fario, 5 ombres communs et 4 chevesnes) ont été capturés par pêche électrique sur des secteurs situés en amont (truites et ombres) ou en aval (chevesnes) et munis d'un émetteur inséré chirurgicalement (photo 8). Les poissons avaient un poids supérieur à 250 g.

Photo 8: Ombre (Thymallus thymallus) muni de son émetteur radio dont on voit l'antenne extérieure sortir par le flanc

Les signaux émis chaque 1,5 sec. par les poissons sont captés au niveau de **7 antennes réceptrices fixes**, placées en sub-aquatique (A1 à A6) ou en aérien (A7) dans des points stratégiques du dispositif (figure 3). Le champ de réception des antennes sub-aquatiques est de 3 à 3,5 m. En réalité, seules les antennes 1 à 3 se trouvent sur le site de la Forge Aminthe, tandis que les antennes 4 à 7 sont placées sur un secteur amont pour le contrôle du dispositif installé sur un autre obstacle (rivière de contournement dans le parc Dapsens).
L'ensemble des données enregistrées permettent de retracer le parcours de chacun des poissons au sein du secteur aménagé pendant les 4 mois de suivi (du 7 mars au 7 juillet 2013).

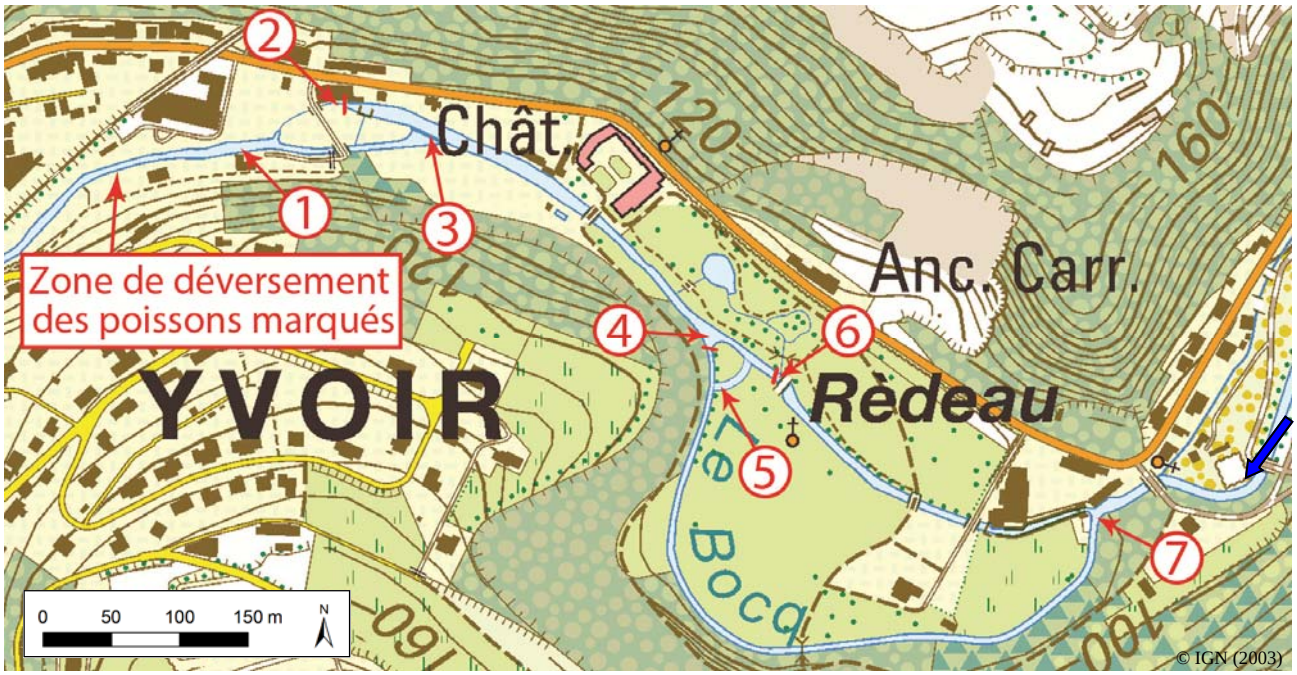


Figure 3: Localisation des antennes réceptrices (check-point) pour le contrôle des déplacements des poissons marqués

Résultats et interprétation

L'efficacité de l'aménagement du déversoir du bras sud du Bocq dans la traversée de la propriété Dapsens se traduit par la capacité qu'ont les poissons de passer aisément de l'antenne 4 à l'antenne 7.
De cette étude, il ressort que l'aménagement est relativement fonctionnel et est utilisé parfois un grand nombre de fois en montaison et en dévalaison par 52 % des poissons ayant tenté de l'utiliser, soit 11 individus. Parmi ceux-ci, un individu a même franchi le déversoir du bras nord du Bocq.

Contacts

bernard.delecourt@spw.wallonie.be
a.peeters@ulg.ac.be
gisele.verniers@unamur.be

www.walphy.be

Projet co-financé par l'Union Européenne
LIFE07 ENV/B/00038

Les techniques utilisées ont été développées pour s'adapter aux contraintes particulières des sites décrits et pourraient ne pas s'appliquer sur d'autres sites

2.1 Reméandration du Bocq et réaménagement d'un pertuis à Emptinale

Caractéristiques du secteur restauré

Masse d'eau : MM28R
Cours d'eau : Bocq
Secteur restauré : hameau d'Emptinale (communes de Ciney et Hamois)
Zonation piscicole : zone à Ombre
Longueur : 200 m
Début des travaux : septembre 2011
Fin des travaux : octobre 2011
Coût : 72 010 €

Taille du bassin versant	50 km²
Pente moyenne	2,2 ‰
Largeur moyenne	6,20 m
Puissance spécifique	~ 20 W/m² (pour le débit à plein bord)
Débit moyen annuel	~ 0,40 m³/s (calculé depuis la station limnigraphique d'Yvoir, 1980-2008)

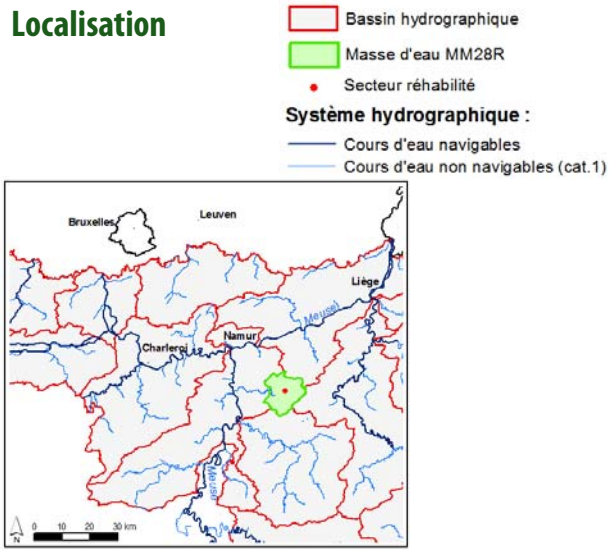
Contexte

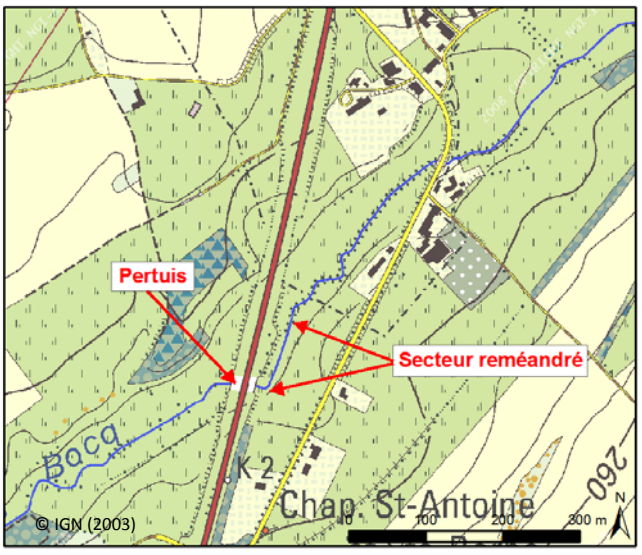
A la sortie du hameau d'Emptinale, le Bocq passe sous la route nationale RN921 dans un pertuis en béton de 60 m de longueur datant des années septante (photo 1). L'aménagement de la route nationale a également eu pour effet la modification du tracé du lit, qui forme aujourd'hui deux coudes à 90° de part et d'autre du pertuis. Le lit présente un faciès d'écoulement uniforme, profond et rectiligne, offrant une faible diversité d'habitats aquatiques (photo 2). Malgré sa faible pente, le cours d'eau est reconnu pour son caractère salmonicole, grâce aux nombreuses résurgences qui fournissent un apport soutenu d'eau fraiche.

Photo 1: Pertuis avec passage pour bovins en encorbellement

Photo 2: Secteur amont avant travaux (vue vers l'amont depuis l'entrée du pertuis)

Localisation



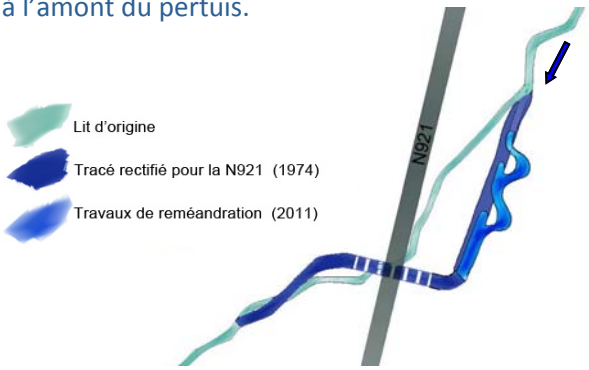


Fiche actualisée le 31/12/2013

Reméandration du Bocq et réaménagement d'un pertuis à Emptinale

Objectifs

Le projet a pour objectif de réhabiliter les habitats dégradés en installant un substrat plus biogène dans le pertuis et en diversifiant les facies d'écoulement par la création de deux méandres à l'amont du pertuis.



Conception et réalisation

Tracé des méandres

En raison de la faible puissance du cours d'eau et donc de sa faible capacité d'ajustement, l'option a été prise de dessiner un nouveau lit maximisant d'emblée la diversité hydromorphologique, quitte à s'écarter des faciès naturels typiques :

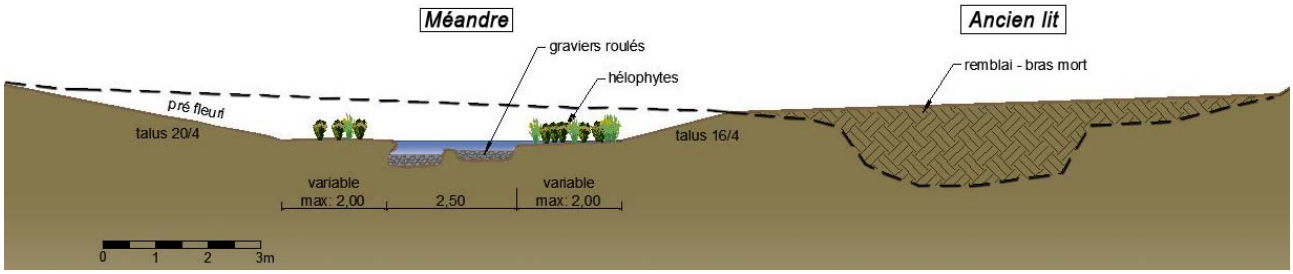
1. les deux méandres créés sont relativement prononcés (indice de sinuosité : 1,35) et leur section est légèrement surdimensionnée par rapport au débit à plein bord (~6 m³/s), ce qui empêche la possibilité de recoupement (photo 3) ;
2. création de berges en pente très douce (talus entre 16/4 et 20/4), également pour les berges situées en concavité, ce qui permet d'avoir une bonne capacité hydraulique en crue (lutte contre les inondations) ;
3. création d'un relief subaquatique par terrassements (figure 1) et par l'apport de matériaux divers tels que des blocs, des galets, des troncs et des souches (photo 4) ;
4. aménagement de radiers, alternant avec la mouille existante et de frayères reconstituées par apport de galets roulés (photo 5);
5. mise en place de caches à poissons (troncs, dalles, etc) ;
6. création de 2 annexes hydrauliques connectées au lit principal ;
7. semis et plantations diversifiés sur berge et sur le terrain adjacent (pré fleuri, hélophytes et ligneux).

Photo 3: Terrassement du lit (vue vers l'amont)

Photo 4: Terrassement du lit sur 2 niveaux et dalles servant de caches à poissons (vue vers l'aval)

Photo 5: Annexe hydraulique, tronc d'arbre servant de cache à poissons et frayère reconstituée (galets)

Figure 1: Coupe type dans un des méandres



Reméandration du Bocq et réaménagement d'un pertuis à Emptinale

Photo 6: Vue générale du secteur reméandré

Protections de berges

Les berges limoneuses ont simplement été végétalisées par semis et plantations. Les endroits exposés ont été protégés par un géotextile biodégradable de coco tissé et fixé en pied de berge sur un tronc couché (photos 7 et 8).

Photo 7: Plantation de boutures de saule pourpre (*Salix purpurea*) en pied de berge

Photo 8: Tronc pour cache à poissons et frayère reconstituée (vue vers l'amont prise 1,5 ans après les travaux)

Aménagement du pertuis

Le pertuis existant était surdimensionné avec une largeur de 6 m. Par conséquent, des dépôts importants de sédiments fins s'accumulaient sur le radier en béton. L'option a été prise de curer ces dépôts et de diminuer la section d'écoulement en basses eaux au moyen de blocs d'enrochements et de graviers qui couvrent le béton sur une épaisseur de 10 cm en moyenne (30 cm à l'entrée du pertuis où une frayère a été aménagée) (photos 9 et 10).

Photos 9 et 10: Pertuis en cours d'aménagement (à gauche) et juste après les travaux de réhabilitation (à droite) (vue vers l'aval)

Photo 11: Méandre amont (vue vers l'amont prise 1,5 ans après les travaux)

Reméandration du Bocq et réaménagement d'un pertuis à Emptinale

Monitoring

Suivis hydromorphologiques et écologiques

Un secteur de 70 m de long a fait l'objet d'un état initial avant les travaux de réhabilitation (en 2011) et d'un premier suivi après aménagements (en 2013).

La reméandration à Emptinale a permis une augmentation du nombre des microhabitats de 12 à 19 mais une grande partie des substrats est constituée de limon très compact (38 %), peu intéressants pour la faune. L'indice de la qualité physique passe de médiocre (1502) à très bonne (7276) grâce à la présence de caches en sous-berge, de frayères de galets mais aussi à l'amélioration de l'hétérogénéité via la diversification des faciès d'écoulement. Cela se traduit au niveau du peuplement d'invertébrés qui croît en nombre d'individus (1147 à 5024), en richesse taxonomique (22 à 33), avec donc une augmentation de l'indice IBGN, qui passe de 9 à 16/20. Les résultats des pêches électriques montrent aussi une nette évolution après travaux même si le nombre d'espèces diminue, le nombre de poissons capturés passe de 208 à 666 individus, la biomasse progresse de 75 à 222 kg/ha, l'IBIP de 22 à 24 et l'IAM de 273 à 1135. Ces résultats sont déjà très intéressants alors que le suivi a eu lieu 18 mois après la fin des travaux.

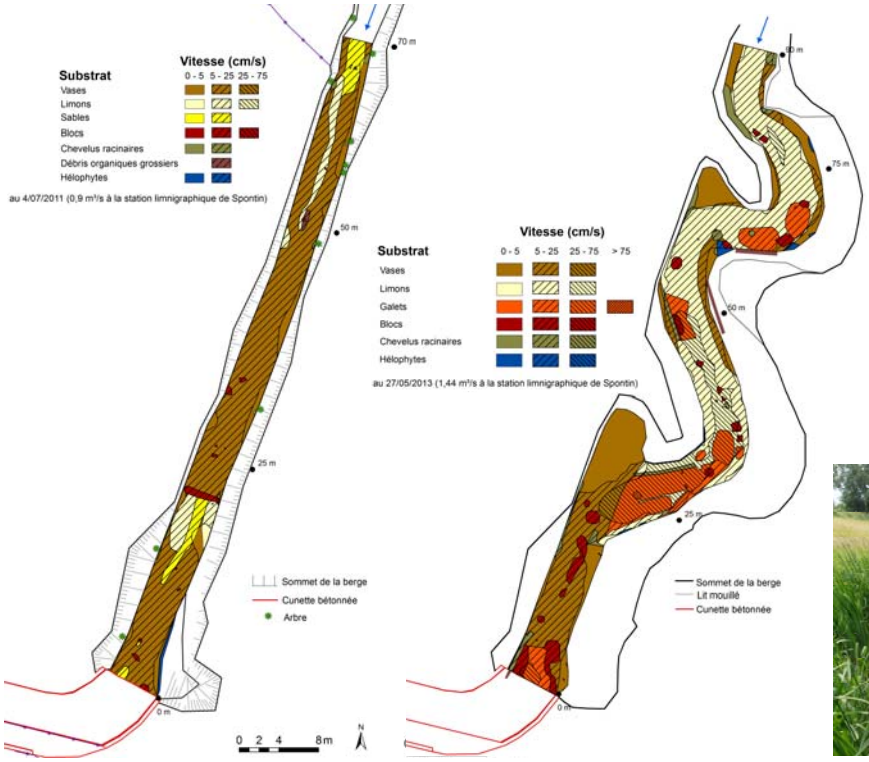


Figure 4: Microhabitats relevés avant (à gauche) et après (à droite) les travaux de reméandration

Photo 12: Echantillonnage des macroinvertébrés (juin 2013)

Photo 13: Pêche électrique (juin 2013)

Suivi du transport des sédiments

Un suivi des frayères reconstituées au moyen de galets roulés est également en cours. Il est basé sur des mesures de colmatage réalisées dans la frayère (sticks hypoxies et conductivité hydraulique), ainsi que sur l'évaluation de la mobilité des galets en fonction des événements hydrologiques (marquage par *Pit Tags*). Suite à une crue légèrement inférieure au niveau de plein bord, le marquage n'a pas bougé, ce qui indique que les galets de la frayère sont immobiles et donc soumis au colmatage. De nouveaux relevés pour de crues plus importantes permettront de déterminer si ces galets ne sont pas surdimensionnés.

Contacts

bernard.delecourt@spw.wallonie.be
a.peeters@ulg.ac.be
gisele.verniers@unamur.be

www.walphy.be

Projet co-financé par l'Union Européenne
LIFE07 ENV/B/00038

Les techniques utilisées ont été développées pour s'adapter aux contraintes particulières des sites décrits et pourraient ne pas s'appliquer sur d'autres sites

2.2 Reméandration secondaire de L'Eau Blanche à Nismes

Caractéristiques du secteur restauré

Masse d'eau : MM05R
Cours d'eau : Eau Blanche
Secteur restauré : Nismes (commune de Viroinval)
Longueur : 2367 m
Zonation piscicole : zone à Barbeaux (mais caractère salmonicole donné par les eaux calcaires)
Début des travaux : juin 2011
Fin des travaux : septembre 2011
Coût : 80 190 €

Taille du bassin versant	249 km²
Pente moyenne	1 ‰
Largeur moyenne	20,45 m
Puissance spécifique	19 W/m² (pour le débit à plein bord)
Débit moyen annuel	3,19 m³/s (station limnigraphique de Nismes, 1992 - 2005)

Contexte

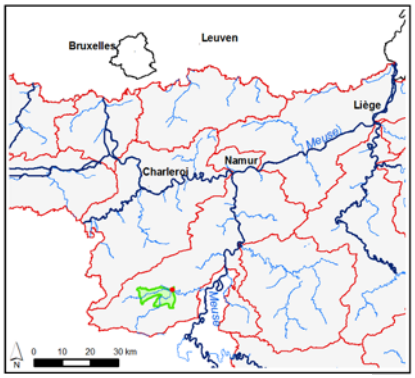
Historique

L'Eau Blanche à Nismes est un cours d'eau de plaine qui a subi d'importants travaux de rectification et de recalibrage (élargissement, approfondissement), principalement dans les années soixante, lors de travaux d'assainissement agricole (Wateringue de l'Eau Blanche). Ces travaux ont eu pour conséquence de banaliser les habitats aquatiques et rivulaires, entrainant des répercussions sur la faune et la flore aquatiques. Actuellement le cours d'eau n'a plus aucune mobilité latérale car ses berges sont stabilisées par des enrochements (photo 1). La vallée garde un caractère agricole (élevage et agriculture). Les enjeux inondation y sont faibles, excepté 1,8 km en amont, au niveau du village de Mariembourg. Le reste du secteur, essentiellement agricole, fonctionne comme bassin naturel d'écrêtement.
De part et d'autre du cours d'eau, une étroite bande de terrain (située à l'arrière des enrochements de pied de berge) peut être mise à profit pour le travail de restauration.

Photo 1: Travaux de rectification sur l'Eau Blanche à Nismes (vue vers l'aval, 1958)

Photo 2: L'Eau Blanche à Nismes avant reméandration (vue vers l'amont, 2011)

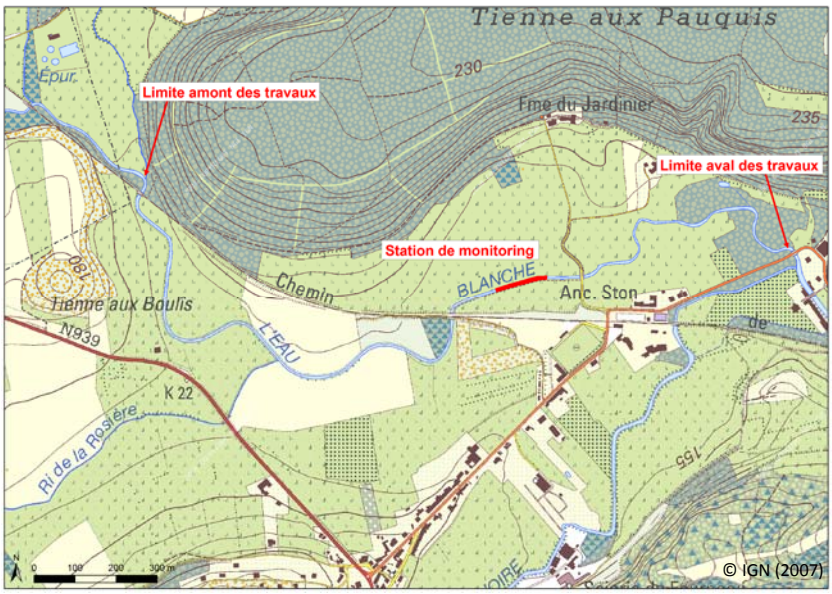
Localisation



Bassin hydrographique
Masse d'eau MM05R
Secteur réhabilité

Système hydrographique :

Cours d'eau navigables
Cours d'eau non navigables (cat.1)



Fiche actualisée le 31/12/2013

Reméandration secondaire de L'Eau Blanche à Nismes

Objectifs

Le projet vise à reconstituer un lit de basses eaux méandreux, générant des facies d'écoulement plus diversifiés, ce qui devrait contribuer à la création de nouveaux habitats. De plus, cette reméandration devrait permettre de réenclencher dans une certaine mesure les processus de dynamique fluviale, avec par conséquent l'apparition de berges verticales érodées et de dépôts émergés.

Figure 1: Photomontage de l'Eau Blanche à Nismes montrant le tracé des anciens méandres datant d'avant la rectification (trait bleu, photo de la décrue du 26/12/2012) et la reméandration secondaire réalisée dans le cadre des travaux de réhabilitation (rond rouge, photo du 23/03/2012 en basses eaux) (vue vers l'amont)

Design et réalisation

Le principe de base consiste à **déplacer le chenal de basses eaux** de part et d'autre de l'axe actuel du cours d'eau sans empiéter excessivement dans les parcelles adjacentes au cours d'eau. Le tracé des crêtes de berge n'est pas ou peu modifié, l'indice de sinuosité restant inchangé (figure 1).

Le travail est réalisé à la pelle mécanique en une seule étape: prélèvement en déblai des enrochements de protection de berge et pose en remblai de ces matériaux dans le lit adjacent, pour reconstituer un dépôt émergé (figure 2 et photo 3). Les déblais de berge argilo-limoneux sont étalés sur les enrochements composant le nouveau dépôt émergé. Il s'agit d'un travail critique et rapide, consistant à façonner des formes variées, asymétriques et irrégulières, en prenant exemple sur les formes naturelles.
La hauteur des dépôts émergés reconstitués est adaptée en fonction des enjeux d'inondation mais la largeur du lit mouillé sera toujours réduite significativement (1/4 à 1/2 section initiale) de façon à obtenir une sinuosité très marquée à l'étiage.

Le schéma de base qui consiste à mettre en place une méandration secondaire a permis de recréer 9 méandres dans les tronçons les plus rectilignes.

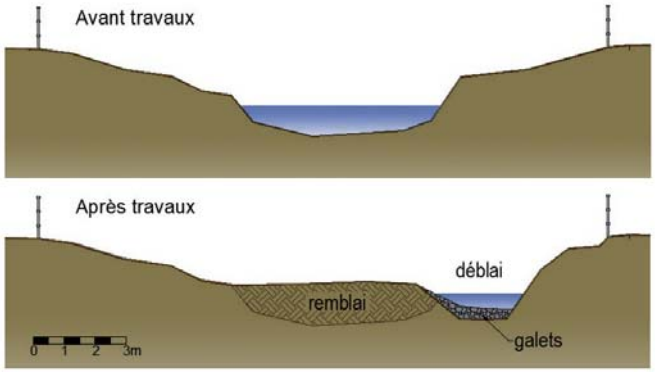


Figure 2: Profil en travers type dans un méandre

Photo 3: Terrassement des nouveaux méandres en déblai remblai et création d'un dépôt émergé (vue vers l'amont)

Reméandration secondaire de L'Eau Blanche à Nismes

Dynamique fluviale

L'enlèvement des protections de berges associé à la création des méandres favorise le processus d'érosion des berges en site de concavité. L'érosion est relativement réduite au niveau des berges composées de limon compact. Elle est par contre modérée à forte au niveau des berges comprenant du cailloutis. L'érosion de ce dernier va fournir des substrats biogènes (graviers, galets) au cours d'eau (photo 4). Sur les secteurs linéaires (sans talutage), l'érosion est faible, voire nulle.

Photo 4: Production d'un substrat biogène (graviers, galets) par érosion des berges

Dispositions complémentaires

Le secteur restauré possède divers tronçons dont l'état hydromorphologique varie sensiblement. Les contraintes d'inondation sont également spatialement variables. En fonction de ces deux critères et en complément de la reméandration secondaire, d'autres dispositifs de restauration ont été appliqués sur le secteur :

- enlèvement d'un gué en béton ;
- création de radiers et de frayères reconstituées (photo 5) ;
- terrassement de risbermes ;
- aménagement de caches à poissons au moyen de dalles en enrochement et de troncs ou souches (photo 6) ;
- déblai de deux grandes annexes hydrauliques au droit d'un ancien méandre (photo 7) ;
- création d'îlots (photo 8) ;
- plantations de ligneux et d'hélophytes.

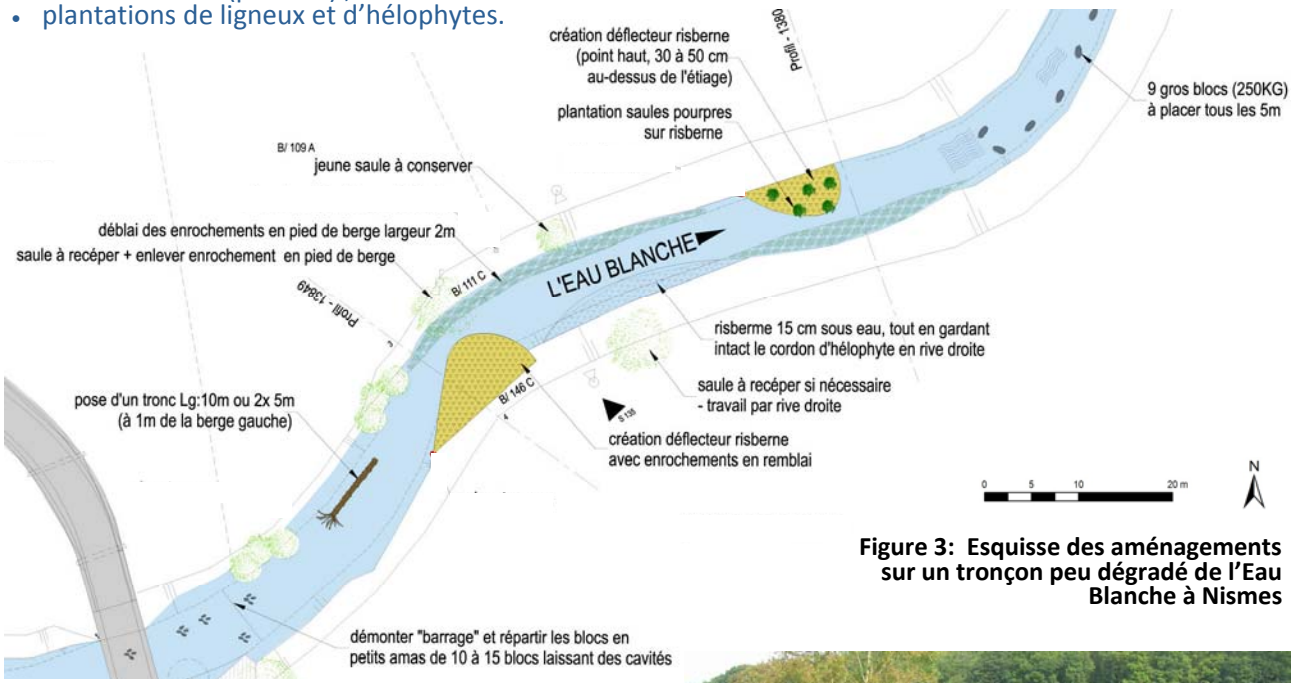


Figure 3: Esquisse des aménagements sur un tronçon peu dégradé de l'Eau Blanche à Nismes

Photo 5: Création d'une frayère par la pose de galets au fond du lit

Photo 6: Tronc d'arbre fonctionnant comme cache à poissons

Reméandration secondaire de L'Eau Blanche à Nismes

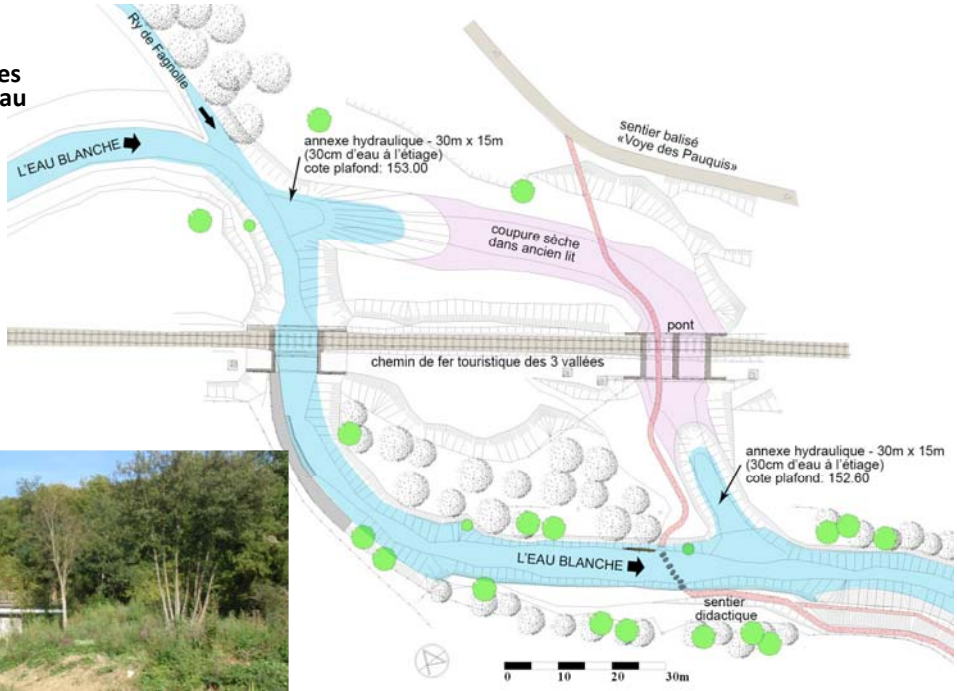


Figure 4: Annexes hydrauliques créées sur l'ancien bras de l'Eau Blanche

Photo 7: Annexe hydraulique aménagée au départ d'un ancien bras de l'Eau Blanche

Photo 8: Création d'un îlot dans un secteur à faible enjeu d'inondation (vue vers l'amont)

Photos 9, 10 et 11: Partie reméandrée du secteur suivi:

- **avant les travaux de restauration (avril 2011, en haut à gauche)**
- **11 mois après les travaux de restauration (mars 2012, en bas à gauche)**
- **2 ans après les travaux de restauration (juin 2013, en bas à droite)**

Monitoring

Suivis hydromorphologiques et écologiques

Un secteur de 125 m de long a fait l'objet d'un état initial avant les travaux de réhabilitation en avril 2011. Un premier suivi après travaux de réhabilitation a eu lieu en mai 2012 selon le même protocole (figure 5, photo 9).

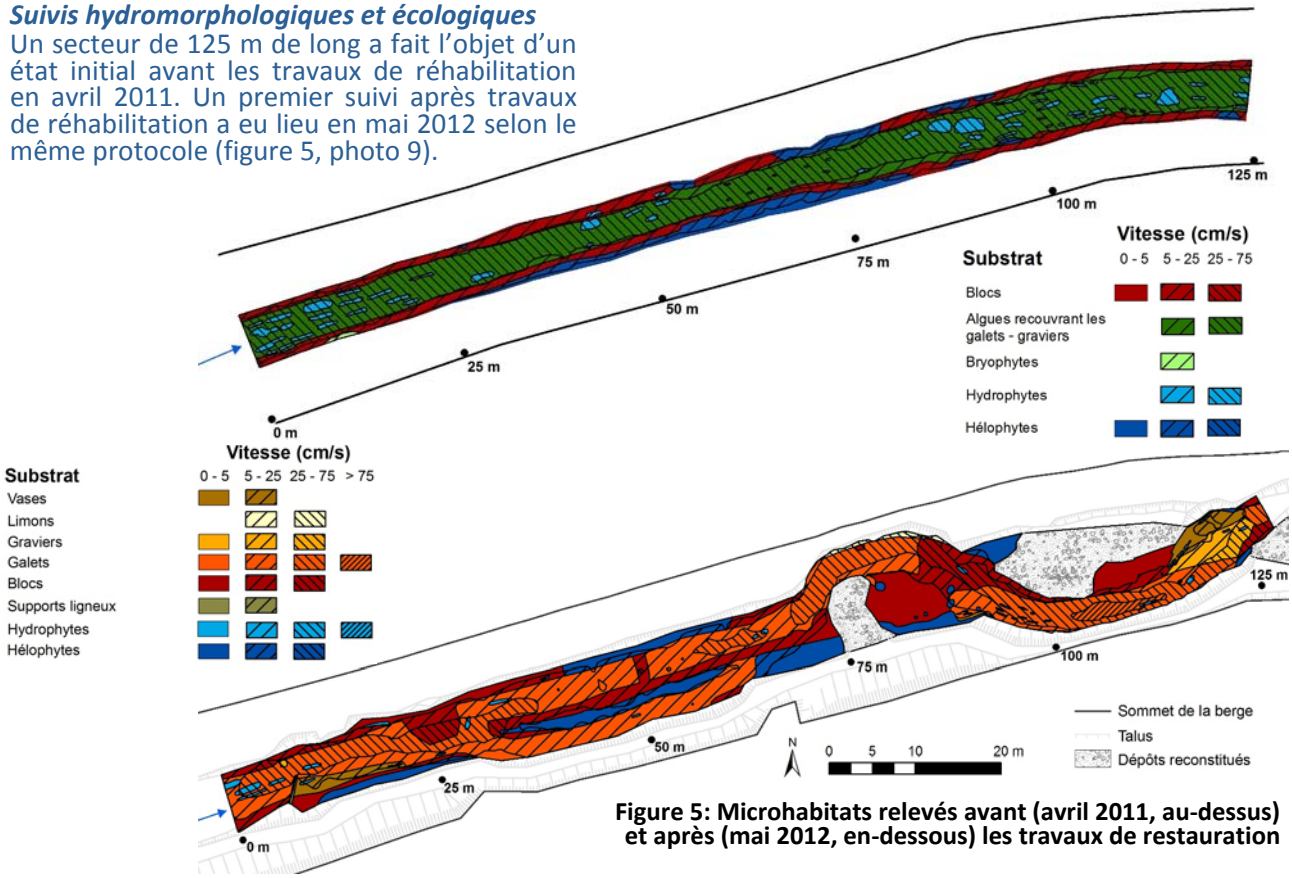


Figure 5: Microhabitats relevés avant (avril 2011, au-dessus) et après (mai 2012, en-dessous) les travaux de restauration

Les travaux ont permis d'augmenter de 12 le nombre de microhabitats, le coefficient morphodynamique évoluant favorablement de 14 à 16,5/20. Des espèces plus sensibles à la qualité du milieu sont apparues comme les plécoptères (photo 15), avec un impact direct sur « l'indice macroinvertébrés » déjà un an après les travaux.

Les petites espèces de poissons comme la loche franche, le chabot et l'épinoche ont diminué après travaux mais la biomasse totale et « l'indice poissons » ont peu varié (photos 13 et 14). D'autres contrôles sont déjà prévus pour analyser la situation dans un délai plus compatible avec le rétablissement de l'équilibre dynamique de la rivière.

Photo 12: Relevé des microhabitats

Photos 13 et 14: Suivi par pêche électrique (août 2012)

Photo 15: Larve de Leuctridae (Plécoptère)

Reméandration secondaire de L'Eau Blanche à Nismes

Suivi de la dynamique du cours d'eau et du transport des sédiments

Le même secteur de 125 m de long a également fait l'objet d'un suivi de la dynamique du cours d'eau. Ce suivi repose sur la comparaison des relevés topographiques réalisés avant et après une série de crues morphogènes, ainsi que sur le relevé de repères d'érosion implantés dans les berges. Il ressort de cette analyse que, malgré la faible puissance (~19 W/m²) de l'Eau Blanche sur ce secteur à faible pente, les aménagements réalisés ont permis de rendre au cours d'eau une certaine dynamique. En effet, en travaillant sur les enrochements par déblai remblai, il est possible de modifier les écoulements du cours d'eau et ainsi d'amorcer une dynamique des berges.

La technique des **repères d'érosion** a ainsi mis en évidence un recul maximum de berge de 77 cm en 2 ans (profil 13).

De plus, outre les érosions de berges, d'autres **changements morphologiques** ont été mis en évidence (figure 6): des secteurs sur lesquels une érosion ou une aggradation (accumulation) du lit est observée témoignent d'un retour à une diversité des formes du lit, liée au transport des sédiments.

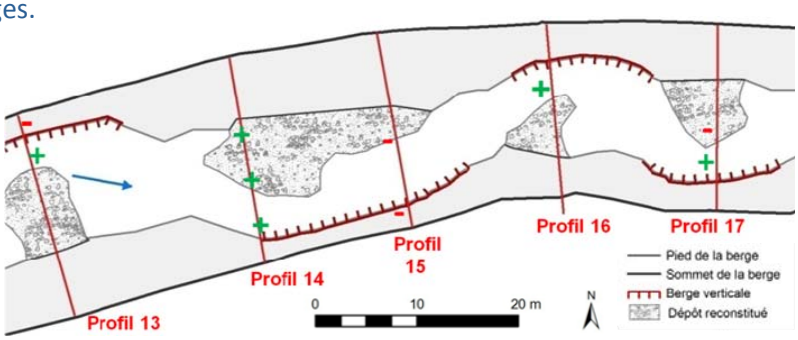


Figure 6: Localisation des zones soumises à de l'érosion (moins rouge) et à de l'aggradation (plus vert) au niveau du secteur reméandré

Un suivi des **frayères reconstituées** au moyen de galets roulés est également en cours. Il est basé sur des mesures de colmatage réalisées sur une frayère (sticks hypoxies et conductivité hydraulique), ainsi que sur l'évaluation de la mobilité des galets en fonction des événements hydrologiques (marquage par *Pit Tags*). Il est encore trop tôt pour tirer des conclusions sur ce suivi. Néanmoins, il tend à montrer que la frayère semble se colmater par les sédiments fins, malgré une bonne mobilité des galets qui la composent. L'épaisseur de la frayère est assez limitée et il faut espérer que les érosions de berge fournissent d'avantage de galets pour ainsi augmenter son épaisseur.

Sentier didactique

Un sentier didactique a été aménagé en berge droite sur un linéaire de 1,6 km. Il permet de découvrir les différentes réalisations (photo 16). Six panneaux à vocation pédagogique sont judicieusement placés le long de ce sentier (figure 6).

Photo 16: Panneaux didactiques situés le long de l'Eau Blanche (vue vers l'amont)

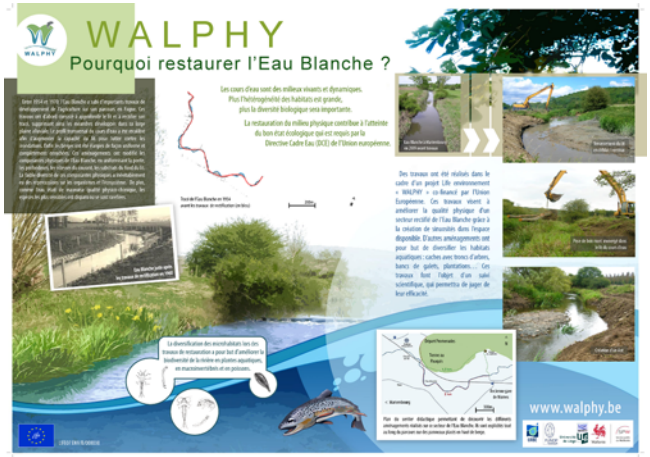


Figure 6: Exemple de panneau installé le long du sentier didactique

Contacts

bernard.delecourt@spw.wallonie.be
a.peeters@ulg.ac.be
gisele.verniers@unamur.be

www.walphy.be

Projet co-financé par l'Union Européenne
LIFE07 ENV/B/00038

Les techniques utilisées ont été développées pour s'adapter aux contraintes particulières des sites décrits et pourraient ne pas s'appliquer sur d'autres sites

2.3 Diversification des habitats sur l'Eau Blanche à Mariembourg

Caractéristiques du secteur restauré

Masse d'eau : MM05R
Cours d'eau : Eau Blanche
Secteur restauré : Mariembourg (commune de Couvin)
Longueur : 2631 m
Zonation piscicole : zone à barbeau (mais caractère salmonicole donné par les eaux calcaires)
Début des travaux : septembre 2010
Fin des travaux : mai 2011
Coût : 80 190 €

Taille du bassin versant	143 km²
Pente moyenne	1,3 ‰
Largeur moyenne	18,4 m
Puissance spécifique	~ 11 W/m² (pour le débit à plein bord)
Débit moyen annuel	1,74 m³/s (station limnigraphique d'Aublain, 1992 - 2005)

Contexte

Historique

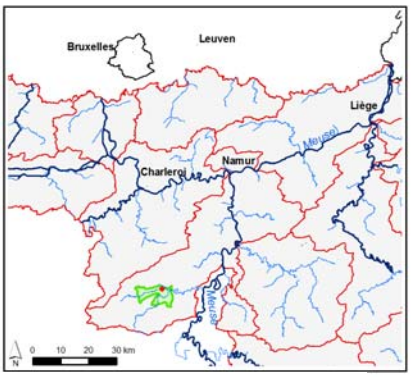
L'Eau Blanche à Mariembourg est un cours d'eau de plaine qui a subi d'importants travaux de rectification et de recalibrage (élargissement, approfondissement), principalement dans les années soixante, lors de travaux d'assainissement agricole (Wateringue de l'Eau Blanche, photo 1). Ces travaux ont eu pour conséquence de banaliser les habitats aquatiques et rivulaires, entrainant des répercussions sur la faune et la flore aquatiques. Actuellement le cours d'eau n'a plus aucune mobilité latérale car ses berges sont stabilisées par des enrochements (photo 2). L'eau y est de qualité moyenne à bonne. La vallée garde un caractère agricole (élevage et agriculture), avec cependant des enjeux « inondation » élevés en raison de la présence d'habitations.

De part et d'autre du cours d'eau, une étroite bande de terrain (située à l'arrière des enrochements de pied de berge) peut être mise à profit pour le travail de restauration.

Photo 1: Travaux de rectification en 1954 sur l'Eau Blanche à Mariembourg (Pont Pavot)

Photo 2: L'Eau Blanche à Mariembourg en 2009

Localisation



Bassin hydrographique
Masse d'eau MM05R
Secteur réhabilité

Système hydrographique :

Cours d'eau navigables
Cours d'eau non navigables (cat.1)

Fiche actualisée le 31/12/2013

Diversification des habitats sur l'Eau Blanche à Mariembourg

Objectifs

Le projet vise à multiplier **les habitats aquatiques** dans le lit mineur à l'aide d'aménagements favorisant la diversité des faciès d'écoulement (profondeur et vitesse de courant) et les processus de **dynamique fluviale**.

Design et réalisation

Le tracé actuel rectifié de l'Eau Blanche recoupe ses anciens méandres (toujours visibles sur le plan cadastral). A Mariembourg, les contraintes liées aux inondations et aux aspects fonciers ne permettaient pas de replacer le cours d'eau dans son ancien lit. L'intervention devait donc se limiter au lit mineur, délimité par les crêtes de berge.
Sur base d'une reconnaissance de terrain effectuée en 2008-2009, un état des lieux a pu être réalisé en recensant les faciès présents (essentiellement des plats courants lents), les faciès manquants (peu de seuils) et d'autres éléments physiques du cours d'eau (ripisylve de contact, annexes hydrauliques, hélophytes, débris organiques, caches, etc.).
L'analyse cartographique a ensuite permis d'identifier la forme et l'emplacement des anciens méandres, ce qui a orienté, dans certaines limites, le design des aménagements (figure 1).

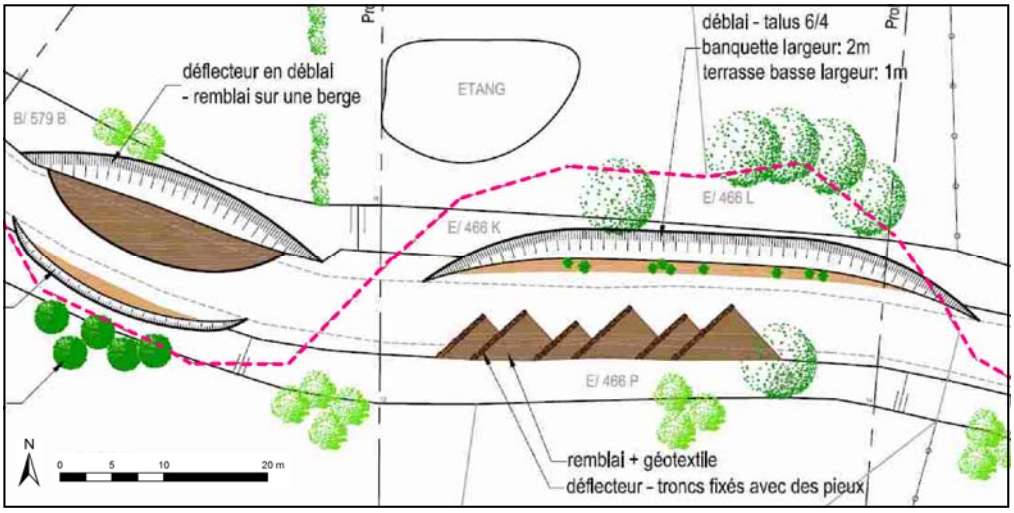


Figure 1: Esquisse des aménagements, tenant compte du tracé des anciens méandres (axe de l'ancien lit représenté en trait discontinu)

Le lit mineur a été aménagé grâce à une variété de dispositifs et de matériaux mis en place, en respectant quelques grands principes (figure 2) : créer une sinuosité secondaire ou accentuer une sinuosité existante, diversifier les faciès d'écoulement et réaliser des profils asymétriques. Les lignes d'eau en étiage peuvent être ponctuellement relevées de quelques centimètres mais en hautes eaux la capacité hydraulique doit être conservée, voire augmentée (secteur aval).

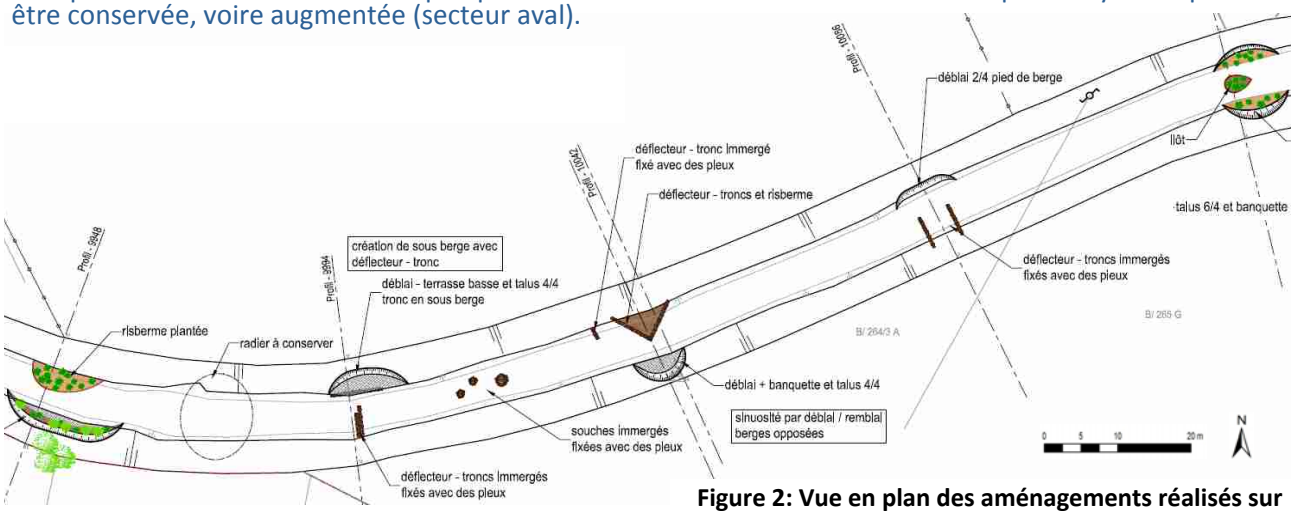


Figure 2: Vue en plan des aménagements réalisés sur le secteur qui a fait l'objet du suivi scientifique

Diversification des habitats sur l'Eau Blanche à Mariembourg

Principaux dispositifs

Déflecteurs

Des déflecteurs ont été construits dans le but de diversifier les vitesses de courant et plus particulièrement de favoriser des zones de courants moyens à rapides (vitesse > 0,5 m/s). Les matériaux utilisés, leurs dimensions et les techniques employées sont nombreux : tronc(s) d'arbre en travers du lit, blocs d'enrochements, banquettes de terre couverte ou non d'un géotextile (photos 3 à 6). Les déflecteurs ont judicieusement été combinés à la pose de galets roulés pour créer des frayères (photo 3) et à la pose de troncs d'arbre en sous-berge pour offrir des caches aux poissons.

Photo 3: Déflecteur oblique en enrochements, piégeant des graviers en amont

Photo 4: Troncs déflecteurs posés en oblique par rapport à l'axe d'écoulement (vue vers aval)

Photo 5: Déflecteur en terre recouvert par un géotextile de coco accentuant la sinuosité (vue vers l'amont)

Photo 6: Déflecteur en troncs en rive gauche, déblai de la berge droite et frayère reconstituée (vue vers l'aval)

Risbermes

Les risbermes sont des zones peu profondes et adjacentes à la berge. Elles sont colonisées par des hélophytes et sont appréciées par les poissons de petites tailles. Les risbermes sont généralement créées par terrassement en déblai remblai des berges (photos 7 et 8). Elles peuvent également être construites à l'aide de pieux de bois (photo 9).

Photo 7: Risbermes terrassées en déblai sur les deux rives (vue vers l'amont ; les cordons d'hélophytes marquent l'ancien pied de berge)

Photo 8: Risbermes terrassées en déblai sur la rive gauche et en remblai sur la rive droite (vue vers l'aval)

Photo 9: Réalisation de risbermes par déblai en rive droite et par éléments construits avec des pieux en rive gauche (vue vers l'aval)

Diversification des habitats sur l'Eau Blanche à Mariembourg

Bois habitats

Les troncs, souches, branchages et autres débris en bois sont des éléments qui se trouvent dans un cours d'eau à l'état naturel. Ces structures complexes généralement immergées sont des zones d'habitat privilégiées pour les poissons et la microfaune en général.
Des troncs et des souches d'arbres ont été introduits dans le lit du cours d'eau et fixés par des pieux de chêne ou par ancrage direct en berge. Ils proviennent d'un secteur situé en amont du bassin de l'Eau Blanche, possédant une ripisylve fort développée (photos 10 à 12).

Photo 10: Pose à la pelle mécanique d'un tronc d'aulne de 6 m pourvu de sa souche (vue vers l'aval)

Photo 11: Fixation d'un tronc avec souche au moyen de pieux croisés

Photo 12: Fixation par ancrage en berge d'un tronc taillé en pointe à l'aide d'une pelle mécanique (vue vers l'amont)

Dispositions complémentaires

D'autres aménagements complémentaires ont été réalisés, tels que l'effacement d'un petit barrage et d'un seuil, la constructions d'îlots, la création de frayères et la plantation de ligneux (aulnes, saules buissonnant de diverses espèces et saules blancs pour têtards) et d'hélophytes (iris, joncs, baldingère, carex, etc.) (photos 13 et 14).

Photo 13: Ilot (vue vers l'amont)

Photo 14: Ilot et plantations de saules (*Salix purpurea*) formant une ripisylve de contact et une zone de refuge pour les poissons (vue vers l'aval)

Diversification des habitats sur l'Eau Blanche à Mariembourg

Monitoring

Suivis hydromorphologiques et écologiques

Un secteur de 150 m de long a fait l'objet d'un état initial avant les travaux de réhabilitation en juin 2010. Un premier suivi après travaux de réhabilitation a eu lieu en juillet 2012 selon le même protocole.

Photo 15: Relevé des microhabitats (vue vers l'amont, juillet 2012)

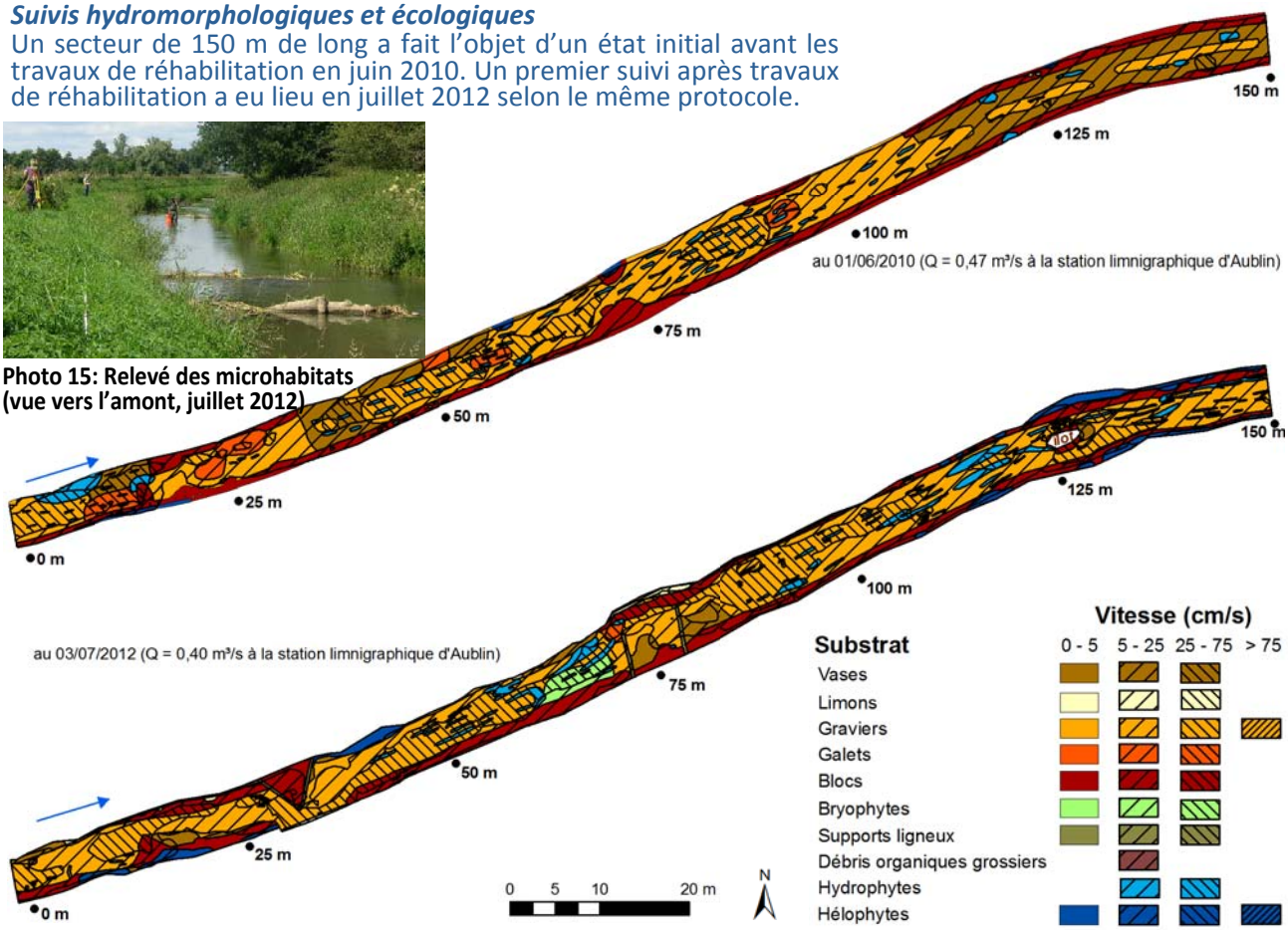


Figure 3: Microhabitats relevés avant (juin 2010, au-dessus) et après (juillet 2012, en-dessous) les travaux de réhabilitation

Les aménagements nombreux mais ponctuels mis en place à Mariembourg ont permis une amélioration de la qualité écologique du site. Neuf nouveaux habitats ont été créés, ce qui se traduit au niveau du coefficient morphodynamique qui passe de 14/20 avant travaux à 16 après travaux. Tous les indices concernant les macroinvertébrés ont augmenté. L'ombre, espèce de poisson sensible à la qualité du milieu, a recolonisé ce secteur après les travaux d'aménagement.

Photo 16: Pêche électrique (août 2012)

Photo 17 : Salicaire

Contacts

bernard.delecourt@spw.wallonie.be
a.peeters@ulg.ac.be
gisele.verniers@unamur.be

www.walphy.be

Projet co-financé par l'Union Européenne
LIFE07 ENV/B/00038

Les techniques utilisées ont été développées pour s'adapter aux contraintes particulières des sites décrits et pourraient ne pas s'appliquer sur d'autres sites

2.4 Reprise d'un ancien méandre de l'Eau Blanche à Boussu-en-Fagne

Caractéristiques du secteur restauré

Masse d'eau : MM05R
Cours d'eau : Eau Blanche
Secteur restauré : amont de Boussu-en-Fagne (commune de Couvin)
Longueur : 270 m (méandre 188 m)
Zonation piscicole : : zone à barbeau (mais caractère salmonicole donné par les eaux calcaires)
Début des travaux : octobre 2011
Fin des travaux : novembre 2011
Coût : 77 555 €

Taille du bassin versant	136 km²
Pente moyenne	1,2 ‰
Largeur moyenne	14,9 m
Puissance spécifique	~ 13,4 W/m² (pour le débit à plein bord)
Débit moyen annuel	1,74 m³/s (station limnigraphique d'Aublain, 1974 - 2013)

Contexte

Historique

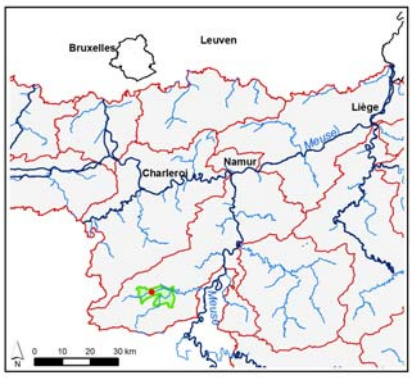
Dans sa traversée de la Fagne, l'Eau Blanche est caractérisée par une faible pente et un tracé naturellement sinueux. Cependant, dès la fin des années 1950, dans le cadre des travaux d'hydraulique agricole de la Wateringue de l'Eau Blanche, le cours d'eau a subi des modifications tant au niveau du lit majeur (rectification du tracé) que du lit mineur (élargissement, approfondissement et berges retalutées et empierrées). Ces travaux ont eu pour conséquence de banaliser les habitats aquatiques et rivulaires, entrainant des répercussions sur la faune et la flore aquatiques. Actuellement le cours d'eau n'a plus aucune mobilité latérale car ses berges sont stabilisées par des enrochements (photo 1).

Photo 1: L'Eau Blanche à Boussu-en-Fagne avant les travaux de restauration (vue vers l'amont)

De nos jours, la vallée a gardé un caractère agricole (herbages). Sa partie amont est classée en site Natura 2000 (vallée de l'Eau Blanche BE35027).
En amont de Boussu-en-Fagne, une boucle d'un ancien méandre est toujours visible dans le paysage, sous forme d'une dépression partiellement remblayée. C'est sur cette boucle que le projet de réhabilitation a eu lieu sur une longueur de 188 m. En plus de reconnecter cette boucle au cours d'eau, une série d'aménagements a été prévue afin de diversifier les habitats du lit mineur.
Deux ***contraintes*** sont imposées au terme des concertations avec les riverains :

- la ligne d'eau amont ne peut pas être sensiblement modifiée, au risque de noyer trop fréquemment les drains agricoles ;
- la fréquence des débordements ne peut pas être notablement augmentée.

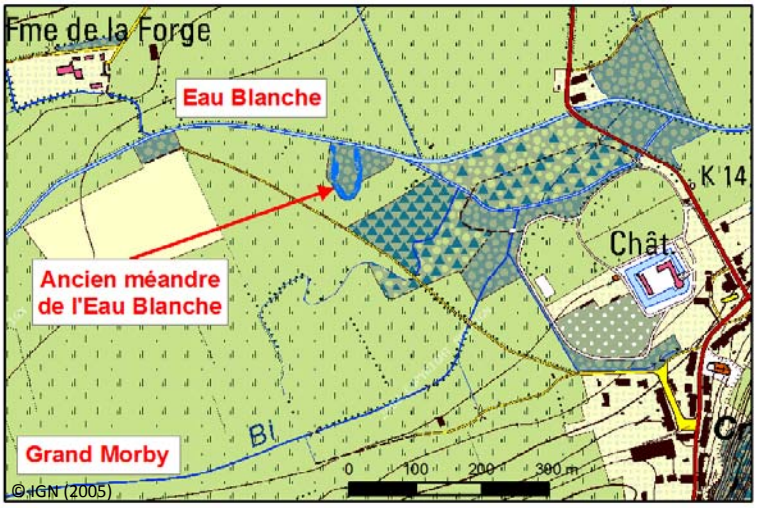
Localisation



Bassin hydrographique
Masse d'eau MM05R
Secteur réhabilité

Système hydrographique :

Cours d'eau navigables
Cours d'eau non navigables (cat.1)



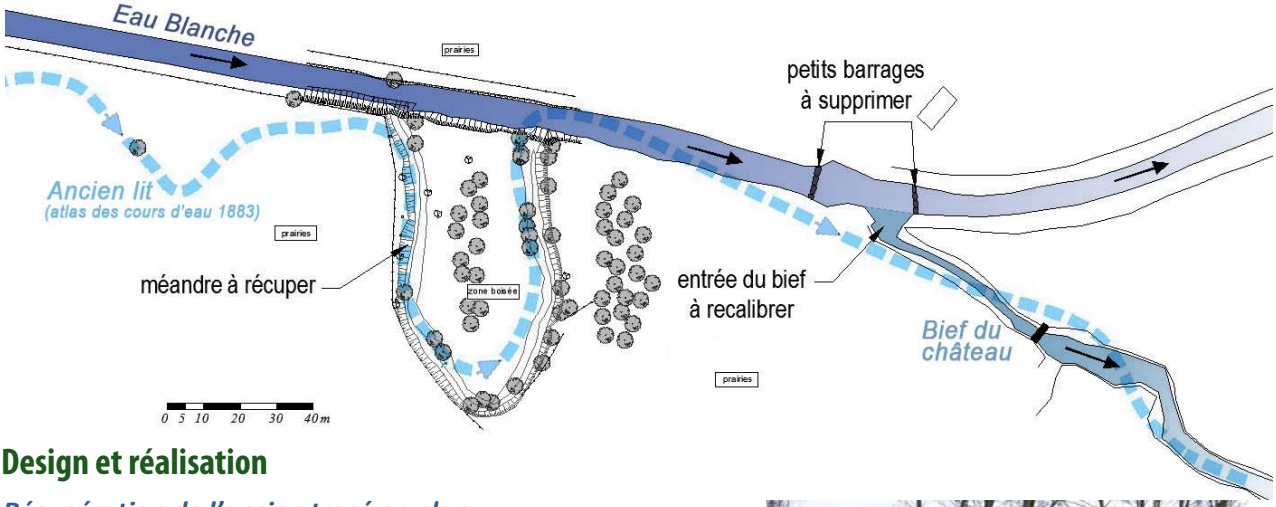
Fiche actualisée le 31/12/2013

Reprise d'un ancien méandre de l'Eau Blanche à Boussu-en-Fagne

Objectifs

Ce projet vise une remise en eau de l'ancienne boucle de méandre, en respectant l'ancien profil en long du méandre. Il s'agit de la première phase d'un objectif plus ambitieux de récupération d'anciens méandres en amont du site.

Figure 1: Plan d'ensemble des tracés du lit actuel (2010) et de l'ancien lit (1883)



Design et réalisation

Récupération de l'ancien tracé en plan

L'ancien tracé en plan peut être récupéré aisément car un étroit talweg au droit de l'ancien méandre est encore parfaitement visible sur le terrain (photo 2). Trois sondages à la pelle mécanique ont été entrepris préliminairement pour déterminer l'altitude exacte du fond de l'ancien lit. Ces sondages ont révélé des dépôts importants de graviers (fond de l'ancien lit) comportant une densité élevée de coquilles de Mulette épaisse (*Unio crassus*), un bivalve aujourd'hui disparu de l'Eau Blanche, espèce classée N2000.

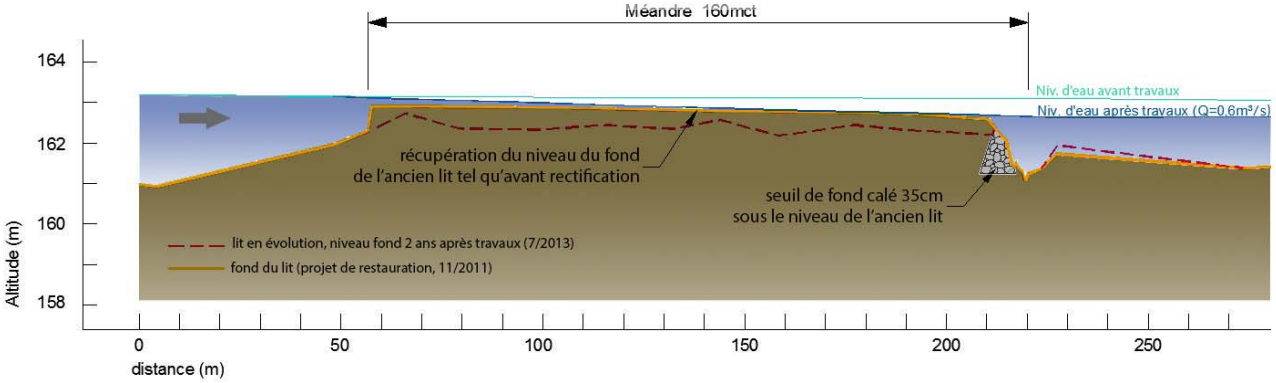
Photo 3: Graviers de l'ancien lit de l'Eau Blanche, avec coquilles de Mulette épaisse

Photo 2: Extrémité aval de la boucle de l'ancien méandre partiellement reconnecté à l'Eau Blanche à la faveur d'une petite crue (01/03/2010)

Profil en long

Les travaux ont été réalisés en respectant tant que possible le profil en long de l'ancien lit, situé environ 1 m plus haut que le lit rectifié. L'idée est de donner au méandre une pente un peu plus forte que la pente naturelle, pour le faire fonctionner ainsi comme un long seuil (radier) qui pourrait peu à peu s'auto-ajuster par érosion régressive. Cette pente est récupérée grâce à la suppression de deux petits barrages en enrochement, situés à l'aval du méandre (gain de 40 cm de hauteur). Un seuil de fond en enrochements est calé en sortie de méandre, 35 cm sous le plafond de l'ancien lit, de façon à stabiliser le processus à un moment raisonnable.

Figure 2: Profil en long dans le méandre



Reprise d'un ancien méandre de l'Eau Blanche à Boussu-en-Fagne

Creusement du lit

Après l'implantation et le nettoyage de la végétation, le lit est déblayé et 1300 m³ de terre sont évacués.
Pour conserver une capacité hydraulique suffisante dans le méandre, il est nécessaire de surdimensionner la section d'écoulement en largeur, par le déblai de larges banquettes inondables et par la mise en place d'une rive convexe en pente très douce.

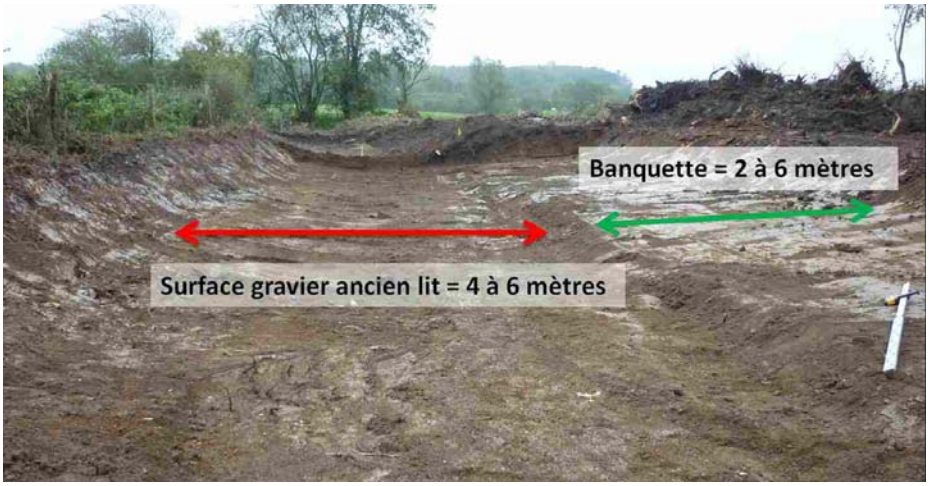


Photo 4: Creusement du lit (vue vers l'amont)

Habitats aquatiques et rivulaires

Les profils transversaux de berges sont variés, avec des berges de talus 1/4 à 4/4 en rive concave, peu ou pas protégées contre l'érosion. Les processus d'érosion des berges et du lit devraient permettre de diversifier les habitats aquatiques. Néanmoins, dans le but de disposer rapidement d'habitats variés, des mesures complémentaires sont prises (photos 5, 6 et 7) :

- des souches sont maintenues dans le lit alors que d'autres sont ajoutées et fixées en îlot et au pied de la berge concave ;
- trois petites mouilles sont également creusées au pied de la berge concave ;
- quelques troncs sont disposés en sous berge pour servir de caches à poissons (photo 6) ;
- des blocs d'enrochements sont posés de façon éparse pour diversifier les courants ;
- des plantations d'hélophytes et de ligneux (saules et aulnes) parachèvent le travail.

Photo 5: Diversification des habitats dans le méandre (vue vers l'amont, 10 mois après les travaux)

Photo 6: Troncs d'arbres disposés en sous berge (10 mois après les travaux)

Photo 7: Diversification des habitats dans le méandre (vue vers l'aval, 10 mois après les travaux)

Remblai et annexe hydraulique

Le tronçon du lit rectifié recoupant le méandre est partiellement remblayé, laissant en sortie de méandre une annexe hydraulique (figure 3).
Le remblai en terre est protégé à l'amont et à l'aval par des enrochements et est recouvert par un géotextile biodégradable de coco tissé et ancré avec des fixations en bois. Cet espace est enherbé et géré en prairie pâturée.
L'annexe hydraulique consiste en une zone de faible profondeur animée par de faibles vitesses de courant (photo 8). Cet habitat pourrait être rapidement colonisé par les poissons de petites tailles.

Photo 8: Annexe hydraulique (vue vers l'aval depuis la coupure sèche)

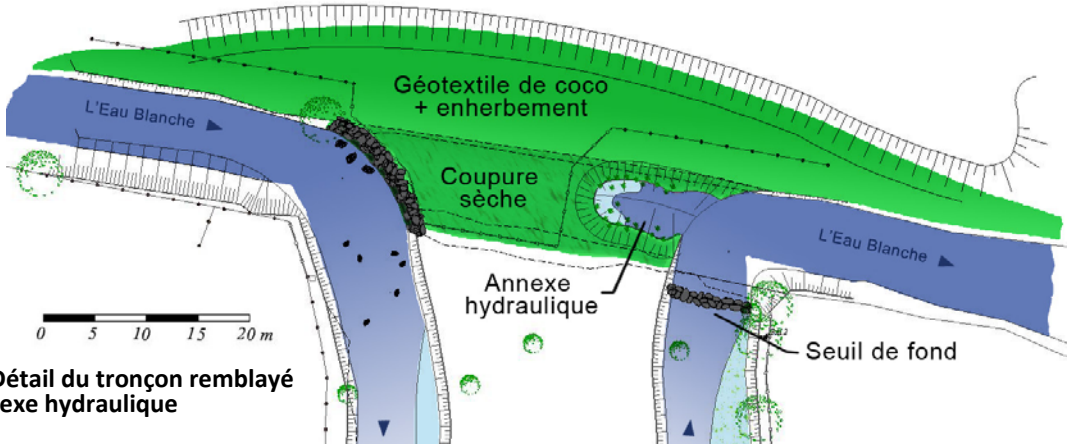


Figure 3: Détail du tronçon remblayé et de l'annexe hydraulique

Coupure sèche

Afin de ne pas aggraver les crues, le remblai de l'Eau Blanche n'est pas complet mais laisse un passage pour que le recoupement du méandre puisse se faire en crue (fonctionnement dit « en coupure sèche »). Pour la même raison, les merlons de terre situés en sommet de berge qui endiguaient l'Eau Blanche sont arasés sur 40 cm de hauteur et 9 m de largeur.

Photo 9: Coupure sèche, fonctionnant en crue (vue vers l'amont, le 30/01/2013)

Reprise d'un ancien méandre de l'Eau Blanche à Boussu-en-Fagne

Monitoring

Suivis hydromorphologiques et écologiques

Un secteur de 70 m de long de l'Eau Blanche rectifiée a fait l'objet d'un état initial avant les travaux de réhabilitation en 2010 (haut de la figure 4). Un premier suivi après travaux de réhabilitation a eu lieu en 2013 sur un secteur de 100 m du nouveau tracé selon le même protocole (bas de la figure 4). Il en ressort que, par rapport au tracé peu diversifié de l'Eau Blanche rectifiée, la reprise de l'ancien méandre a permis de créer 18 microhabitats supplémentaires. De ce fait, le coefficient morphodynamique augmente de 12 à 18/20.

La richesse taxonomique est déjà importante avec un groupe faunistique indicateur élevé de 7/9, ce qui se traduit par un indice biotique de 15/20.

Huit espèces de poissons ont été recensées dont 97 % d'individus rhéophiles. L'indice poissons de 24/30 témoigne d'une bonne qualité piscicole.

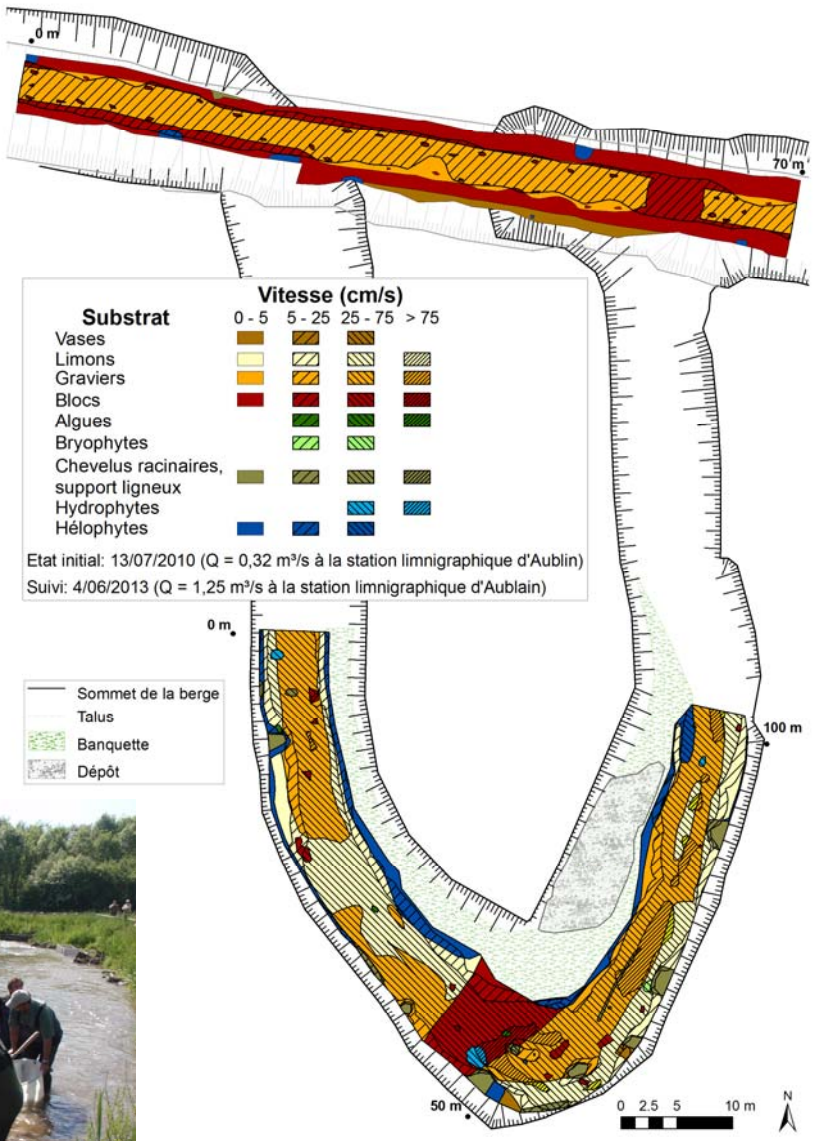


Figure 4: Microhabitats relevés avant (au-dessus) et après (en-dessous) les travaux de réhabilitation

Photo 10: Pêche électrique sur la boucle de méandre restauré (2013, vue vers l'aval)

Suivi de la dynamique du cours d'eau et du transport des sédiments

L'ensemble de la boucle du méandre a fait l'objet d'un suivi de la dynamique du cours d'eau basé sur la comparaison des relevés topographiques réalisés avant et après une série de crues morphogènes. Cette analyse met en évidence une tendance générale à l'érosion du lit au sein du méandre restauré et ce, malgré la présence du seuil de fond. Cette érosion est surtout marquée dans la moitié aval du méandre.

Contacts

bernard.delecourt@spw.wallonie.be
a.peeters@ulg.ac.be
gisele.verniers@unamur.be

www.walphy.be

Projet co-financé par l'Union Européenne
LIFE07 ENV/B/00038

Les techniques utilisées ont été développées pour s'adapter aux contraintes particulières des sites décrits et pourraient ne pas s'appliquer sur d'autres sites

2.5 Remise en eau de l'ancien lit du Grand Morby sur 1 km

Caractéristiques du secteur restauré

Masse d'eau : MM05R
Cours d'eau : Grand Morby (affluent de l'Eau Blanche)
Secteur restauré : amont de Boussu-en-Fagne (commune de Couvin)
Longueur : 1036 m
Début des travaux : août 2012
Fin des travaux : octobre 2012
Coût : 89 400 €

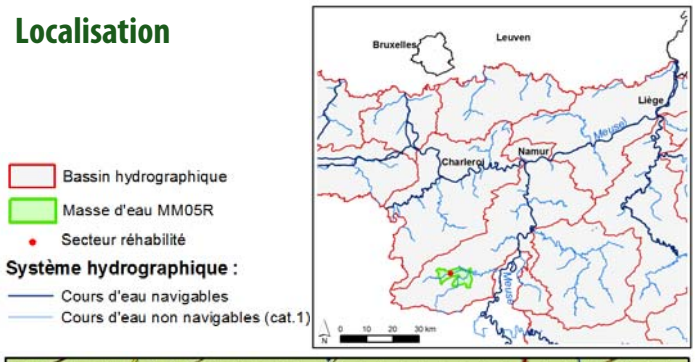
Taille du bassin versant	6,6 km²
Pente moyenne	1,2 ‰
Largeur moyenne	~ 4 m
Puissance spécifique	< 10 W/m² (pour le débit à plein bord)
Débit moyen annuel	Pas de donnée

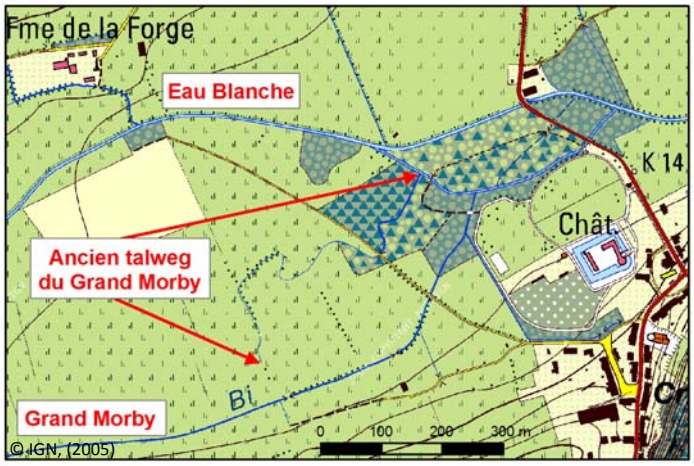
Photo 1: Lit rectifié du Grand Morby à Boussu-en-Fagne (vue vers l'aval, avant travaux)

Contexte

Le ruisseau du Grand Morby est un petit affluent de l'Eau Blanche qui a été profondément remanié au cours de son histoire.
Ce ruisseau capte plusieurs sources et résurgences situées au pied du versant droit de la vallée. Il est également alimenté par une petite dérivation de l'Eau Blanche à Aublain, 4 km en amont.
Dans les années soixante, ce ruisseau a été rectifié et déplacé hors de son talweg (photo 1) dans une perspective d'amélioration agricole. L'ancien lit méandreux avait été partiellement remblayé mais son tracé était encore visible lors des crues (photo 2). Cette rectification a eu pour effet une diminution des habitats aquatiques liée à la banalisation des facies d'écoulement.

Localisation





Objectifs

Le projet vise à restaurer le tracé méandreux d'origine sur 1036 m, jusqu'à la confluence avec l'Eau Blanche, en respectant deux contraintes : ne pas modifier sensiblement la ligne d'eau amont et garder un débit d'appoint minimum dans le lit rectifié car celui-ci reçoit des rejets d'eaux usées en aval.
Les travaux visent aussi à recréer plus spécifiquement des zones de frayères pour la truite.

Photo 2: En crue, le Grand Morby reprend son ancien lit

Fiche actualisée le 31/12/2013

Remise du Ruisseau le Grand Morby dans son talweg

Design et dimensionnement

Tracé du lit

L'ancien tracé en plan peut être réutilisé aisément car, sur le secteur amont remblayé, la trace des anciens méandres était encore visible sur le terrain (voir photo 2). Dans le secteur aval, les anciens méandres bordés de ripisylves ont été conservés (photo 3). La pente moyenne du lit à méandres est de 1,2 ‰.

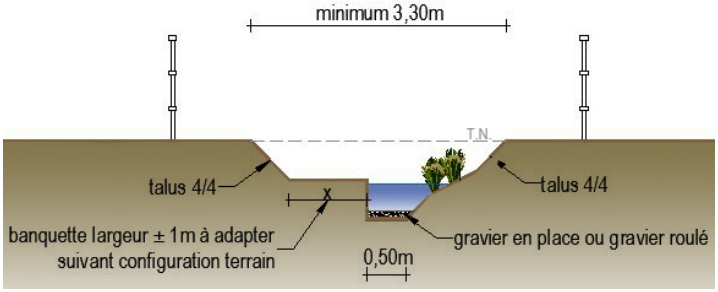
Photo 3: Vue d'ensemble du tracé
(Image Drone du 22/11/2012, ULg Agro-Bio Tech, 2012)

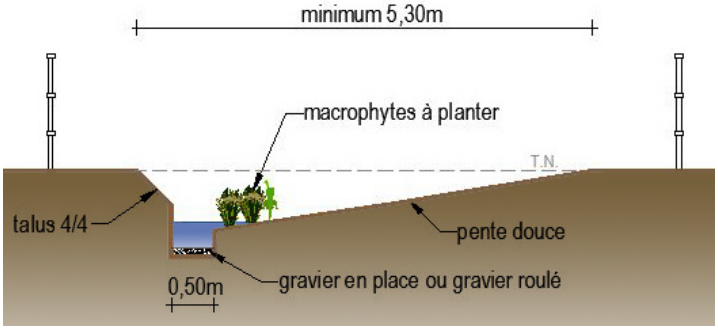
Dimensionnement des méandres

D'après le levé topographique des anciens méandres non remblayés, les sections de l'ancien lit semblent surdimensionnées par rapport à la capacité d'écoulement du Grand Morby. Il s'agit probablement des méandres d'un ancien lit ou d'un ancien bras de l'Eau Blanche.

Le dimensionnement des sections à réaliser sur le secteur amont n'a pas été basé sur ces sections de l'Eau blanche mais bien sur base d'un débit à plein bord estimé à 1m³/s. Ce débit correspond au débit maximum entrant dans le Morby par la dérivation amont venant de l'Eau Blanche. Procédant de la sorte, nous avons établi des profils en travers légèrement sous-dimensionnés, permettant au ruisseau un certain auto-ajustement. La puissance spécifique du Morby et donc sa capacité d'érosion et d'auto-ajustement étant très faibles (< 10 W/m²), il a été décidé de creuser des formes variées en vue d'optimiser d'emblée la diversité des faciès et des écoulements. Quatre profils-types ont été établis (figures 1 et 2) et une série de variantes ont encore été appliquées sur le terrain (photo 4). Afin de garder une lame d'eau suffisante en période estivale et de permettre en même temps l'installation d'herbiers d'hélophytes sur des berges en pente très douce, nous avons utilisé la technique des lits emboités avec un chenal profond dimensionné sur le débit d'étiage et des banquettes latérales sous eau le reste de l'année.

Figures 1 et 2: Exemples de profils-types réalisés sur le Grand Morby





Remise du Ruisseau le Grand Morby dans son talweg

Travaux de réalisation

Creusement du lit

Dans un premier temps, le lit supérieur comprenant les banquettes latérales a été terrassé en déblai (photo 5). Ensuite le chenal profond a été creusé avec une pelle adaptée (photo 6). La nature des matériaux enlevés ne permettait pas de distinguer les formes de l'ancien lit.
A des profondeurs variables, le terrassement a mis à découvert l'ancien cailloutis contenant quelques coquilles de moules de rivières et des débris ligneux. Les berges en terre n'ont pas été protégées contre l'érosion.

Photo 4: Méandre avec mardelle (vue vers l'amont, août 2013)

Photo 5: Déblai des banquettes latérales

Photo 6: Déblai du chenal d'étiage

Radiers et mouilles

Jouant avec la sinuosité du lit, des zones de mouilles ont été creusées alternant avec des radiers constitués de galets et blocs d'enrochements. Des frayères potentielles ont été créées à l'aide de galets roulés de diamètre compris entre 16 et 32 mm et des graviers de diamètre compris entre 10-20 mm (photo 7).

Photo 7: Mise en place du gravier roulé

Partage des débits

Pour des raisons autant écologiques que sanitaires, le lit rectifié du Morby n'a pas été remblayé. Un débit d'appoint de 15 l/s (soit 20 % du débit d'étiage) est réservé pour ce lit. Le partage des débits est ajusté au niveau d'un orifice noyé placé sous la digue de séparation. Une cage à l'entrée du conduit permet d'éviter son colmatage rapide par les feuilles (photo 8).

Photo 8: Prise d'eau de l'orifice noyé

Remise du Ruisseau le Grand Morby dans son talweg

Ripisylves et caches à poissons

Vu l'absence de ripisylve dans le secteur amont, des saules buissonnants et des herbiers d'hélophytes ont été plantés (photo 9). Complémentairement et en lien avec l'aménagement de frayères, des arbres et branches ont été posés dans le lit en vue de constituer des abris et zones de refuge immédiatement disponibles pour les poissons (photo 10).

Photo 10: Mise en place de troncs

Photo 9: Plantations d'hélophytes

Passerelles et clôtures

Trois passerelles ont été construites pour le passage du bétail et des engins agricoles. Les passerelles sont des dalles de béton préfabriquées posées sur une assise en enrochements à faces parallèles (photo 11). Les prairies ont été équipées de clôtures en barbelés et de pompes à museau pour l'abreuvement du bétail (photo 12).

Photo 11: Passerelle pour charroi agricole

Photo 12: Pompe à museau

Monitoring

Le secteur aval a fait l'objet d'un suivi par pêche électrique en juin 2013. Neuf espèces ont été recensées dont la truite fario et l'ombre commun. Les poissons les plus représentés en nombre d'individus sont respectivement le vairon (136 ind.), la loche franche (38 ind.) et le goujon (16 ind.). Notons la présence de la petite lamproie, espèce de référence pour la définition des sites N2000.
Un suivi des frayères reconstituées au moyen de galets roulés est également en cours. Il est basé sur des mesures de colmatage réalisées dans la frayère (sticks hypoxies et conductivité hydraulique).

Contacts

bernard.delecourt@spw.wallonie.be
a.peeters@ulg.ac.be
gisele.verniers@unamur.be

www.walphy.be

Projet co-financé par l'Union Européenne
LIFE07 ENV/B/00038

Les techniques utilisées ont été développées pour s'adapter aux contraintes particulières des sites décrits et pourraient ne pas s'appliquer sur d'autres sites

2.6 Réhabilitation du ruisseau du Leignon à Haljoux (Ciney)

Caractéristiques du secteur restauré

Masse d'eau : MM28R
Cours d'eau : Leignon
Secteur restauré : Haljoux (commune de Ciney)
Zonation piscicole : zone à Ombre
Longueur : 510 m
Début des travaux : août 2010
Fin des travaux : septembre 2010
Coût : 57 580 €

Taille du bassin versant	32 km²
Pente moyenne	3,7 ‰
Largeur moyenne	6,64 m
Puissance spécifique	~ 44 W/m² (pour le débit à plein bord)
Débit moyen annuel	~ 0,32 m³/s (station limnigraphique de Ciney, 2009 - 2014)

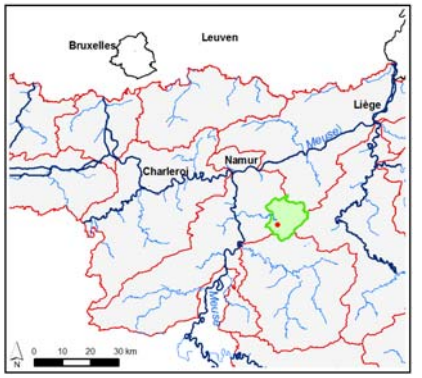
Contexte

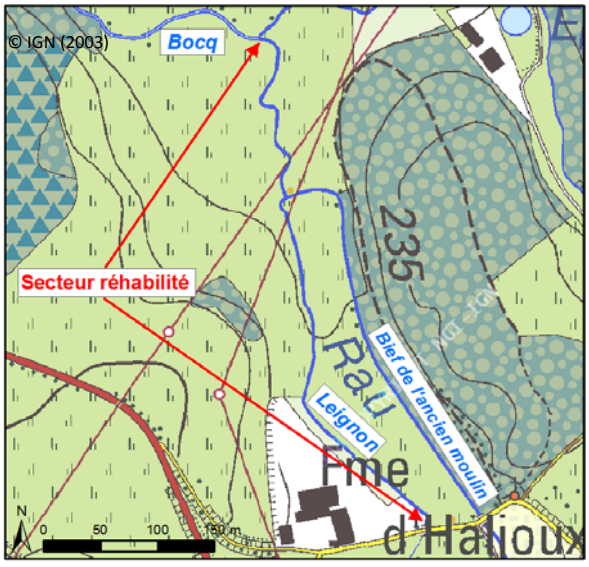
En aval de la ville de Ciney, le Leignon traverse un secteur de pâtures avant de se jeter dans le Bocq. La partie de ce secteur située en aval du pont d'Haljoux est caractérisée par un tracé subrectiligne hérité des rectifications réalisées par le passé. Les berges y sont rehaussées par des remblais et par des dépôts de boue de curage (présence d'un « merlon de curage »). La ripisylve est absente et les berges sont piétinées par le bétail qui accède aisément au cours d'eau (absence de clôture). A l'amont du secteur étudié, le régime hydraulique local est influencé par le bief d'un ancien moulin.
La qualité de l'eau est globalement bonne, même si l'on déplore, lors de fortes pluies, l'afflux d'eaux usées venant de la mise en charge du collecteur d'une station d'épuration.

Photo 1: Le Leignon en aval du pont d'Haljoux avant les travaux de réhabilitation (vue vers l'aval)

Photo 2: Le Leignon en aval du pont d'Haljoux avant les travaux de réhabilitation (vue vers l'aval)

Localisation





Fiche actualisée le 28/02/2015

Réhabilitation du ruisseau du Leignon à Haljoux (Ciney)

Objectifs

Le projet a pour objectif de réhabiliter les habitats dégradés par :
- la création de deux méandres dans les 100 premiers mètres amont, permettant de diversifier les faciès d'écoulement ;
- la réalisation d'aménagements ponctuels sur l'ensemble du secteur, visant à diversifier les faciès d'écoulement (îlots, déflecteurs, risberme,…) et la création d'habitats aquatiques (frayères, caches à poissons, banquettes d'hélophytes).

Photo 3: Nouveau méandre et annexe hydraulique (vue vers l'amont)

Conception et réalisation

Augmenter l'espace pour le cours d'eau

L'idée première est de clôturer les prairies. La concertation avec les riverains nous permet d'envisager des emprises ponctuelles de faible largeur dans les prairies adjacentes au cours d'eau, au niveau de 6 endroits, totalisant 7 ares.

Reméandration

Un secteur rectifié d'une centaine de mètres, situé dans la partie amont, a fait l'objet d'une reméandration. Vu les emprises limitées, les méandres créés possèdent un coefficient de sinuosité égal à 1,09, ce qui reste faible. Dans les nouveaux méandres, la largeur du lit (mesurée entre les pieds de berge) est moins importantes que celle de l'ancien lit (facteur de 0,7), avec des berges inclinées à plus de 45° en concavité. L'idée est d'amorcer une érosion latérale de la berge concave et de favoriser le creusement progressif de sous-berges.
Afin d'éviter d'augmenter la fréquence des inondations, il est décidé de travailler selon le principe des lits emboités. L'ancien lit est conservé comme chenal de crue et comme annexe hydraulique avec ouverture par l'aval. Ainsi, la section de pleins bords est multipliée par 1,5, voire 2.

Photo 4: Creusement du nouveau lit (vue vers l'aval)

Certaines berges exposées sont stabilisées par des techniques végétales (peignes vivants, géotextiles, boutures) ou par une forme de clayonnage. Le substrat et la végétation de l'ancien lit, comprenant des herbiers de *callitriche sp.*, sont par endroits prélevés et déplacés dans le nouveau lit.

Photo 5: Végétation dans les méandres deux ans après travaux

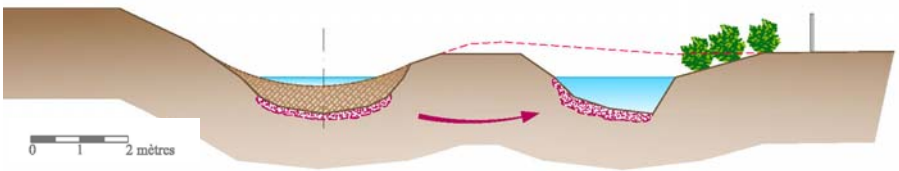


Figure 1: Profil type dans un méandre réhabilité

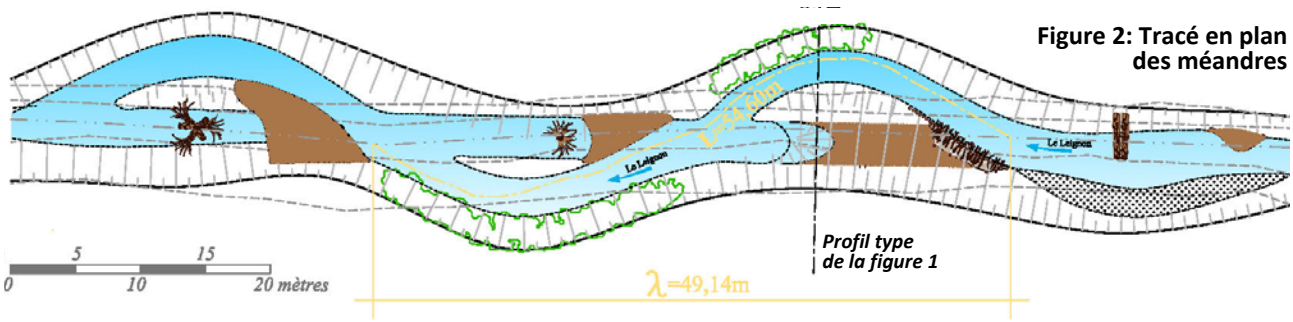


Figure 2: Tracé en plan des méandres

Réhabilitation du ruisseau du Leignon à Haljoux (Ciney)

Continuité lit mineur/lit majeur

L'ensemble du secteur a fait l'objet d'interventions ponctuelles dans le lit mineur pour diversifier les faciès d'écoulements et sur les berges dans le but de restaurer une continuité d'habitats variés entre les milieux aquatique et terrestre.

Les merlons de curage ont été supprimés et certaines berges ont été couchées ou étagées avec la création de banquettes inondables temporairement ou en permanence (dans ce dernier cas on parlera plutôt de risberme). Ces réalisations sont illustrées à la figure 3 et par les photos 6 à 14 qui montrent que ces milieux sont généralement sujets à une dynamique végétale et fluviale plus importante.

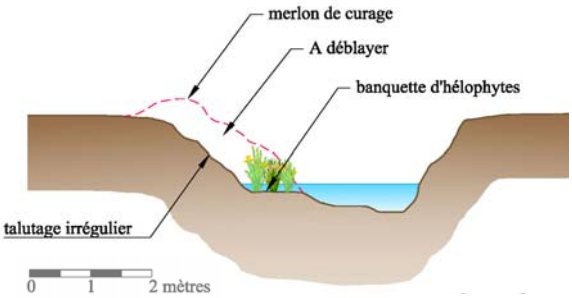


Figure 3: Constitution de banquettes

Photos 6 à 8: Création d'une banquette exondée et évolution (vue vers l'aval)

Photos 9 à 12: Création d'une banquette inondée (risberme) et son évolution (vue vers l'aval)

Photos 13 à 15: Création d'un îlot au droit d'une ancienne zone d'abreuvement du bétail et son évolution en méandre (vue vers l'amont)

Localement, des déblais plus importants sont dégagés du lit mineur, permettant la reconstitution d'une large risberme. Le développement spontané d'herbiers fait apparaitre de multiples petits chenaux pouvant évoluer en atterrissements ou en îlots.

Photo 16: Création d'une surlargeur avec risberme (vue vers l'aval)

Réhabilitation du ruisseau du Leignon à Haljoux (Ciney)

Monitoring

Suivis hydromorphologiques et écologiques

Un secteur de 78 m de long a fait l'objet d'un état initial avant les travaux de réhabilitation en juin 2008. Deux premiers suivis après travaux de réhabilitation ont eu lieu en mai 2012 et en septembre 2014 selon le même protocole.

Bien que les substrats aient été diversifiés grâce aux travaux de reméandration et à l'introduction de galets roulés, le substrat dominant est resté le limon très compact (24 % en 2014), un substrat peu intéressants pour la faune. Néanmoins, La reméandration a permis une augmentation du nombre des microhabitats de 18 (avant travaux) à 27 (en 2012) et 26 (en 2014). Les substrats végétaux, en diminution suite aux travaux de reméandration, sont en train de recoloniser la station.

Les annexes hydrauliques créées en 2010, sont en cours de comblement par des sédiments fins, au détriment des hélophytes.

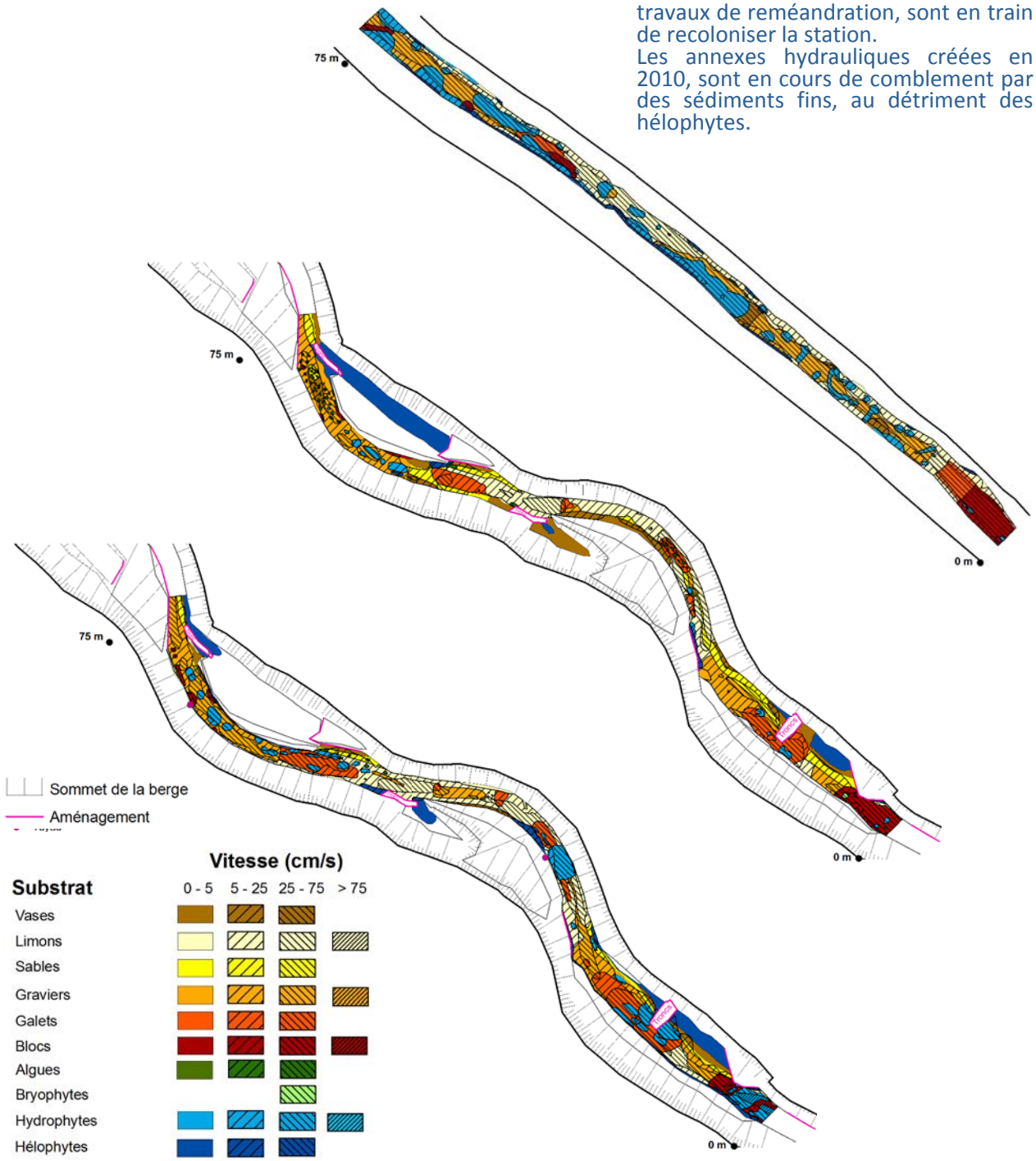


Figure 4: Microhabitats relevés avant (juin 2008, au-dessus) et après (mai 2012, au milieu, et septembre 2014, en-dessous) les travaux de réhabilitation

Réhabilitation du ruisseau du Leignon à Haljoux (Ciney)

Suivis géomorphologiques

De manière à étudier l'évolution morphologique du site après les travaux de réhabilitation, nous avons réalisé des relevés topographiques avant (février 2011) et après (mai 2012) la petite crue du 6 janvier 2012. La comparaison des profils en travers du secteur étudié montre que, de manière générale, aucune érosion de berge n'est observée alors qu'une aggradation du fond du lit est localement mise en évidence (figure 5). Des relevés complémentaires permettront de confirmer si cette aggradation est à mettre en relation avec un apport sédimentaire provenant de l'amont. Par ailleurs, les annexes hydrauliques sont en cours de comblement par des matériaux sablo-limoneux, réduisant ainsi leur fonctionnalité (figure 6).

Un suivi des frayères reconstituées au moyen de galets roulés est également en cours. Il est basé sur des mesures de colmatage réalisées dans la gravière (sticks hypoxies et conductivité hydraulique), ainsi que sur l'évaluation de la mobilité des galets en fonction des événements hydrologiques (marquage par *Pit Tags*). Ainsi, sur une période de 3 ans (comprenant une crue décennale) les galets composant les frayères reconstituées se sont étalés sur une distance moyenne de 4,5 m, ce qui a entrainé une diminution de l' épaisseur des gravières, les rendant par conséquent inadaptée au frai de la truite.

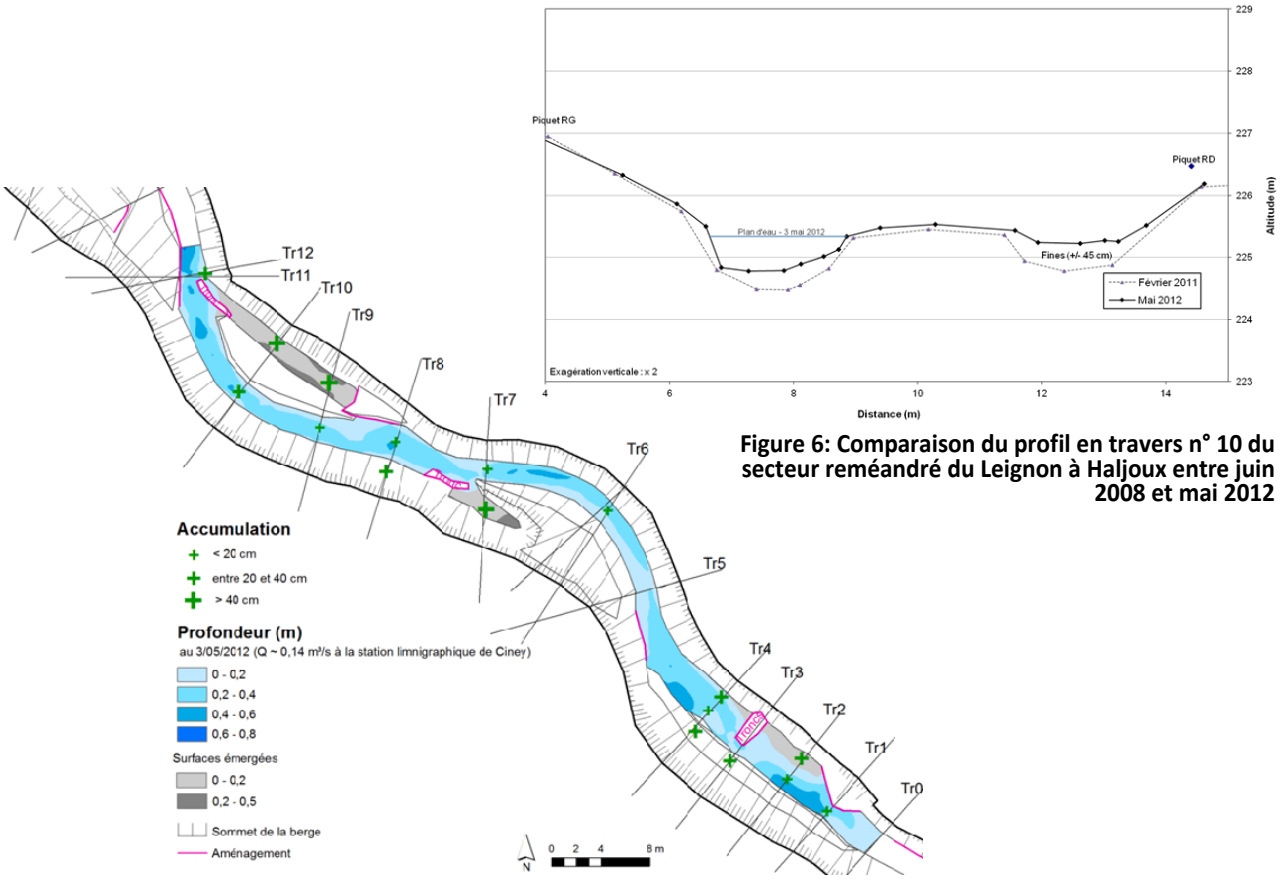


Figure 6: Comparaison du profil en travers n° 10 du secteur reméandré du Leignon à Haljoux entre juin 2008 et mai 2012

Figure 5: Comparaison des relevés topographiques de février 2011 et mai 2012 sur le Leignon à Haljoux (fond de plan reprenant les profondeurs relevées en mai 2012)

Contacts

bernard.delecourt@spw.wallonie.be
a.peeters@ulg.ac.be
gisele.verniers@unamur.be

www.walphy.be

Projet co-financé par l'Union Européenne
LIFE07 ENV/B/00038

Les techniques utilisées ont été développées pour s'adapter aux contraintes particulières des sites décrits et pourraient ne pas s'appliquer sur d'autres sites

En guise de conclusion…

Quel bilan coût/efficacité ?

Au terme de 5 années de travail, un total de 20 obstacles à ***la continuité longitudinale*** a pu être effacé (arasement) ou aménagé et ce, pour un coût de 1 .368.000 € (coût des travaux uniquement), soit un coût moyen de 68.400 € par obstacle ou 50.700 € par mètre de dénivelé aménagé.

Une grande variété de dispositifs différents a été mise en place (figure 1), y compris des dispositifs hybrides :

- 1 passe à bassins technique,
- 2 rampes rugueuses,
- 3 dispositifs en pré-barrages,
- 5 rivières de contournement,
- 7 arasements,
- 2 dispositifs hybrides, dont l'un composé de pré-barrages et d'une rivière de contournement (exemple du Bocq à Braibant, photo 1), et l'autre associant un arasement partiel et un dispositif de pré-barrages (Petit Bocq à Natoye).

Quand plusieurs choix se présentaient, les arasements ont toujours été favorisés, ainsi que les aménagements réalisés à base de matériaux naturels.
Une valeur comparative des aménagements selon la nature du dispositif est calculée en coût par mètre de dénivelé (figure 2). On constate sans surprise que les travaux d'effacement d'obstacles (arasements) sont les plus économiques et ce, malgré des coûts parfois importants pour stabiliser les berges en amont. Les travaux de génie civil (passes à bassins technique) sont quant à eux nettement plus coûteux que les aménagements plus naturels, dans un rapport de prix allant du simple au double.

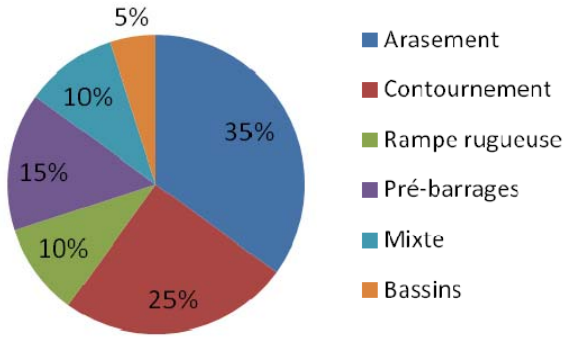


Figure 1: Variété des dispositifs mis en place dans le cadre de la restauration de la continuité longitudinale

Photo 1: Dispositif hybride sur le Bocq à Braibant, alliant des pré-barrages et une rivière de contournement

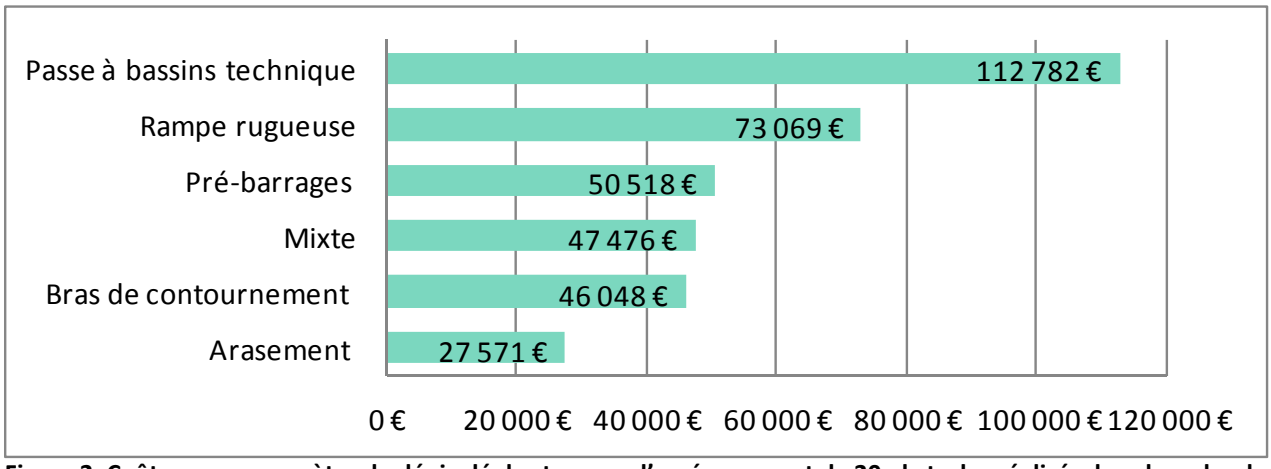


Figure 2: Coût moyen par mètre de dénivelé des travaux d'aménagement de 20 obstacles réalisés dans le cadre du projet Walphy

L'efficacité des arasements a pu être largement démontrée sur le Bocq à Spontin (fiche 1.2), en terme de récupération d'habitats aquatiques, d'impact rapide sur les populations piscicoles et sur le rétablissement des processus de dynamique fluviale (transport solide).
Des aménagements dans les sites de la Forge Aminthe (pré-barrages, fiche 1.1) et du Parc Dapsens à Yvoir (rivière de contournement) ont été évalués par un suivi par télémétrie de poissons marqués. Les résultats ont montré que les ouvrages réaménagés étaient maintenant facilement franchissables, même si pour certains poissons, une perte de temps a été constatée à la montaison en raison des conditions d'attractivité non optimales. Signalons que ces deux sites de suivi avaient été choisis justement en raison de leur complexité, la plupart des autres sites ne présentant pas de problème d'attractivité.

En guise de conclusion…

Au final, les travaux réalisés sur le Bocq ont permis de le reconnecter à la Meuse sur un linéaire de 12,7 km dépourvu d'obstacles (contre seulement 0,45 km libre d'accès avant les travaux de restauration). Cette longueur est portée à 16,6 km si on tient compte de son principal affluent, le Crupet.

Un gros point noir persiste à Spontin, coupant toujours le bassin en deux. Des travaux complémentaires y sont d'ores et déjà planifiés.

En amont de Spontin, le milieu du bassin du Bocq a également été ré-ouvert en un vaste secteur de 28,9 km, avec remise en connexion du Bocq avec plusieurs ruisseaux de tête de bassin offrant de nombreux sites potentiels de frayères.

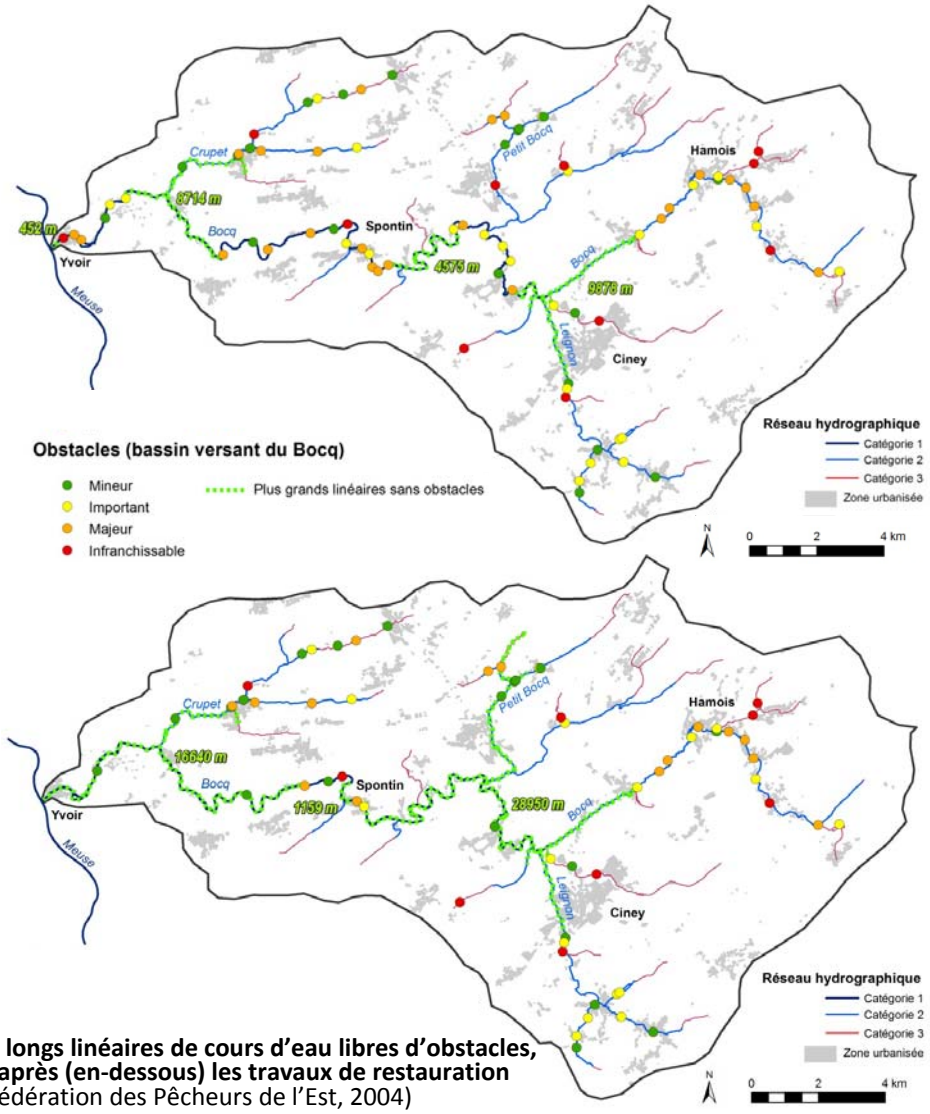


Figure 3: Identification des plus longs linéaires de cours d'eau libres d'obstacles, situations avant (au-dessus) et après (en-dessous) les travaux de restauration
(recensement modifié d'après Fédération des Pêcheurs de l'Est, 2004)

En ce qui concerne les travaux de restauration de ***la continuité latérale***, les aménagements ont été réalisés sur un total de 9,7 km de linéaire de cours d'eau, ce qui correspond à un coût moyen de 68 400 € par km. Ces travaux ont permis de restaurer à des degrés d'ambition variés un total de 22 km de cours d'eau (si l'on considère l'ensemble du linéaire positivement impacté par les travaux de restauration).

Une analyse comparative de 3 chantiers d'ambition différente sur un même cours d'eau, l'Eau Blanche, donne les résultats suivants :

Chantier	Travaux de restauration	Niveau d'ambition	Coût par mètre courant
Mariembourg	Diversification des habitats	Faible	83 €
Nismes	Reméandration secondaire	Faible à moyenne	33 €
Boussu-en-Fagne	Reprise d'un ancien méandre	Moyenne à forte	275 €

On constate qu'il n'y a pas de règle de proportionnalité entre l'ambition des travaux et leur coût. Les prix sont fortement conditionnés par :

- les conditions d'accès au chantier pour des engins mécaniques ;
- la nature des aménagements réalisés (la variété des dispositifs et des matériaux mis en œuvre augmente sensiblement le coût) ;
- la nécessité ou non d'évacuer les matériaux de déblais, qui reste un des postes les plus coûteux dans les travaux réalisés.

En guise de conclusion…

A Boussu-en-Fagne également, les travaux d'ambition forte sur le Ruisseau du Grand Morby (remise en eau de l'ancien lit) ont eu un coût de 87 € par mètre courant, ce qui, sans surprise, montre que le coût dépend également de la taille du cours d'eau. Il est probablement hasardeux de tirer davantage de conclusions sur ces chiffres tant les variables pouvant affecter le coût des travaux de restauration sont nombreuses.

Il est encore trop tôt pour évaluer l'efficacité des travaux de reméandration car, d'après de nombreuses références dans le domaine, on estime qu'il faut un délai minimum de 3 à 5 ans pour apercevoir une bonne récupération biologique de l'écosystème rivière.

Néanmoins, d'après les premiers suivis effectués 10 à 22 mois après travaux, on constate partout une amélioration des indices de la qualité physique, qui varie en fonction de l'ambition des travaux.
Dans les mêmes délais, les indices de la qualité biologique sont légèrement en hausse, voire stationnaires. Les suivis complémentaires prévus à plus long terme permettront de confirmer ou non ces premières tendances.

Qu'en pensent les riverains et autres usagers ?

Au niveau de nos contacts avec la population, on souligne les points suivants :

- la position des riverains a très souvent changé au cours du temps. Après les réticences initiales, nombreux sont ceux qui nous ont fait part de leur satisfaction après les travaux de restauration, notamment en terme d'intégration paysagère des aménagements ;
- l'intégration des contraintes liées aux inondations est capitale pour avoir une bonne perception du projet par les riverains ;
- la concertation par contact direct et personnel avec les agriculteurs est nécessaire. Le fait qu'on ait pu leur offrir des indemnités pour occupation temporaire des terrains lors des travaux a probablement été pris comme une marque de respect pour leur travail et leur gagne-pain et a favorisé leur adhésion aux projets de restauration ;
- la législation en vigueur ne donnant pas (ou pas encore) droit au gestionnaire du cours d'eau de modifier ou faire modifier un ouvrage (ou un bien privé) dans un but de restauration hydromorphologique, les nombreux travaux réalisés, incluant notamment des emprises foncières et la démolition d'ouvrages, ont toujours été entrepris sur base d'accords mutuels de type gagnants/gagnants développés au gré des opportunités perçues par les parties concernées ;
- la position des pêcheurs par rapport aux projets de restauration de cours d'eau était très variable et fonction du type de pêche pratiqué, des niveaux de rempoissonnements effectués et du niveau de connaissance du milieu naturel, etc. Par ailleurs, on voit une évolution de la perception des pêcheurs et une attente par rapport aux promesses d'amélioration des habitats piscicoles.

Contacts

bernard.delecourt@spw.wallonie.be
a.peeters@ulg.ac.be
gisele.verniers@unamur.be

www.walphy.be

Projet co-financé par l'Union Européenne
LIFE07 ENV/B/00038

Les techniques utilisées ont été développées pour s'adapter aux contraintes particulières des sites décrits et pourraient ne pas s'appliquer sur d'autres sites

Table des matières

Avant-propos p.3

Méthodologie p.4

Effacement et aménagement d'obstacles p.7

1.1 Aménagement de pré-barrages sur le Bocq à Yvoir (anc. Forge Aminthe) p.7
1.2 Arasement du déversoir (h : 1,2 m) de Spontin sur le Bocq p.13
1.3 Réhabilitation en step/pool d'un secteur canalisé du Bocq à Spontin p.19
1.4 Contournement d'un obstacle (h : 1,65 m) à Gemenne et réhabilitation des habitats aquatiques en amont de l'obstacle p.25
1.5 Création d'une rampe rugueuse et d'une rivière de contournement le Petit Bocq à Natoye p.33
1.6 Aménagement d'une rivière de contournement sur le Bocq à Emptinne p.39
1.7 Rivière de contournement sur le Bocq à Yvoir (propriété Dapsens) p.43

Reméandration p.47

2.1 Reméandration du Bocq et réaménagement d'un pertuis à Emptinale p.47
2.2 Reméandration secondaire de l'Eau Blanche à Nismes p.51
2.3 Diversification des habitats sur l'Eau Blanche à Mariembourg p.57
2.4 Reprise d'un ancien méandre de l'Eau Blanche à Boussu-en-Fagne p.63
2.5 Remise en eau de l'ancien lit du Grand Morby sur 1 km p.69
2.6 Réhabilitation du ruisseau du Leignon à Haljoux (Ciney) p.73

Conclusions p.79

Contacts

bernard.delecourt@spw.wallonie.be
a.peeters@ulg.ac.be
gisele.verniers@unamur.be

www.walphy.be

Projet co-financé par l'Union Européenne
LIFE07 ENV/B/00038