



Suppression de la protection des berges pour restaurer l'hydromorphologie et l'habitat des salmonidés, en vue de conserver la mulette perlière d'eau douce dans une rivière d'un *Upland* écossais dont le lit est en graviers

Kenneth MACDOUGALL, Hannah BARKER, Stephen ADDY
& Susan COOKSLEY



K. MacDougall

La protection des berges, à l'aide de l'enrochement pour réduire la perte de terres et l'apport de sédiments, représente une pression morphologique commune dans les puissants cours d'eau possédant un lit de graviers. Cette pression peut limiter la liberté du lit du cours d'eau à ajuster naturellement sa morphologie aux conditions imposées par le bassin versant et peut également créer des faciès non-naturels.

Ces changements physiques peuvent aussi modifier les conditions de l'habitat, par exemple, en simplifiant la complexité du lit du cours d'eau, en durcissant le substrat et en réduisant les processus de transport des sédiments, éléments clés au maintien des divers habitats. Toutefois, les études de cas combinant l'évaluation des impacts morphologiques de la protection des berges et des options de restauration de la rivière pour remédier à ces impacts manquent. Ici, nous présentons les résultats d'un projet de restauration d'une rivière, commandé par le Scottish Natural Heritage dans le cadre du projet LIFE+ Nature *Pearls in Peril* (PIP) [« Perles en péril »], visant à restaurer l'habitat des salmonidés en trois tronçons de la partie supérieure du bassin versant du fleuve South Esk à Angus, en Écosse. Ces résul-

tats démontrent les pressions auxquelles la protection des berges fait face.

La partie inférieure du fleuve South Esk abrite une population de mulette perlière d'eau douce qui se trouve actuellement dans des conditions défavorables. Le projet vise à protéger l'espèce à long terme par l'amélioration des conditions de l'habitat des salmonidés et le rétablissement des processus clés de transport de sédiments. Une combinaison de cartographies sur le terrain, de relevés topographiques et de caractérisation des sédiments associée à une modélisation hydraulique 1D a été utilisée pour évaluer les données de base hydromorphologiques et les conditions de l'habitat. Grâce à la modélisation hydraulique et à un avis d'expert fondé sur

l'évaluation de base, des prévisions de changements hydromorphologiques créés par le retrait des structures ont été formulées. Ces prévisions nous ont également renseigné sur la sélection prioritaire de sites de protection des berges pour l'action de restauration à l'aide d'une évaluation multicritères qui considère les contraintes et les avantages probables pour la morphologie et l'habitat. Nous espérons que les connaissances acquises en matière d'impact morphologique de la protection des berges et que les approches d'évaluation de la restauration de la rivière utilisées dans cette étude seront applicables dans d'autres contextes similaires.

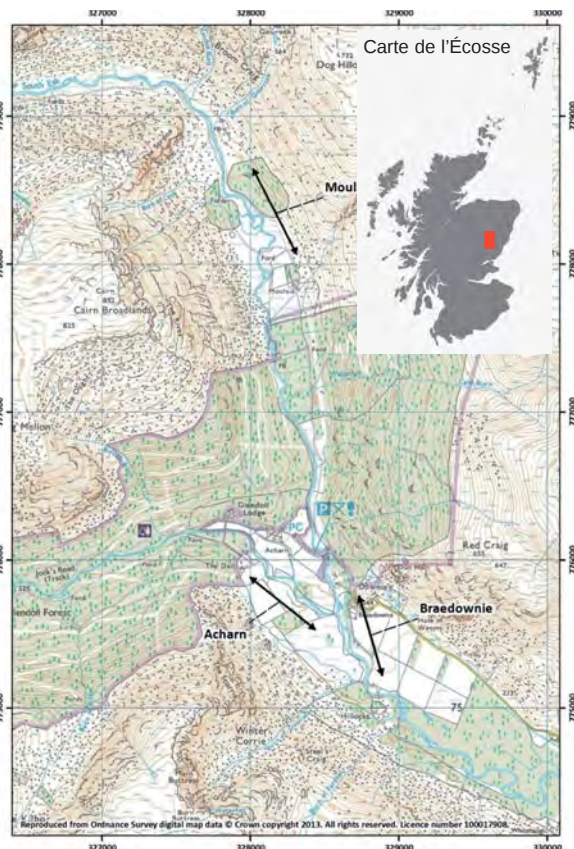
Fleuve South Esk

Le fleuve South Esk est désigné comme zone spéciale de conservation (ZSC), au nom de la Directive « Habitat-faune-flore » et en raison de ses populations importantes de mulette perlière d'eau douce et de saumons de l'Atlantique au niveau international. Il s'agit d'un fleuve typique d'un *upland* écossais, à fort débit (moyenne de 13 m³/s) et au lit parsemé de graviers. La surface de son bassin versant est de 564 km² et il se jette dans la mer du Nord. L'étude se concentre sur la partie supérieure du fleuve, située à 250-280 m au-dessus du niveau de la mer où les précipitations moyennes annuelles sont généralement de 1 500 mm. Les bassins versants qui se déversent dans les trois zones étudiées mesurent 20 à 56 km², avec des débits moyens de 1,1 à 2,3 m³/s et des écoulements de crues annuels de 14 à 39 m³/s en moyenne [1].

Les mulettes perlières d'eau douce sont plus abondantes au niveau des tronçons médians du fleuve où elles atteignent des densités de plus de 20 individus par mètre carré. Quant aux jeunes mulettes perlières, leur nombre est plus élevé dans la partie inférieure du fleuve (Langan *et al.*, 2007). Toutefois, d'après les suivis de terrain réalisés, la condition de la population est actuellement « défavorable » à cause de la dégradation de l'habitat. Sur des suivis réalisés en 1997 et 2002, aucun changement dans l'état de la population n'a été observé sur 14 des 18 sites. Les jeunes mulettes, quand à elles, ont été découvertes sur 11 sites, contre 10 les années précédentes.

Les mulettes perlières les plus en amont se trouvent à environ 4,5 km en aval des tronçons étudiés. La surveillance de routine laisse à penser qu'il y a un problème avec

Colour by Free Vector Maps.com



[1] Emplacement des zones étudiées

le recrutement dans cette partie du fleuve, bien qu'aucune information fiable n'existe sur le passé de l'état des populations de la partie supérieure du bassin versant. D'après les pêches électriques réalisées sur 7 sites du fleuve, les densités de jeunes truites et de saumons sont suffisantes pour assurer le recrutement de la mulette perlière. Le nombre de truites de mer et de saumons de l'Atlantique retournant au bassin versant a diminué ces dernières années et le statut ZSC est maintenant « défavorable », mais quelques signes de reprise ont pu être observés.

Objectifs du projet

Le projet a pour objectif de donner la priorité à la restauration des sites au bénéfice de la mulette perlière d'eau douce et d'améliorer les processus naturels par le biais de :

- l'évaluation initiale de l'hydromorphologie (y compris les impacts de la protection des berges) et de l'habitat ;

- l'identification des mesures de restauration et la prévision des impacts (sur le lit du cours d'eau, l'habitat et les risques d'inondation) ;
- le classement par ordre de priorité, la conception et le coût des mesures de restauration ;
- la mise en œuvre de méthodes d'évaluation de la réussite des travaux de restauration.

Établir des conditions de base

Les trois tronçons à l'étude sont concernés par des dispositifs de protection des berges construits dans les années 1980 qui tendent à se situer là où le lit du cours d'eau cherche à migrer. Ils sont constitués de blocs de roche locale faisant jusqu'à 2 m de diamètre [2] pour stabiliser le fleuve et réduire les apports de sédiments afin d'améliorer l'habitat des salmonidés.

Historiquement, les tronçons à l'étude étaient plus dynamiques et complexes qu'aujourd'hui, en partie à cause des travaux de protection des berges. Ces travaux sont perçus par les pêcheurs locaux comme augmentant l'érosion et l'apparition d'un substrat plus grossier au détriment des poissons reproducteurs.

Les conditions de base pour définir les tronçons d'étude ont été établies par :

- des relevés de terrain :
 - relevés topographiques d'environ 80 sections transversales au cours d'eau ;
 - enregistrement de la distribution des habitats hydrauliques, des sources de sédiments, des stocks de sédiments et des propriétés des sédiments du lit ;
 - granulométrie des radiers et des rapides (23 au total) ;
 - examen des structures et observations des options possibles et des implications.
- l'évaluation hydrologique pour définir les débits prévus ;
- la construction de modèles hydrauliques 1D pour en déduire les paramètres géomorphologiques (par exemple : contrainte de cisaillement limite, contrainte de cisaillement critique ou frottement critique) ;
- l'évaluation hydromorphologique :
 - relevés topographique, aérien et hydraulique pour en déduire les descripteurs de la morphologie du lit du cours d'eau (pente, profondeur, largeur et sinuosité) ;
 - évaluation de la granulométrie des sédiments du lit ;
 - mesures des forces de traction (τ) et de l'énergie spécifique du cours d'eau (ω)



S. Addy

[2] Exemples typiques de protection des berges

calculées pour évaluer les niveaux et la distribution de l'énergie disponible pour la réalisation des travaux géomorphologiques ; mesure de la force tractrice critique (τ_{crit}) et du frottement critique ou paramètre de Shields (τ^*) pour donner une indication du transport des sédiments et de la sensibilité morphologique.

Hydromorphologie et conditions de l'habitat

Les tronçons étudiés se situent dans la partie inférieure de la large vallée alluviale glaciaire d'un glen. Ces derniers sont généralement uniques, à l'exception d'une île à Braedownie, et la consultation de cartes historiques révèle davantage de processus dynamiques avec encore plus de canaux. Malgré l'étendue de la protection des berges de ces tronçons, les processus d'érosion active se poursuivent [Tableau 1][3][4].

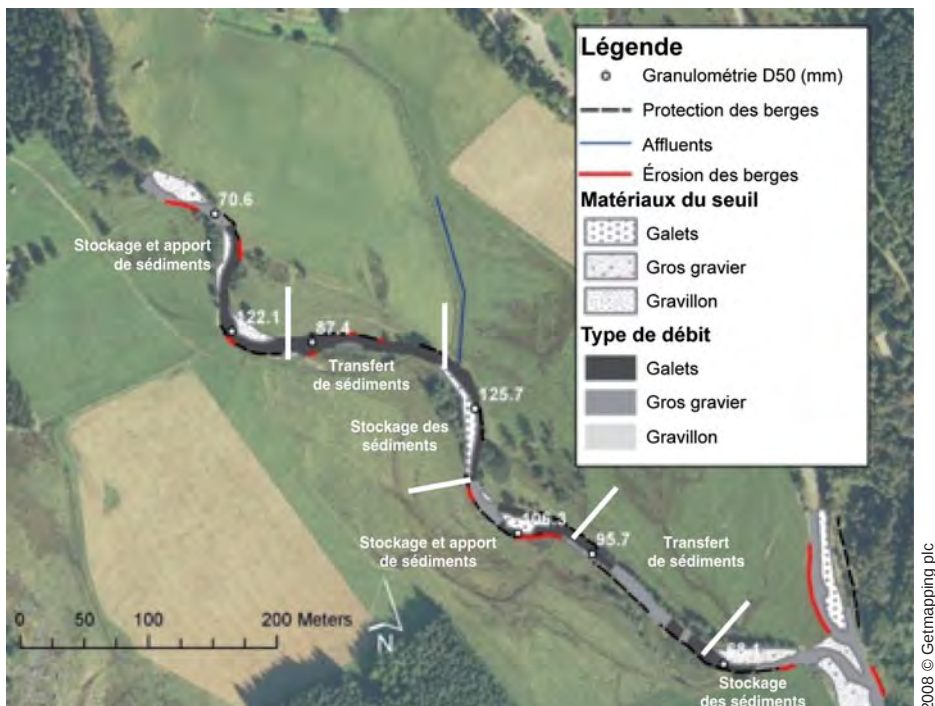
Moulzie représente le tronçon le moins énergétique (τ et les plus faibles) et le plus stable (τ^* le ω plus faible), ces conditions pouvant avoir été renforcées par la protection des berges qui accroît la résistance latérale. Les taux d'érosion typiques des berges locales sont observés : moins de 2 m depuis 2008. Lors des conditions moyennes d'écoulement des crues annuelles (QMED), le tronçon ne peut pas assurer le transport des particules de sédiments du lit médian,

mais il peut assurer le transport de matériaux de la taille de graviers, en moyenne, et peut éventuellement altérer sa morphologie.

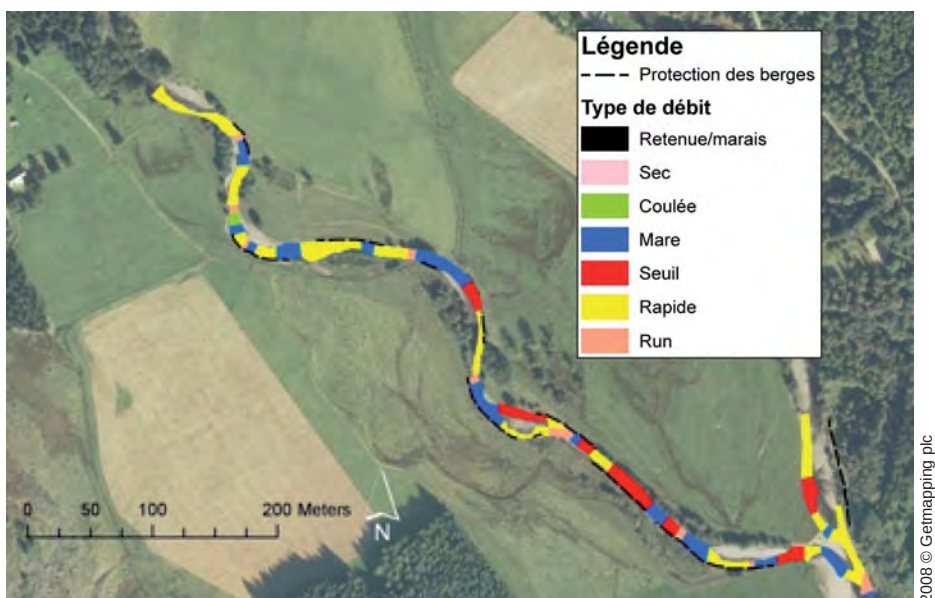
Acharn constitue le tronçon le plus énergétique. Il peut déplacer localement des sédiments de la taille du lit médian dans les conditions QMED et ajuster en conséquence sa morphologie de lit plus facilement que les autres tronçons, bien que sa capacité d'adaptation latérale soit réduite par la protection des berges et l'établissement d'une végétation riveraine mature. Une grande partie du tronçon chasse en aval les sédiments issus de l'écoulement de l'érosion des berges et du dessus de la limite en amont. L'érosion le long des berges est limitée car elle mesure 112 m sur tout le tronçon évalué, cependant, depuis septembre 2008, la proportion d'érosion latérale peut atteindre jusqu'à 2,3 m à certains endroits. À la confluence de White Water et de South Esk, Braedownie est divisé par une longue île stable d'environ 150 m couverte de boisements de feuillus matures. Ce tronçon est incapable de transporter des particules à granulométrie médiane dans

Caractéristiques	Moulzie	Acharn	Braedownie	
			Bras principal	Bras gauche
Longueur du tronçon (m)	1 202	809	712	199
Début de la zone de drainage (km²)	18,0	25,7	56,1	56,1
Fin de la zone de drainage (km²)	22,2	26,1	57,7	56,2
Sinuosité (-)	1,24	1,23	1,19	1,02
Largeur active du cours d'eau (m)*	13,5 (27-8)	13,8 (27-8,1)	23,4 (40-12,8)	9,8 (17,3-6,5)
Pente (m/m)*	0,009 (0,02-0,001)	0,013 (0,022-0,007)	0,010 (0,025-0,002)	0,013 (0,022-0,001)
Longueur totale de berges protégées (m)	738	487	190	30
Longueur de l'érosion des berges (m)	458	112	206	15
Longueur de l'érosion des berges maximum (m)	82	34	112	7
Matériaux des berges	Alluvion	Alluvion	Alluvion & fluvio-glaciaire	Alluvion
* Valeurs moyennes avec fourchette totale entre parenthèses				

[Tableau 1] *Caractéristiques physiques des tronçons étudiés*



[3] Cartographie des caractéristiques géomorphologiques, faciès sédimentaires et interprétation des régimes dominants de sédiments grossiers



[4] Distribution des types de débits et protection des berges

les conditions QMED, et la valeur moyenne la plus faible de τ^* indique la capacité à déplacer de plus gros sédiments et à altérer la morphologie, bien que l'érosion soit limitée, notamment

en aval de la confluence, comme indiqué par l'importance de l'étendue des seuils. L'érosion des berges, pouvant atteindre 11 m depuis septembre 2011, est localement sévère.

Avantages prévus de la restauration

Les effets hydromorphologiques prévus du retrait et de la restauration de la protection des berges ont été évalués [Tableau 2]. Les changements en matière de risques d'inondation ont également été examinés, et aucun changement significatif n'a été identifié, en dehors d'un endroit où la migration du cours d'eau vers une digue pourrait abaisser la berge et augmenter la fréquence des inondations.

Les avantages pour les habitats locaux qui peuvent découler de la restauration des travaux de protection des berges ont été identifiés :

- augmentation de la diversité de la morphologie dans les lits existants et par la reconnexion avec les anciens lits ;
- apparition d'un substrat plus fin pour des radiers plus adaptés aux frayères à salmonidés ;
- sapement des berges et apport de blocs fournissant des abris aux poissons ;
- augmentation de l'apport de sédiments pour le maintien des habitats à mulette perlière en aval.

Stratégie de restauration

La stratégie de restauration est axée sur l'instauration d'avantages pour la mulette perlière d'eau douce en développant le nombre de salmonidés, par l'amélioration de l'habitat et l'augmentation de l'apport de sédiments en aval des tronçons nécessaires au soutien de l'habitat de la mulette perlière d'eau douce.

Les mesures de restauration sont principalement constituées du retrait de

l'enrochement des berges accompagné de mesures d'amélioration, y compris le reprofilage des berges et la reconnexion avec les anciens lits. Les impacts de ces mesures ont été examinés et, à court terme, il existe une probabilité accrue d'une érosion des berges et d'un écoulement de sédiments, ainsi que de légères augmentations/diminutions de la mobilité du lit, tandis qu'à long terme, on s'attend à une augmentation des taux de migration latérale, des secteurs lenticques plus naturels, une répartition plus naturelle des sédiments du lit et une complexité morphologique accrue.

Ces mesures de restauration favorisent une répartition plus naturelle des sédiments du lit offrant ainsi des avantages aux habitats locaux. La présence de substrats plus fins, plus appropriés aux frayères à salmonidés, et l'amélioration de la complexité de l'habitat profiteront à tous les stades de la vie du saumon. Ces avantages liés à l'habitat profitent également à la mulette perlière d'eau douce et aux autres organismes vivants.

Une analyse multicritères (MCA) a été développée pour accorder la priorité aux sites, sur la base de ces structures de protection des berges qui ont profité du plus grand impact sur les processus naturels, de l'avantage potentiel de l'amélioration de l'habitat et du risque pour les récepteurs (terres agricoles et infrastructures). En tenant compte des résultats de la MCA, de l'examen des détails pratiques des travaux de restauration et des discussions avec les parties prenantes locales, quatre zones ont été sélectionnées pour la conception. Ces dernières se concentrent sur sept des sites prioritaires. Les travaux de restauration devraient commencer au printemps 2015 avec un programme de suivi.

À court terme (< 1 an)	À long terme (1-10 ans)
- Érosion de la berge et écoulement des sédiments déstabilisés - Érosion de la berge pouvant être limitée grâce à la végétation riveraine et l'aspect linéaire des secteurs lenticques - Prévisions géomorphologiques suggérant une légère augmentation de la mobilité du lit	- Migration des méandres et extension - Augmentation des alluvions et élargissement du lit - Limitation des futures interventions en raison de l'érosion de la structure naturelle et des ajustements qui ont déjà eu lieu - Élargissement du lit - Diminution de la taille des sédiments du lit en raison de son élargissement et d'un écoulement plus important des sédiments locaux

[Tableau 2] Effets hydromorphologiques prévus

Conséquences

Les structures de protection des berges constituent une pression morphologique commune, mais leurs impacts sont rarement documentés et les études de cas relatives à leur retrait dans les lits de graviers à haute énergie se font rares.

Cette évaluation de la restauration de la rivière offre un premier aperçu des impacts de la protection des berges, rarement quantifiés et documentés. Elle démontre également une approche simple, et à faible coût, de la prévision des effets des actions de restauration et de définition de la priorité des sites.

Mais il faut bien reconnaître qu'il existe des incertitudes en termes de prévision des taux de changements hydromorphologiques et de l'habitat. Un suivi solide aidera à obtenir un aperçu des taux de récupération de ce type de pression morphologique pour une meilleure appréhension des futurs travaux de restauration. ■

Bibliographie

LANGAN S. J., COOKSLEY S., YOUNG M., STUTTER M., SCOUALL F., DALZIEL A. & FEENEY I. 2007 – *The management and conservation of the freshwater pearl mussel Margaritifera margaritifera L. in Scottish catchments designated as Special Areas of Conservation or Sites of Special Scientific Interest*. SNH commissioned research report, 249, Scottish Natural Heritage, Battleby.

Kenneth MACDOUGALL & Hannah BARKER : EnviroCentre Ltd., Craighall Business Park, Glasgow, Royaume-Uni
kmacdougall@envirocentre.co.uk
Stephen ADDY & Susan COOKSLEY : The James Hutton Institute, Aberdeen, Royaume-Uni
stephen.addy@hutton.ac.uk
