

Approche globale de la conception de chantiers de restauration hydromorphologique : illustration au travers de cas particuliers

Alexandre Peeters, Bernard de le Court & Gisèle Verniers

Université de Liège, Laboratoire d'Hydrographie et de
Géomorphologie Fluviale

Université de Namur, Unité de Recherche en Biologie
Environnementale et Evolutive

Service Public de Wallonie, Direction des Cours d'eau
non navigables, distr. de Namur



LIFE07 ENV/B/000038

Plan de l'exposé :

- **Contexte et objectifs des travaux (A. Peeters)**
- **Projets techniques (B. de le Court)**
- **Suivis hydromorphologiques et écologiques (G. Verniers)**

Illustration sur base de deux exemples :

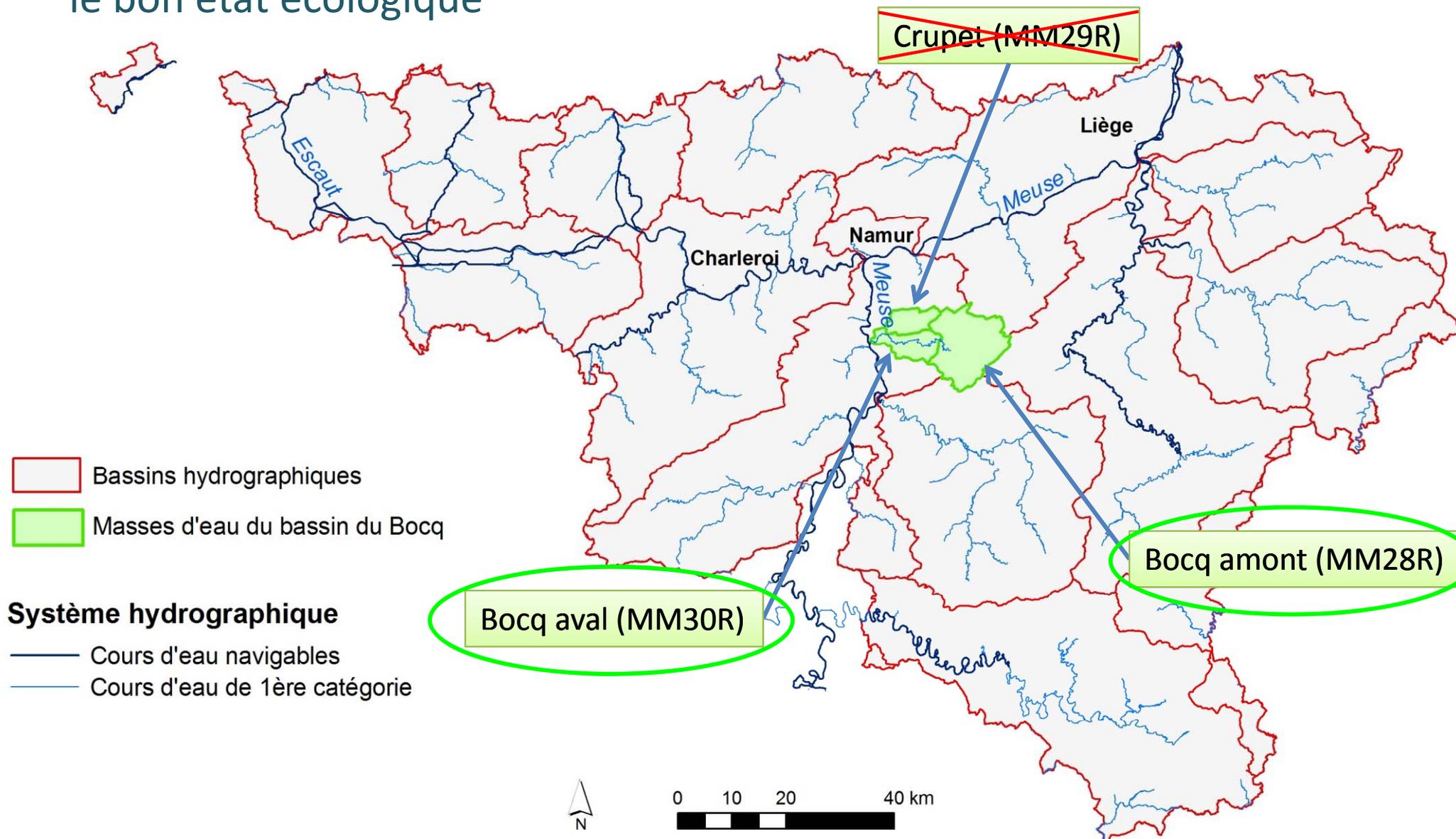
- **Le Bocq à Emptinale**
- **Le Bocq à Spontin (zone de captages Vivaqua)**

Étapes de la démarche méthodologique :

1. **Choix des masses d'eau**
2. **Caractérisation des masses d'eau**
3. **Choix des sites d'intervention**
4. **Définition des objectifs**
5. **Détermination et réalisation des projets techniques**
6. **Suivis scientifiques**

Choix des masses d'eau

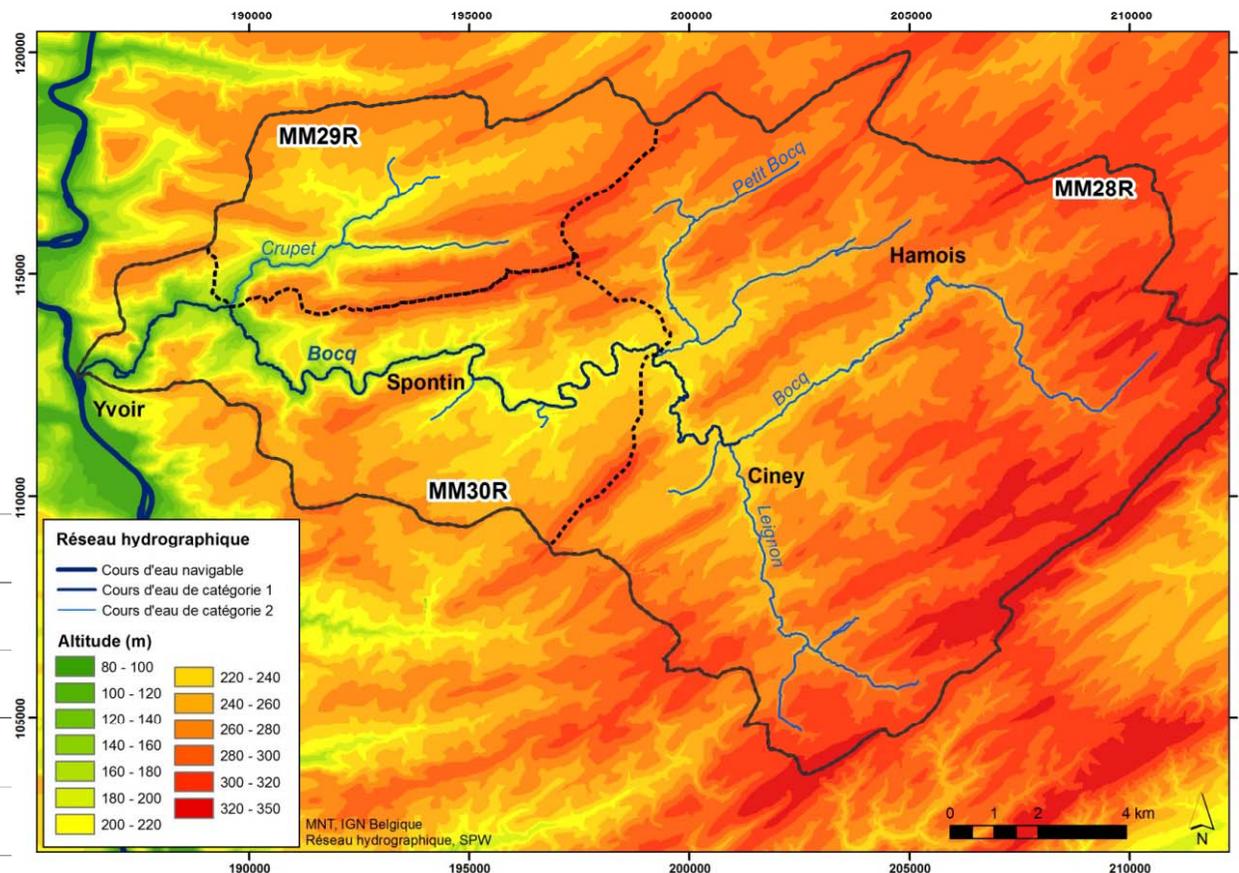
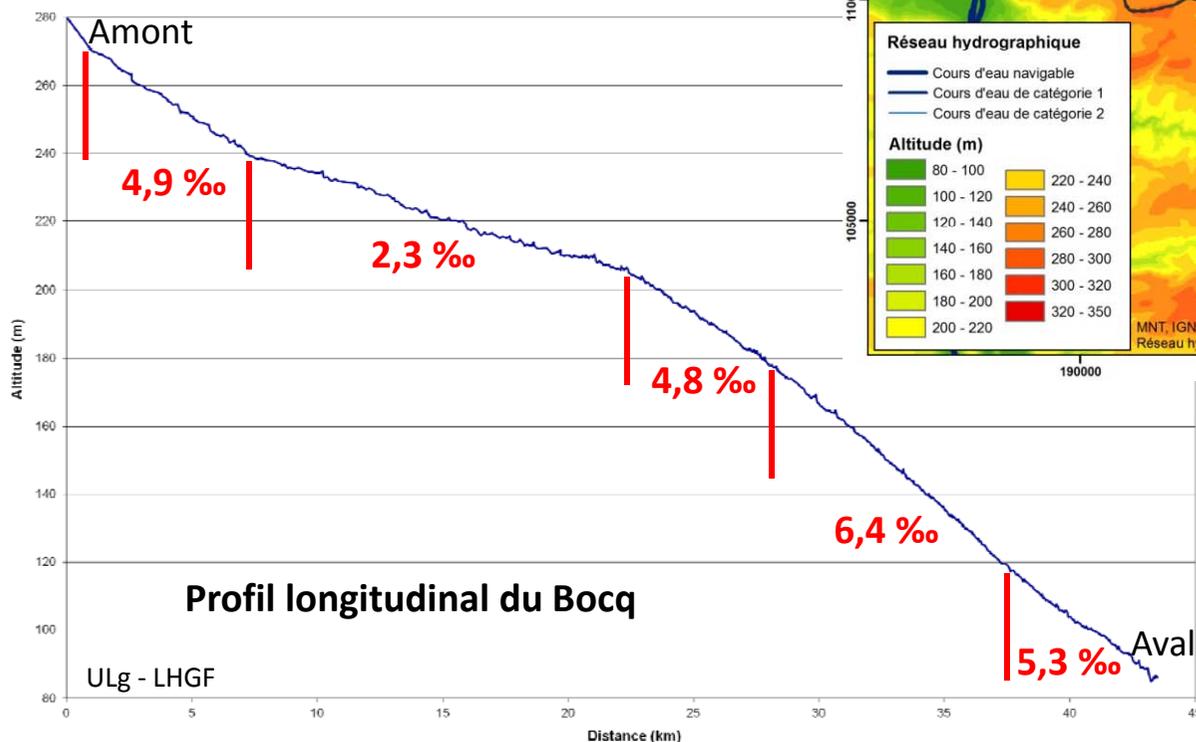
Contexte DCE et masses d'eau présentant un risque de ne pas atteindre le bon état écologique



Caractérisation des masses d'eau

Identification des paramètres physiques :

Géologie, pente, sinuosité, largeur de la plaine alluviale, largeur du lit mineur



➔ Paramètres permettent de définir les types de cours d'eau

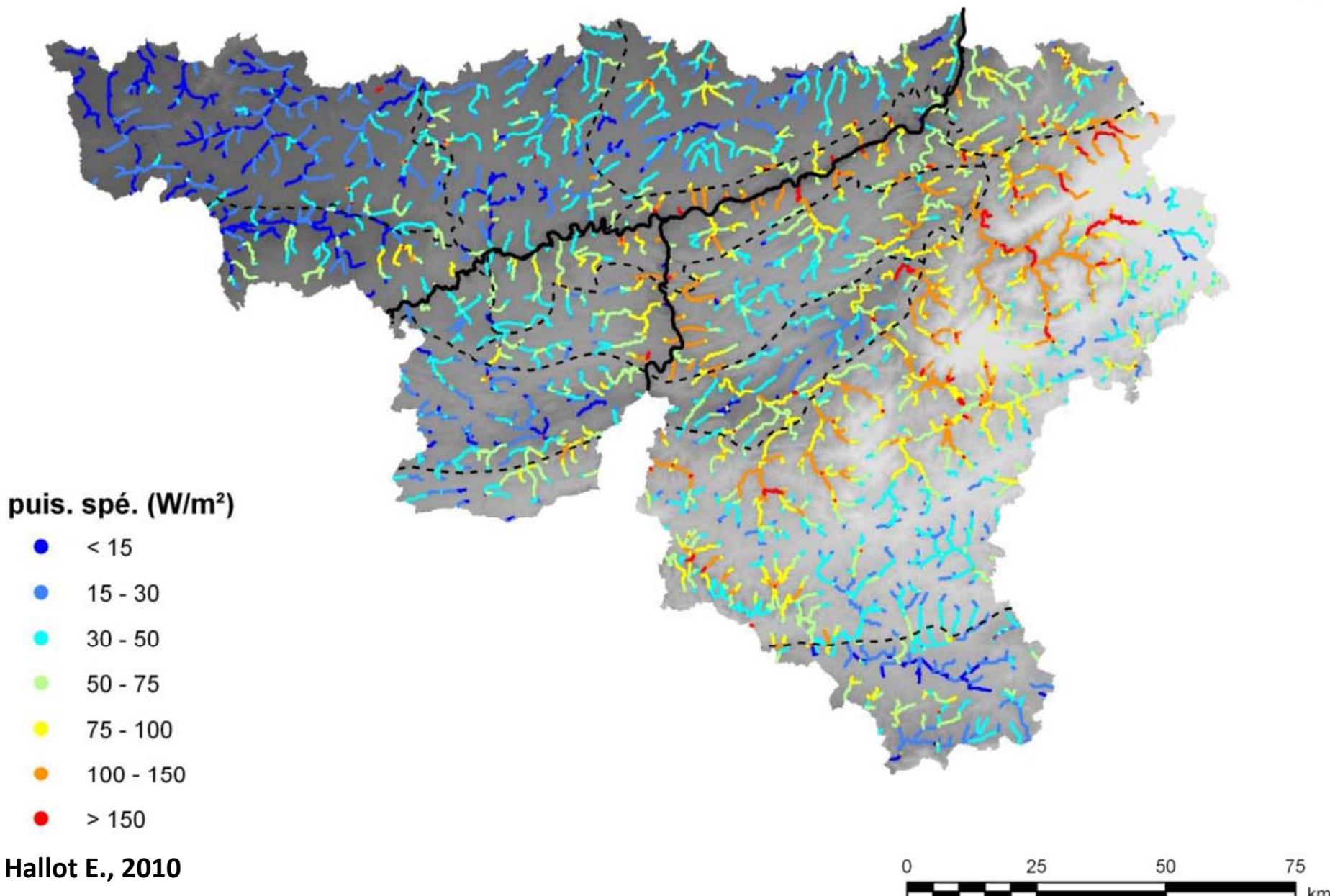
Typologie selon la puissance spécifique : $\omega = (\rho g Q S) / w$

- ρ = la masse volumique du fluide
- g = l'accélération due à la pesanteur
- Q = le débit
- S = la pente longitudinale de la rivière
- w = la largeur du lit mineur

➔ Prévoir la capacité du cours d'eau à travailler par lui-même

Inférieure à 15 W/m ²	Chenaux inactifs Méandres libres figés	Brookes (1988)
Inférieure à 35 W/m ²	Rivières incapables d'auto-ajustement	Brookes (1988)
Supérieure à 30 W/m ²	Méandres actifs	Ferguson (1991)
Supérieure à 50 W/m ² Entre 80 et 100 W/m ²	Tendance au tressage « Cycle » de la méandration de l'ordre d'une vingtaine d'années	Ferguson (1987) Bravard (1991)
Supérieure à 100 W/m ²	Tressage	Richards (1982)
Supérieure à 200 W/m ²	<i>Step pool system</i> Marche cuvette	Gintz et al. 1996

Estimation de la puissance spécifique :



Caractérisation des masses d'eau

Analyse des débits :

Débits à la station limnigraphique d'Yvoir (Aqualim) :

- Module : 2,20 m³/s

- Q₂ : 16,9 m³/s

- Q₁₀ : 38,8 m³/s

- Q_{mob.} ~ 8 m³/s ; T = 1 ans

- Q_b ~ 26 m³/s ; T = 4 ans

Analyse du transport solide :

- Observations
- Echantillonnages granulométriques
- Marquages

Bocq à Bauche (Yvoir) : échantillonnage
selon la méthode Wolman :
D50 : 53 mm ; D90 : 102 mm

Synthèse des données existantes :

- Paramètres biologiques (macrophytes, macroinvertébrés, poissons, diatomées)
- Paramètres physico-chimiques
- N2000, MAE, inventaires,...

Zonation piscicole (Huet, 1949)
du Bocq : Ombre

Choix des sites d'intervention

Diagnostic hydromorphologique et identification des altérations sur le milieu

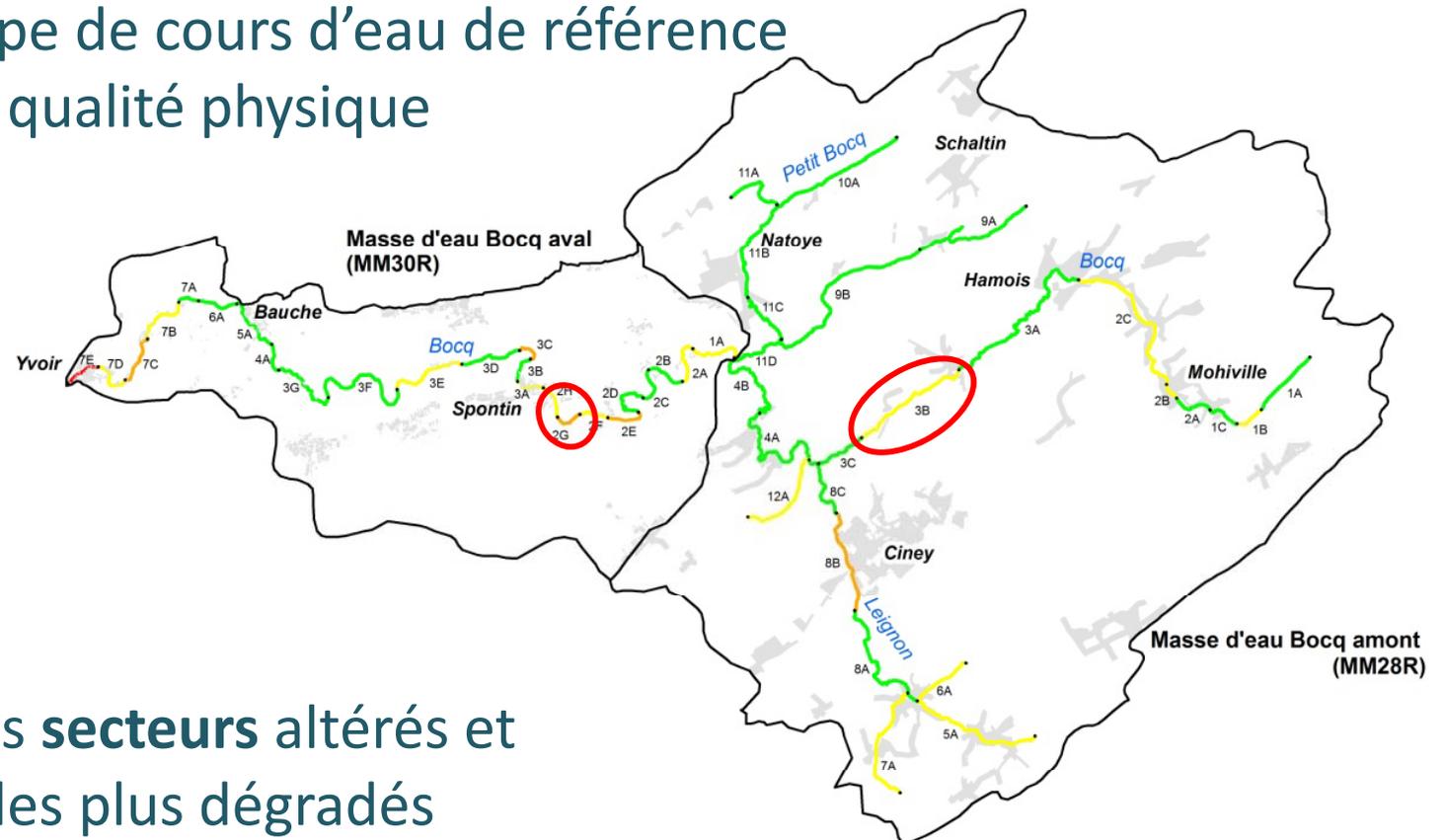
Qualphy modifié

- Découpage en secteurs homogènes (géomorphologie)
- Identification à un type de cours d'eau de référence
- Calcul d'un indice de qualité physique

 Limites des masses d'eau

Indice Qualphy des secteurs

-  1 - 20 % : Très mauvais
-  21 - 40 % : Mauvais
-  41 - 60 % : Moyen
-  61 - 80 % : Bon
-  81 - 100 % : Excellent



➔ Mise en évidence des **secteurs** altérés et des **compartiments** les plus dégradés

2 exemples :

Secteur 3b de MM28R

Bocq entre Emptinne et Emptinale - 2630 m

Lit majeur

Lit mineur

Berges

Altérations :

- Sinuosité
- Diversité des facies d'écoulement (profondeurs, vitesses et largeurs)
- Nature des fonds et colmatage



Secteur 2g de MM30R

Bocq - traversée de la zone de captages Vivaqua à Spontin - 620 m

Lit majeur

Lit mineur

Berges

Altérations :

- Inondabilité et annexes hydrauliques
- Continuité longitudinale
- Diversité des facies d'écoulement
- Nature des fonds
- Nature et dynamique des berges
- Végétation des berges



Définition des objectifs

L'examen des altérations permet de définir des **objectifs** au niveau des secteurs altérés

Secteur 3b de MM28R

Bocq entre Emptinne et Emptinale

Altérations :

- Sinuosité
- Diversité des facies d'écoulement (profondeurs, vitesses et largeurs)
- Nature des fonds et colmatage

Objectifs :

- Reméandration
- Diversifier les facies d'écoulement
- Diversifier les substrats et les habitats aquatiques

Secteur 2g de MM30R

Bocq - traversée de la zone de captages Vivaqua à Spontin

Altérations :

- Inondabilité et annexes hydrauliques
- Continuité longitudinale
- Diversité des facies d'écoulement
- Nature des fonds
- Nature et dynamique des berges
- Végétation des berges

Objectifs :

- Restaurer la continuité longitudinale (poissons et sédiments)
- Diversifier les facies d'écoulement
- Diversifier les substrats et les habitats aquatiques

Choix des sites d'intervention

- Visite de terrain des secteurs les plus problématiques

+

- Données complémentaires :

- Analyse de cartes et plans anciens

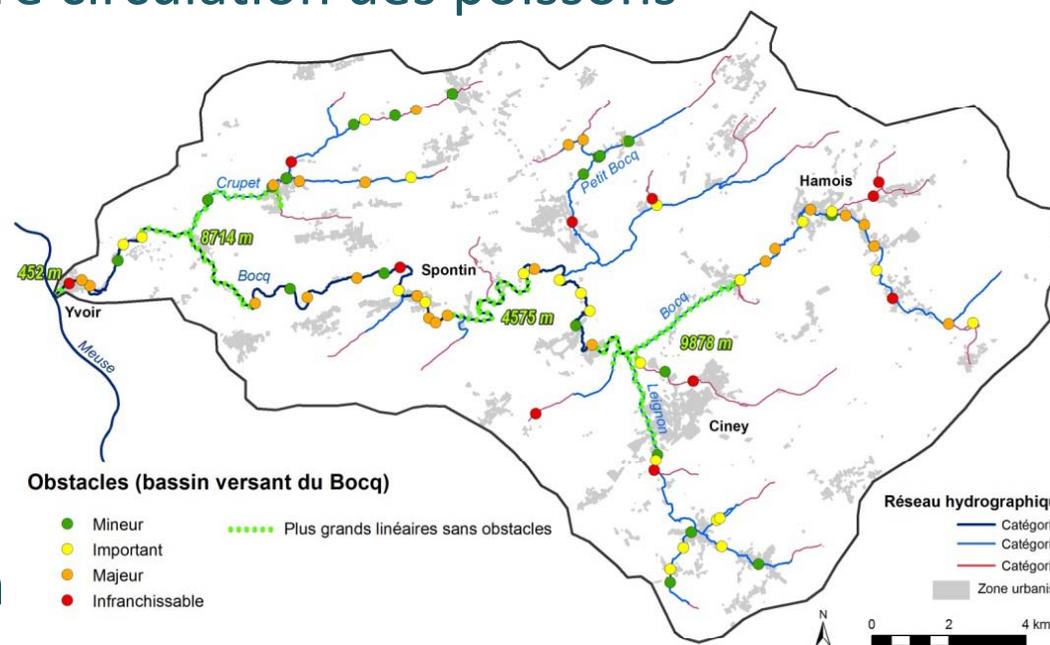
- Inventaire des obstacles à la libre circulation des poissons



Identification des sites les plus impactés sur lesquels on a l'opportunité d'agir



Sélection des sites prioritaires pour lesquels des travaux de restauration entraîneraient une amélioration de l'indice Qualphy du secteur

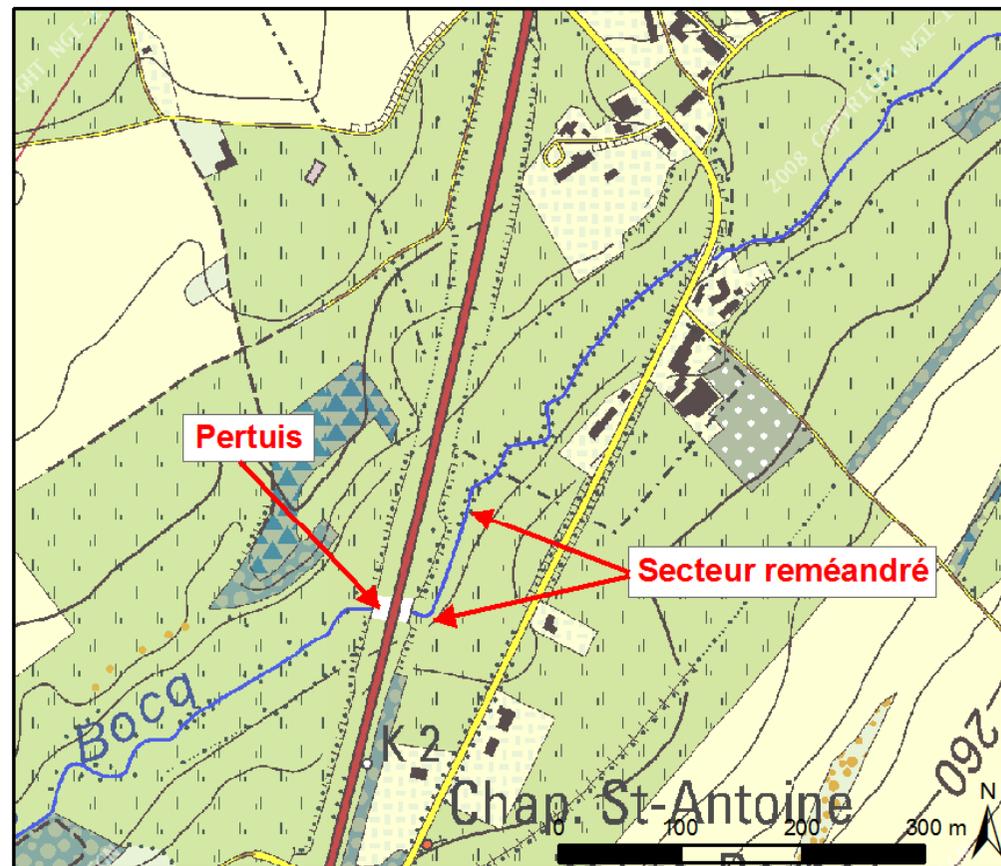


Secteur 3b de MM28R

Bocq entre Emptinne et Emptinale - 2630 m



Site d'**Emptinale** (pertuis + tracé rectifié)



- Faciès d'écoulement uniformes et profonds
- Faible diversité d'habitats aquatiques
- Lit bétonné (partiellement envasé)

Longueur = 200 m

Secteur 2g de MM30R

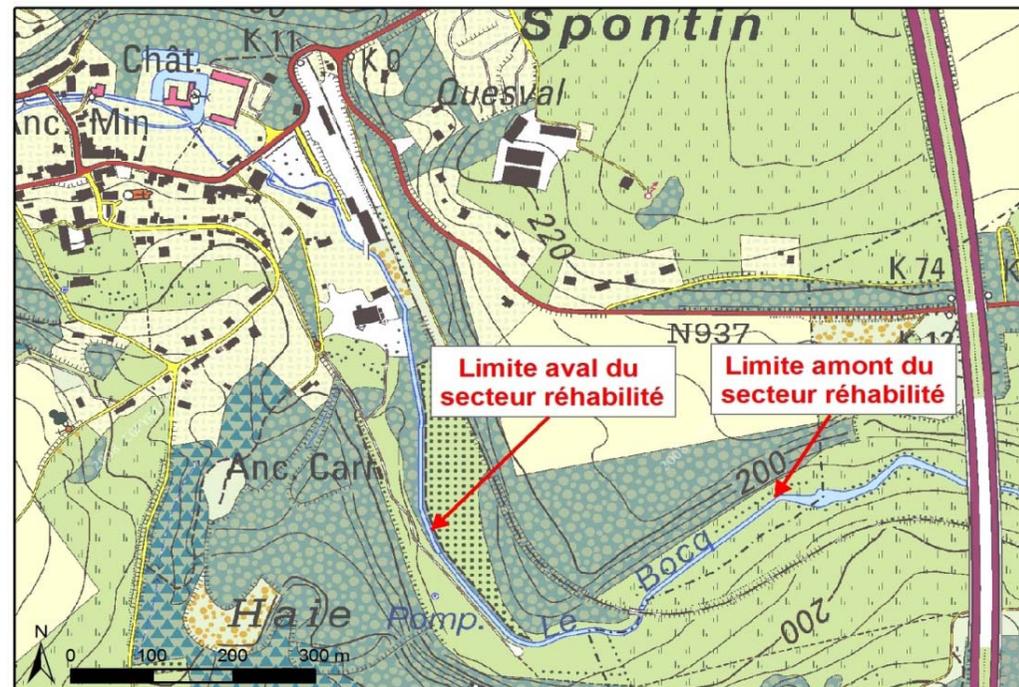
Bocq - traversée de la zone de captages
Vivaqua à Spontin



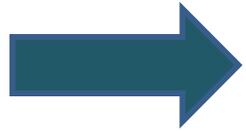
Secteur complet avec lit mineur artificialisé



- Faciès d'écoulement uniformes, peu profonds et rapides
- Rupture de la continuité longitudinale
- Faible diversité d'habitats aquatiques



Quels types de travaux pour atteindre les objectifs ?



Contraintes et opportunités propre au site

1. Contraintes foncières et concertation avec les riverains
 - Détermine l'**ambition** des travaux de restauration
2. Identification des enjeux « inondation »
 - Détermine le **dimensionnement** des aménagements
(sections d'écoulement et capacité hydraulique)
3. Caractérisation de la puissance spécifique du cours d'eau
 - Détermine les **techniques** mises en œuvre (résistance aux crues, stabilité des berges, transport solide)

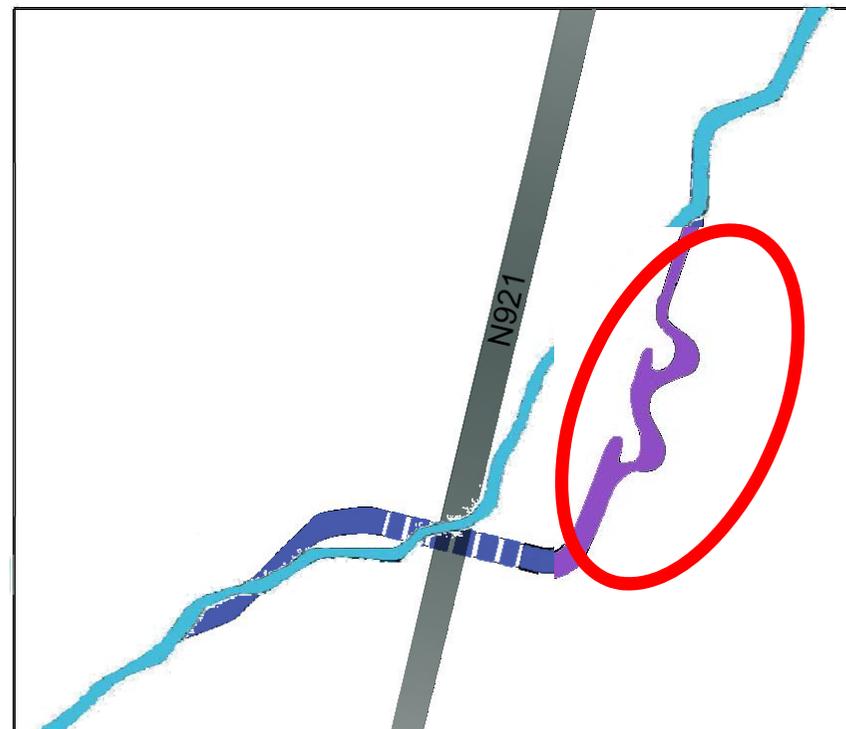
1. Contrainte/opportunité foncière

- Infrastructure routière
- Pas de possibilité de retour au tracé historique
- Opportunité d'emprise foncière sur 100 m en rive gauche)



Création de méandres

- hors situation historique
- à forte amplitude



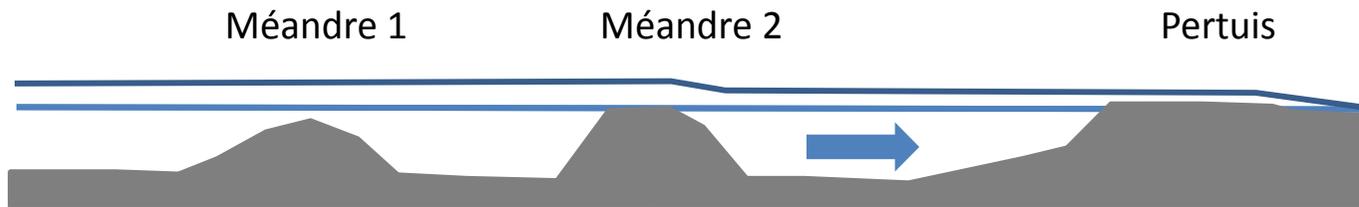
Ambition moyenne (R2-Malavoi)



2. Enjeu « inondation » faible

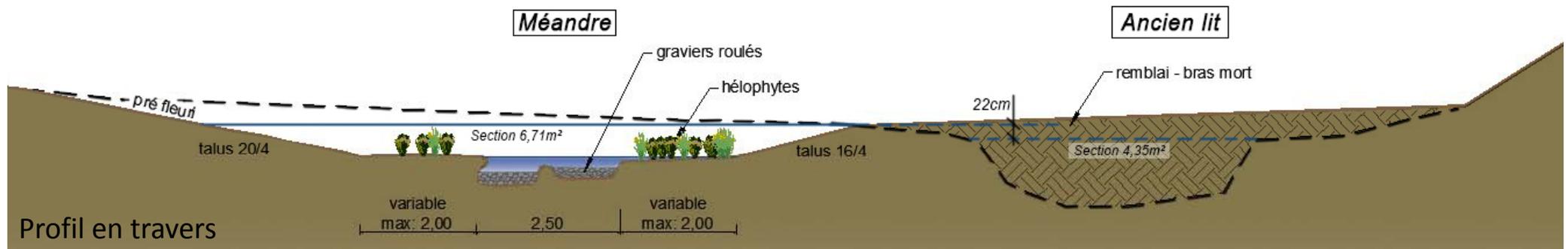
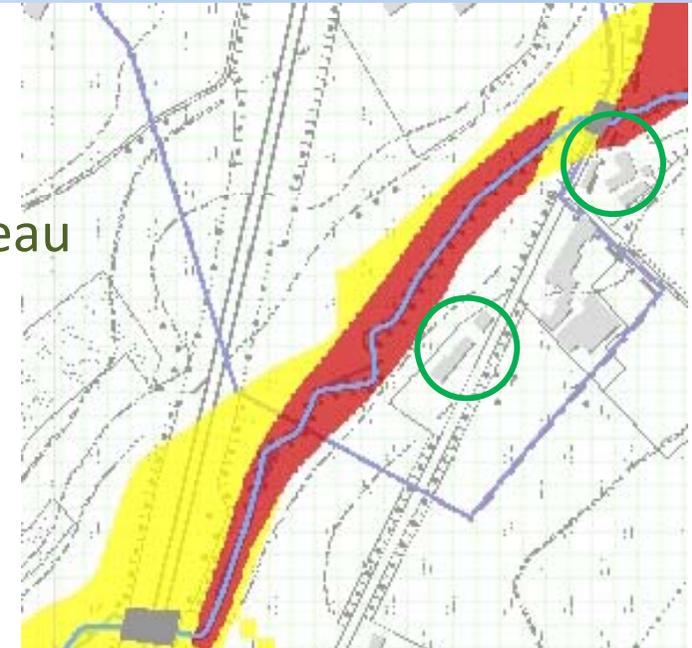
Pas de risque même si légère augmentation de la ligne d'eau

- Relèvement du plafond du cours d'eau (création radiers/mouilles)



Profil en long

- Sur-largeur locale du lit mineur (= capacité hydraulique en crue)



Profil en travers

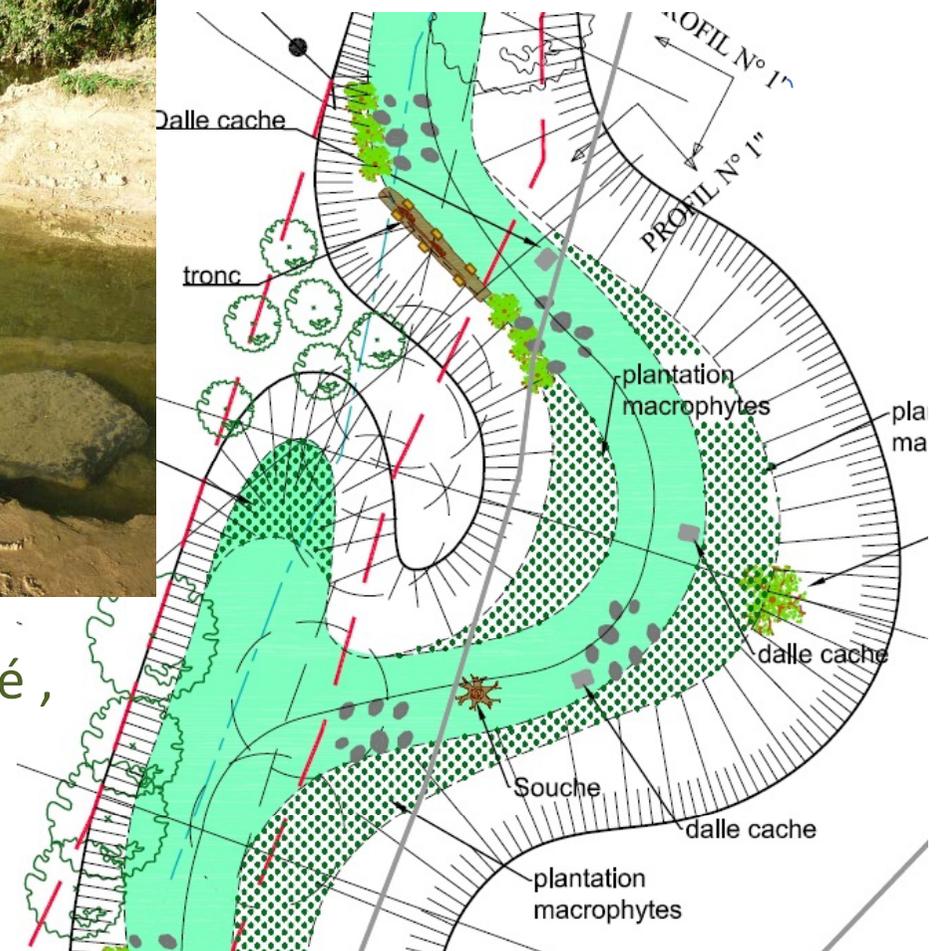
3. Puissance spécifique faible ($\sim 20 \text{ W/m}^2$) + matériaux des berges cohésifs (limon)

Faible dynamique fluviale et faible érodibilité

Peu de possibilité pour le cours d'eau de travailler par lui-même

Peu (pas) de protection de berge

Nécessité d'aménager des habitats diversifiés directement opérationnels



Berges en remblai:
techniques végétales
~~enrochements~~

Asymétrie, diversité,
irrégularités
(travail « brut »)

Frayères reconstituées

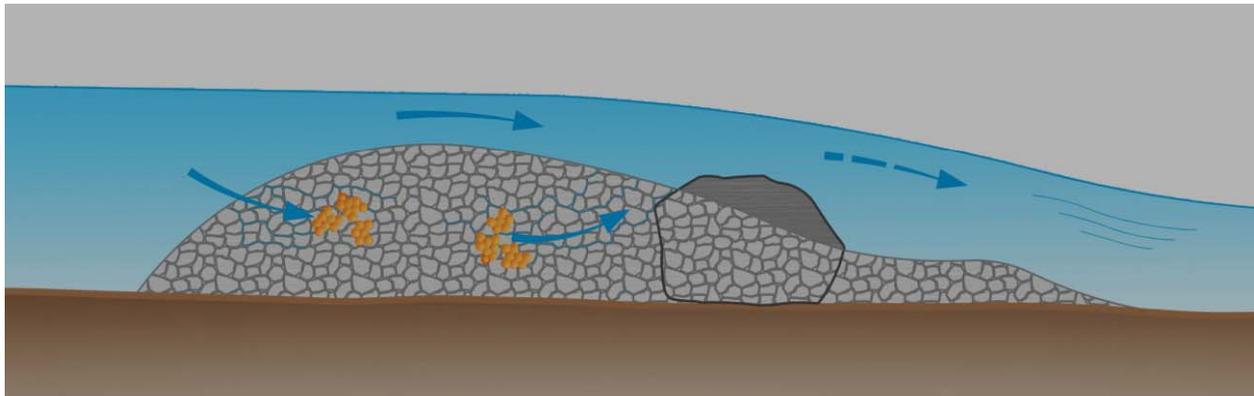
Matériaux (« gravier roulé » 16-32mm)

Localisation (effet de seuil)

accélération des vitesse de courant

Caches pour géniteurs

Refuges pour alevins



Fonctionnalité et entretien des frayères reconstituées

Risque de colmatage ? (stick hypoxie: profondeur bien oxygénée = 10 cm)

Déplacement des galets en crue (1 à 4 mètres) et par les géniteurs



Décolmatage partiel
Recharge après 3-5 années?

Aménagement d'un pertuis sous voirie (50 m de longueur X 6 m de largeur)



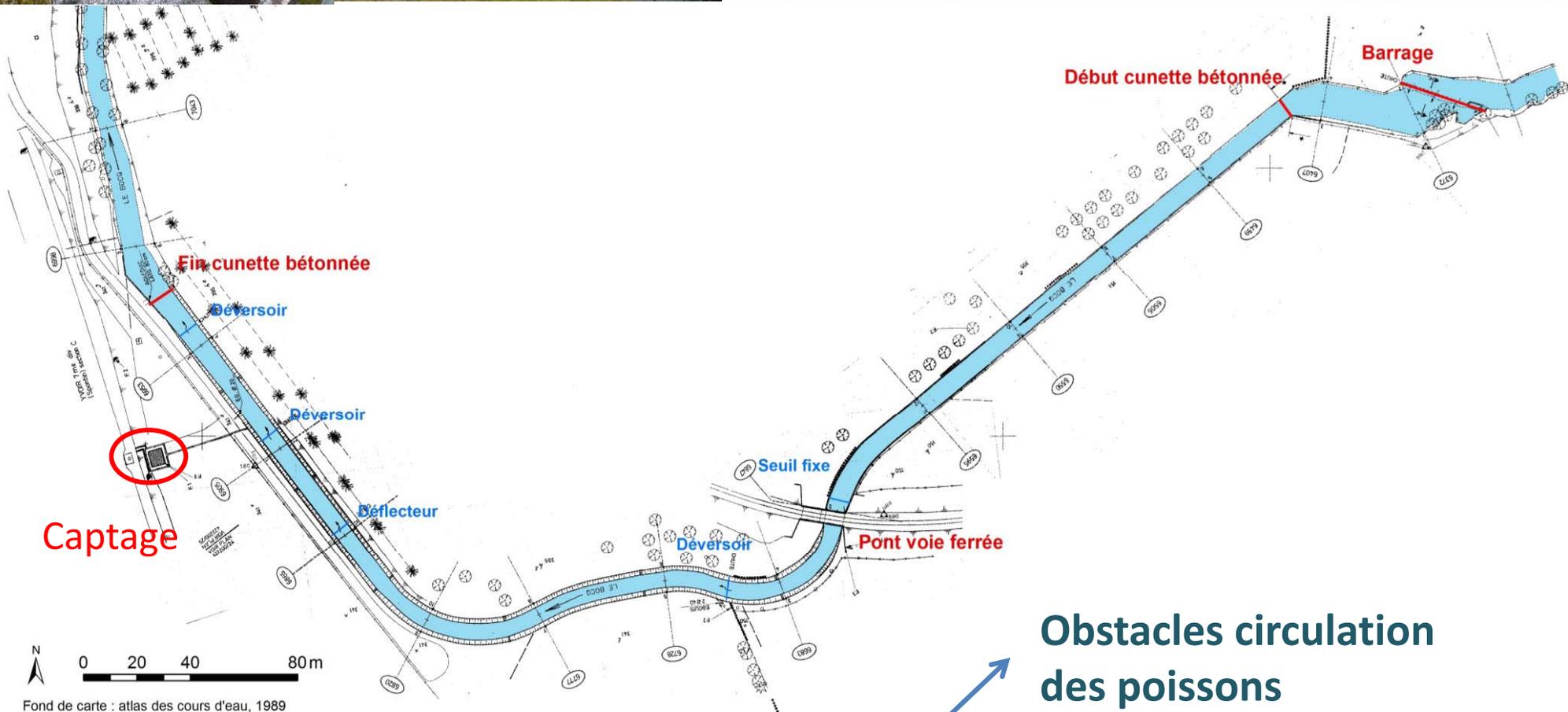
Mise à sec, curage, pose d'enrochements et de galets

Déroulement du chantier

Durée des travaux : 14 jours (septembre 2011)

Coût : 72 010 €

- Terrassements : 36 421€
- Aménagement pertuis : 14 241€



Double problématique

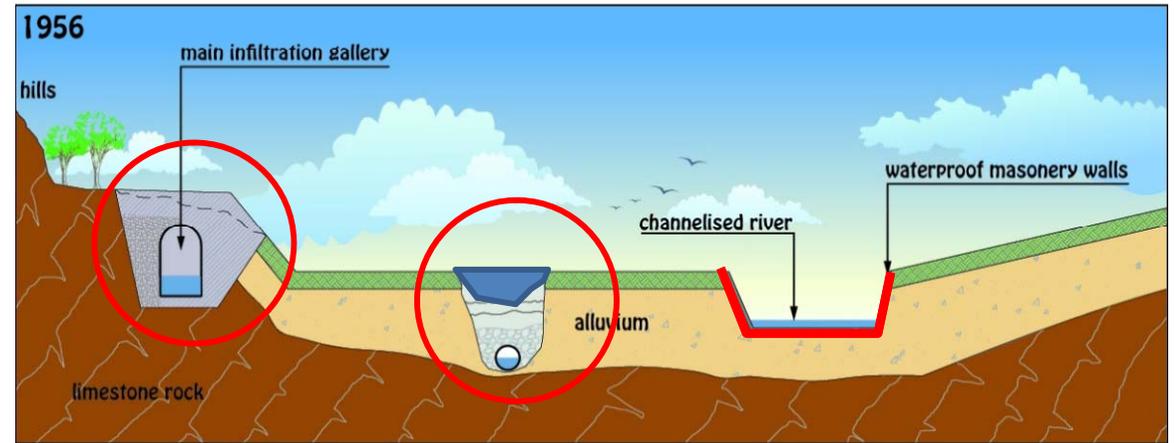
- Obstacles circulation des poissons
- Perte d'habitats

Contraintes liées aux captages:

Empêcher les échanges d'eau polluants entre le Bocq et la nappe phréatique.

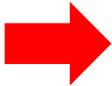


1. Déplacement du lit du Bocq (1954)
2. Imperméabilisation du nouveau lit
3. Surdimensionnement du lit mineur (réduire risque de crue Q_h=15 ans)
4. Aucune activité en lit majeur



Longue concertation avec Vivaqua (2008-2011); peu de concessions

2 scénarios d'aménagement

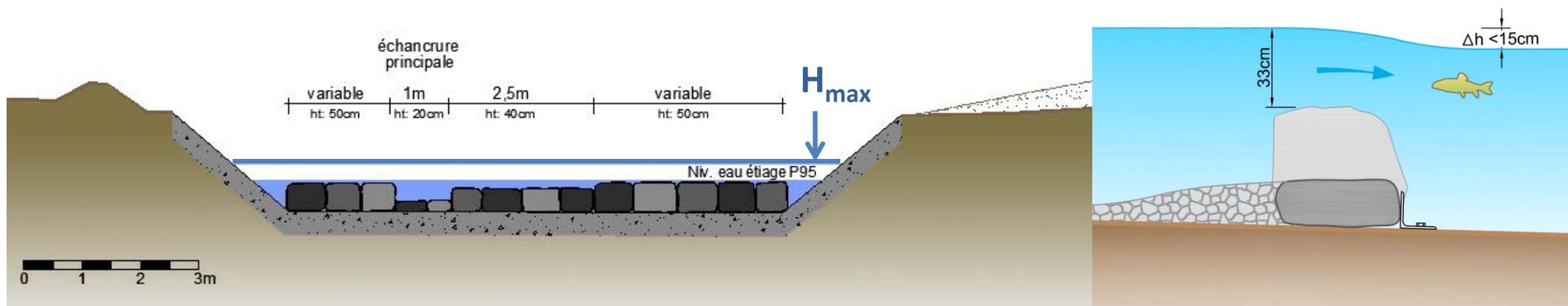
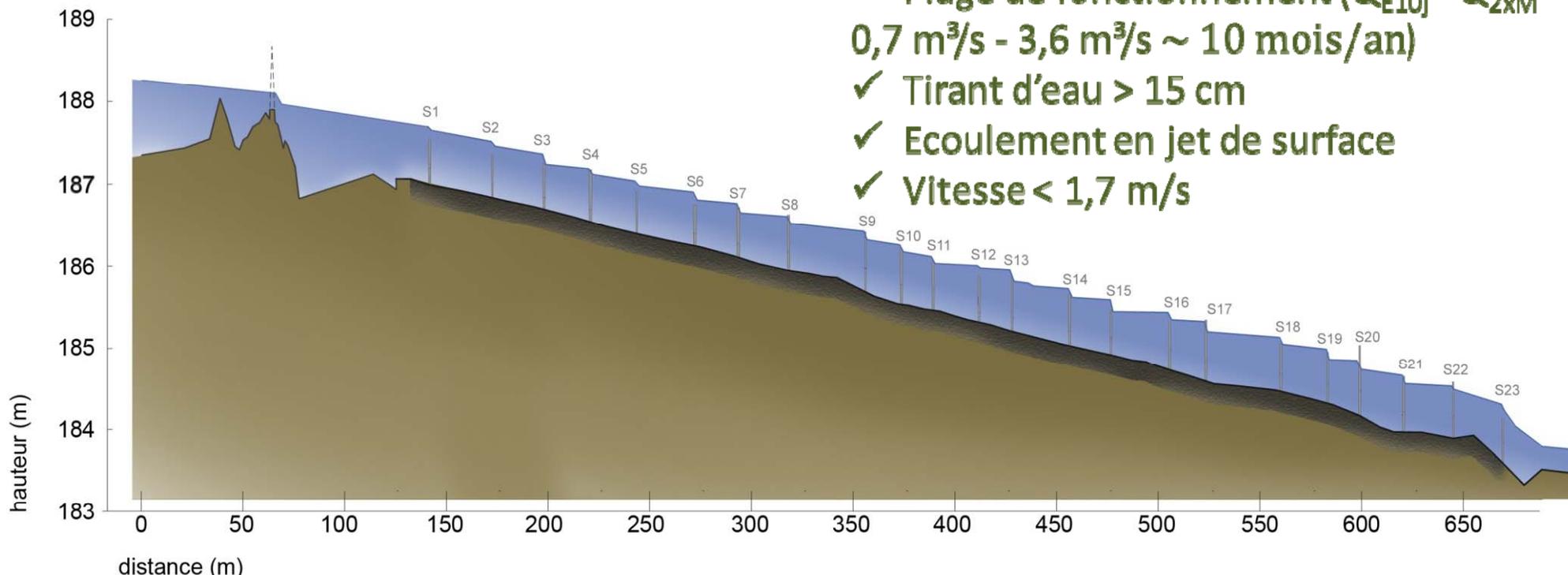
1. Dédoublage du lit sur le schéma d'une **rivière de contournement imperméable**
 abandonné
2. Aménagement d'une **rampe rugueuse** dans la cunette bétonnée existante

Rampe rugueuse à « enrochements en rangées périodiques » (step-pool)

Dimensionnement

1. Contraintes biologiques – capacité de nage des poissons

- ✓ Plage de fonctionnement ($Q_{E10J} - Q_{2xM}$)
0,7 m³/s - 3,6 m³/s ~ 10 mois/an
- ✓ Tirant d'eau > 15 cm
- ✓ Ecoulement en jet de surface
- ✓ Vitesse < 1,7 m/s

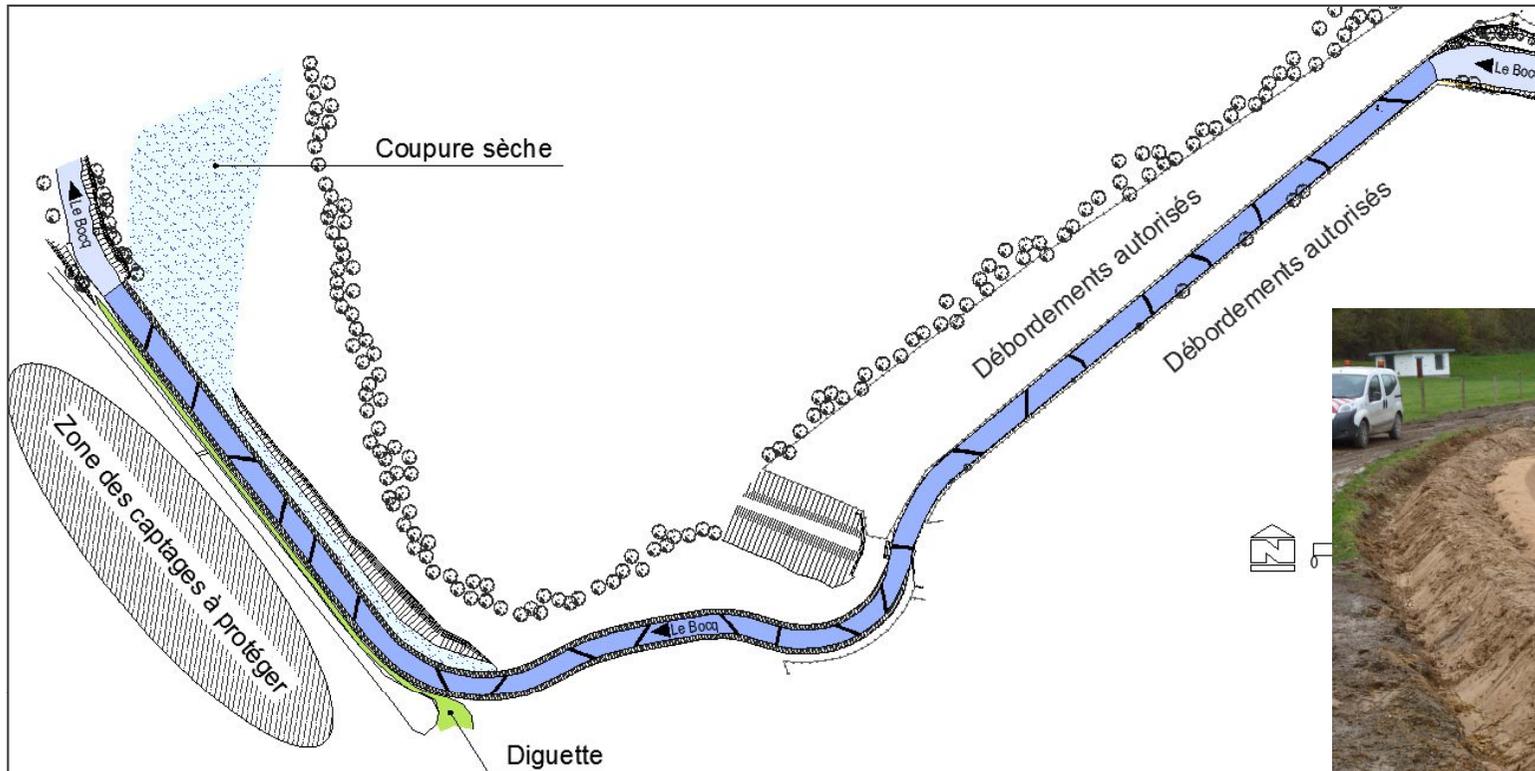




Dimensionnement

2. Contrainte inondation (status-quo)

- ✓ Seuils obliques
- ✓ Coupure sèche en rive droite sur secteur critique
- ✓ Merlon d'argile de +50 cm au droit du captage
- ✓ Suivi post réalisation



Dimensionnement

3. Contraintes techniques particulières

Déplacements en crue des blocs en place

Puissance spécifique importante
(~ 250 W/m² pour Q_b)



Nécessité de retenir/fixer les éléments à la dalle de béton



Cornières LAC – visserie inox

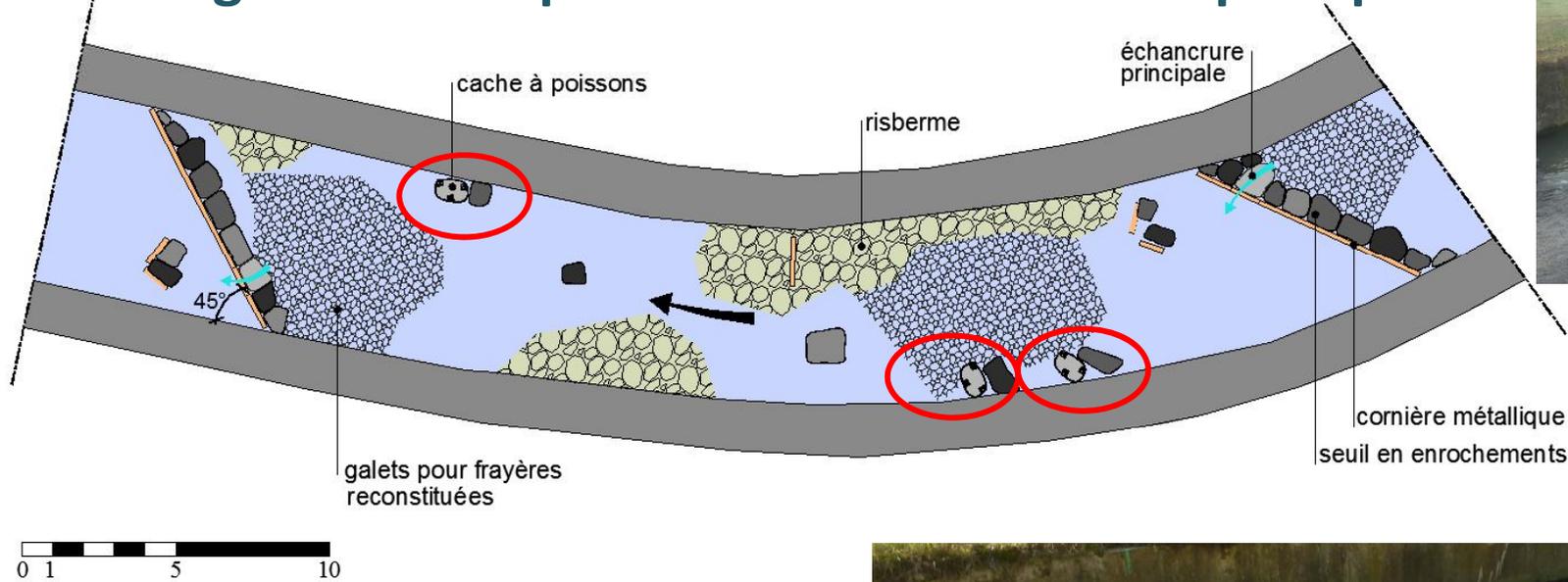


Déflecteurs « L » béton



Moellons et dalles fixés

Aménagement complémentaire d'habitats aquatiques



- Caches à poissons artificielles (été/hiver)
- Galets pour frayères
- Blocs épars pour poste de chasse (truites)
- Risbermes en enrochements pour alevins et substrat d'ancrage des végétaux

Écoulements variés



Déroulement du chantier (4 + 9 semaines)

Phase 1 (octobre /novembre 2011)

- Mise au point technique
- 150 mètres amont (6 seuils)
- Effacement du barrage amont

Phase 2 (octobre – décembre 2012)

- 450 mètres aval (17 seuils)
- 51 caches
- Diguette 180 mètres
- Coupure sèche
- 100 t de galets

Coût : 274 000€

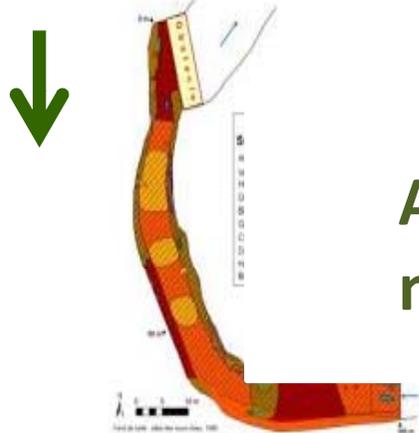


Ecologie

Qualité du milieu physique

Qualité physico-chimique de l'eau

Qualité biologique



Analyse nutriments



Seq-eau



3 indicateurs



Macrophytes

Macroinvertébrés

Poissons



IBMR

IBGN, Indice Shannon,
Équitabilité, Cb2 +
Traits bio, éco, physio
IBIP

Topographie
Cartographies

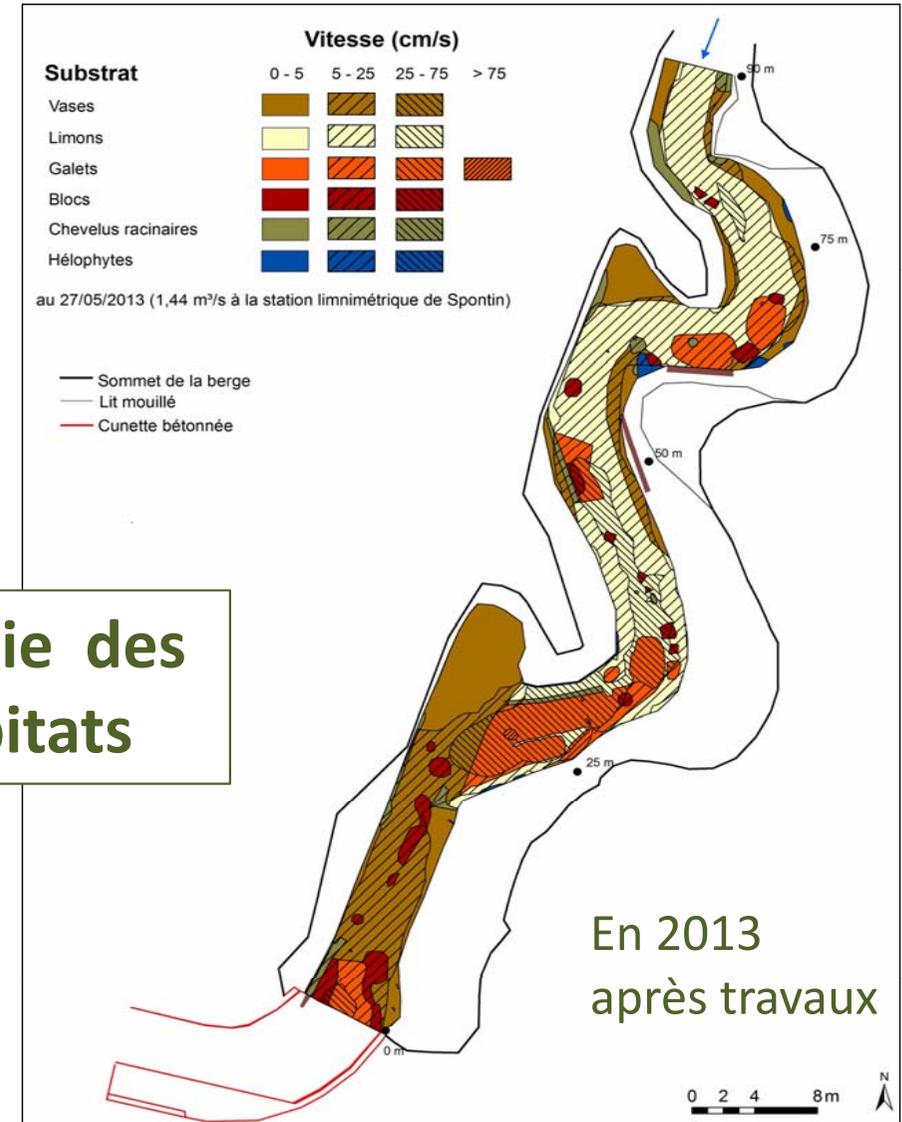
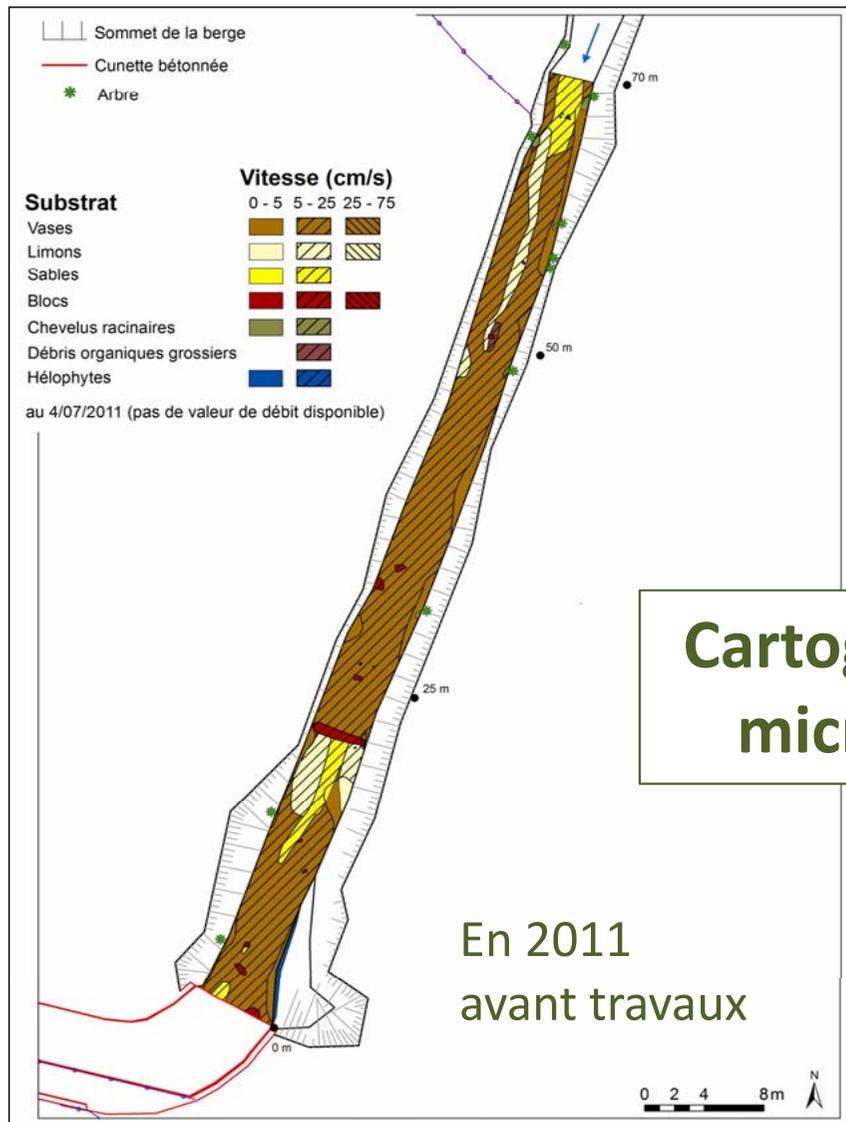


Indice qualité physique
Indice d'attractivité
morphodynamique



Station d'Emptinale

Qualité hydromorphologique



Cartographie des microhabitats

Avant travaux en 2011

Pourcentage de superficie (%)

		VITESSE				
		$v < 5$ cm/s	$5 < v < 25$ cm/s	$25 < v < 75$ cm/s	$75 < v < 150$ cm/s	
SUBSTRAT	Vases : sédiments fins (<0,002 mm) avec débris organiques fins	8.4	71.9	0.1		80.4
	Limons (0,002 à 0,050 mm)	0.6	8.9	0.0		9.5
	Sables (0,050 à 2 mm)	0.3	6.7			6.9
	Blocs (>250 mm)	0.0	1.6	0.0		1.7
	Chevelus racinaires	0.3	0.2			0.5
	Débris organiques grossiers		0.3			0.3
	Spermaphytes émergents (hélrophytes)	0.7	0.0			0.7
		10.3	89.6	0.1		

12 microhabitats
coef morpho 12,8

Après travaux en 2013

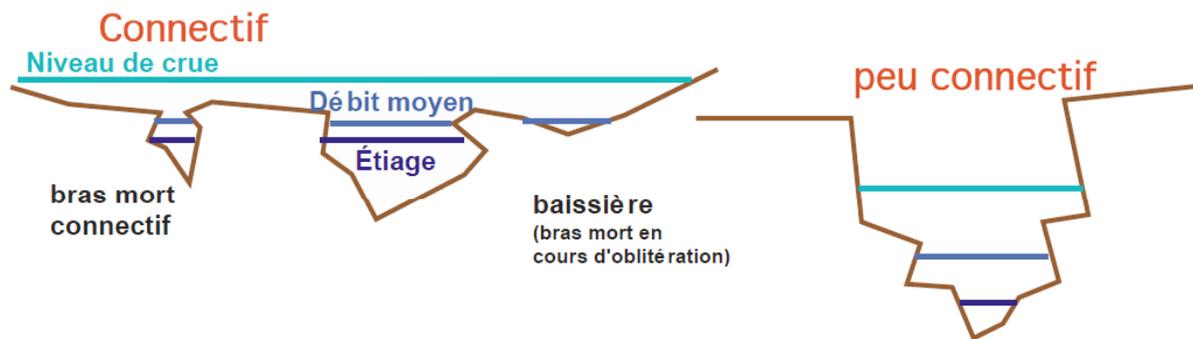
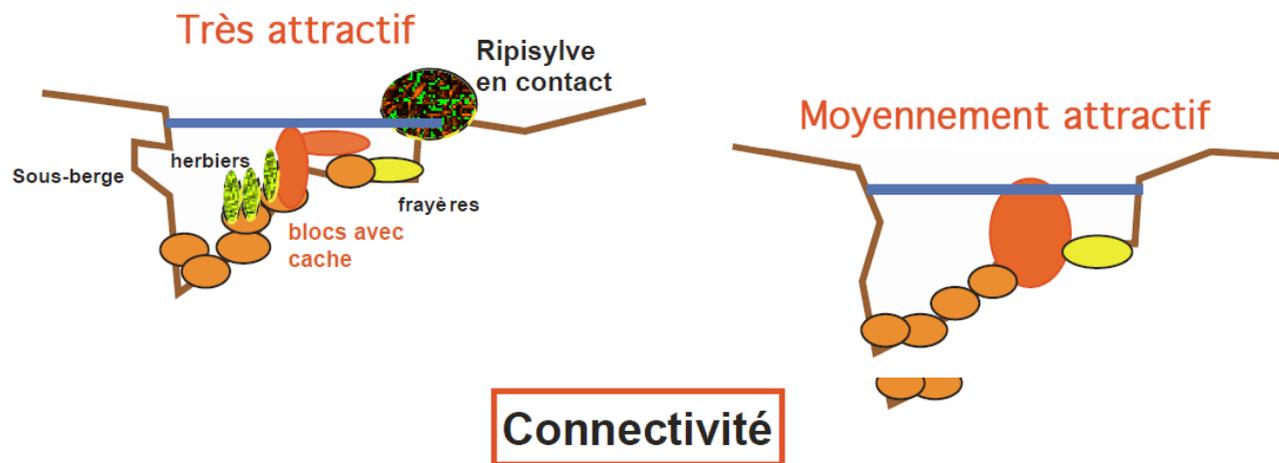
Pourcentage de superficie (%)

		VITESSE				
		$v < 5$ cm/s	$5 < v < 25$ cm/s	$25 < v < 75$ cm/s	$75 < v < 150$ cm/s	
SUBSTRAT	Vases : sédiments fins (<0,002 mm) avec débris organiques fins	17.1	17.3	1.1		35.5
	Limons (0,002 à 0,050 mm)	1.5	30.6	6.2		38.3
	Galets (25 à 250 mm)	0.1	7.1	9.0	0.1	16.4
	Blocs (>250 mm)	0.1	4.3	0.7		5.1
	Chevelus racinaires, supports ligneux	1.6	1.9	0.5		4.0
	Hélrophytes	0.4	0.3	0.1		0.8
		20.8	61.4	17.7	0.1	

19 microhabitats
coef morpho 13,7

Indice de la qualité physique du milieu (Téléos 2010)

Hétérogénéité



Indice de la qualité physique du milieu (Téléos 2010)

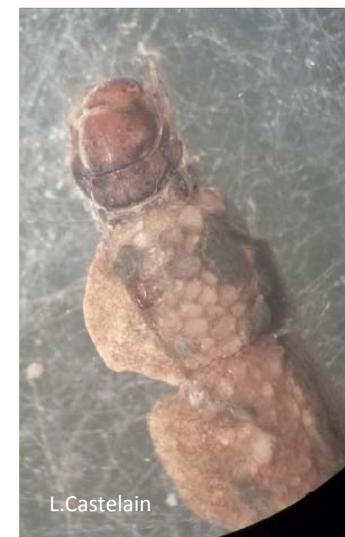
Date	Linéaire (m)	Score hétérogénéité /111	Classe	Score attractivité /90	Classe	Score connectivité /130	Classe	Score stabilité -60 / 40	Classe	Qualité physique	Classe
2011	70	9	E	10	E	93	A	5	Équilibre	1.502	C
2013	121	38	C	42	B	107	A	5	Équilibre	7.276	A



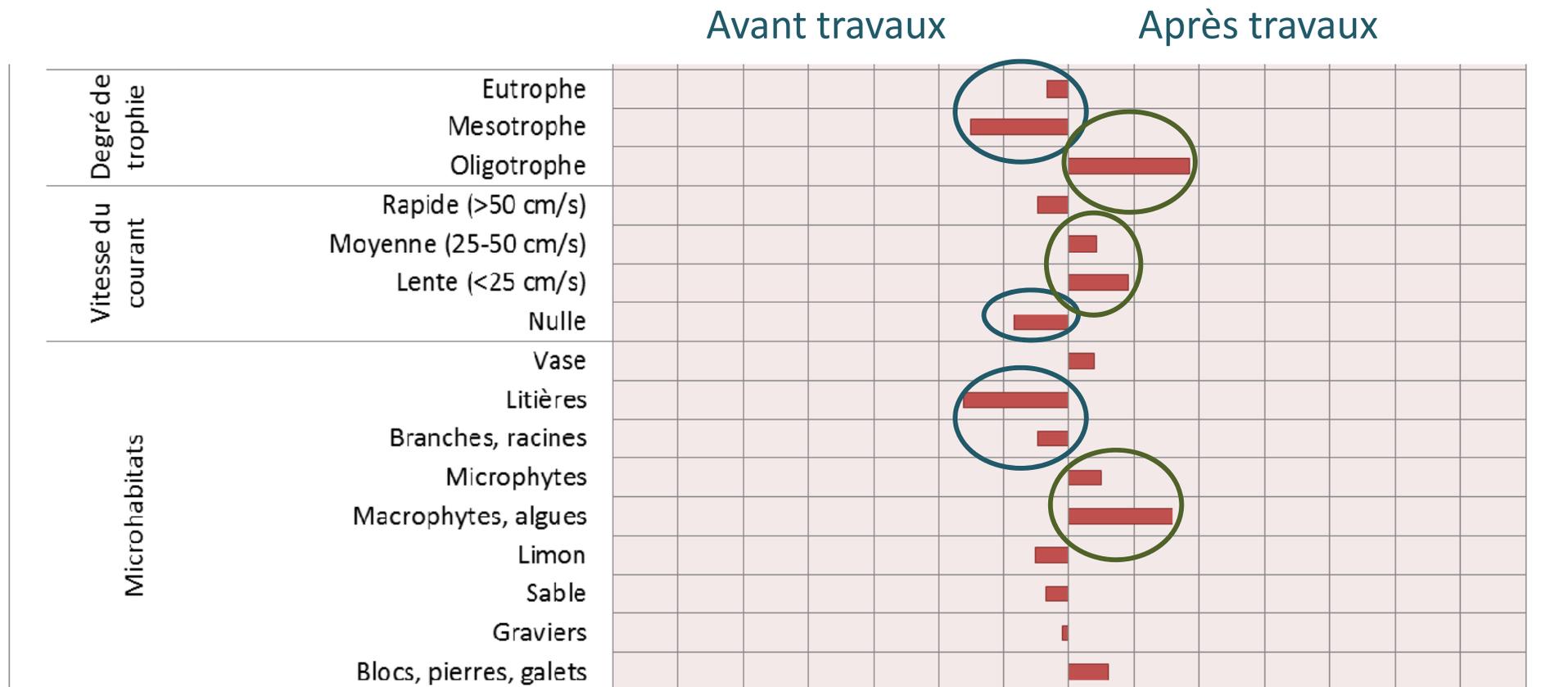
Qualité biologique

Macroinvertébrés

Bocq à Emptinale		
	2011	2013
Richesse numérique	1147	5024
Richesse taxonomique	22	33
Groupe faunistique indicateur (/9)	Limnephilidae & Ephemerellidae (3)	Goeridae (7)
IBGN (/20)	9	16
Indice de Shannon	0,74	0,76
Indice d'équitabilité	0,55	0,50
Qualité physico-chimique (ln/10)	5,6	7,1
Qualité de l'habitat (lv/10)	4,8	7,3
Cb2 (ln+lv/20)	10,5	14,4
Coef. Morphodynamique (/20)	12,8	13,7



L'utilisation des indices peut sembler réductrice > analyses des TBEP qui apportent des informations complémentaires



Passage d'une station à caractère lentique colonisée par des macroinvertébrés mésotrophes typiques de milieux fort envasés à qualité d'eau moyenne à une station lotique occupée par des invertébrés oligotrophes typiques d'eau plus claires bien oxygénées et moins riches en nutriments.

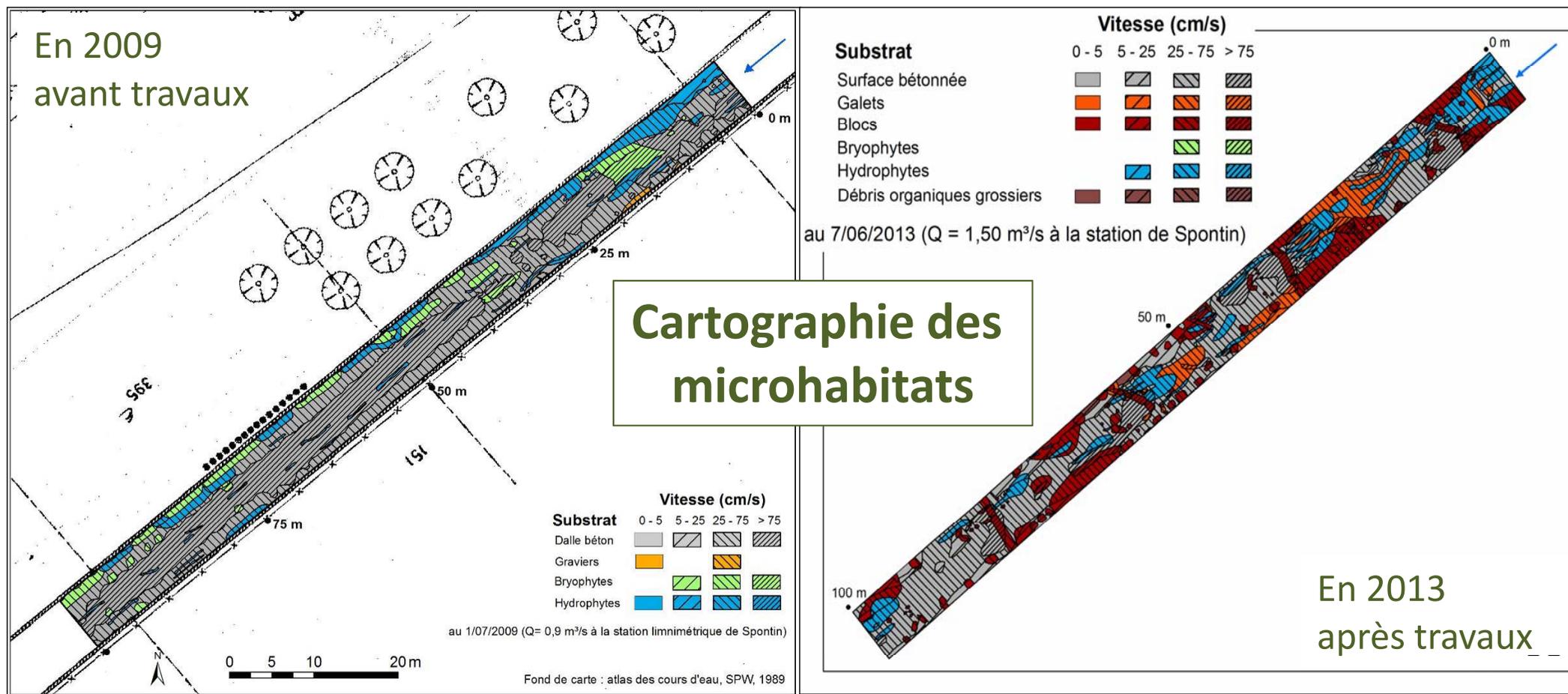
Populations de poissons

	Avant travaux 16/06/2011	Après travaux 11/07/2013
Espèces	Nombre d'individus	Nombre d'individus
Truite fario	22	35
Chabot	105	425
Loche franche	57	84
Epinoche	12	115
Goujon	8	0
Ombre commun	2	1
Chevaine	1	5
Perche fluviatile	1	0
Barbeau fluviatile	0	1
Nbre espèces	8	7
Nbre de poissons capturés	208	666
Biomasse totale (kg/ha)	74,9	222,3
IBIP (30)	22	24



Station de Spontin Vivaqua

Qualité hydromorphologique



Avant travaux en 2009
Pourcentage de superficie (%)

		VITESSE				
		$v < 5 \text{ cm/s}$	$5 < v < 25 \text{ cm/s}$	$25 < v < 75 \text{ cm/s}$	$75 < v < 150 \text{ cm/s}$	
SUBSTRAT	Dalle béton	0.2	0.9	34.7	38.3	74.1
	Graviers (2 à 25 mm)			0.3		0.3
	Bryophytes		0.1	7.5	2.7	10.3
	Spermaphytes immergés (hydrophytes)		2.5	10.7	2.1	15.3
		0.2	3.5	53.2	43.1	

11 microhabitats

Coef morpho : 11,4

17 microhabitats

Coef morpho : 13,8

Après travaux en 2013
Pourcentage de superficie (%)

		VITESSE				
		$v < 5 \text{ cm/s}$	$5 < v < 25 \text{ cm/s}$	$25 < v < 75 \text{ cm/s}$	$v > 75 \text{ cm/s}$	
SUBSTRAT	Surface bétonnée	0.4	5.8	33.0	9.2	48.5
	Galets (25 à 250 mm)	0.0	0.4	8.0	1.2	9.6
	Bloc (>250 mm)	0.4	4.3	15.4	4.2	24.4
	Bryophytes			0.1	0.0	0.1
	Hydrophytes		0.8	13.8	2.2	16.8
	Débris organiques grossiers	0.0	0.5	0.1	0.0	0.7
		0.9	11.8	70.5	16.8	

Indice de la qualité physique du milieu (Téléos 2010)

Date	Linéaire (m)	Score hétérogénéité /111	Classe	Score attractivité /90	Classe	Score connectivité /130	Classe	Score stabilité -60 / 40	Classe	Qualité physique	Classe
24/06/2009	100	12	E	10	E	47	C	-10	Équilibre	879	D
17/08/2013	100	10	E	53	B	47	C	-12	Erosion	2.961	C



Qualité biologique

Macroinvertébrés



Bocq à Spontin Vivaqua	2009	2013
	Richesse numérique	2532
Richesse taxonomique	24	26
Groupe faunistique indicateur (/9)	Lepidostomatidae & Sericostomatidae (6)	Lepidostomatidae & Sericostomatidae (6)
IBGN (/20)	12	13
Indice de Shannon	1,07	0,52
Indice d'équitabilité	0,77	0,37
Qualité physico-chimique (ln/10)	6,29	8,15
Qualité de l'habitat (lv/10)	5,28	5,72
Cb2 (ln+lv/20)	11,57	13,87
Coef. morphodynamique (/20)	11,4	13,8

Population de poissons

Espèces capturées	Avant travaux 05/05/2011	Après travaux 11/07/2013
Chabot	59	357
Truite fario	2	12
Saumon		14
Loche franche		6
Vairon		2
Goujon		1
Nbre d'espèces	2	6
Biomasse (kg/ha)	5,6	78,9
IBIP (/30)	19	21



- ❖ Ces deux chantiers ont une dynamique différente d'évolution dans le temps
Emptinale : bonne évolution, assez rapide
Spontin : impact moins direct > nécessité d'un suivi à plus long terme
- ❖ Problèmes pour comparaison avant et après travaux :
 - conditions climatiques – hydrologiques différentes
 - grande variabilité des macroinvertébrés > nécessité d'une station de référence
- ❖ Les résultats sont encore préliminaires > un recul de 3 à 5 ans est indispensable pour constater des effets positifs durables sur la qualité écologique
- ❖ Pour les futurs chantiers, la démarche idéale à suivre serait de faire un état des lieux avant travaux basé au minimum sur un IBGN et une pêche électrique (DEMNA ?)

- ❖ Résultats encourageants
- ❖ Nécessité d'une approche multi-disciplinaire (biologie-hydraulique,...)
- ❖ Chaque site est un cas particulier; être créatif, ne pas rester sur une seule idée (divers scénarios)
- ❖ Rester critique avec les solutions proposées
- ❖ Ne pas négliger le facteur temps : collecte des données et études préalables , concertations, demandes de permis, rédaction des CSC, etc.. 2 à 5 ans
- ❖ Faire un suivi, tirer les leçons ... communiquer

Découverte de chantiers sur le terrain entre le 20 avril et le 20 juin 2015

Thématiques :

Reméandration

Diversification d'habitats

Aménagement d'obstacles

!!! Nombre limité d'inscriptions
Précisions en mars 2015



Des documents pour en savoir plus ...

Un film



Un site web



Un guide technique

Effacement et aménagement d'obstacles
Arasement du déversoir (h : 1,2 m) de Spontin sur le Bocq

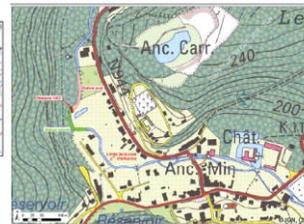
Caractéristiques du secteur restauré

Taille du bassin versant	164 km ²
Masse d'eau : MM30R	
Pente moyenne	5,2 ‰ (zone à ombres)
Cours d'eau : le Bocq	
Secteur restauré : Spontin (commune d'Yvoir)	
Longueur : 200 m	
Début des travaux : décembre 2010	
Fin des travaux : mai 2011	
Puissance spécifique	92 W/m ²
Débit moyen annuel	1,80 m ³ /s (1980 - 2008)
Coût : 79 170 € (hors acquisition de terrain)	

Contexte
À la sortie du village de Spontin, un ancien déversoir en pierres de taille permettant jadis d'alimenter un bief sur lequel un bief hydraulique approvisionnait le haut du village en eau potable. L'ouvrage, d'une hauteur de 1,20 m, est considéré infranchissable à la montaison pour toutes espèces de poissons (photo 1). De plus, il constitue un obstacle au transport des sédiments de la charge de fond. Enfin, son remous, long des 200 m, est caractérisé par des faciès d'écoulement peu diversifiés et lents (photo 2). L'usage hydraulique lié à cet ouvrage ayant disparu, son effacement a été envisagé par le SPW, gestionnaire du cours d'eau.



Localisation



www.walphy.be

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

Une valise pédagogique

Contenu de la valise pédagogique

Cette valise pédagogique a été conçue dans le cadre du projet de restauration de cours d'eau WALPHY et de la réalisation d'un sentier pédagogique le long de l'Eau Blanche à Niamès.

Contenu

- Présentation du projet de restauration de cours d'eau en Wallonie « WALPHY »
- Aspects pédagogiques
- Objectifs et parcours du sentier pédagogique
- Exemplaires des différents panneaux et fiches pédagogiques
- Plans des travaux
- Plan du sentier

Un sentier didactique 7 panneaux

WALPHY
Pourquoi restaurer l'Eau Blanche ?

Les cours d'eau sont des milieux vivants et dynamiques. Plus l'hydrologie des habitats est variée, plus la diversité biologique sera importante. La restauration de milieux physiques contribue à l'entretien de bon état écologique qui est requis par le Directeur Général des Eaux de l'Etat wallon.

Des travaux ont été réalisés dans le cadre d'un projet LIFE environnement - 1987/97 - co-financé par l'Etat wallon. Ces travaux ont permis de restaurer la qualité physique d'un secteur affecté de l'Eau Blanche afin de permettre de développer les habitats aquatiques (craie, galets, pierres, bancs de galets, graviers...). Ces travaux ont fait l'objet d'un suivi scientifique, qui permettra de juger de leur efficacité.

Le développement des connaissances des espèces de poissons et des habitats aquatiques est un enjeu important de la restauration de l'Eau Blanche.

Plan de visite didactique proposé le long de l'Eau Blanche. Ce plan de visite est conçu pour permettre de découvrir les habitats aquatiques et de comprendre les enjeux de la restauration de l'Eau Blanche.

www.walphy.be

Références bibliographiques

Wiki EU : <http://restorerivers.eu/wiki/index.php>

ECRR : <http://www.ecrr.org/>

MALAVOI J.R., 2007 : Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau. BIOTEC et Agence de l'Eau Seine Normandie, 64p.

ONEMA : La restauration des cours d'eau – recueil d'expériences sur l'hydromorphologie – téléchargeable sur le site : <http://www.onema.fr/-Publications->

DUPONT E. 1998 : Entretenir les cours d'eau et l'habitat des poissons.

Centre de Recherche sur la Nature, La Forêt et le Bois, DGRNE, Division de l'Eau.

LARINIER M., COURRET D., GOMES P. 2006 : Guide technique pour la conception des passes « naturelles ». CSP-CEMAGREF-GHAAPPE

http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/references_bibliographiques/guide_passes_poissons.pdf

MALAVOI, J.R., GARNIER, C.C., LANDON N., RECKING A., BARAN P., 2011 : Eléments de connaissance pour la gestion du transport solide en rivière http://www.onema.fr/IMG/pdf/2011_003.pdf

PETIT, F., HALLOT E., HOUBRECHTS, G., LEVECQ, Y., MOLS J., PEETERS, A. & VAN CAMPENOUT, J., 2007. La typologie et les caractéristiques hydromorphologiques des cours d'eau wallons. La gestion physique des cours d'eau bilan d'une décennie d'ingénierie écologique. In Actes du Colloque de Namur du 10 au 12 octobre 2007 : 7-16

HALLOT E., 2010. Typologie Hydro-géomorphologique des cours d'eau dans l'Euregio Meuse-Rhin. Thèse de Doctorat, ULg , 273 pp.

Ce document et bien d'autres sont consultables ou téléchargeables via le portail documents techniques sur l'eau à l'adresse <http://www.documentation.eaufrance.fr/>