



Plan de Gestion Ecologique du bassin versant de l'Yser

PHASE 3: ELABORATION DU PGE, CHOIX TECHNIQUES ET EVALUATION FINANCIERE

RAPPORT D'ETUDE - VERSION 0

Artelia Ville et Transport
Agence de Lille

249, rue Marie Curie
Parc d'Activités du Chat
59118 – Wambrechies
Tel. : +33 (0)3 20 55 44 45
Fax : +33 (0)3 20 55 15 16



UNION DES SYNDICATS D'ASSAINISSEMENT DU
NORD

SOMMAIRE

Introduction	I
Section 1 Porpositions d'aménagements	I
Actions à court terme	II
1. PREAMBULE	II
1.1. PRINCIPE GENERAL	II
1.2. PUISSANCE SPECIFIQUE	II
2. AMENAGEMENT DES PROPRIETES DE L'USAN	III
2.1. CONTEXTE ET LOCALISATION	III
2.2. PRINCIPE D'AMENAGEMENT	III
2.2.1. Reprofilage du lit mineur	III
2.2.2. Recharge granulométrique	IV
2.2.3. Diversification des faciès d'écoulement	V
2.2.4. Tracé en plan	V
2.2.5. Constitution d'un lit majeur fonctionnel et connecté	VIII
2.2.6. Aménagement des frayères	VIII
2.2.7. Végétalisation et usage de la parcelle	IX
2.2.8. Illustration de l'aménagement	XIV
2.3. GRANULOMETRIE	XIX
2.3.1. Indices sur la granulométrie originelle de l'Yser	XIX
2.3.2. Détermination de la granulométrie	XXI
2.3.2.1. PAVAGE	XXI
2.3.2.2. MATELAS DE GRAVIERS	XXII
2.4. FORCE TRACTRICE	XXII
2.5. INCIDENCE HYDRAULIQUE	XXIII
2.6. PROCEDURE REGLEMENTAIRE	XXIII
3. AMENAGEMENTS DES EFFONDREMENTS DE BERGE SIGNALES PAR LES COMMUNES	XXIII
3.1. CONTEXTE ET LOCALISATION	XXIII
3.2. PRINCIPE D'AMENAGEMENT	XXIV
3.2.1. Reprofilage des berges et constitution d'un lit d'étiage	XXIV
3.2.2. Recharge granulométrique	XXV
3.2.2.1. EFFONDREMENTS PONCTUELS	XXV
3.2.2.2. EFFONDREMENTS LINEAIRES	XXV
3.2.3. Diversification des faciès d'écoulement	XXV
3.2.4. Végétalisation	XXVI
3.2.5. Illustration de l'aménagement	XXVII
3.3. GRANULOMETRIE	XXVIII
3.3.1. Pavage	XXVIII
3.3.2. Matelas mobilisable	XXIX
3.4. FORCE TRACTRICE	XXIX
3.5. INCIDENCE HYDRAULIQUE	XXIX
3.6. PROCEDURE REGLEMENTAIRE	XXIX
4. AMENAGEMENT DES « SEUILS DE PONTS »	XXX

4.1.	CONTEXTE ET LOCALISATION	XXX
4.2.	PRINCIPE D'AMENAGEMENT	XXXI
4.2.1.	Recharge linéaire	XXXI
4.2.2.	Seuils – radiers	XXXII
4.2.3.	Illustration de l'aménagement	XXXII
4.3.	INCIDENCE HYDRAULIQUE	XXXII
4.4.	INTERETS ECOLOGIQUES ET CADRE REGLEMENTAIRE	XXXIII
4.5.	PROCEDURE REGLEMENTAIRE	XXXIII
5.	RESTAURATION DE LA RIPISYLVE	XXXIII
5.1.	LOCALISATION ET HIERARCHISATION DES SECTEURS VISES	XXXIII
5.2.	NATURE DE LA RIPISYLVE A RESTAURER	XXXIV
6.	PETITS AMENAGEMENTS PISCICOLES	XXXV
7.	AMENAGEMENT D'ABREUVOIRS	XXXIX
7.1.	CONTEXTE ET LOCALISATION	XXXIX
7.2.	PRINCIPE D'AMENAGEMENT	XL
7.3.	INCIDENCE HYDRAULIQUE	XL
7.4.	PROCEDURE REGLEMENTAIRE	XL
Actions à moyen terme		XLI
8.	AMENAGEMENTS DES ZONES PROPOSEES PAR LES COMMUNES POUR LA LUTTE CONTRE LES INONDATIONS ET LA RESTAURATION ECOLOGIQUE	XLI
8.1.	CONTEXTE ET LOCALISATION	XLI
8.2.	PRINCIPE D'AMENAGEMENT	XLI
8.2.1.	Reprofilage du lit mineur	XLI
8.2.2.	Recharge granulométrique	XLII
8.2.3.	Diversification des faciès d'écoulement	XLII
8.2.4.	Tracé en plan	XLIII
8.2.5.	Constitution d'un lit majeur fonctionnel et connecté	XLV
8.2.6.	Restauration et valorisation écologiques	XLVI
8.2.7.	Illustration de l'aménagement	XLVII
8.3.	RECHARGE GRANULOMETRIQUE	I
8.3.1.	Pavage	I
8.3.2.	Matelas mobilisable	I
8.4.	FORCE TRACTRICE	I
8.5.	INCIDENCE HYDRAULIQUE	I
8.6.	PROCEDURE REGLEMENTAIRE	II
9.	AMENAGEMENT PROPOSE EN CONTEXTE URBAIN	II
9.1.	CONTEXTE EN LOCALISATION	II
9.2.	PRINCIPE D'AMENAGEMENT	III
9.2.1.	Reprofilage et aménagement paysager du lit mineur	III
9.2.2.	Recharge granulométrique	III
9.2.3.	Diversification des faciès d'écoulement et tracé en plan	III
9.2.4.	Valorisation écologique et pédagogique	V
9.2.5.	Illustration de l'aménagement	VII
9.3.	GRANULOMETRIE	VIII
9.4.	FORCE TRACTRICE	IX
9.5.	INCIDENCE HYDRAULIQUE	IX
9.6.	PROCEDURE REGLEMENTAIRE	IX

Actions à long terme	X
10. INITIALISATION D'UN REMEANDRAGE DE L'YSER AVAL	X
10.1. CONTEXTE ET LOCALISATION	X
10.2. PRINCIPE D'AMENAGEMENT	X
10.2.1. Tracé en plan	X
10.2.2. Profilage du lit mineur	IV
10.2.3. Recharge granulométrique	IV
10.2.4. Diversification des faciès d'écoulement	V
10.2.5. Aménagement écologique et végétalisation	V
10.2.6. Devenir de l'actuel tracé rectifié	VI
10.2.7. Illustration	VII
10.3. GRANULOMETRIE	I
10.3.1. Pavage	I
10.3.2. Matelas mobilisable	II
10.4. FORCE TRACTRICE	II
10.5. INCIDENCE HYDRAULIQUE	II
10.6. PROCEDURE REGLEMENTAIRE	III
11. REOUVERTURE DE COURS D'EAU	III
11.1. CONTEXTE ET LOCALISATION	III
11.2. PRINCIPE D'AMENAGEMENT	III
11.3. GRANULOMETRIE	III
11.3.1. Pavage	III
11.3.2. Matelas mobilisable	IV
11.4. FORCE TRACTRICE	IV
11.5. INCIDENCE HYDRAULIQUE	IV
11.6. PROCEDURE REGLEMENTAIRE	IV
Contraintes et précautions relatives au secteur d'étude	V
12. CONTEXTE LOCAL	V
13. PRESENCE DE RESEAUX	V
14. PRISE EN COMPTE DE L'ENVAISEMENT	VI
15. QUALITE DE L'EAU	VII
Section 2 Estimation financière	I
Estimation financière des actions prévues à court terme	II
16. AMENAGEMENT DES PROPRIETES DE L'USAN	III
17. AMENAGEMENT DES EFFONDREMENTS DE BERGE SIGNALES PAR LES COMMUNES	IV
18. AMENAGEMENT DES SEUILS DE PONTS	IV
19. RESTAURATION DE RIPISYLVE	V
20. PETITS AMENAGEMENTS PISCICOLES	V
21. AMENAGEMENTS D'ABREUVOIRS	VI
22. ACCOMPAGNEMENT HYDROMORPHOLOGIQUE DES BASSINS CRESEY	VI

Estimation financière des actions prévues à moyen terme	VII
23. AMENAGEMENT DES ZONES PROPOSEES PAR LES COMMUNES POUR LA LUTTE CONTRE LES INONDATIONS ET LA RESTAURATION ECOLOGIQUE	VII
24. AMENAGEMENT PROPOSE EN CONTEXTE URBAIN	VIII
Estimation financière des actions prévues à long terme	IX
25. INITIALISATION D'UN REMEANDRAGE DE L'YSER AVAL	IX
26. REOUVERTURE DE COURS D'EAU	IX
Estimation financière globale	X
Section 3 Organisation et planification des actions	I
Organisation générale des travaux	II
Précautions relatives aux travaux pour la préservation des enjeux écologiques et la cohérence environnementale des aménagements	III
Planification	V
Section 4 Indicateurs de suivi	I
Indicateurs de suivi – hydromorphologie	II
Indicateurs de suivi – faune/flore	III
ANNEXE 1 Carte des aménagements	2
ANNEXE 2 Liste des végétaux à implanter et leurs exigences écologiques	3
ANNEXE 3 Rapport des analyses granulométriques	4
ANNEXE 4 Rapport des analyses granulométriques	5
ANNEXE 5 Profils en travers des aménagements des effondrements de berge	6
ANNEXE 6 Valeurs des forces tractrices au droit des aménagements	7
ANNEXE 7 Profils en long des aménagements des seuils de ponts	8

ANNEXE 8 Profils en travers des aménagements d'abreuvoirs _____ 9

ANNEXE 9 Vues en plan des aménagements écologiques des zones proposées par les communes pour la lutte contre les inondations et la restauration écologique _____ 10

ANNEXE 10 Profils en travers de l'aménagement en contexte urbain _____ 11

ANNEXE 11 DR et DT des concessionnaires dont les réseaux interfèrent avec les aménagements _____ 12

TABLEAUX

TABL. 1 -	LISTE DES PLANTATIONS ARBOREES ET ARBUSTIVES _____	XIII
TABL. 2 -	VALEURS CARACTERISTIQUES DE LA GRANULOMETRIE DES SEDIMENTS PRELEVES _____	XXI
TABL. 3 -	PRIORISATION DES TRONÇONS DEVANT FAIRE L'OBJET D'AMENAGEMENTS PISCICOLES _____	XXXVIII
TABL. 4 -	COTE DE TERRASSEMENT DES ZONES PROPOSEES PAR LES COMMUNES POUR LA LUTTE CONTRE LES INONDATIONS ET LA RESTAURATION ECOLOGIQUE _____	XLV
TABL. 5 -	SYNTHESE DES RESEAUX PRESENTS AU DROIT DES AMENAGEMENTS _____	VI
TABL. 6 -	ESTIMATION FINANCIERE DE L'AMENAGEMENT DES PROPRIETES DE L'USAN _____	III
TABL. 7 -	ESTIMATION FINANCIERE DES EFFONDREMENTS DE BERGE SIGNALES PAR LES COMMUNES _____	IV
TABL. 8 -	ESTIMATION FINANCIERE DES AMENAGEMENTS DES SEUILS DE PONTS _____	V
TABL. 9 -	ESTIMATION FINANCIERE DES AMENAGEMENTS D'ABREUVOIRS _____	VI
TABL. 10 -	ESTIMATION FINANCIERE DE L'ACCOMPAGNEMENT HYDROMORPHOLOGIQUE DE L'AMENAGEMENT DES BASSINS CRESEY _____	VI
TABL. 11 -	ESTIMATION FINANCIERE DES AMENAGEMENTS DE LUTTE CONTRE LES INONDATIONS ET DE RESTAURATION ECOLOGIQUE _____	VII
TABL. 12 -	ESTIMATION FINANCIERE DE L'AMENAGEMENT PROPOSE A ESQUELBECQ _____	VIII
TABL. 13 -	ESTIMATION FINANCIERE DES REOUVERTURES DE COURS D'EAU _____	IX
TABL. 14 -	ESTIMATION FINANCIERE GLOBALE A COURT ET MOYEN TERMES _____	X

FIGURES

FIG. 1.	LOCALISATION DES PARCELLES APPARTENANT A L'USAN _____	III
FIG. 2.	CREATION D'UN LIT D'ETIAGE – COUPE DE PRINCIPE (SOURCE : ONEMA) _____	IV
FIG. 3.	COMPARAISON DU TRACE EN PLAN DE L'YSER : IGN ET CADASTRE NAPOLEONNIEN – AMONT D'ESQUELBECQ _____	VI
FIG. 4.	COMPARAISON DU TRACE EN PLAN DE L'YSER : IGN ET CADASTRE NAPOLEONNIEN – AVAL D'ESQUELBECQ _____	VII
FIG. 5.	VUE EN PLAN DE PRINCIPE DE LA SINUOSITE DU LIT _____	VII
FIG. 6.	MASSETTE A LARGE FEUILLES _____	X
FIG. 7.	LYSIMACHE VULGAIRE, SALICAIRES COMMUNE, LAICHE FAUX-SOUCHET _____	X
FIG. 8.	TRANSITION VEGETALE POUVANT S'ETABLIR GRACE AU REPROFILAGE DU LIT ET DE LA BERGE _____	XI
FIG. 9.	DEPRESSION VEGETALISEE EN PRAIRIE INONDABLE FAVORABLE A LA REPRODUCTION DU BROCHET _____	XII
FIG. 10.	ILLUSTRATION DE MICROTOPOGRAPHIE DIFFERENCIEE AU SEIN DE PRAIRIES INONDABLES _____	XIII
FIG. 11.	LEGENDE DES FIGURES 12 A 15 _____	XV
FIG. 12.	PRINCIPE D'AMENAGEMENT DE LA PROPRIETE DE L'USAN N°25 _____	XVI
FIG. 13.	PRINCIPE D'AMENAGEMENT DE LA PROPRIETE DE L'USAN N°12/PARTIE OUEST _____	XVII
FIG. 14.	PRINCIPE D'AMENAGEMENT DE LA PROPRIETE DE L'USAN N°12/PARTIE EST _____	XVII
FIG. 15.	PRINCIPE D'AMENAGEMENT DE LA PROPRIETE DE L'USAN N°12/PARTIE OUEST _____	XVIII
FIG. 16.	PRINCIPE D'AMENAGEMENT DE LA PROPRIETE DE L'USAN N°36/PARTIE EST _____	XIX
FIG. 17.	LOCALISATION DES PRELEVEMENTS REALISES _____	XX
FIG. 18.	PRELEVEMENT Y1 (COUCHE D'ARMURE EN BERGE) _____	XX
FIG. 19.	PRELEVEMENT Y2 (BANC VEGETALISE DANS LE LIT MINEUR) _____	XX
FIG. 20.	PRELEVEMENT Y3 (COUCHE D'ARMURE EN BERGE) _____	XXI
FIG. 21.	ILLUSTRATIONS DE LA VEGETALISATION DES BERGES _____	XXVII
FIG. 22.	SCHEMA DE PRINCIPE DE L'AMENAGEMENT DES EFFONDREMENTS DE BERGE _____	XXVIII

Plan de Gestion Ecologique du bassin versant de l'Yser

Phase 3: élaboration du PGE, choix techniques et évaluation financière

RAPPORT D'ETUDE - VERSION 0

FIG. 23.	SCHEMA DE PRINCIPE DE L'AMENAGEMENT DES SEUILS DE PONT	XXXII
FIG. 24.	PENTE FAVORABLE A L'IMPLANTATION D'ESSENCES HYGROPHILES	XXXV
FIG. 25.	SECTEUR PARTICULIEREMENT DEFICITAIRE EN RIPISYLVE	XXXV
FIG. 26.	SOUS-BERGE ARTIFICIELLE	XXXVII
FIG. 27.	SOUS-BERGE AVEC PETITE ENCOCHE DANS LA BERGE EXISTANTE AVANT RECOUVREMENT PAR DE LA TERRE VEGETALE	XXXVII
FIG. 28.	DEFLECTEURS (SOURCE : AGENCE DE L'EAU SEINE-NORMANDIE)	XXXVIII
FIG. 29.	ENSEMBLE DE DEFLECTEURS	XXXVIII
FIG. 30.	SECTEURS NON FAVORABLES (A) ET FAVORABLE (B) A LA MISE EN PLACE DE PETITS AMENAGEMENTS PISCICOLES	XXXIX
FIG. 31.	SCHEMA DE PRINCIPE DE L'AMENAGEMENT D'UN ABREUVOIR EN BORD DE COURS D'EAU	XL
FIG. 32.	COMPARAISON DU TRACE EN PLAN DE LA MOE BECQUE : IGN ET CADASTRE NAPOLEONNIEN – AMONT DE TERDEGHEM (MB1_MOEB_TERD_ZEC1_DG)	XLIII
FIG. 33.	COMPARAISON DU TRACE EN PLAN DE LA MOE BECQUE : IGN ET CADASTRE NAPOLEONNIEN – AVAL DE TERDEGHEM (MB2_MOEB_TERD_ZEC1_D)	XLIII
FIG. 34.	COMPARAISON DU TRACE EN PLAN DE LA MOE BECQUE : IGN ET CADASTRE NAPOLEONNIEN – AVAL DE TERDEGHEM (MB2_MOEB_TERD_ZEC2_DG ET MB2_MOEB_TERD_ZEC3_D)	XLIV
FIG. 35.	COUPE DE PRINCIPE DE L'AMENAGEMENT DE ZONES D'EXPANSION DE CRUES	I
FIG. 36.	PHOTOGRAPHIES DU SITE	II
FIG. 37.	PHOTOGRAPHIES DE SEUILS RUSTIQUES	IV
FIG. 38.	EXEMPLES TYPE DE VUE EN PLAN DE SEUILS RUSTIQUES (SOURCE : ONEMA)	IV
FIG. 39.	EXEMPLES D'AMENAGEMENTS SIMILAIRES REALISES EN CONTEXTE URBAIN	IV
FIG. 40.	BANQUETTE ENNOYEE PERMETTANT L'IMPLANTATION D'UNE VEGETATION HELOPHYTIQUE	V
FIG. 41.	GITES A CHIROPTERES, INSECTES ET NICHOIR A OISEAUX (FAUCON CRECERELLE)	VI
FIG. 42.	MICRO-HABITATS A CONSTITUER OU A PRESERVER	VI
FIG. 43.	HELOPHYTES	VII
FIG. 44.	COUPES TYPE DE L'AMENAGEMENT PROPOSE EN ZONE URBAINE	VIII
FIG. 45.	YSER AVAL – EXTRAIT DE LA CARTE DE CASSINI	XI
FIG. 46.	YSER AVAL – TRACE DE L'ANCIEN LIT MINEUR (EXTRAIT DE L'ETUDE HYDRAULIQUE DU BASSIN VERSANT DE L'YSER)	I
FIG. 47.	YSER AVAL – MEANDRE 1 – COMPARAISON SCAN 25 IGN / CADASTRE NAPOLEONNIEN	I
FIG. 48.	YSER AVAL – MEANDRE 3 – COMPARAISON SCAN 25 IGN / CADASTRE NAPOLEONNIEN	II
FIG. 49.	YSER AVAL – MEANDRES 5 ET 6 – COMPARAISON SCAN 25 IGN / CADASTRE NAPOLEONNIEN	III
FIG. 50.	YSER AVAL – MEANDRE 7 – COMPARAISON SCAN 25 IGN / CADASTRE NAPOLEONNIEN	IV
FIG. 51.	ILLUSTRATION DE QUELQUES SECTEURS VISES PAR LE REMEANDRAGE	VI
FIG. 52.	COUPE DE PRINCIPE DU REMEANDRAGE	I
FIG. 53.	SCHEMA DE PRINCIPE DU REMEANDRAGE	I
FIG. 54.	PLANIFICATION DES TRAVAUX	I

Introduction

Dans le cadre de l'application de la Directive Cadre sur l'Eau et du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux du bassin Artois Picardie, et de la réalisation du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux de l'Yser, l'Union des Syndicats d'Assainissement du Nord souhaite mettre en place un Plan de Gestion Ecologique sur le bassin versant de l'Yser.

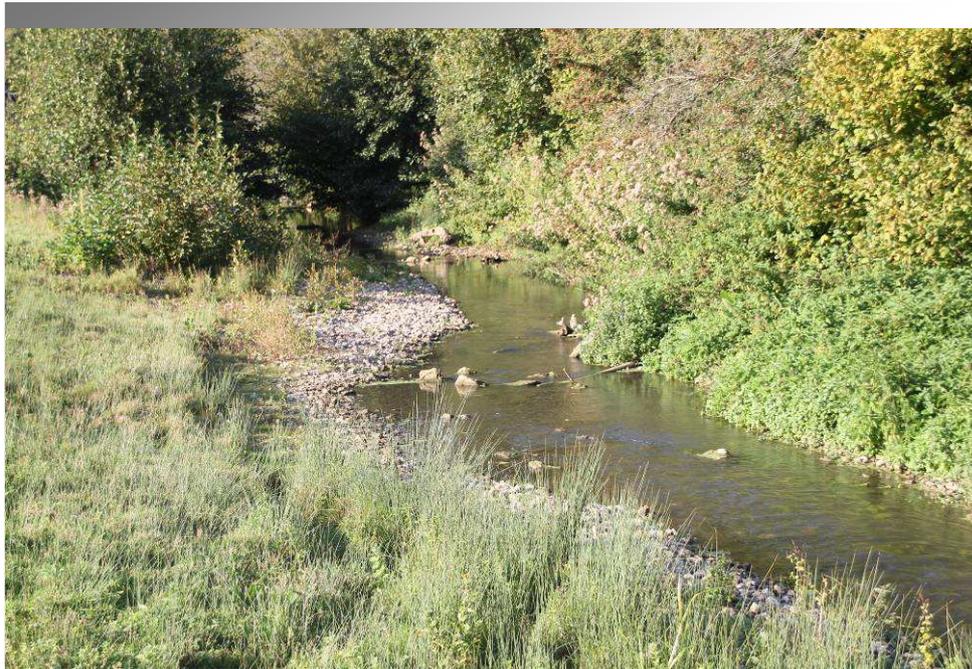
Cette démarche a pour but de d'abord réaliser un diagnostic des cours d'eau du bassin versant afin de mettre en évidence les dysfonctionnements et les carences du milieu sur différents aspects liés entre eux (hydromorphologie, écologie,...etc.).

Sur la base de ce diagnostic, et en cohérence avec les enjeux et les objectifs qui sont cadrés avec le maître d'ouvrage et ses partenaires, le plan de gestion sera élaboré avec un programme de restauration et d'entretien pour les différents cours d'eau. Enfin, et pour permettre la mise en œuvre du plan de gestion, les documents réglementaires requis seront réalisés (Dossier Loi sur l'Eau, Déclaration d'Intérêt Général et éventuellement Déclaration d'Utilité Publique).

La présente étude se décline donc en quatre phases :

- Phase 1 : inventaires, état des lieux et diagnostic. Ce rapport, réalisé en début d'année 2012, détaille les différentes problématiques et altérations qui touchent l'Yser et ses affluents.
- Phase 2 : définition des enjeux et des objectifs. Ce rapport, réalisé en milieu d'année 2012, synthétise les orientations discutées en Comité de Pilotage lors du rendu du diagnostic. On y retrouve également les actions envisagées et leurs localisations, validées par le Comité de Pilotage.
- Phase 3 : élaboration du Plan de Gestion Ecologique, choix techniques et évaluation financière.
- Phase 4 : documents réglementaires.

Le présent document est le rapport de phase 3 de l'étude.



SECTION 1

PORPOSITIONS D'AMENAGEMENTS

Actions à court terme

Les actions prévues à court terme sont celles qui apparaissent les plus rapides à mettre en œuvre de par des facilités foncières. Ainsi, ce sont des zones qui appartiennent à l'USAN, ou des zones sur lesquelles des demandes d'intervention proviennent des riverains par l'intermédiaire des communes, ou encore lorsque les actions se limitent au lit mineur.

1. PREAMBULE

1.1. PRINCIPE GENERAL

Le principe général des aménagements proposés est celui d'aménagements non figés, qui permettra aux cours d'eau de se façonner, d'adapter eux-mêmes leurs gabarits aux conditions d'écoulement, et donc d'évoluer le plus librement possible.

1.2. PUISSANCE SPECIFIQUE

L'évaluation de la puissance spécifique des cours d'eau permet d'appréhender ses capacités d'ajustement. Les travaux de Brookes, réalisé en 1988, ont permis d'identifier deux seuils de puissance spécifique qui traduisent la dynamique propre d'un cours d'eau. La puissance spécifique se calcule de la façon suivante :

$$\omega = (\rho g Q i) / B$$

Avec :

- ω la puissance spécifique exprimée en W/m^2
- ρ la masse volumique du fluide (kg/m^3)
- Q le débit en m^3/s
- i la pente en m/m
- B la largeur du lit en m

La situation retenue pour le calcul de la puissance spécifique est le débit en plein bord (crue morphogène).

Les différents calculs de puissance spécifique effectués sur l'Yser et ses affluents au droit des zones où sont projetés les aménagements aboutissent à des valeurs comprises entre 1 et 15 W/m^2 , bien en deçà des seuils à 25 et 35 W/m^2 . Par ailleurs, les berges de ces cours d'eau sont cohésives, et le transport solide est limité d'une façon générale.

Par conséquent, les capacités de ces cours d'eau à évoluer, à se façonner et à réagir sont limitées, et les réajustements sont très lents. Les actions qui seront entreprises ne pourront donc pas simplement initier une dynamique, mais devront conduire à des aménagements aboutis.

2. AMENAGEMENT DES PROPRIETES DE L'USAN

2.1. CONTEXTE ET LOCALISATION

Autour de la commune d'Esquelbecq, l'USAN est propriétaire de 4 tronçons qui bordent la rivière. L'un de ces tronçons longe l'Hazewinde Becque, et les trois autres longent l'Yser. Il s'agit du tronçon Y4. La localisation de ces parcelles est fournie sur la carte des aménagements en annexe 1, et reprise sur la figure ci-dessous :

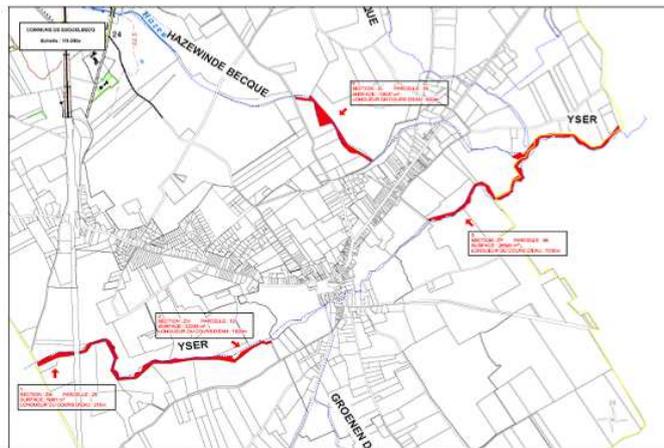


Fig. 1. Localisation des parcelles appartenant à l'USAN

Les trois tronçons bordant l'Yser représentent un linéaire légèrement supérieur à 3 km, et la superficie totale est de 5,37 hectares, soit une largeur moyenne de plus de 17 mètres. Les propriétés de l'USAN sont localisées soit sur une rive, soit sur l'autre, jamais les deux en même temps.

L'USAN possédant la maîtrise foncière de ces terrains, l'intervention en sera plus aisée. C'est pourquoi une action de restauration y est prévue à court terme au sein d'un tronçon caractérisé par une mauvaise gestion de la ripisylve et par les impacts du recalibrage : perte importante de la connectivité latérale (ripisylve et lit majeur), effondrements nombreux, incision généralisée / envasement, homogénéité des faciès d'écoulement, absence de couche d'armure.

2.2. PRINCIPE D'AMENAGEMENT

Sur ces linéaires, le principe d'aménagement concernera à la fois le lit mineur, les berges et le lit majeur (dans la limite de l'emprise des propriétés de l'USAN).

2.2.1. Reprofilage du lit mineur

Le reprofilage du lit mineur sera réalisé par la disposition d'un remblai dans le lit mineur (issu du déblaiement des berges et du lit majeur) afin de « pincer » les écoulements, notamment pour les écoulements de type module ou étiage.

Même si le cours d'eau se façonnerait de lui-même à terme, et compte tenu des capacités d'auto-ajustement limitées de l'Yser, la forme du lit mineur devra être adaptée au tracé en plan, avec notamment la constitution de fosses de concavité dans l'extérieur des méandres. L'énergie du

cours d'eau étant faible, le terrassement devra être soigné. A noter qu'une légère évolution latérale du tracé en plan pourra s'ensuivre, notamment à l'extérieur des méandres, mais compte tenu de la faible puissance spécifique des cours d'eau étudiés et de la nature des berges (cohésives), cette évolution restera limitée.

Pour les cours d'eau à étiage sévère, ce qui est le cas du bassin versant de l'Yser, la création d'un lit d'étiage différencié permet de maintenir des écoulements suffisants pour l'autocurage du substrat et pour le déplacement piscicole. A terme, et notamment au sein de la couche de matériau mobilisable, les lits d'étiage et moyen s'ajusteront eux-mêmes aux conditions naturelles d'écoulement.

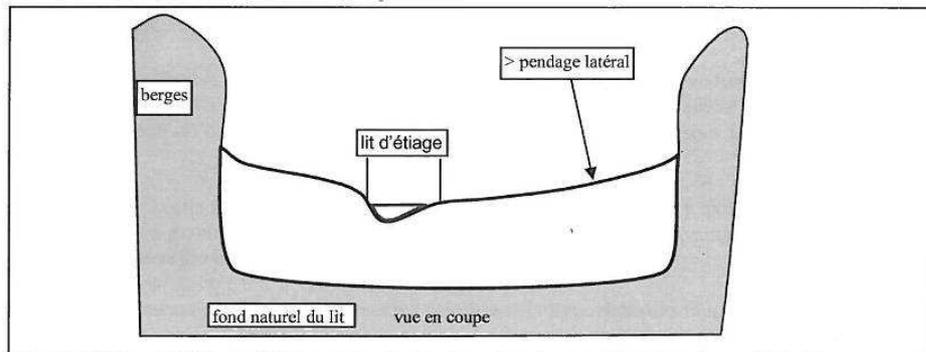


Fig. 2. Création d'un lit d'étiage – coupe de principe (source : ONEMA)

2.2.2. Recharge granulométrique

Ce reprofilage du lit mineur sera accompagné d'une recharge granulométrique afin de stabiliser le pied de berge et le fond du lit, de limiter les apports de particules fines, de diversifier les faciès d'écoulements (mouille - plat - radiers) et les habitats, et de restaurer la couche d'armure.

A noter qu'une recharge granulométrique réalisée sur un linéaire conséquent engendre des écoulements hyporhéiques, ce qui est bénéfique pour la qualité physique du cours d'eau (température), et qui peut créer des assecs localisés et temporaires du cours d'eau, notamment lors des étiages sévères auxquels les cours d'eau étudiés peuvent être soumis.

La recharge granulométrique se fera sur une épaisseur de 20cm.

La recharge granulométrique sera constituée de deux types de matériaux :

- du matériau mobilisable qui pourra être mis en œuvre sur l'ensemble du linéaire à aménager (ce qui permettra au cours d'eau de façonner son profil en travers et son profil en long de façon équilibrée, et qui apportera une rugosité de fond),
- du matériau de dimension plus importante qui constituera une forme de pavage. Ce pavage permet notamment de stopper l'incision. De façon à laisser des possibilités d'évolution au cours d'eau tout en ne modifiant pas le profil en long à l'échelle du tronçon, il est proposé de ne pas mettre en œuvre ce pavage sur l'ensemble du linéaire à aménager. On le retrouvera uniquement au niveau de la zone de raccordement aval et localement au niveau de points hauts, sous la couche de gravier mobilisable, afin de s'assurer de points durs et d'éviter ainsi une évolution trop importante et non souhaitable du profil en long. En dehors de ces zones, l'Yser pourra façonner son lit plus librement.
- Cette recharge granulométrique ainsi que la restauration de l'alternance mouilles-radiers permettra de diversifier les habitats aquatiques et d'augmenter les capacités d'accueil tant pour la faune que pour la flore.

Même si, le contexte piscicole de l'Yser et de ses affluents est cyprinicole que l'espèce repère se reproduit essentiellement dans le lit majeur, l'apport de granulométrie dans le lit mineur pourra être favorable à la reproduction de certaines espèces d'accompagnement dont la Vandoise commune (protégée sur le plan national), le Chevesne. En outre, la présence de radiers favorise l'enracinement d'herbiers aquatiques, l'accueil des Invertébrés (Insectes, Mollusques, Crustacés...)....

2.2.3. Diversification des faciès d'écoulement

L'aménagement du lit mineur devra conduire à diversifier les faciès d'écoulement. Cela passera par une rehausse du fond du lit et une modification du profil en long au sein du linéaire à aménager.

Ce profil en long et le calage altimétrique n'est pas déterminé dans le cadre de la présente étude, cela nécessiterait un travail de modélisation hydraulique important (compléments topographiques, modélisation des écoulements d'étiage, de module, crue biennale,...etc, conception de l'aménagement) qui permettrait, entre autre, de véritablement caler le profil en long en tenant compte de différents paramètres majeurs (hauteur d'eau, vitesses, faciès d'écoulement). Le profil en long ne devra pas être modelé uniquement par l'apport de matériaux exogènes, mais élaboré dès les terrassements.

A noter qu'un rehaussement de lit améliore la connexion du cours d'eau avec la ripisylve.

Le linéaire conseillé d'une séquence mouille et radier est ici d'environ 25 mètres, avec des séquences de radier longues de 8 à 10 mètres. Au niveau des radiers, un pendage latéral est à prévoir afin de concentrer les écoulements en fonction des débits et de favoriser ainsi l'autocurage du lit mineur.

2.2.4. Tracé en plan

Compte tenu de l'emprise disponible en lit majeur pour la réalisation de ces aménagements, une recherche de documents cartographiques anciens a été effectuée pour observer le tracé en plan :

- Les cartes de Cassini donnent une bonne vue d'ensemble du bassin versant, toutefois elles ne sont pas assez précises pour déterminer véritablement le tracé en plan des petits cours d'eau.
- Le cadastre napoléonien (début et milieu du XIXème siècle) a été vérifié, sans qu'un ancien lit aujourd'hui rectifié ait pu être mis en évidence :

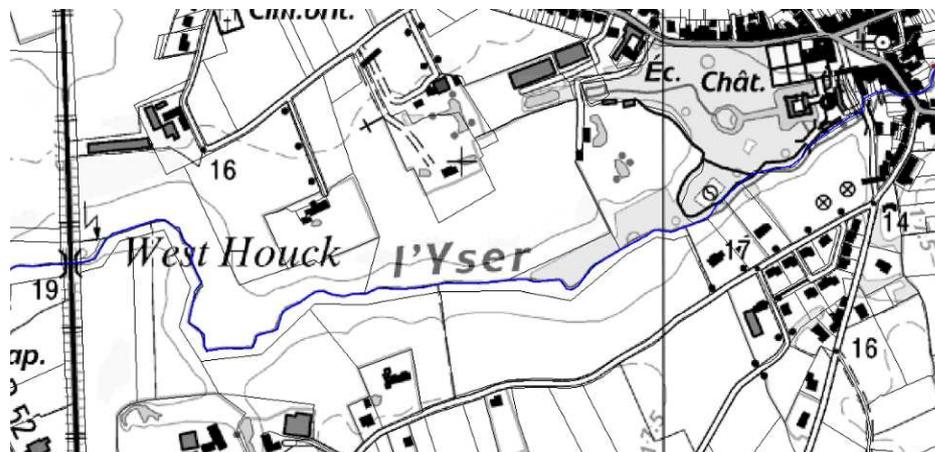


Fig. 3. Comparaison du tracé en plan de l'Yser : IGN et cadastre napoléonien – amont d'Esquelbecq



Fig. 4. Comparaison du tracé en plan de l'Yser : IGN et cadastre napoléonien – aval d'Esquelbecq

Toutefois, sur certains de ces tronçons, le tracé apparaît très linéaire et typique des cours d'eau rectifié. La rectification peut dater d'avant la réalisation du cadastre napoléonien sur le bassin versant, qui fait l'objet d'activités anthropiques depuis longtemps. Par conséquent, et de façon à varier les conditions d'écoulement et d'habitat pour la faune, la mise en place d'une sinuosité dans le lit d'étiage ou de module est recommandée. Celle-ci devra être constituée par la disposition de matériaux de façon alternée (rive droite ou rive gauche).

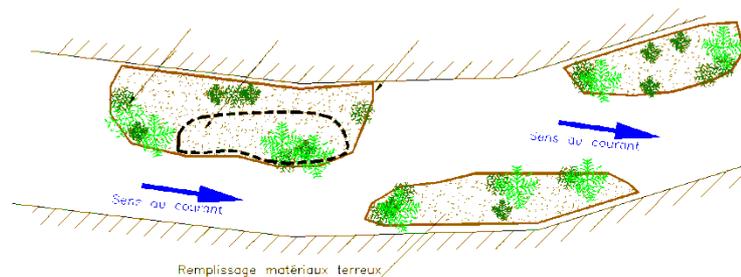


Fig. 5. Vue en plan de principe de la sinuosité du lit

Pour l'Yser au droit de la zone à aménager, la longueur d'onde conseillée pour les sinuosités est d'environ 50 mètres.

2.2.5. Constitution d'un lit majeur fonctionnel et connecté

La parcelle propriété de l'USAN sera déblayée de façon à obtenir un lit majeur connecté avec le lit mineur.

Idéalement, la cote de terrassement devrait être fixée en fonction des cotes atteintes en cas de crue annuelle. On pourrait également retenir la période de retour biennale, mais cela sera moins favorable à la reproduction piscicole.

Par ailleurs, la reconnexion latérale de ces zones au lit mineur va permettre l'aménagement de frayères fonctionnelles. Ces frayères constituées au sein du lit majeur (bras mort notamment) doivent être inondées au minimum 40 jours consécutifs en début de printemps.

En l'absence de modélisation hydraulique qui permettrait un véritable calage des aménagements, l'approche est ici la suivante : le levé topographique a été réalisé les 9 et 10 décembre 2009. Or à cette date, le débit de l'Yser était d'environ 8 m³/s à la station de Bambecque. La banque HYDRO fournit, pour la station de Bambecque, les valeurs caractéristiques suivantes : le débit de module est de 1.8 m³/s, et le débit de crue biennale est de 22 m³/s. La station de Bambecque est la seule du bassin versant pour laquelle des valeurs caractéristiques de débit sont fournies, pour les trois autres stations les chroniques de débit sont insuffisantes. Lors des levés topographiques, l'Yser se trouvait donc dans des conditions d'écoulements entre le module et la crue biennale. Par conséquent, le niveau de terrassement retenu dans un premier temps pour le lit majeur correspond au niveau d'eau relevé sur les profils topographiques auquel est ajouté 10cm.

Au sein de ce lit majeur, une ripisylve pourra être mise en place, celle-ci sera véritablement fonctionnelle et connectée au lit mineur. Par ailleurs, d'autres milieux arborés et milieux humides particuliers pourront être constitués, tels que des mares ou des bras mort qui serviront de lieu de frayère privilégié.

2.2.6. Aménagement des frayères

La création de frayère vise à reconstituer l'habitat naturel de reproduction de l'espèce repère (Brochet) dans le lit majeur. Il s'agit d'offrir au Brochet des zones naturelles, compatibles avec ses exigences de reproduction, en restaurant des zones peu profondes et fortement végétalisées ainsi que des annexes hydrauliques.

L'ensemble de la parcelle, propriété de l'USAN sera décaissée pour permettre la connectivité hydraulique latérale. Toutefois, il est nécessaire de « surcreuser » afin d'assurer à la fois une hauteur d'eau et une durée de submersion suffisante au sein des frayères.

La fonctionnalité des frayères est soumise à plusieurs facteurs. Il faudra assurer :

- la connexion de la ou des frayères au lit mineur. Ainsi, les aménagements de type bras mort sont particulièrement favorables à l'espèce. Les géniteurs doivent pouvoir accéder facilement à la zone de reproduction.

- une durée continue minimale de 40 jours (idéalement 8 à 10 semaines) de submersion entre février et fin avril, nécessaire à l'incubation des œufs et à la croissance des alevins,

- une hauteur d'eau suffisante pour inonder la végétation terrestre constituant des supports de pontes (20 à 80 cm)

- une végétalisation adaptée. La variété végétale permet la diversification des supports de ponte. Les hélophytes, les espèces prairiales hygrophiles ou de mégaphorbiaies constituent un couvert idéal pour la fixation des œufs.

- un éclaircissement suffisant du milieu.
- un ressuyage lent permettant un retour progressif des juvéniles dans le lit mineur.

Le profilage, les pentes et les côtes devront être établies de manière à assurer un régime d'inondation permettant la réalisation de l'ensemble du cycle de reproduction du Brochet.

En l'absence de modélisation hydraulique, il n'est pas possible à ce stade d'étude de définir la nécessité ou non de mettre en place un ouvrage de régulation du niveau d'eau entre le lit mineur et l'entrée de la frayère. La connaissance et le suivi local des zones à aménager pourraient permettre d'appréhender le fonctionnement hydraulique des parcelles concernées et d'adapter l'aménagement pour privilégier un fonctionnement naturel.

Toutefois, l'éventualité de la mise en place de petits vannages doit être envisagée. En effet, le régime de crues et de décrues étant souvent assez brutal, la pose d'ouvrage de rétention permettrait de garantir la fonctionnalité effective des frayères.

Si il est mis en place, la gestion de l'ouvrage devra s'effectuer en plusieurs étapes et être suivie :

- Ouverture hivernale (entre janvier et février),
- Maintien du niveau d'eau de la fin février à la fin avril (maintenir un niveau d'eau constant et éviter l'assec de la zone de frai),
- Ressuyage très lent de la frayère pendant une quinzaine de jours (1^{ère} quinzaine de mai) (vidange très progressive),
- Ouverture des vannes pour la mise hors d'eau de l'ensemble de la frayère et le retour des juvéniles au cours d'eau (à partir de la mi-mai).

Si la pose de vannage est nécessaire, on privilégiera la pose de petit ouvrage le plus rustique possible.

Remarque : L'entretien des frayères est nécessaire pour maintenir leur fonctionnalité et l'équilibre du milieu (fauche exportatrice, évacuation des sédiments, retraits d'éventuels encombres...). Cet aspect sera traité dans le plan d'entretien (Annexe).

2.2.7. Végétalisation et usage de la parcelle

On précisera que le choix des espèces à semer ou planter a été effectué en tenant compte des exigences écologiques des espèces, des milieux en présence ou attendus et en favorisant les espèces régionales et communes localement.

Est versée en annexe 2 une liste des végétaux pouvant être implantés avec leurs exigences écologiques correspondantes.

Les espèces protégées, menacées, rares ou invasives sont à proscrire. On pourra se référer au Guides de végétalisation arborées et herbacées et à Flore de Flandre française éditée par le Conservatoire Botanique National de Bailleul en 2008 pour toute précision sur le statut de rareté, de menace et les exigences écologiques des espèces à semer ou planter.

→ **Les berges :**

Le reprofilage du lit (création de risbermes ennoyées) et le retalutage de la berge vont engendrer la création d'un linéaire de zone humide temporairement inondable favorable au développement d'une transition végétale (écotone) de qualité et particulièrement biogène.

La berge devra ainsi être reprofilée en pente douce. Son immersion durant une partie de l'année permettra la colonisation par des végétaux de zones humides qu'ils soient arborés ou herbacés.

Après reprofilage, la berge pourra faire l'objet de plantations d'hélophytes (végétaux de zones humides) diversifiés et d'origine locale (écotype régionaux certifiés) afin de favoriser la colonisation naturelle et de réduire les risques de développement d'espèces invasives (Balsamine géante, Renouée du Japon...).

• **Les espèces herbacées** à planter pourront être de deux types :

- Grands hélophytes : Roseau commun (*Phragmites communis*), Massette à large feuilles (*Typha latifolia*), Baldingère (*Phalaris arundinacea*).



Fig. 6. Massette à large feuilles

- Petits hélophytes : Iris jaune (*Iris pseudacorus*), Salicaire commune (*Lythrum salicaria*), divers joncs (*Juncus effusus*, *Juncus inflexus*) et laïches (*Carex acutiformis*, *Carex pseudocyperus*, *Carex riparia*...), Lycopode d'Europe (*Lycopus europaeus*), Patience d'eau (*Rumex hydrolapathum*), Rorripe amphibie (*Rorripia amphibia*), Lysimache vulgaire (*Lysimachia vulgaris*), Plantain d'eau commun (*Alisma plantago-aquatica*), Cresson de fontaine (*Natsurtium officinale*)...



Fig. 7. Lysimache vulgaire, Salicaire commune, Laïche faux-souchet

La densité de plants à installer pourra être de 5 sujets/m carré.

On veillera à permettre le développement de mégaphorbiaie (végétation hygrophile de hautes herbes) entre les hélophytes implantés en berge et le reste de la parcelle (prairie) (cf. plan d'entretien).

• La nécessité de replantation de la **ripisylve** sera à mettre en lien avec l'état initial et le nouveau fonctionnement écologique local. A savoir, si des portions de ripisylve d'intérêt devaient être détruites, il faudrait veiller à leur reconstitution. **Toutefois, il faudra prendre en compte les intérêts aquatiques induits par la restauration du lit mineur.** En effet, toute plantation de ripisylve devra permettre de préserver une alternance ombre/lumière importante pour la faune aquatique et le développement de la flore. Si la ripisylve est trop dense et trop « couvrante » à ce niveau, les capacités d'accueil de la portion de lit restaurée seront limitées. Il est toutefois important de constituer une ripisylve même lâche afin d'apporter de l'ombre au cours d'eau et de limiter le réchauffement des eaux et la prolifération végétale.

La restauration de ripisylve permettra d'améliorer les connexions écologiques locales. En effet, les parcelles propriétés de l'USAN présentent actuellement une ripisylve lâche ou absente.

Grâce au retalutage de berge, des essences hygrophiles pourront être implantées et constitueront une ripisylve bien connectée au cours d'eau :

Divers saules : Saule blanc (*Salix alba*), Saule des vanniers (*Salix viminalis*), Saule cendré (*Salix cinerea*), Saules marsault (*Salix purpurea*), Aulne glutineux (*Alnus glutinosa*), Frêne commun (*Fraxinus excelsior*), Orme champêtre (*Ulmus minor*)...

La densité d'individus à planter sera de :

- Ripisylve dense et continue : 1 sujet tous les 5 à 6 m
- Ripisylve lâche (fourrés discontinus) : 1 bouquet de 5 sujets tous les 20 m environ

Les plantations devront être diversifiées en essences mais l'alternance ne devra pas être aléatoire. En effet, l'entretien sera facilité par une répartition en fourrés/bosquets de mêmes essences.

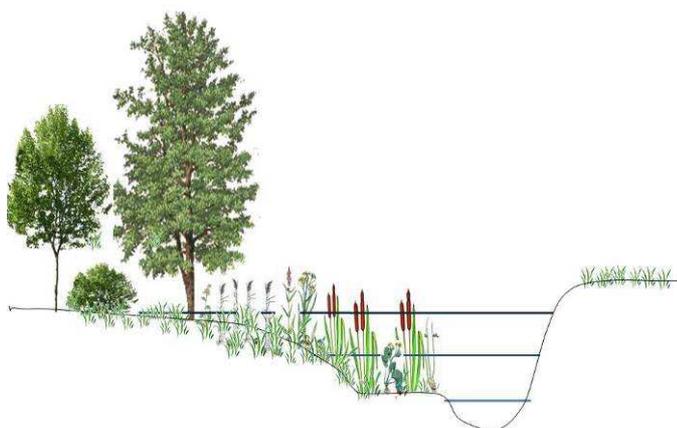


Fig. 8. Transition végétale pouvant s'établir grâce au reprofilage du lit et de la berge

→ Les frayères :

Pour être fonctionnelles les frayères doivent être végétalisées afin d'offrir des supports de pontes. La végétation devant être inondée périodiquement elle doit pouvoir supporter des périodes de mise en eau continue et l'assèchement.

Une implantation d'espèces non adaptées au marnage entraînerait une accélération de l'eutrophisation.

On veillera à diversifier les espèces pour offrir une variété de substrats de pontes. Un mélange d'espèces prairiales hygrophiles et d'hélophytes pourra être effectué à partir des espèces suivantes :

- | | |
|--|--|
| - Vulpin genouillé (<i>Alopecurus geniculatus</i>) | - Populage des marais (<i>Caltha palustris</i>) |
| - Glycérie flottante (<i>Glyceria fluitans</i>) | - Roseau commun (<i>Phragmites australis</i>) |
| - Glycérie aquatique (<i>Glyceria maxima</i>) | - Massette à large feuilles (<i>Typha latifolia</i>) |
| - Scirpe des marais (<i>Eleocharis palustris</i>) | - Baldingère (<i>Phalaris arundinacea</i>) |
| - Laîche des marais (<i>Carex acutiformis</i>) | - Jonc épars (<i>Juncus effusus</i>) |
| - Iris jaune (<i>Iris pseudacorus</i>) | - Reine des prés (<i>Filipendula ulmaria</i>) |
| - Cresson de cheval (<i>Veronica beccabunga</i>) | |



Fig. 9. Dépression végétalisée en prairie inondable favorable à la reproduction du Brochet

Les zones les plus profondes devront être végétalisées par les espèces adaptées à une hauteur d'eau de submersion importante et les zones moins profondes devront être végétalisées par des espèces appréciant les sols humides.

Les frayères sont des milieux favorables pour une large faune (Insectes, Mollusques, Amphibiens, Oiseaux...). Ainsi, la diversité végétale permettra d'augmenter également les capacités d'accueil pour ces groupes.

Action complémentaire : ponctuellement certaines surfaces périphériques de certaines frayères pourront être décapées sur de faibles profondeurs (5 à 10 cm) afin d'induire un amaigrissement trophique des substrats concernés et de favoriser le développement d'une flore hygrophile pionnière d'intérêt.

La périodicité de décapage est à expérimenter à l'usage et à moduler en fonction des résultats de suivis. On pourra partir sur une base de 4 à 5 ans.

→ **La parcelle** :

- Au vu du contexte local et afin d'apporter une plus-value écologique optimale à la parcelle, celle-ci devra être en majorité à **vocation prairiale**.

En effet, les prairies inondables sont en forte régression dans la région et localement et possèdent des intérêts écologiques importants.

L'insertion des frayères dans un milieu ouvert se justifie par le fait qu'elles nécessitent un éclaircissement suffisant et que leur entretien sera facilité en milieu ouvert.

Toutefois, des plantations arborées sous forme de haies bocagères, fourrés ou petits bosquets pourront être réalisées afin d'augmenter la diversité d'habitats, de renforcer le caractère bocager et la quiétude des parcelles. Elles joueront également un rôle de milieux tampons entre les cultures adjacentes, les routes... et la propriété de l'USAN.

- On privilégiera une gestion par la fauche avec pratique d'une fauche exportatrice annuelle et tardive (septembre). La mise en pâture nécessiterait la mise en place de clôtures périphériques et de protection des frayères. D'autre part la forme linéaire et les surfaces restant à pâturer (hors frayères) semblent peu adaptées à la gestion par les bovins, même en extensif.

On veillera à **diversifier au maximum les habitats humides** en créant des zones de topographie différenciée (zone principale décaissée, dépressions de profondeurs diverses)

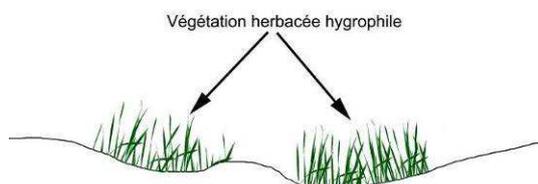


Fig. 10. Illustration de microtopographie différenciée au sein de prairies inondables

Après décaissement, des semis prairiaux pourront être effectués afin d'aider à la recolonisation naturelle et éviter le développement d'espèces de friches. Les semis devront être effectués en espèces indigènes locales et adaptées (dans les secteurs les plus humides : espèces hygrophiles et dans les secteurs plus secs : espèces plus mésophiles).

En ce qui concerne la reconstitution des végétations herbacées prairiales après décaissement, on pourra utiliser les espèces suivantes en semis lâche afin de favoriser la recolonisation naturelle :

- D'une part un semis (2 à 5 g/m²) de 3 espèces prairiales non concurrentielles et favorables à la faune : la **Fétuque roseau** (*Festuca arundinacea*), le **Pâturin commun** (*Poa trivialis*) et **Fétuque rouge** (*Festuca rubra*).

- D'autre part un semis complémentaire (2 g/m²) d'espèces variées des prairies humides. Ces espèces pourront être entre autres choisies dans la liste suivante. Dans ce domaine, le Laboratoire d'Ecologie des prairies de Louvain la Neuve en Belgique pourra être consulté pour le choix des espèces. Ce laboratoire est également un fournisseur de semis d'écotypes certifiés. On pourra implanter les espèces suivantes : Fléole des prés (*Phleum pratense*), Houlque laineuse (*Holcus lanatus*), Vulpin des prés (*Alopecurus pratensis*), Consoude officinale (*Symphytum officinale*), Lotier des fanges (*Lotus uliginosus*), Lychnis fleur de coucou (*Lychnis flos-cuculi*), Pulicaria dysentérique (*Pulicaria dysenterica*), Menthe aquatique (*Mentha aquatica*).



• Concernant les plantations arborées et arbustives du lit majeur, plusieurs typologies pourront être constituées :

- Haies bocagères denses et continues composées d'essences feuillues variées,
- Fourrés arbustifs lâches et haies discontinues,
- Bosquets.

Les haies bocagères et bosquets devront être constitués de 3 strates afin d'offrir un maximum d'habitats à la faune. On veillera donc à planter à la fois des essences arborées et arbustives et à laisser se développer un ourlet herbacé en sous-strate et en lisière.

Les essences suivantes pourront être plantées :

Tabl. 1 - Liste des plantations arborées et arbustives

Espèces	Typologies de plantation à privilégier	
<i>Alnus glutinosa</i>	Bosquets et haies	
<i>Salix alba</i>	Fourrés et haies	

<i>Salix viminalis</i>	Fourrés	
<i>Salix caprea</i>	Fourrés et haies	
<i>Salix cinerea</i>	Fourrés	
<i>Salix triandra</i>	Fourrés	
<i>Fraxinus excelsior</i>	Bosquets et haies	
<i>Ulmus minor</i>	Haies	
<i>Quercus robur</i>	Bosquets	
<i>Fagus sylvatica</i>	Bosquets	
<i>Carpinus betulus</i>	Bosquets et haies	
<i>Betula pendula</i>	Bosquets	
<i>Acer campestre</i>	Fourrés et haies	
<i>Prunus spinosa</i>	Fourrés et haies	
<i>Prunus avium</i>	Bosquets et haies	
<i>Viburnum opulus</i>	Haies	
<i>Coryllus avellana</i>	Fourrés, bosquets et haies	
<i>Populus tremula</i>	Bosquets	
<i>Euonymus europaeus</i>	Fourrés et haies	
<i>Sorbus aucuparia</i>	Fourrés et haies	
<i>Cornus sanguinea</i>	Fourrés, bosquets et haies	
<i>Sambucus nigra</i>	Fourrés	
Etc.		

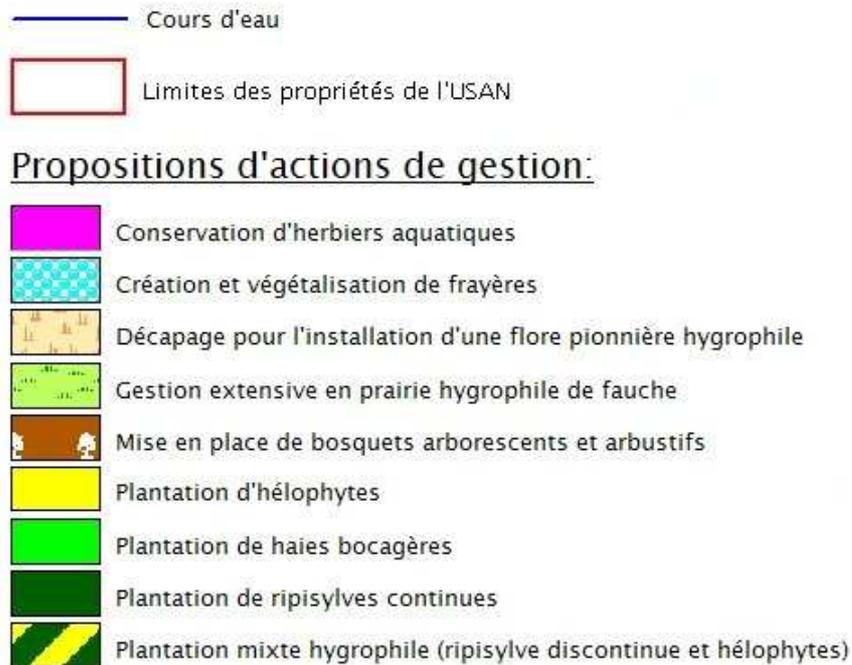
Ces plantations rempliront de nombreux rôles écologiques : accueil d'une large faune (en repos, reproduction, zone d'alimentation), restauration et renforcement de liaisons écologiques, écran et zone tampon...

2.2.8. Illustration de l'aménagement

→ La valorisation écologique des zones humides dépend directement de plusieurs facteurs :

- les travaux doivent respecter les enjeux faunistiques et floristiques identifiés,
- l'aménagement doit être réalisé en cohérence avec le fonctionnement écologique local,
- les milieux doivent être gérés de manière écologique et adaptée aux enjeux locaux, et ce en adéquation avec le fonctionnement hydraulique de la zone humide.

Les figures ci-après illustrent de manière schématique les grandes orientations à donner pour 3 des propriétés de l'USAN. Il s'agit de localiser et de matérialiser sommairement les grands principes d'aménagement et de gestion à vocation écologique. Ces schémas sont informatifs et visent à mettre en avant les éléments à prendre en compte (aménagements, conservation, gestion) pour la valorisation écologique de la parcelle.

**Fig. 11. Légende des figures 12 à 15**

→ **Parcelle n°25, située en rive droite de l'Yser, en amont d'Esquelbecq, à l'ouest de la voie ferrée :**

Outre la gestion de la parcelle en prairie de fauche, les actions suivantes sont prévues :

- Création d'1 frayère et végétalisation,
- Plantation de ripisylve continue,
- Décapage à réaliser périodiquement sur une partie de la périphérie de la frayère afin de favoriser l'installation d'une flore pionnière hygrophile d'intérêt.



Fig. 12. Principe d'aménagement de la propriété de l'USAN n°25

→ **Parcelle n°12, située en rive droite de l'Yser, en amont d'Esquelbecq :**

La parcelle suivante est illustrée en deux figures pour plus de lisibilité (parties Ouest et Est).

Outre la gestion de la parcelle en prairie de fauche, les actions suivantes sont prévues :

- Plantation d'hélophytes en berges,
- Création de 5 frayères et végétalisation,
- Plantation de secteurs continus et discontinus de ripisylve,
- Constitution d'un boisement de rive sur la largeur de la parcelle pour le renforcement de corridor vert,
- Plantation de haies bocagères périphériques pour la constitution de zones tampons et le maintien de liaisons écologique,
- Conservation d'herbiers aquatiques existants.



Fig. 13. Principe d'aménagement de la propriété de l'USAN n°12/Partie Ouest



Fig. 14. Principe d'aménagement de la propriété de l'USAN n°12/Partie Est

→ **Parcelle n°36, située en rive gauche de l'Yser, en aval d'Esquelbecq :**

Cette parcelle est illustrée en deux figures pour plus de lisibilité (parties Ouest et Est).

Outre la gestion de la parcelle en prairie de fauche, les actions suivantes sont prévues :

- Plantation d'hélophytes en berges,
- Création de 4 frayères et végétalisation,
- Plantation de secteurs continus et discontinus de ripisylve,
- Constitution d'un boisement de rive sur la largeur de la parcelle pour le renforcement de corridor vert,
- Plantation de haies bocagères périphériques pour la constitution de zones tampons et le maintien de liaisons écologiques,



Fig. 15. Principe d'aménagement de la propriété de l'USAN n°12/Partie Ouest

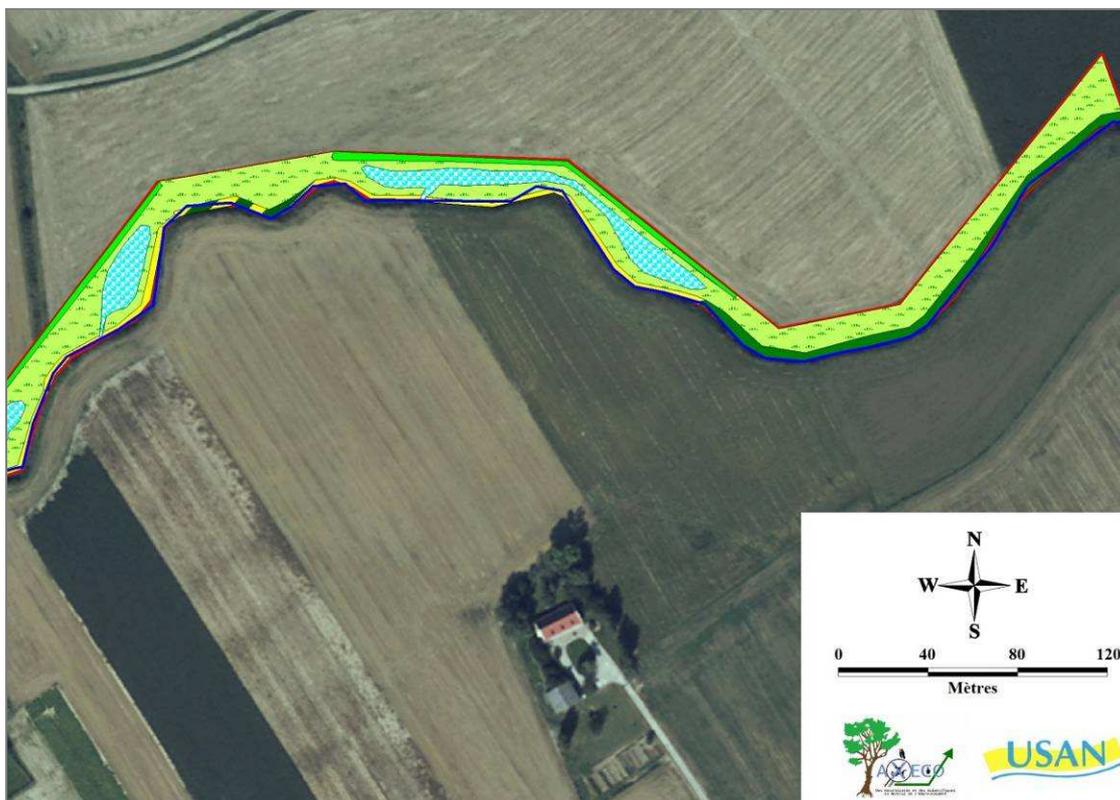


Fig. 16. Principe d'aménagement de la propriété de l'USAN n°36/Partie Est

L'aménagement et la gestion de ces trois parcelles permettra de répondre à de nombreux objectifs de valorisation écologique :

- Augmentation de la capacité de reproduction de l'espèce repère,
- Création de milieux humides (habitats fragiles et en forte régression),
- Création de milieux boisés riverains peu présents localement,
- Constitution de ripisylve fonctionnelle bien connectée au cours d'eau,
- Diversification des habitats et par conséquent augmentation de la biodiversité,
- Renforcement et restauration des liaisons écologiques appuyées par les cours d'eau concernant différents corridors : corridors aquatiques, corridors de zones humides, corridors boisés.

Les profils en travers de ces aménagements sont présentés en annexe 3.

2.3. GRANULOMETRIE

2.3.1. Indices sur la granulométrie originelle de l'Yser

Lors de la phase de diagnostic, peu de zones avec une granulométrie naturelle présente dans le lit mineur ont été observées. Cela est logique compte tenu des importants recalibrages réalisés par le passé.

Les indices sur la granulométrie originelle ont malgré tout été récupérés au niveau des traces de couche d'armure qui subsistent en berge. Celles-ci ont notamment été repérées sur l'Yser dans le secteur de Bollezeele, où trois prélèvements ont été réalisés :

Plan de Gestion Ecologique du bassin versant de l'Yser

Phase 3: élaboration du PGE, choix techniques et évaluation financière

RAPPORT D'ETUDE - VERSION 0

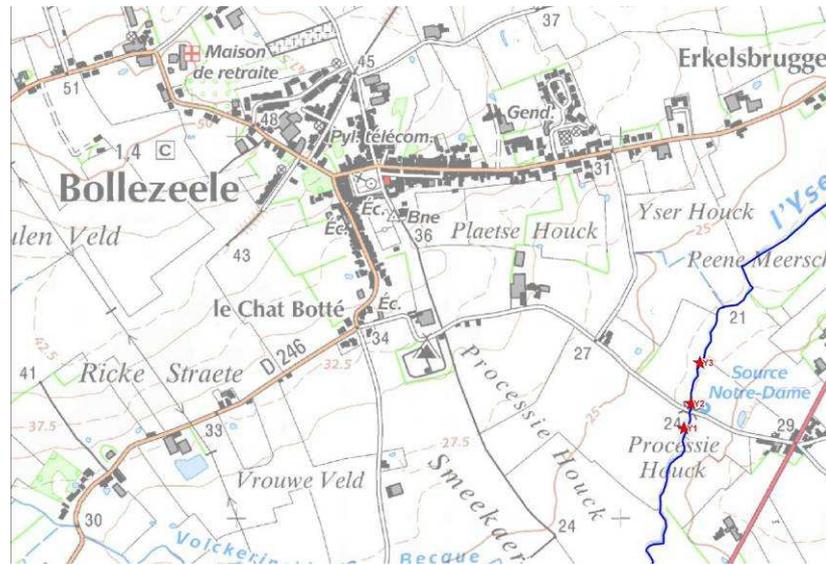


Fig. 17. Localisation des prélèvements réalisés



Fig. 18. Prélèvement Y1 (couche d'armure en berge)



Fig. 19. Prélèvement Y2 (banc végétalisé dans le lit mineur)



Fig. 20. Prélèvement Y3 (couche d'armure en berge)

Le rapport des analyses granulométriques est fourni en annexe 4.

Les valeurs caractéristiques de la granulométrie prélevée sont les suivantes :

Tabl. 2 - Valeurs caractéristiques de la granulométrie des sédiments prélevés

Granulométrie	Echantillons		
	Y1	Y2	Y3
D30 en mm	12	16	2
D50 en mm	21	28	11
D90 en mm	43	55	33

Par ailleurs, les observations faites au niveau du site Y3 ont permis de constater 2 couches d'armure distinctes : une première (épaisseur 20cm, dans laquelle le prélèvement a été fait) située environ 1.10 mètre sous le haut de berge, et une seconde (épaisseur 5cm) qui se trouve 1.55 mètre sous le haut de berge. Actuellement, le pied de berge est environ 2 mètres sous le haut de berge. Ces observations donnent des indications sur le gabarit antérieur du lit mineur, mais sont toutefois difficilement utilisables car elles n'ont été observées qu'en un seul endroit. On peut supposer que la couche d'armure la plus épaisse correspond au fond du lit originel, et qu'un premier recalibrage aboutissant à un approfondissement d'environ 60cm a été réalisé (niveau de la seconde couche d'armure). Par la suite, un second recalibrage a conduit à un approfondissement supplémentaire, avec une berge actuelle haute de 2 mètres alors que sa hauteur devait être plutôt de l'ordre d'un mètre à l'origine.

2.3.2. Détermination de la granulométrie

2.3.2.1. PAVAGE

Le pavage sera constitué de matériaux dont les dimensions le rendront peu mobile. Il est proposé d'utiliser un pavage constitué de matériaux d'un diamètre d'environ 50mm (ce qui équivaut approximativement au D90 de la couche d'armure de l'Yser observée en berge) et plus.

Un léger compactage pourra être effectué afin de lier le pavage au remblai sous-jacent (en cas de rehaussement du fond du lit) afin de stabiliser le fond du lit et de limiter les écoulements dans l'épaisseur de pavage. Pour boucher ces interstices, un ajout de matériaux au diamètre plus fin (sable) est conseillé.

Un colmatage rapide des matériaux grossiers est de toute façon attendu au regard du fonctionnement actuel du bassin versant.

2.3.2.2. MATELAS DE GRAVIERS

Il est primordial de recourir à une granulométrie relativement hétérogène pour les projets de recharge sédimentaire.

L'objectif de la constitution d'un matelas de graviers est d'apporter une rugosité de fond mais aussi et surtout de permettre une certaine évolution des fonds. Pour cela, le diamètre recherché doit être inférieur au diamètre moyen maximal mobilisable. Ainsi, il est proposé de constituer un matelas de graviers sous et en parallèle du lit d'étiage. Les caractéristiques granulométriques suivantes sont envisagées a priori :

- D50 : 15-20 mm
- D90 : 45-50 mm
- D30 : 10-12 mm

Un suivi sera indispensable afin d'adapter au besoin la granulométrie du fond, et de procéder à d'éventuels rechargements en matériaux en fonction du rythme des crues morphogènes et de la mobilité réelle des fonds restaurés.

2.4. FORCE TRACTRICE

La force tractrice T (N/m²) a été calculée pour les différents aménagements :

$$T = \rho \cdot R \cdot i$$

Avec :

- ρ le poids unitaire de l'eau (10 000 N/m³),
- R le rayon hydraulique (en m)
- i la pente du cours d'eau (m/m)

La localisation en intrados ou en extrados de méandre est prise en compte par l'application de différents coefficients.

Les valeurs guides sont les suivantes (source : Guide d'utilisation des techniques végétales, B. LACHAT, 1992) :

- Résistance de talus enherbés classiques : < 50N/m²,
- Résistance de jaunes saules : 50 à 70 N/m²,
- Résistance d'un talus enherbé avec un géotextile tissé : 120 N/m²,
- Résistance des enrochements : 200 N/m²,
- Résistance de saules âgés (>20ans) : 800 N/m².

Les valeurs de forces tractrices sont ici comprises entre 20 et 40 N/m². Les tensions de frottement restent relativement faibles sur les berges en situation de débit de plein bord. Le recours à un treillis coco n'est donc pas recommandé.

2.5. INCIDENCE HYDRAULIQUE

L'aménagement préconisé conduit à augmenter la section d'écoulement en cas de crue de plein bord ou de crue débordante. L'aménagement aura donc tendance à diminuer la ligne d'eau pour les crues d'ampleur faible à modérée.

2.6. PROCEDURE REGLEMENTAIRE

Les travaux envisagés amèneront à modifier le profil en travers et en long, et à travailler à la fois dans le lit mineur (atteinte aux frayères) et le lit majeur (plans d'eau, mise en eau). Les travaux seront donc soumis à autorisation au titre du Code de l'Environnement.

L'USAN étant propriétaire des parcelles à aménager, une DIG ne semble pas nécessaire pour cet aménagement, hormis si l'accès à la zone de travaux nécessite de traverser des parcelles dont les propriétaires n'ont pas de convention de passage avec l'USAN.

3. AMENAGEMENTS DES EFFONDREMENTS DE BERGE SIGNALÉS PAR LES COMMUNES

3.1. CONTEXTE ET LOCALISATION

Il s'agit de zones où des effondrements ont été signalés par les communes, suite aux sollicitations des propriétaires riverains, pour qu'une action soit entreprise dans le cadre du PGE pour pallier à l'instabilité de la berge.

Ces effondrements sont directement liés au contexte recalibré des cours d'eau, ainsi qu'à l'incision. Ces effondrements sont ainsi la conséquence d'un déséquilibre, le cours d'eau cherche ainsi à restaurer son profil d'équilibre.

Le Comité de Pilotage a choisi de mettre en œuvre une solution permettant de stabiliser les effondrements signalés par les communes. La solution présentée ci-après apporte une plus-value écologique, toutefois la solution optimale de restauration consiste plutôt à restaurer un profil en travers proche de celui d'origine (rehausse du fond, gabarit adapté).

Les différentes zones concernées sont indiquées sur la carte fournie en annexe 1.

Les cours d'eau concernés sont :

- Yser
 - Bollezele (où la becque du Blaezebalgem est également touchée)
 - Esquelbecq
 - Bambecque
- Peene Becque
 - Oxelaëre

- Zuytpeene (où la Lyncke Becque est également concernée à la fois par des effondrements, un embâcle constitué par une souche, la dégradation du pont de Saint Omer)
- Arnèke
- Ledringhem (où la Trommels Becque est également touchée)
- Wormhout
- Sale Becque (il s'agit d'effondrements de berges sur le territoire de Wormhout)
- Ey Becque
 - Terdeghem
 - Steenvoorde

Les tronçons concernés sont les suivants :

- Y3
- Y4
- Y8
- EB1
- EB2
- LB1
- PB1
- PB2
- PB3
- PB4

3.2. PRINCIPE D'AMENAGEMENT

Ce type d'aménagement concernera le lit mineur et les berges du cours d'eau.

3.2.1. Reprofilage des berges et constitution d'un lit d'étiage

Le reprofilage de berge consiste à déblayer sur la berge problématique un volume de matériaux utilisé ensuite en remblai, qui sera disposé dans le lit mineur du cours d'eau, afin de pincer les écoulements.

Pour les cours d'eau à étiage sévère, ce qui est le cas du bassin versant de l'Yser, la création d'un lit d'étiage différencié permet de maintenir des écoulements suffisants pour l'autocurage du substrat et pour le déplacement piscicole. A terme, et notamment au sein de la couche de matériau mobilisable, les lits d'étiage et moyen s'ajusteront eux-mêmes aux conditions naturelles d'écoulement.

3.2.2. Recharge granulométrique

L'aménagement est accompagné d'une recharge granulométrique afin de stabiliser le pied de berge, de limiter les apports de particules fines, de diversifier les faciès d'écoulements (mouille - plat - radiers) et les habitats, et de restaurer la couche d'armure.

A noter qu'une recharge granulométrique réalisée sur un linéaire conséquent engendre des écoulements hyporhéiques, ce qui est bénéfique pour la qualité physique du cours d'eau (température), et qui peut créer des assecs localisés et temporaires du cours d'eau, notamment lors des étiages sévères auxquels les cours d'eau étudiés peuvent être soumis.

La recharge granulométrique se fera sur une épaisseur de 20cm.

3.2.2.1. EFFONDREMENTS PONCTUELS

Au droit des effondrements de berge ponctuels, la recharge granulométrique devra au minimum être constituée d'un pavage. Ceci permettra de stopper l'incision à l'origine de la déstabilisation du pied de berge.

Par ailleurs, une recharge constituée de matériaux mobilisables peut également être effectuée. Cela apportera au cours d'eau du matériau qui participera au façonnage du lit mineur, même si l'apport sera limité de par la faible emprise d'un aménagement ponctuel.

3.2.2.2. EFFONDREMENTS LINEAIRES

La recharge granulométrique sera constituée de deux types de matériaux :

- du matériau mobilisable qui pourra être mis en œuvre sur l'ensemble du linéaire à aménager (ce qui permettra au cours d'eau de façonner son profil en travers et son profil en long de façon équilibrée, et qui apportera une rugosité de fond),
- du matériau de dimension plus importante qui constituera une forme de pavage. Ce pavage permet notamment de stopper l'incision. De façon à laisser des possibilités d'évolution au cours d'eau tout en ne modifiant pas le profil en long à l'échelle du tronçon, il est proposé de ne pas mettre en œuvre ce pavage sur l'ensemble du linéaire à aménager. On le retrouvera uniquement au niveau de la zone de raccordement aval et localement au niveau de points hauts, sous la couche de gravier mobilisable, afin de s'assurer de points durs et d'éviter ainsi une évolution trop importante et non souhaitable du profil en long. En dehors de ces zones, le cours d'eau pourra façonner son lit plus librement.

3.2.3. Diversification des faciès d'écoulement

La diversification des faciès d'écoulement sera recherché au niveau des plus longs linéaires à traiter, et notamment ceux recensés dans le tronçon Y3.

L'aménagement du lit mineur devra conduire à diversifier les faciès d'écoulement. Cela passera par une rehausse du fond du lit et une modification du profil en long au sein du linéaire à aménager.

Ce profil en long et le calage altimétrique n'est pas déterminé dans le cadre de la présente étude, cela nécessiterait un travail de modélisation hydraulique important (compléments topographiques, modélisation des écoulements d'étiage, de module, crue biennale,...etc, conception de l'aménagement) qui permettrait de véritablement caler le profil en long en tenant compte de différents paramètres majeurs (hauteur d'eau, vitesses, faciès d'écoulement). Le profil en long ne devra pas être modelé uniquement par l'apport de matériaux exogènes, mais élaboré dès les terrassements.

A noter qu'un rehaussement de lit améliore la connexion du cours d'eau avec la ripisylve.

Le linéaire conseillé d'une séquence mouille et radier dans l'effondrement linéaire du tronçon Y3 est d'environ 25 mètres, avec des séquences de radier longues de 8 à 10 mètres. Au niveau des radiers, un pendage latéral est à prévoir afin de concentrer les écoulements en fonction des débits et de favoriser ainsi l'autocurage du lit mineur.

Par ailleurs, et de façon à varier les conditions d'écoulement et d'habitat pour la faune, la mise en place d'une sinuosité dans le lit d'étiage ou de module est recommandée. Celle-ci devra être constituée par la disposition de matériaux de façon alternée (rive droite ou rive gauche), étant donné que les contraintes foncières ne permettent pas de faire divaguer le lit ou de lui donner un espace de liberté accru.

Au sein du tronçon Y3, la longueur d'onde conseillée pour les sinuosités est d'environ 50 mètres.

3.2.4. Végétalisation

La renaturation du lit et des berges permettra le développement spontané et/ou par plantation d'une végétation hygrophile herbacée et/ou arborée selon un gradient progressif d'hygrométrie allant du pied au haut de berge. La plantation d'hélophytes et la restauration de ripisylve devront s'effectuer à partir d'espèces d'écotypes régionaux certifiés.

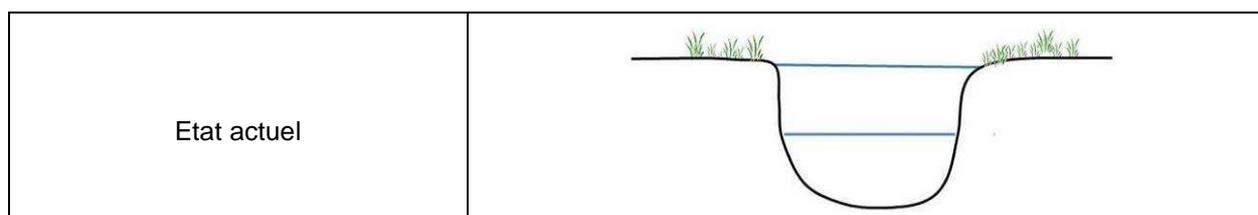
Actuellement et sur l'ensemble du bassin versant, la ripisylve n'est que peu ou pas connectée au cours d'eau, notamment en raison de l'enfoncement du lit. Ainsi, les essences implantées en berges sont souvent ubiquistes ou tolérant un certain niveau d'hygrométrie mais constituent rarement des formations arborées hygrophiles. Il s'agit davantage de haies bocagères implantées en berges que de ripisylve au sens strict. Les essences les plus fréquemment rencontrées sont le Prunellier, l'Aubépine à un style, les ronces, le Sureau noir, le Noisetier, le Saule Marsault...

Une fois le retalutage effectué, on pourra planter des essences hygrophiles adaptées et présentant des intérêts tant écologiques qu'hydromorphologiques (stabilisation de berges).

La végétalisation qui suivra les travaux pourra être de plusieurs types afin de répondre à différents objectifs (restauration de la ripisylve détruite par l'aménagement, fixation des berges, restauration de ripisylve fonctionnelle bien connectée au cours d'eau, diversification des végétations herbacées de zones humides, reconnexion ou renforcement des liaisons écologiques).

Certains secteurs feront l'objet de plantations d'hélophytes (participant également à la fixation des berges) associées ou non à la restauration de ripisylve, afin de diversifier les habitats et séquences.

La présence actuelle d'hélophytes permettra également de laisser s'opérer la recolonisation naturelle par les herbacées à partir de la banque de semences existante.



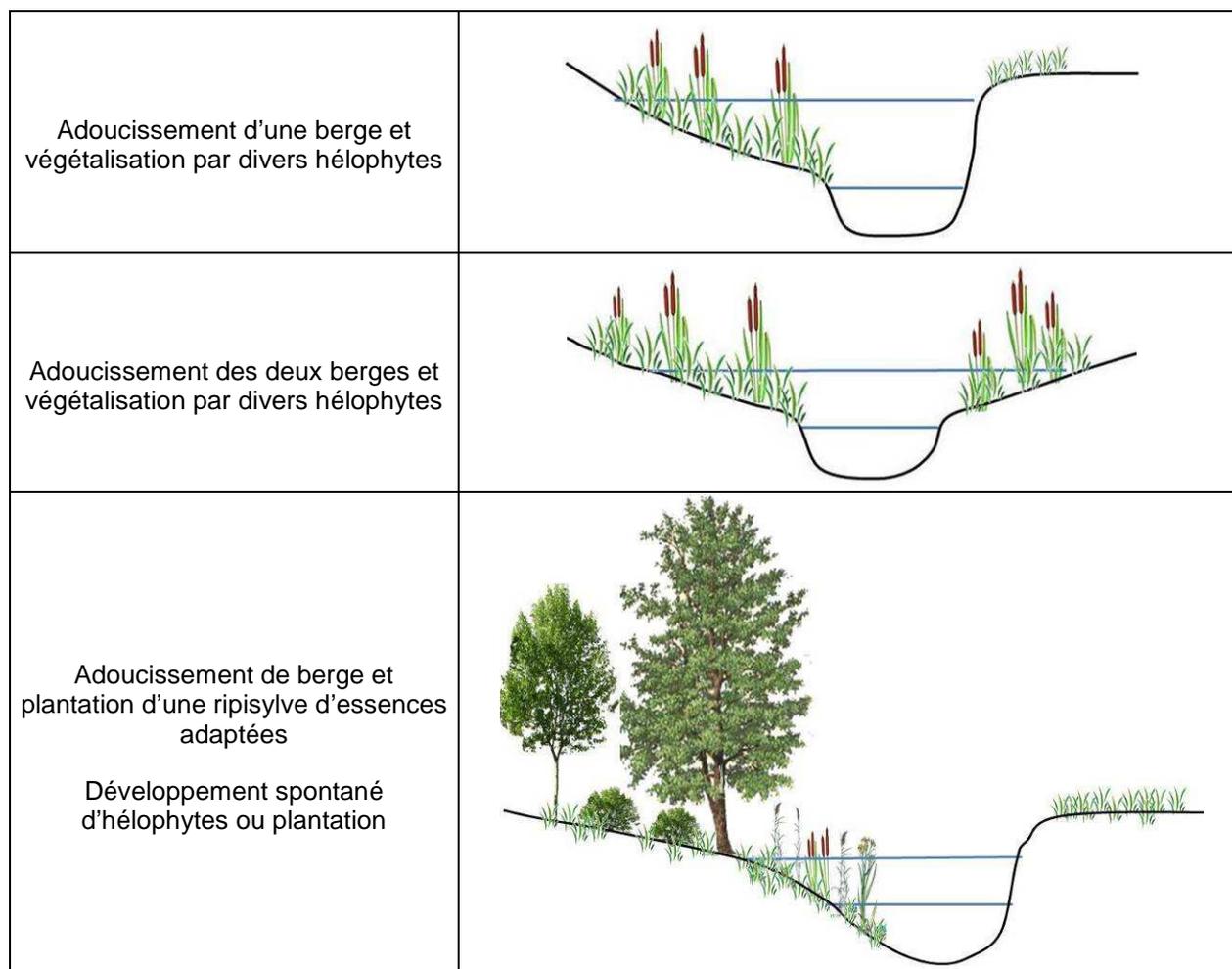


Fig. 21. Illustrations de la végétalisation des berges

Les hélophytes à planter seront les mêmes que ceux cités pour les aménagements de berges précédents (propriétés de l'USAN § 2.2.7).

Les essences suivantes seront à privilégier, en veillant à implanter les essences les plus hygrophiles en pied de berges et les essences plus mésophiles en haut de berges.

Pied de berge : *Alnus glutinosa*, *Salix alba*, *Salix cinerea*, *Salix viminialis*, *Salix triandra*, *Euonymus europaeus*.

Mi-berge-Haut de berge : *Salix caprea*, *Fraxinus excelsior*, *Coryllus avellana*, *Euonymus europaeus*, *Ulmus minor*, *Cornus sanguinea* et éventuellement en sommet de berge : *Prunus avium*.

Remarque : certains saules seront à conduire en têtards et *Ulmus minor* (Orme champêtre), sensible à la graphiose, sera maintenu en port arbustif. Sa plantation est intéressante pour le maintien de l'espèce et est adaptée en bord de cours d'eau.

3.2.5. Illustration de l'aménagement

L'aménagement à réaliser est illustré par le schéma de principe ci-dessous :

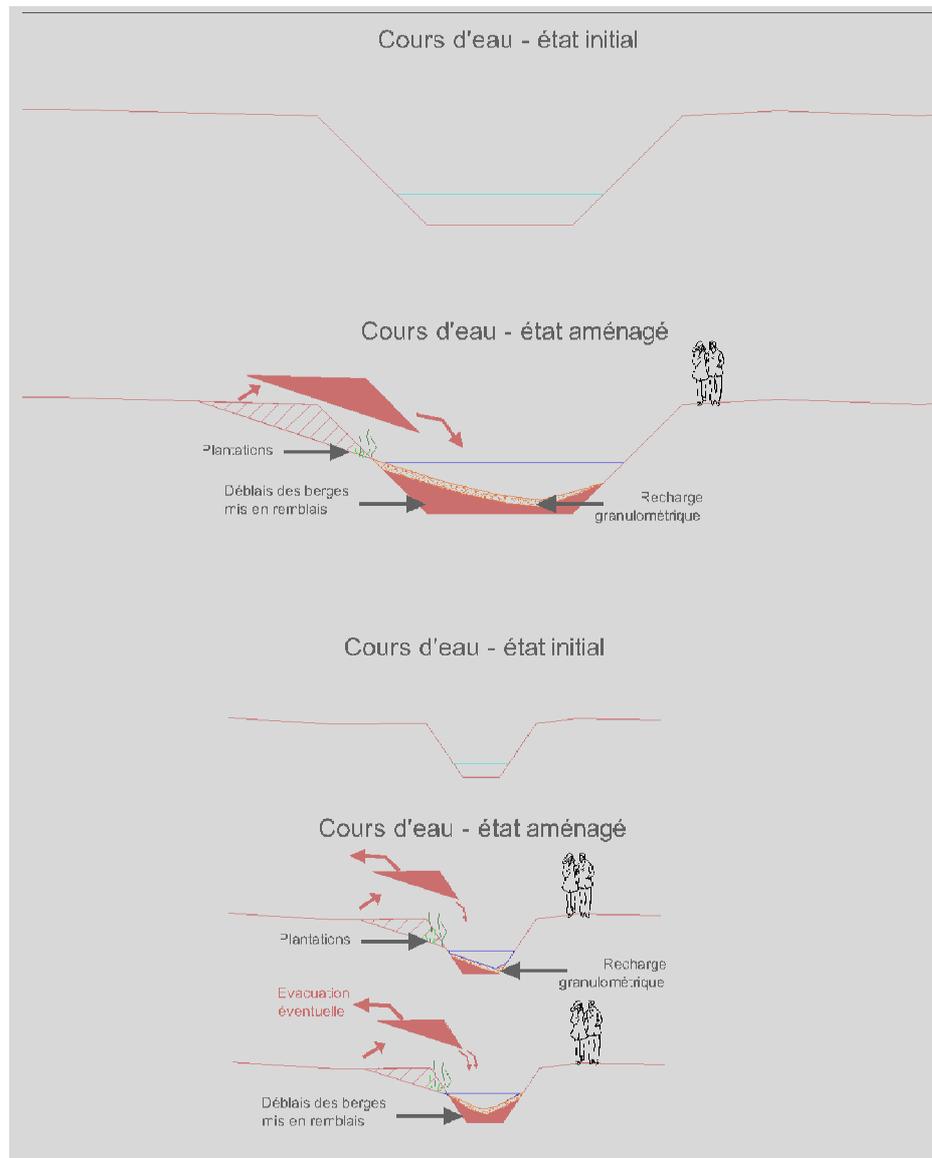


Fig. 22. Schéma de principe de l'aménagement des effondrements de berge

Les profils en travers des différentes zones à aménager sont fournis en annexe 5.

3.3. GRANULOMETRIE

3.3.1. Pavage

Le pavage sera constitué de matériaux dont les dimensions le rendront peu mobile. Il est proposé d'utiliser un pavage constitué de matériaux d'un diamètre d'environ 50mm (ce qui équivaut approximativement au D90 de la couche d'armure de l'Yser observée en berge) et plus.

Un léger compactage pourra être effectué afin de lier le pavage au remblai sous-jacent (en cas de rehaussement du fond du lit) afin de stabiliser le fond du lit et de limiter les écoulements dans

l'épaisseur de pavage. Pour boucher ces interstices, un ajout de matériaux au diamètre plus fin (sable) est conseillé.

Un colmatage rapide des matériaux grossiers est de toute façon attendu au regard du fonctionnement actuel du bassin versant.

3.3.2. Matelas mobilisable

Il est primordial de recourir à une granulométrie relativement hétérogène pour les projets de recharge sédimentaire.

L'objectif de la constitution d'un matelas de graviers est d'apporter une rugosité de fond mais aussi et surtout de permettre une certaine évolution des fonds. Pour cela, le diamètre recherché doit être inférieur au diamètre moyen maximal mobilisable. Ainsi, il est proposé de constituer un matelas de graviers sous et en parallèle du lit d'étiage. Les caractéristiques granulométriques suivantes sont envisagées a priori :

- D50 : 15-20 mm
- D90 : 45-50 mm
- D30 : 10-12 mm

Un suivi sera indispensable afin d'adapter au besoin la granulométrie du fond, et de procéder à d'éventuels rechargements en matériaux en fonction du rythme des crues morphogènes et de la mobilité réelle des fonds restaurés.

3.4. FORCE TRACTRICE

Les valeurs de forces tractrices sont fournies en annexe 6.

Mis à part quelques exceptions, les tensions de frottement restent relativement faibles sur les berges en situation de débit de plein bord. Le recours à un treillis coco n'est donc pas recommandé, sauf indication inverse sur les profils en travers.

3.5. INCIDENCE HYDRAULIQUE

Les volumes de déblais servant au remblai, la section d'écoulement reste inchangée pour le débit de plein bord. Il n'y aura donc pas d'impacts sur les débordements.

3.6. PROCEDURE REGLEMENTAIRE

Les travaux envisagés amèneront à modifier le profil en travers et en long, et à travailler à la fois dans le lit mineur (atteinte aux frayères) et sur les berges. Les travaux seront donc soumis à autorisation (ou à déclaration, selon le linéaire) au titre du Code de l'Environnement.

Par ailleurs, les zones à aménager étant en propriété privée, et l'accès à ces zones nécessitant le passage par d'autres parcelles, une Déclaration d'Intérêt Général sera à réaliser.

4. AMENAGEMENT DES « SEUILS DE PONTS »

4.1. CONTEXTE ET LOCALISATION

La continuité écologique longitudinale est entravée par différents « seuils de pont ».

Les ouvrages concernés sont indiqués sur la carte en annexe 1. Il s'agit :

- Yser :
 - Pont de la source Notre Dame
 - Pont de la RD928
 - Station hydrométrique de Bambecque (cas particulier, dont le traitement sera à effectuer en concertation avec la DREAL).
- Lyncke Becque
 - RD933
 - Rue de la lanterne
- Zemerzeele Becque, pont de la RD52
- Moe Becque (pont traversé par le GR128)
- Holle Becque, pont de la RD137
- Peene Becque :
 - « caniveau » à Bavinchove (où un aménagement plus ambitieux pourrait être envisagé, avec restauration du linéaire en caniveau)
 - Aval du pont LGV (poutre)
 - RD55d
- Ey Becque
 - RD37
 - A25
 - Route communale
 - Un pont de champs
- Becque d'Oudezeele
 - RD338
 - Pont de champs
- Haende Becque / ruisseau d'Houtkerque
 - RD18
 - RD37
 - Deux ponts de champs
 - Autoroute A25
 - Le pont des planches

- RD17
- Stavèle
- Petite Becque, chute à l'aval d'un busage sous champs
- Sale Becque :
 - RD338
 - Pont de champs
 - RD18
 - RD17
- Vleter Becque
 - Cruys Straete
 - Les six chemins
 - Pont de riverain
- Zwyne Becque, un pont de champs

4.2. PRINCIPE D'AMENAGEMENT

Ce type d'aménagement concernera le lit mineur, et éventuellement les berges du cours d'eau.

C'est le principe d'une recharge granulométrique linéaire qui est retenu (ou à défaut celui de seuils-radiers, rampes en enrochements proscrites).

Cette technique est souple et évolue avec les changements morphologiques de la rivière. Elle permet de résorber la rupture altimétrique longitudinale et d'apporter une diversification des écoulements et des habitats.

La pose doit être soignée à l'aval immédiat de l'ouvrage où la dissipation de l'énergie peut être importante. Des ajustements sont possibles par la suite (après une crue importante notamment) en réajustant les dimensions de l'ouvrage pour maintenir les cotes de niveau d'eau désirées (opération facile à mettre en œuvre pour peu que l'accès au cours d'eau soit aisé).

4.2.1. Recharge linéaire

La recharge linéaire est préconisée pour les « seuils de pont » situés dans les parties aval des cours d'eau. En effet, ce sont les secteurs prioritaires à décroiser, et c'est pour cette raison qu'une technique apportant un gain écologique optimal doit y être mise en œuvre. De plus, les conditions de pente qui sont plus réduites à l'aval qu'à l'amont permettent un raccordement aval qui n'est pas trop éloigné de l'ouvrage (moins de 100-150 mètres).

La recharge linéaire est réalisée par un modelage du fond du lit à l'aide de remblais (par exemple issus d'autres actions de restauration) permettant de diversifier les faciès d'écoulement (alternance mouille – radier). Sur ces remblais sera disposée une recharge granulométrique sur une épaisseur de 20cm.

Directement à l'aval de l'ouvrage, la recharge granulométrique ne sera constituée que d'un pavage constitué de matériaux grossiers (blocs) pour la tenue de l'ouvrage, ainsi qu'un matériau minéral plus fin (sable) de façon à maintenir les écoulements de surface pendant les étiages sévères. Sur le reste de la recharge linéaire, on utilisera un pavage et un matelas mobilisable au niveau des radiers, et uniquement un matelas mobilisable au droit des mouilles.

Par ailleurs, la création d'un lit d'étiage différencié permet de maintenir des écoulements suffisants pour l'autocurage du substrat et pour le déplacement piscicole. A terme, et notamment au sein de la couche de matériau mobilisable, les lits d'étiage et moyen s'ajusteront eux-mêmes aux conditions naturelles d'écoulement.

4.2.2. Seuils – radiers

Des seuils – radiers sont proposés sur les « seuils de pont » plus en amont.

Ces seuils – radiers sont constitués par un modelage du fond du lit à l'aide de remblais (par exemple issus d'autres actions de restauration) permettant de diversifier les faciès d'écoulement (alternance mouille – radier). Sur ces remblais sera disposée une recharge granulométrique sur une épaisseur de 20cm.

La recharge granulométrique sera constituée d'un pavage et d'un matelas mobilisable.

Par ailleurs, la création d'un lit d'étiage différencié permet de maintenir des écoulements suffisants pour l'autocurage du substrat et pour le déplacement piscicole. A terme, et notamment au sein de la couche de matériau mobilisable, les lits d'étiage et moyen s'ajusteront eux-mêmes aux conditions naturelles d'écoulement.

4.2.3. Illustration de l'aménagement

L'aménagement à réaliser est illustré par le schéma de principe ci-dessous :

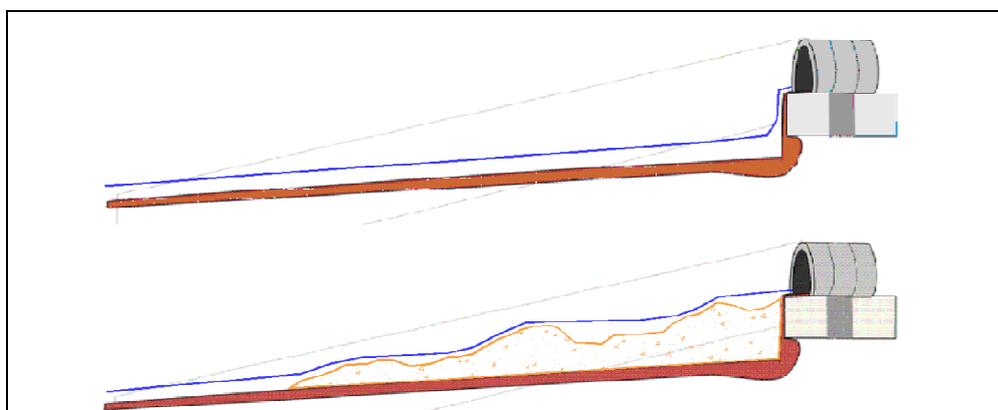


Fig. 23. Schéma de principe de l'aménagement des seuils de pont

Les profils en long des différentes zones à aménager sont fournis en annexe 7.

4.3. INCIDENCE HYDRAULIQUE

Ce type d'aménagement, et notamment les recharges linéaires, ont un impact hydraulique pendant les crues qui sera de l'ordre de quelques centimètres au droit et à proximité de l'aménagement.

Toutefois, cet impact peut être compensé par un reprofilage de la berge de façon à maintenir une section d'écoulement équivalente à plein bord.

Par ailleurs, ce type d'aménagement est souvent préconisé dans des zones sans enjeux forts, au droit desquelles un exhaussement de la ligne d'eau de quelques centimètres peut être acceptable

au regard des enjeux présents. A noter que des enjeux plus sensibles seront à prendre en compte notamment en amont de l'Haende Becque et de la Vleter Becque.

4.4. INTERETS ECOLOGIQUES ET CADRE REGLEMENTAIRE

→ La Directive cadre européenne dans le domaine de l'eau dite DCE (2000/60/CE) est adoptée le 23 octobre 2000. Celle-ci intègre les paramètres hydromorphologiques comme critère d'évaluation de l'état écologique d'une rivière. Cette directive fixe le bon état des masses d'eau à l'horizon 2015 comme objectif à réaliser par les Etats membres. **Le rétablissement de la continuité écologique est une des étapes à réaliser pour l'atteinte du bon état ou de cet objectif.**

Le plan de gestion Anguille en **application du règlement R(CE) n°1100/2007 du 18 septembre 2007** : Des mesures d'actions urgentes sont demandées par le règlement européen « anguille ». Un plan d'action national est mis en place, il a été décliné à l'échelle du Bassin Artois-Picardie.

→ On rappellera l'importance de l'amélioration des continuités écologiques longitudinales pour les échanges de la faune aquatique en général mais surtout pour la sauvegarde de l'Anguille, espèce migratrice en danger critique d'extinction et présente sur le secteur.

Le secteur d'étude ne présentant pas d'obstacles majeurs (écluses...), il correspond à une zone importante pour la migration de l'espèce. Il est donc nécessaire de pouvoir y rétablir les continuités afin de constituer des cours d'eau où la libre circulation piscicole est effective toute l'année pour tous les stades de l'espèce.

Les petits seuils créent des différences altimétriques infranchissables une partie de l'année pour la montaison des civelles notamment.

La recharge granulométrique linéaire permettra de rétablir la libre circulation piscicole pour les civelles notamment.

En outre, cet aménagement participera à la diversification des habitats aquatiques, favorable à une large faune et également à l'implantation d'herbiers aquatiques.

4.5. PROCEDURE REGLEMENTAIRE

Les travaux envisagés amèneront à modifier le profil en travers et en long, et à travailler à la fois dans le lit mineur (atteinte aux frayères) et sur les berges. Les travaux seront donc soumis à autorisation (ou à déclaration, selon le linéaire) au titre du Code de l'Environnement.

Par ailleurs, les zones à aménager étant en propriété privée, et l'accès à ces zones pouvant nécessiter le passage par d'autres parcelles, une Déclaration d'Intérêt Général sera à réaliser.

5. RESTAURATION DE LA RIPISYLVE

→ **Le diagnostic a mis en évidence des secteurs montrant un déficit significatif en ripisylve, dû notamment aux pratiques de la culture intensive ayant engendré la suppression de nombreuses formations arborées.** Certains cours d'eau ou portions de cours d'eau s'insèrent en contexte particulièrement ouvert d'openfield, ce qui entraîne un déséquilibre du fonctionnement écologique du milieu aquatique et un appauvrissement général de la qualité du milieu.

5.1. LOCALISATION ET HIERARCHISATION DES SECTEURS VISES

→ **Le choix des secteurs visés par la restauration de ripisylve a été effectué à partir de plusieurs critères :**

- secteurs particulièrement déficitaires en ripisylve,
- secteurs permettant des facilités foncières de mise en œuvre. Ainsi, les prairies seront visées prioritairement. La mise en place de ripisylve là où le cours s'inscrit en cultures intensives semble plus problématique,
- secteur présentant des ruptures dans les liaisons écologiques (interruption des corridors)/nécessité de reconnexion en milieux arborés, bocagers,

Sont exclues les portions de cours d'eau déjà concernées par un autre aménagement (création de zones humides, aménagements des effondrements de berges,...) qui comprennent déjà des recommandations de plantations.

→ **Les secteurs déficitaires représentent un linéaire conséquent.**

Deux niveaux de priorité ont été élaborés en croisant les critères d'objectif de restauration des fonctionnalités écologiques et de facilité de mise en œuvre :

- Secteurs prioritaires : 7066 m
- Secteurs secondaires : 27 283 m

On précisera que la restauration de ripisylve s'effectuera dans le cadre d'appels à projet indépendants du plan de gestion écologique et seront à réaliser en collaboration avec les propriétaires concernés (Source USAN).

Ainsi la cartographie des actions de restauration de ripisylve localise l'ensemble des secteurs pour lesquels la restauration de ripisylve est pertinente au regard de l'état initial et qui pourraient donc être visés par les plantations.

Il est difficile d'envisager la plantation de l'ensemble des secteurs visés même en considérant uniquement les secteurs prioritaires.

La restauration annuelle de 1 km de ripisylve apparaît déjà comme un objectif intéressant.

Les plantations sont à effectuer sur une ou deux berges selon opportunité foncière.

→ Les secteurs visés sont notamment : l'amont et l'aval de l'Yser, la confluence de l'Yser avec l'Ey Becque, l'amont de la Penne becque, la Lyncke Becque, la Sale Becque, la becque d'Houtkerque. Ils sont localisés sur la carte fournie en annexe 1.

5.2. NATURE DE LA RIPISYLVE A RESTAURER

→ Il existe une problématique concernant la nature de la ripisylve à restaurer. En effet, la faible connectivité hydraulique latérale et l'enfoncement du lit limitent l'installation d'une ripisylve bien fonctionnelle.

Si aucun reprofilage de berge n'est associé à la plantation, les essences à planter devront être adaptées à des conditions d'hygrométrie moyennes ou faibles.

Il est donc important de pouvoir associer la restauration de la ripisylve à un adoucissement/ reprofilage de berge permettant aux essences hygrophiles de bien s'implanter et où une transition végétale progressive pourra s'établir entre le pied et le sommet de berge.

Cet « abaissement » de la berge permettra également au système racinaire d'essences telles que l'Aulne glutineux de constituer des abris et caches pour la faune aquatique.

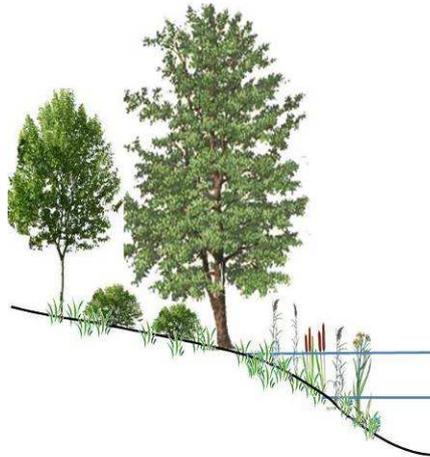


Fig. 24. Pente favorable à l'implantation d'essences hygrophiles

→ Les plantations devront s'effectuer en essences indigènes locales hygrophiles ou tolérantes selon la possibilité de connexion au lit mineur (Saules, Aulnes glutineux, Frêne commun, Ormes, divers arbustes...) et devront respecter certaines règles (équilibre entre zones d'ombre et de lumière, densité à faire varier en fonction de la nécessité de stabilisation (virages, ligne droite...), plantations à adapter à la taille du cours d'eau, prise en compte des exigences écologiques des différentes espèces (haut de talus, milieu, pied de berges...) protection des plants...

On pourra se référer à la liste d'essences présentées au paragraphe 3.2.4 Végétalisation dans le cadre des aménagements d'effondrements de berges.



Fig. 25. Secteur particulièrement déficitaire en ripisylve

6. PETITS AMENAGEMENTS PISCICOLES

→ Le diagnostic a montré une homogénéité des habitats aquatiques sur la majorité du linéaire étudié. Cette homogénéité est peu favorable à la vie piscicole et aquatique en général, tant au niveau des fonds que des berges (peu ou pas de caches, système racinaire de la ripisylve non connecté au cours d'eau...).

Le principe des petits aménagements piscicoles consiste à pallier ce manque de caches et d'abris pour favoriser l'accueil des poissons et de la petite faune aquatique.

Leur efficacité sur l'augmentation de la capacité d'accueil des cours d'eau pour l'ichtyofaune est soumise à leur mise en place à l'échelle du bassin versant, même si tout

aménagement apporte une plus-value écologique ponctuelle pour divers groupes de la faune aquatique.

Plusieurs techniques efficaces peuvent être facilement mises en place et ce, à faible coût. Il s'agit de techniques « artisanales » et végétales permettant de constituer de petits abris avec du bois, des branchages, éventuellement des boudins coco avec hélophytes...

Il s'agit de diversifier les habitats et d'améliorer la capacité d'accueil, en complément des actions sur le lit et les berges. Leur emplacement, et leur nombre seront étudiés pour ne pas avoir d'incidence sur les crues. Toutefois, au vu de leur nature et de leur taille, aucune incidence hydraulique n'est à attendre en période de crues.

Ces aménagements doivent naturellement se faire avec les précautions nécessaires à toute intervention en rivière ; analyse décisionnelle préalable, méthodes douces, respect des périodes de frai et des habitats existants...

→ **Les sous-berges semblent être les aménagements les plus efficaces.** Globalement, tout aménagement susceptible de constituer un petit abri en berge peut convenir. Les exemples donnés ici sont indicatifs.

Les caches artificielles peuvent être disposées en méandre ou en portion rectiligne de cours d'eau avec réalisation de petites encoches dans la berge. Ces aménagements sont de faibles tailles (1 à 2 m en général ou éventuellement un peu plus selon le profil local du cours d'eau).

Elles peuvent éventuellement être complétées par la pose de petits déflecteurs permettant la mise en eau de la sous-berge.

• **Sous-berges artificielles :**

Leur installation est efficace, peu chère et facile à mettre en place.

- **Secteurs cibles** pour la création de sous-berges et autres petits habitats piscicoles : secteurs fortement déficitaires en sous berges et ceux bénéficiant de renaturation des berges et du lit (risbermes, recharge granulométrique...).

- **Espèce cible** : toutes espèces.

- **Objectif recherché** : création de zones de repos et d'abri, augmentation des capacités d'accueil pour la faune aquatique.

- **Implantation** : ancrage en berge.

- **Matériel** : pieux, rondins, planches, terre végétale.

- **Précautions** : surveillance des bois morts.

Le schéma présenté ci-après permet la création de sous-berges mais on peut également plus simplement créer des caches en positionnant des pieux bois en « X » avec apport de branchages complémentaires, notamment en méandre.

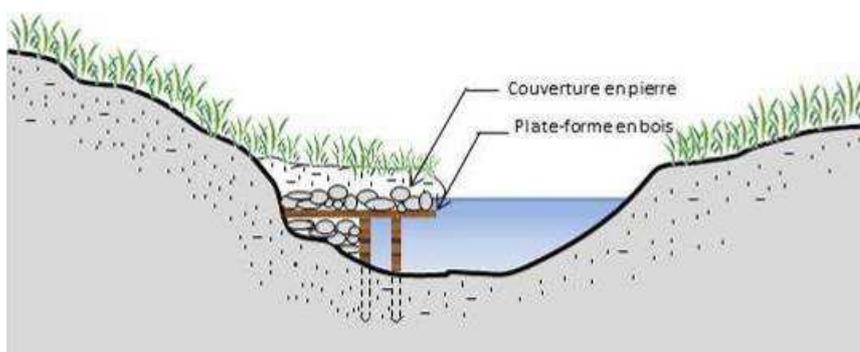


Fig. 26. Sous-berge artificielle

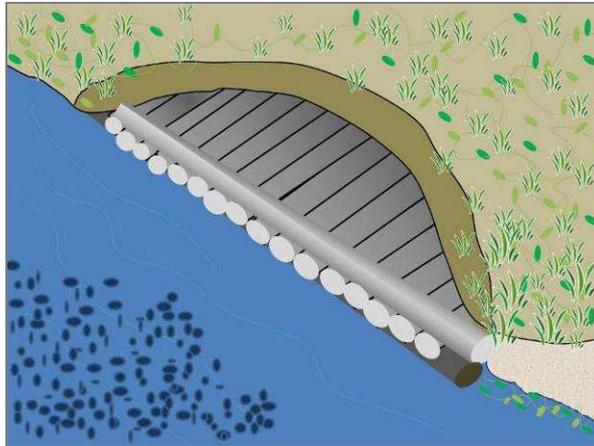


Fig. 27. Sous-berge avec petite encoche dans la berge existante avant recouvrement par de la terre végétale

- **Défecteurs :**

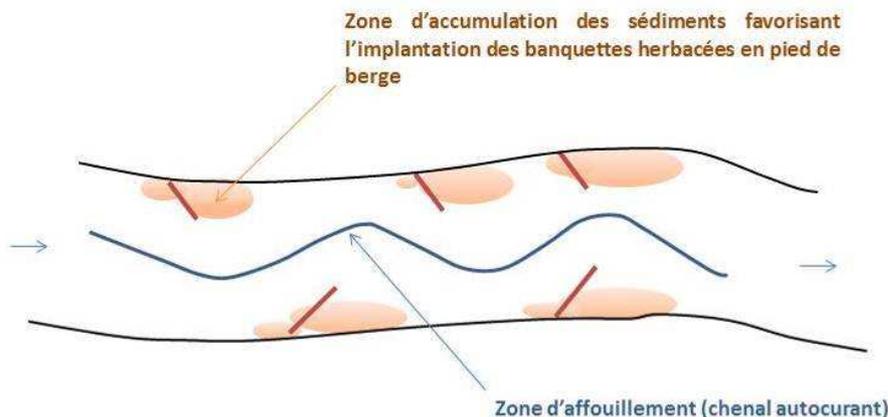
→ Ce type d'aménagement vise à diversifier les écoulements tout en offrant des caches pour la faune aquatique en général et des supports d'habitats aux invertébrés. Les déflecteurs peuvent être mis en place isolément pour faire écran au sapement de berge, mais ils sont réellement efficaces d'un point de vue biologique que s'ils sont posés en série. Ils peuvent être mis en place sur une berge ou deux selon l'effet escompté et la largeur du lit. Leur positionnement et leur orientation sont également variables selon l'effet recherché.

→ Tout comme les sous-berges, les déflecteurs sont à confectionner en matériaux naturels (blocs, pierres, fagots, rondins, fascines...). Leur coût est ainsi relativement faible. Leur dimensionnement ne doit pas excéder le tiers de la section mouillée.

→ Sur un tronçon recalibré et en surlargeur où l'on souhaite retrouver une sinuosité, les déflecteurs sont orientés vers l'aval et placés en quinconce. La disposition des déflecteurs en vis-à-vis favorise la formation d'une fosse au niveau de l'étranglement. A noter que la faible puissance spécifique des cours d'eau étudiés laissent penser que les évolutions latérales dues aux déflecteurs resteront limitées.

En complément, le dépôt de quelques blocs dans le lit peut également permettre la diversification des écoulements et offrir des zones d'abris hydrauliques aux poissons.



Fig. 28. Déflecteurs (Source : Agence de l'eau Seine-Normandie)**Fig. 29. Ensemble de déflecteurs**

- Abris-blocs :

Il s'agit de disposer des blocs de différents diamètres et pouvant être calés ou encadrés de quelques pieux bois enfoncé dans le fond du lit ou en berge.

L'apport de ces éléments participera à l'augmentation des territoires, caches pour le poisson, et la création de nouveaux supports pour les invertébrés aquatiques dont se nourrissent les poissons. Ces abris de pleine eau génèrent des zones d'abris et de repos favorables à diverses espèces.

→ Pour le choix des sites à aménager on priorisera les secteurs aval (les plus favorables à l'accueil de la vie piscicole) mais globalement, toute opportunité de réaliser un petit aménagement piscicole devra être saisie au vu de la relative facilité de mise en œuvre de ces aménagements, de leur faible coût et du gain écologique induit.

Ainsi, chaque secteur où le lit sera renaturé ou reprofilé pourra être l'occasion de mettre en place ces petits aménagements (valorisation et création de zones humides, aménagement d'effondrements de berges...)

Le tableau suivant priorise les tronçons en fonction de la pertinence d'y mettre en place des petits aménagements piscicoles. Les tronçons les plus favorables doivent faire l'objet de ces aménagements en priorité.

Tabl. 3 - Priorisation des tronçons devant faire l'objet d'aménagements piscicoles

Cours d'eau	Tronçons	Priorité	Objectif de densité en nombre d'aménagements/Km
Yser	1	-	
	2	-	
	3	C	3
	4	B	3
	5	A	5
	6	A	5
	7	A	10
	8	A	10
Peene becque	1	-	
	2	C	3
	3	B	5
	4	A	10
Zermezeele becque	1	-	

	2	C	3
Trommels becque	1	-	
Lyncke becque	1	C	3
Cray becque	1	-	
	1	-	
Sale becque	2	C	3
	3	A	10
Becque d'Oudezeele	1	-	
	2	B	3
Haende becque	1	-	
Becque d'Houtkerque	1	B	5
Petite becque	1	C	3
Zwyne becque	1	-	
	1	-	
Ey becque	2	C	3
	3	B	5
	4	A	10
Moe becque	1	-	
	2	C	3
Holle becque	1	-	
Vleter becque	1	B	5
	2	C	3

Priorités :

- Prioritaire : A

- Secondaire : B

- Tertiaire : C



A



B

Fig. 30. Secteurs non favorables (A) et favorable (B) à la mise en place de petits aménagements piscicoles

L'aménagement de petits habitats piscicoles est peu ou pas opportun au niveau des tronçons marqués d'un «-» en raison de plusieurs facteurs : cours d'eau de largeur très faible, situés en amont et présentant des caractéristiques peu favorables à l'accueil de la vie piscicole. Les aménagements sont à réaliser en priorité à l'aval et dans les cours d'eau à section plus significative.

On adaptera la taille des petits aménagements à la taille du lit mineur concerné. On diversifiera au maximum les types d'aménagements par linéaire.

7. AMENAGEMENT D'ABREUVOIRS

7.1. CONTEXTE ET LOCALISATION

Lors du diagnostic, des abreuvoirs « sauvages » ont été repérés, notamment à l'aval de la Peene Becque, à l'aval de l'Ey Becque et à l'aval de l'Yser.

7.2. PRINCIPE D'AMENAGEMENT

Une allée empierrée est constituée pour permettre la descente du bétail vers le cours d'eau, et des clôtures sont placées pour « canaliser » le bétail. Le lit est également stabilisé avec une recharge granulométrique.

Il est préférable que ce type d'aménagement soit réalisé au niveau de sections rétrécies, ce qui amène des écoulements plus rapides, mieux oxygénés, et qui limite l'envasement. On privilégiera également les zones à pente plus élevées (raiders).

La solution qui consiste à réaliser des mares d'abreuvoirs connectées au cours d'eau par une crépine n'est ici pas retenue à cause d'une crainte d'obturation de la crépine en lien avec la présence de matières en suspension dans le cours d'eau.

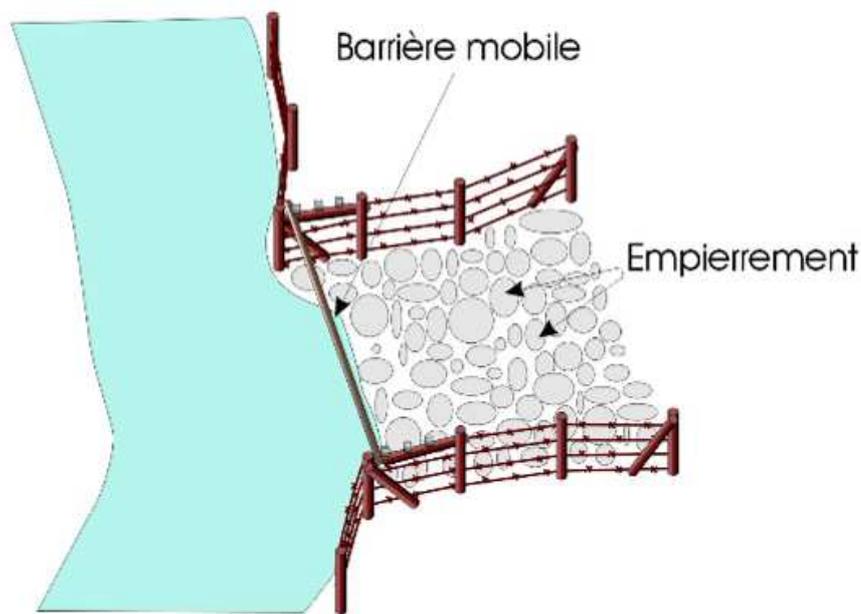


Fig. 31. Schéma de principe de l'aménagement d'un abreuvoir en bord de cours d'eau

Les profils en travers de ces aménagements sont fournis en annexe 8.

7.3. INCIDENCE HYDRAULIQUE

Les aménagements prévus entraîneront une hausse de la section d'écoulement à plein bord, et n'engendreront donc pas d'exhaussement de la ligne d'eau en crue.

7.4. PROCEDURE REGLEMENTAIRE

Les travaux envisagés amèneront à modifier le profil en travers, et à travailler à la fois dans le lit mineur (atteinte aux frayères) et sur les berges. Les travaux seront donc soumis à autorisation (ou à déclaration, selon le linéaire) au titre du Code de l'Environnement.

Par ailleurs, les zones à aménager étant en propriété privée, et l'accès à ces zones pouvant nécessiter le passage par d'autres parcelles, une Déclaration d'Intérêt Général sera à réaliser.

Actions à moyen terme

8. AMENAGEMENTS DES ZONES PROPOSEES PAR LES COMMUNES POUR LA LUTTE CONTRE LES INONDATIONS ET LA RESTAURATION ECOLOGIQUE

8.1. CONTEXTE ET LOCALISATION

Les zones concernées sont représentées sur la carte en annexe 1. Il s'agit de zones proposées par les communes dans le cadre de l'étude hydraulique du bassin versant de l'Yser. L'objectif initial était d'y réaliser des aménagements contribuant à la lutte contre les inondations. A cet objectif s'ajoutera donc la restauration des cours d'eau.

Ces zones sont localisées sur les bords de l'Yser, de la Peene Becque, de l'Ey Becque, et de la Moe Becque. Elles sont plus précisément localisées au niveau des tronçons suivants :

- Y4
- PB3/TB1
- PB4
- EB1
- MB1
- MB2

8.2. PRINCIPE D'AMENAGEMENT

Sur ces linéaires, le principe d'aménagement concernera à la fois le lit mineur, les berges et le lit majeur (dans la limite de l'emprise des zones proposées par les communes).

8.2.1. Reprofilage du lit mineur

Le reprofilage du lit mineur sera réalisé par la disposition d'un remblai dans le lit mineur (issu du déblaiement des berges et du lit majeur) afin de « pincer » les écoulements, notamment pour les écoulements de type module ou étiage.

Même si le cours d'eau se façonnerait de lui-même à terme, et compte tenu des capacités d'auto-ajustement limitées des quatre cours d'eau concernés, la forme du lit mineur devra être adaptée au tracé en plan, avec notamment la constitution de fosses de concavité dans l'extérieur des méandres. L'énergie du cours d'eau étant faible, le terrassement devra être soigné. A noter qu'une légère évolution latérale du tracé en plan pourra s'ensuivre, notamment à l'extérieur des méandres, mais compte tenu de la faible puissance spécifique des cours d'eau étudiés et de la nature des berges (cohésives), cette évolution restera limitée.

Pour les cours d'eau à étiage sévère, ce qui est le cas du bassin versant de l'Yser, la création d'un lit d'étiage différencié permet de maintenir des écoulements suffisants pour l'autocurage du substrat et pour le déplacement piscicole. A terme, et notamment au sein de la couche de matériau mobilisable, les lits d'étiage et moyen s'ajusteront eux-mêmes aux conditions naturelles d'écoulement.

8.2.2. Recharge granulométrique

Ce reprofilage du lit mineur sera accompagné d'une recharge granulométrique afin de limiter les apports de particules fines, de diversifier les faciès d'écoulements (mouille - plat - radiers) et les habitats, et de restaurer la couche d'armure.

A noter qu'une recharge granulométrique réalisée sur un linéaire conséquent engendre des écoulements hyporhéiques, ce qui est bénéfique pour la qualité physique du cours d'eau (température), et qui peut créer des assecs localisés et temporaires du cours d'eau, notamment lors des étiages sévères auxquels les cours d'eau étudiés peuvent être soumis.

La recharge granulométrique se fera sur une épaisseur de 20cm.

La recharge granulométrique sera constituée de deux types de matériaux :

- du matériau mobilisable qui pourra être mis en œuvre sur l'ensemble du linéaire à aménager (ce qui permettra au cours d'eau de façonner son profil en travers et son profil en long de façon équilibrée, et qui apportera une rugosité de fond),
- du matériau de dimension plus importante qui constituera une forme de pavage. Ce pavage permet notamment de stopper l'incision. De façon à laisser des possibilités d'évolution au cours d'eau tout en ne modifiant pas le profil en long à l'échelle du tronçon, il est proposé de ne pas mettre en œuvre ce pavage sur l'ensemble du linéaire à aménager. On le retrouvera uniquement au niveau de la zone de raccordement aval et localement au niveau de points hauts, sous la couche de gravier mobilisable, afin de s'assurer de points durs et d'éviter ainsi une évolution trop importante et non souhaitable du profil en long. En dehors de ces zones, le cours d'eau pourra façonner son lit plus librement.

8.2.3. Diversification des faciès d'écoulement

L'aménagement du lit mineur devra conduire à diversifier les faciès d'écoulement. Cela passera par une rehausse du fond du lit et une modification du profil en long au sein du linéaire à aménager.

Ce profil en long et le calage altimétrique n'est pas déterminé dans le cadre de la présente étude, cela nécessiterait un travail de modélisation hydraulique important (compléments topographiques, modélisation des écoulements d'étiage, de module, crue biennale,...etc, conception de l'aménagement) qui permettrait de véritablement caler le profil en long en tenant compte de différents paramètres majeurs (hauteur d'eau, vitesses, faciès d'écoulement). Le profil en long ne devra pas être modelé uniquement par l'apport de matériaux exogènes, mais élaboré dès les terrassements.

A noter qu'un rehaussement de lit améliore la connexion du cours d'eau avec la ripisylve.

Le linéaire conseillé d'une séquence mouille et radier est :

- Pour la Moe Becque d'environ 6 mètres, avec des séquences de radier longues de 2 mètres.
- Pour l'Ey Becque d'environ 6 mètres dans la zone amont, et 12 mètres plus en aval. Les séquences de radier seront d'une longueur de 2 mètres dans la zone amont, et 4 mètres plus en aval.

- Pour la Peene Becque d'environ 20 mètres dans la zone intermédiaire, et 25 mètres plus en aval (Wormhout). Les séquences de radier seront d'une longueur de 5 à 6 mètres dans la zone amont, et 8 à 10 mètres plus en aval.
- Pour l'Yser d'environ 25 mètres, avec des séquences de radier longues de 8 à 10 mètres.

Au niveau des radiers, un pendage latéral est à prévoir afin de concentrer les écoulements en fonction des débits et de favoriser ainsi l'autocurage du lit mineur.

8.2.4. Tracé en plan

Compte tenu de l'emprise disponible en lit majeur pour la réalisation de ces aménagements, une recherche de documents cartographiques anciens a été effectuée pour observer le tracé en plan :

- Les cartes de Cassini donnent une bonne vue d'ensemble du bassin versant, toutefois elles ne sont pas assez précises pour déterminer véritablement le tracé en plan des petits cours d'eau.
- Le cadastre napoléonien (début et milieu du XIX^{ème} siècle) a systématiquement été vérifié sur les différentes zones, un ancien lit aujourd'hui rectifié a pu être mis en évidence sur quatre d'entre elles, toutes situées Terdeghem :



Fig. 32. Comparaison du tracé en plan de la Moe Becque : IGN et cadastre napoléonien – amont de Terdeghem (MB1_moeb_TERD_ZEC1_DG)

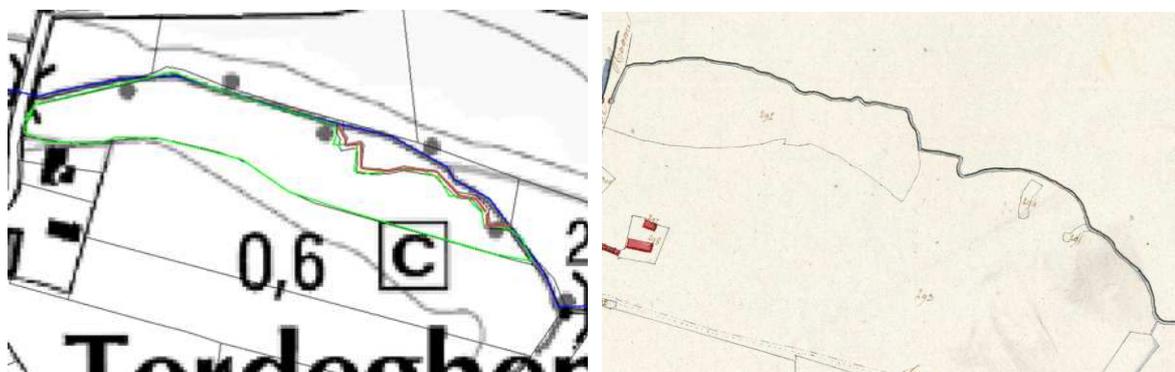


Fig. 33. Comparaison du tracé en plan de la Moe Becque : IGN et cadastre napoléonien – aval de Terdeghem (MB2_moeb_TERD_ZEC1_D)



Fig. 34. Comparaison du tracé en plan de la Moe Becque : IGN et cadastre napoléonien – aval de Terdeghem (MB2_moeb_TERD_ZEC2_DG et MB2_moeb_TERD_ZEC3_D)

Pour les autres zones, il n'a pas été mis en évidence un ancien tracé du lit à l'aide de documents historiques. Toutefois, le tracé en plan dans du cours d'eau, dans bon nombre de ces zones, apparaît très linéaire et typique des cours d'eau rectifié. La rectification peut dater d'avant la réalisation du cadastre napoléonien sur le bassin versant, qui fait l'objet d'activités anthropiques depuis longtemps. Par conséquent, de façon à varier les conditions d'écoulement et d'habitat pour la faune, la mise en place d'une sinuosité dans le lit d'étiage ou de module est recommandée. Celle-ci devra être constituée par la disposition de matériaux de façon alternée (rive droite ou rive gauche).

La longueur d'onde conseillée pour les sinuosités est d'environ :

- 10 à 15 mètres pour la Moe Becque.
- 10 à 15 mètres dans la zone amont de l'Ey Becque, et de l'ordre de 25 mètres plus en aval.

- 35 mètres dans la zone intermédiaire de la Peene Becque, et 50 mètres en aval (Wormhout)
- 50 mètres pour l'Yser.

8.2.5. Constitution d'un lit majeur fonctionnel et connecté

Le décaissement de la parcelle en lit majeur permettra de constituer des zones où l'expansion naturelle des crues sera favorisée.

Par ailleurs, cela permettra de constituer une annexe hydraulique régulièrement connectée au cours d'eau (dont le fond aura en parallèle était rehaussé). Sur ces zones, la continuité écologique latérale sera améliorée de façon satisfaisante.

Le niveau de décaissement proposé est celui atteint pour une crue de période de retour 2 ans. L'étude hydraulique du bassin versant de l'Yser (SOGREAH, 2009 – 2001) fournit les cotes atteintes au droit d'une majorité de ces aménagements suite à une pluie d'occurrence biennale sur l'ensemble du bassin versant. Ces données sont surtout significatives pour les zones situées dans les parties amont, car l'événement pluviométrique engendre une crue biennale.

Plus à l'aval, la cote fournit par l'étude hydraulique correspond à une crue plus que biennale. Le débit d'une crue biennale au droit de ces zones a été redéfini à partir du débit spécifique de l'Yser à Bambecque pour une crue biennale, et sur cette base la cote de crue biennale a pu être déterminée.

Finalement, les cotes retenues pour le terrassement des zones d'aménagement sont les suivantes :

Tabl. 4 - Cote de terrassement des zones proposées par les communes pour la lutte contre les inondations et la restauration écologique

Cours d'eau	Commune	ZEC	Cote de terrassement
Yser	Zegerscapel	y4_yser_ZEGE_ZEC1_G	15.99
Yser	Zegerscapel	y4_yser_ZEGE_ZEC2_G	14.34
Yser	Escquelbeck	y4_yser_ESQU_ZEC3_D	13.43
Peene becque	Arneke	PB3_peenb_ARNE_ZEC1_G	19.21
Peene becque	Arneke	PB3_peenb_ARNE_ZEC2_G	18.74
Peene becque	Arneke	PB3_peenb_ARNE_ZEC3_G	16.9
Peene becque	Ledringhem	PB4_peenb_LEDRI_ZEC1_G	14.26
Peene becque	Wormhout	PB4_peenb_WORM_ZEC2_G	11.45
Ey becque	Terdeghem	EB1_eybec_TERD_ZEC1_D	23.23
Rommel becque	Steenvoorde	EB2_eybec_STEEN_ZEC1_D	18.16
Ey becque	Steenvoorde	EB2_eybec_STEEN_ZEC2_G	14.41
Moe becque	Terdeghem	MB1_moeb_TERD_ZEC1_DG	Pas de données topo
Moe becque	Terdeghem	MB2_moeb_TERD_ZEC1_D	Pas de données topo
Moe becque	Terdeghem	MB2_moeb_TERD_ZEC2_DG	22.97
Moe becque	Terdeghem	MB2_moeb_TERD_ZEC3_D	22.36
Moe becque	Steenvoorde	MB2_moeb_STEEN_ZEC4_DG	18.89

Au sein du lit majeur décaissé, une ripisylve pourra être mise en place, celle-ci sera véritablement fonctionnelle et connectée au lit mineur. Par ailleurs, des milieux humides particuliers pourront être constitués, tels que des mares ou des bras mort qui serviront de lieu de fraysère privilégié.

8.2.6. Restauration et valorisation écologiques

→ La constitution d'une zone d'expansion de crues correspond à la création d'une nouvelle zone humide et en présente tous les avantages écologiques.

L'objectif premier de lutte contre les inondations est tout à fait compatible avec l'amélioration des fonctionnalités écologiques de zone humide.

→ **La valorisation des différentes zones pressenties suivra globalement les mêmes prescriptions générales que pour les parcelles propriétés de l'USAN.** On se référera donc aux recommandations détaillées au paragraphe 2.2.7 tant pour l'aménagement des berges, la création et la gestion des frayères, les diverses plantations, les listes d'espèces à implantées.



En effet, les parcelles sont globalement de même typologie et présentent les mêmes problématiques écologiques (parcelles riveraines de cours d'eau avec connectivité latérale très faible ou inexistante, localisation en secteur agricole majoritairement cultivé et assez peu marqués par les formations arborées, faible biodiversité) et les objectifs à atteindre sont similaires : restauration de la connectivité latérale, création d'habitats favorables à la reproduction du Brochet, création de zones humides, constitution de formations arborées de qualité et permettant de garantir l'appui des déplacements faunistiques en secteur alluvial.

→ **Les principales actions à mettre en place sont :**

- Création de frayères et végétalisation,
- Restauration d'écotones fonctionnels (milieux de transition particulièrement biogènes, dans le cas présent, entre cours d'eau et milieu terrestre riverain)
- Plantation d'hélophytes en berges,
- Décapage en périphérie de certaines frayères afin de favoriser le développement d'une flore pionnière hygrophile d'intérêt,
- Plantation de ripisylve et constitution de boisements de rive pour le renforcement de corridors verts et de la biodiversité,
- Plantation de haies bocagères périphériques pour la constitution de zones tampons et le maintien de liaisons écologique,
- Conservation de formations arborées et d'herbiers aquatiques existants,
- En secteur urbain (Steenvoorde), mise en place de gestion différenciée pour la valorisation écologique et paysagère des milieux herbacés
- Création d'une mare.
- Gestion extensive prairiale.

→ Les surfaces hors aménagements (plantations d'hélophytes, arborées, frayères...) seront mise en prairies. La gestion devra être extensive (cf. plan d'entretien) soit par pratique d'une fauche annuelle tardive avec exportation, soit par pâturage extensif (faible charge de bétail avec espèces adaptées aux zones humides), soit à usage mixte (prairie de fauche et pâturage).

Si les prairies sont pâturées, il faudra prévoir la pose de clôtures périphériques mais aussi et surtout autour des frayères afin de les préserver de tout piétinement.

→ Chaque zone pressentie pour l'aménagement de ZEC ou la restauration écologique fait l'objet de principes d'aménagement et de gestion à vocation écologique. Ces schémas, versés en annexe 9 sont informatifs et visent à mettre en avant les principaux éléments à prendre en compte (aménagements, conservation, gestion) pour la valorisation écologique des parcelles.

L'aménagement écologique prend en compte la problématique de piégeage des sédiments par les végétaux lors des crues, qui peut engendrer un exhaussement. C'est pour cela que la végétation sera ouverte.

8.2.7. Illustration de l'aménagement

Le profil type de ces aménagements est le suivant :

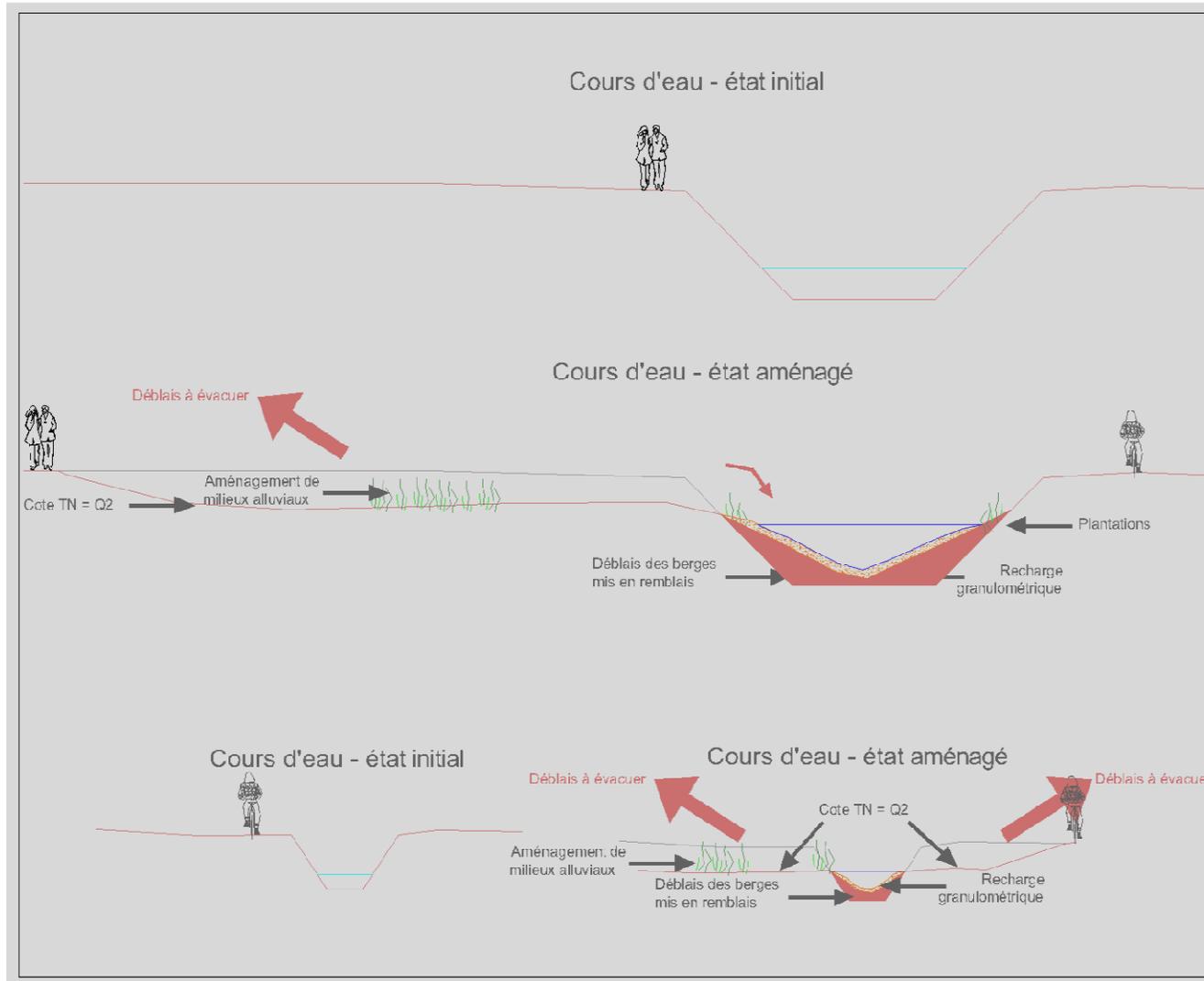


Fig. 35. Coupe de principe de l'aménagement de zones d'expansion de crues

Les vues en plan de ces aménagements sont fournies en annexe 9.

8.3. RECHARGE GRANULOMETRIQUE

8.3.1. Pavage

Le pavage sera constitué de matériaux dont les dimensions le rendront peu mobile. Il est proposé d'utiliser un pavage constitué de matériaux d'un diamètre d'environ 50mm (ce qui équivaut approximativement au D90 de la couche d'armure de l'Yser observée en berge) et plus.

Un léger compactage pourra être effectué afin de lier le pavage au remblai sous-jacent (en cas de rehaussement du fond du lit) afin de stabiliser le fond du lit et de limiter les écoulements dans l'épaisseur de pavage. Pour boucher ces interstices, un ajout de matériaux au diamètre plus fin (sable) est conseillé.

Un colmatage rapide des matériaux grossiers est de toute façon attendu au regard du fonctionnement actuel du bassin versant.

8.3.2. Matelas mobilisable

Il est primordial de recourir à une granulométrie relativement hétérogène pour les projets de recharge sédimentaire.

L'objectif de la constitution d'un matelas de graviers est d'apporter une rugosité de fond mais aussi et surtout de permettre une certaine évolution des fonds. Pour cela, le diamètre recherché doit être inférieur au diamètre moyen maximal mobilisable. Ainsi, il est proposé de constituer un matelas de graviers sous et en parallèle du lit d'étiage. Les caractéristiques granulométriques suivantes sont envisagées a priori :

- D50 : 15-20 mm
- D90 : 45-50 mm
- D30 : 10-12 mm

Un suivi sera indispensable afin d'adapter au besoin la granulométrie du fond, et de procéder à d'éventuels rechargements en matériaux en fonction du rythme des crues morphogènes et de la mobilité réelle des fonds restaurés.

8.4. FORCE TRACTRICE

Les valeurs de forces tractrices sont ici comprises entre 10 et 35 N/m². Les tensions de frottement restent relativement faibles sur les berges en situation de débit de plein bord. Le recours à un treillis coco n'est donc pas recommandé.

8.5. INCIDENCE HYDRAULIQUE

Ces aménagements contribueront à la lutte contre les inondations pour les crues d'ampleur modérée. Toutefois, leur effet sur le pic de crue pour des événements de période de retour importante sera davantage négligeable.

La mise en place d'une restriction hydraulique à l'aval de ces aménagements peut permettre d'optimiser leur impact hydraulique pour la préservation d'enjeux en aval. Toutefois, cette restriction hydraulique ne devra en aucun cas porter atteinte à la continuité écologique et sédimentaire des cours d'eau.

A noter également que dans les zones proposées par les communes, l'usage sera impacté par l'augmentation des fréquences des débordements.

8.6. PROCEDURE REGLEMENTAIRE

Les travaux envisagés amèneront à modifier le profil en travers et en long, et à travailler à la fois dans le lit mineur (atteinte aux frayères) et le lit majeur (plans d'eau, mise en eau). Les travaux seront donc soumis à autorisation au titre du Code de l'Environnement.

Par ailleurs, les zones à aménager étant en propriété privée, et l'accès à ces zones pouvant nécessiter le passage par d'autres parcelles, une Déclaration d'Intérêt Général sera à réaliser.

9. AMENAGEMENT PROPOSE EN CONTEXTE URBAIN

9.1. CONTEXTE EN LOCALISATION

La restauration de linéaires de cours d'eau peut présenter l'avantage, outre le fait de restaurer le cours d'eau, d'accroître la qualité paysagère en zone urbaine, et aussi de servir de support de communication pour les actions entreprises par l'USAN.

C'est dans ce cadre qu'il est proposé de réaliser un aménagement de restauration sur l'Yser dans la traversée d'Esquelbecq. Ce site est proposé notamment parce qu'il s'agit d'un site de promenade accessible, visible de tous et régulièrement longé par les habitants proches (proximité de la place, de l'église et du château).



Fig. 36. Photographies du site

Le site se trouve dans le tronçon Y4. La localisation est indiquée dans la carte fournie en annexe 1.

9.2. PRINCIPE D'AMENAGEMENT

9.2.1. Reprofilage et aménagement paysager du lit mineur

Le reprofilage du lit mineur sera réalisé par la disposition d'un remblai dans le lit mineur (issu du déblaiement des berges) afin de « pincer » les écoulements, notamment pour les écoulements de type module ou étiage.

Même si le cours d'eau se façonnerait de lui-même à terme, et compte tenu des capacités d'auto-ajustement limitées de l'Yser, la forme du lit mineur devra être adaptée au tracé en plan, avec notamment la constitution de fosses de concavité dans l'extérieur des méandres. L'énergie du cours d'eau étant faible, le terrassement devra être soigné. A noter qu'une légère évolution latérale du tracé en plan pourra s'ensuivre, notamment à l'extérieur des méandres, mais compte tenu de la faible puissance spécifique de l'Yser et de la nature des berges (cohésives), cette évolution restera limitée.

Pour les cours d'eau à étiage sévère, ce qui est le cas de l'Yser, la création d'un lit d'étiage différencié permet de maintenir des écoulements suffisants pour l'autocurage du substrat et pour le déplacement piscicole. A terme, et notamment au sein de la couche de matériau mobilisable, les lits d'étiage et moyen s'ajusteront eux-mêmes aux conditions naturelles d'écoulement.

9.2.2. Recharge granulométrique

Ce reprofilage du lit mineur sera accompagné d'une recharge granulométrique afin de stabiliser le pied de berge et le fond du lit, de limiter les apports de particules fines, de diversifier les faciès d'écoulements (mouille - plat - radiers) et les habitats, et de restaurer la couche d'armure.

A noter qu'une recharge granulométrique réalisée sur un linéaire conséquent engendre des écoulements hyporhéiques, ce qui est bénéfique pour la qualité physique du cours d'eau (température), et qui peut créer des assecs localisés et temporaires du cours d'eau, notamment lors des étiages sévères auxquels les cours d'eau étudiés peuvent être soumis.

La recharge granulométrique se fera sur une épaisseur de 20cm.

La recharge granulométrique sera constituée de matériau mobilisable qui pourra être mis en œuvre sur l'ensemble du linéaire à aménager (ce qui permettra au cours d'eau de façonner son profil en travers et son profil en long de façon équilibrée, et qui apportera une rugosité de fond),

9.2.3. Diversification des faciès d'écoulement et tracé en plan

Idéalement, une diversification des faciès d'écoulement serait à rechercher notamment par une rehausse du fond du lit et une modification du profil en long au sein du linéaire à aménager. Toutefois, la rehausse du lit au sein d'une zone habitée pourrait être mal perçue par les riverains. C'est pourquoi cette possibilité n'est a priori pas recommandée.

Cette diversification des conditions d'écoulement et d'habitat pourra tout de même être recherchée par la mise en place d'une sinuosité dans le lit d'étiage ou de module. Celle-ci devra être constituée par la disposition de matériaux de façon alternée (rive droite ou rive gauche).

Pour l'Yser au droit de la zone à aménager, la longueur d'onde conseillée pour les sinuosités est d'environ 50 mètres.

Enfin, la diversification des conditions d'écoulement pourra être apportée par la réalisation de petits seuils rustiques constitués par des blocs :



Fig. 37. Photographies de seuils rustiques

Le schéma ci-dessous indique les différentes possibilités de seuils :

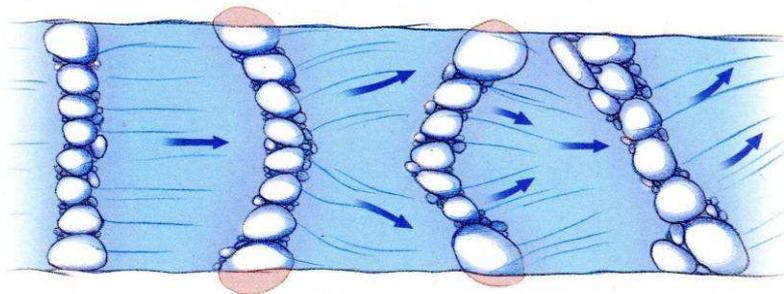


Fig. 38. Exemples type de vue en plan de seuils rustiques (source : ONEMA)



Fig. 39. Exemples d'aménagements similaires réalisés en contexte urbain

9.2.4. Valorisation écologique et pédagogique

→ **Prise en compte des enjeux existants :**

- Les aménagements prévus présentent une plus-value écologique importante. **On veillera toutefois à la prise en compte des enjeux existants notamment sur les deux aspects suivants :**

- Mise en place de seuils compatibles avec la libre circulation piscicole en prenant en compte le critère « toutes espèces, tous stades, toutes l'année ». La hauteur de seuil devra être minimale et/ou une ou plusieurs échancrures devront être constituées afin de ne pas entraver les déplacements de la faune aquatique en période de basses eaux, notamment des civelles.

- Préservation de la ripisylve indigène existante (les peupliers pourront être remplacés progressivement par des essences plus adaptées). En effet, la traversée d'Esquelbecq présente un cordon de ripisylve assez continu favorisant la perméabilité écologique en secteur urbain.

Le secteur visé présente globalement un secteur aval bien arboré avec une ripisylve participant aux connexions écologiques de part et d'autre du bourg et un secteur amont plus ouvert qui permettra de valoriser les transitions végétales herbacées de bords des eaux grâce à un éclairage suffisant. La végétation est actuellement déjà développée mais assez pauvre en diversité. L'ourlet herbacé est à caractère nitrophile et les ronces et orties limitent une meilleure expression des espèces héliophytes.



→ **Végétalisation et petits aménagements :**

Ces deux séquences complémentaires sont atout tant pour la valorisation écologique (complémentarité des habitats), que pédagogique ou paysagère (diversité de structures végétales....).

- Afin d'améliorer les fonctionnalités de zone humide des berges, il est important de permettre aux végétations amphibies et hygrophiles de s'implanter en pied de berge. **Ces végétations peuvent être particulièrement diversifiées et apportent refuge et source de nourriture pour une large faune.** En outre, bon nombre de ces espèces sont colorées et participeront à l'agrément de la balade.

La réalisation d'un reprofilage et de la création d'une banquette ennoyée permettra l'installation de végétation héliophyte variée **importante pour l'amélioration de la qualité du milieu aquatique (épuration des eaux, créations d'habitats...)** et de la biodiversité. **Il s'agit de mesures importantes pour participer à l'objectif du bon état écologique des cours d'eau (objectif 2015 Loi Cadre sur l'Eau).**

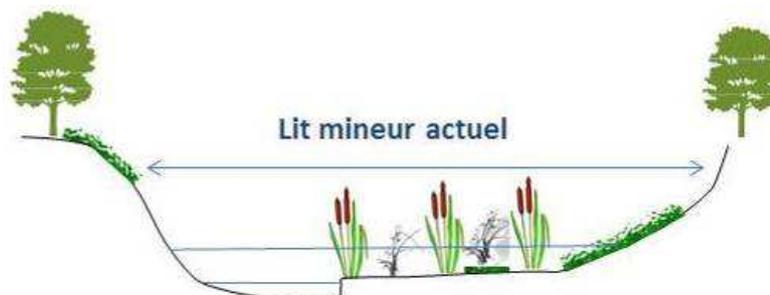


Fig. 40. Banquette ennoyée permettant l'implantation d'une végétation héliophyte

• Concernant la ripisylve, les essences indigènes seront conservées (Frêne, Aulne glutineux, Orme champêtre, Erable sycomore...), elles pourront éventuellement être complétées par quelques plantations arbustives d'essences hygrophiles (divers saules, Aulne glutineux...) afin de compléter le cortège existant. Les peupliers pourront être convertis à moyen termes par des espèces de haut jet plus adaptées au contexte de cours d'eau (Frêne notamment).

Les recommandations à suivre pour la plantation d'hélophytes et d'essences arbustives ou arborées sont les mêmes que pour les aménagements présentés précédemment.

• **Le site pourra faire l'objet de création d'abris pour la petite faune** qui est assez facile à mettre en place, relativement peu coûteuse et constituant un atout pour la communication auprès du public. De simples petits tas de bois, des souches ou de petits tas de sables sont très attractifs notamment pour les Insectes, les petits mammifères et les amphibiens.

On pourra également prévoir l'aménagement et la création de gîtes spécifiques peut permettre l'installation durable d'espèces de Chauves-souris à tendance anthropophile, d'insectes, d'Oiseaux...

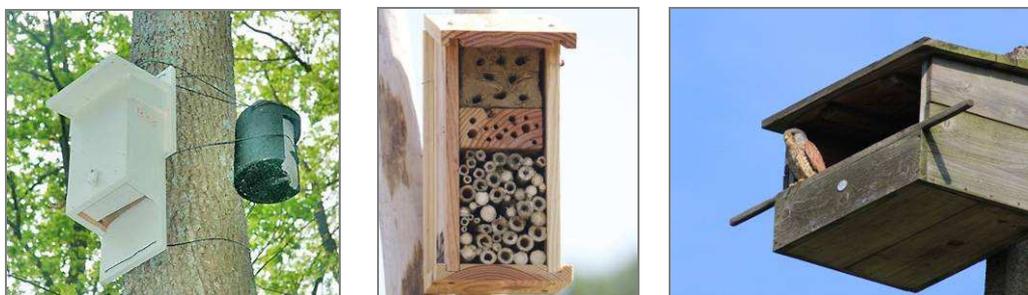


Fig. 41. Gîtes à Chiroptères, Insectes et nichoir à Oiseaux (faucon crécerelle)



Fig. 42. Micro-habitats à constituer ou à préserver

Plus généralement, tout microhabitat favorable à l'accueil de la faune devra être préservé (arbres morts avec mise en sécurité si nécessaire, lierre...)

→ **Valorisation pédagogique :**

Plusieurs thématiques pourront être mises en valeur par une signalétique simple et pédagogique :

- **La renaturation de cours d'eau :** méthodes, intérêts, actions mises en place...
- **Les hélophytes et mégaphorbiaies :** rôles écologiques, hydromorphologiques (stabilisation des berges), épurateurs des eaux, paysagers (palette variée de couleurs...)



Fig. 43. Hélophytes

- **La ripisylve** : rôles écologiques (accueil de la faune terrestre et aquatique, liaisons écologiques, rôle épurateur,...), fixation des berges, rôles économiques...

Une signalétique type arboretum pourra également être facilement mise en place : étiquette présentant l'espèce concernée afin d'agrémenter le passage dans la partie boisée.

- **Présentation du cours d'eau** et de ses caractéristiques principales (contexte cyprinicole...).

→ **Gestion : Le site pourra être valorisé par la mise en place de la gestion différenciée (cf. plan d'entretien).**

La Gestion différenciée est une gestion responsable et sensible des ressources en eau et du potentiel écologique des milieux. Il s'agit de la sélection d'interventions nécessaires mais suffisantes pour tirer parti d'une végétation spontanée, en réalisant un compromis entre l'aspect sauvage et le confort paysager de l'espace public.

9.2.5. Illustration de l'aménagement

Le profil type de ces aménagements est le suivant :

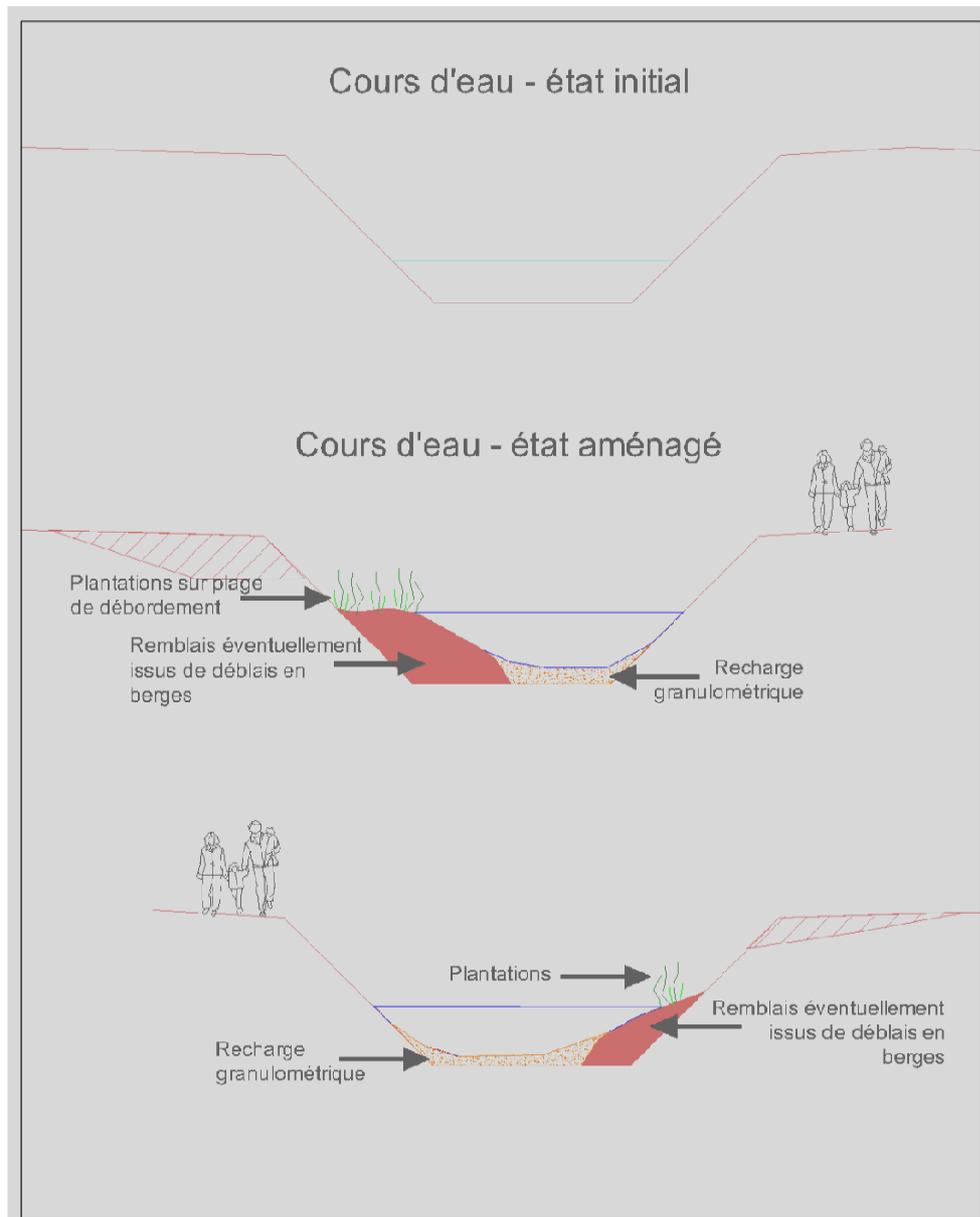


Fig. 44. Coupes type de l'aménagement proposé en zone urbaine

Les profils en travers sont fournis en annexe 10.

9.3. GRANULOMETRIE

Il est primordial de recourir à une granulométrie relativement hétérogène pour les projets de recharge sédimentaire.

L'objectif de la constitution d'un matelas de graviers est d'apporter une rugosité de fond mais aussi et surtout de permettre une certaine évolution des fonds. Pour cela, le diamètre recherché doit être inférieur au diamètre moyen maximal mobilisable. Ainsi, il est proposé de constituer un matelas de graviers sous et en parallèle du lit d'étiage. Les caractéristiques granulométriques suivantes sont envisagées a priori :

- D50 : 15-20 mm
- D90 : 45-50 mm
- D30 : 10-12 mm

Un suivi sera indispensable afin d'adapter au besoin la granulométrie du fond, et de procéder à d'éventuels rechargements en matériaux en fonction du rythme des crues morphogènes et de la mobilité réelle des fonds restaurés.

9.4. FORCE TRACTRICE

Les valeurs de forces tractrices sont ici comprises entre 10 et 20 N/m². Les tensions de frottement restent relativement faibles sur les berges en situation de débit de plein bord. Le recours à un treillis coco n'est donc pas recommandé.

9.5. INCIDENCE HYDRAULIQUE

Les volumes de déblais servant au remblai, la section d'écoulement reste inchangée pour le débit de plein bord. Il n'y aura donc pas d'impacts sur les débordements.

9.6. PROCEDURE REGLEMENTAIRE

Les travaux envisagés amèneront à modifier le profil en travers et en long, et à travailler à la fois dans le lit mineur (atteinte aux frayères) et sur les berges. Les travaux seront donc soumis à autorisation (ou à déclaration, selon le linéaire) au titre du Code de l'Environnement.

Par ailleurs, les zones à aménager étant en propriété privée, et l'accès à ces zones nécessitant le passage par d'autres parcelles, une Déclaration d'Intérêt Général sera à réaliser.

Actions à long terme

Les actions décrites ci-après sont prévues à long terme car pour se réaliser, ce type de projet nécessitera d'importantes négociations foncières.

10. INITIALISATION D'UN REMEANDRAGE DE L'YSER AVAL

10.1. CONTEXTE ET LOCALISATION

Le reméandrage total de l'Yser aval représente une opération ambitieuse, difficilement réalisable financièrement et sur l'aspect du foncier. Par ailleurs, les impacts hydrauliques sont nuancés, avec une diminution de la ligne d'eau en aval, mais un exhaussement au droit et à l'amont de l'aménagement.

Dans le cadre de l'étude hydraulique, 3 scénarii avaient été étudiés, avec un scénario intermédiaire (scénario 2) qui reprenait uniquement une dizaine de méandres, dont l'intérêt pour la faune piscicole avait été mis en exergue par la FDPPMA.

Toutefois, et en dehors de toute considération foncière, économique ou hydraulique, il apparaît que tous ces méandres ne doivent pas être reconnectés à l'Yser. En effet, certains de ces anciens méandres abritent aujourd'hui des milieux écologiquement intéressants (observations faites dans le cadre de l'étude hydraulique du bassin versant de l'Yser). Il a donc été décidé de n'agir que sur les méandres dépourvus d'intérêt écologique. C'est pourquoi seul le reméandrage des méandres 1, 3, 5 et 7 est ici retenu. On peut également retenir, dans un second temps, la reconnexion du méandre 6 qui présente a priori peu d'intérêt écologique.

Ces cinq méandres sont localisés sur la carte fournie en [annexe 1](#).

Ils se trouvent dans les tronçons Y5, Y6 et Y7.

Pour apporter un maximum de bénéfices en termes de restauration de cours d'eau, le reméandrage de l'Yser aval devra être poursuivi à l'avenir. L'objectif serait de tendre vers l'estimation de la sinuosité passée de l'Yser sur ses 4 tronçons aval. Pour mémoire :

- la sinuosité actuelle des 4 tronçons aval de l'Yser est en moyenne de 1.03 (allant de 1.01 à 1.07 selon le tronçon)
- sinuosité antérieure estimée entre 1,25 et 1,08, en moyenne de 1,16

10.2. PRINCIPE D'AMENAGEMENT

10.2.1. Tracé en plan

Les informations disponibles sur la carte de Cassini montrent bien que l'aval de l'Yser était auparavant caractérisé par un tracé sinueux et une vallée plus humide qu'aujourd'hui, toutefois cela ne permet pas de mettre en évidence de façon précise le tracé des méandres :

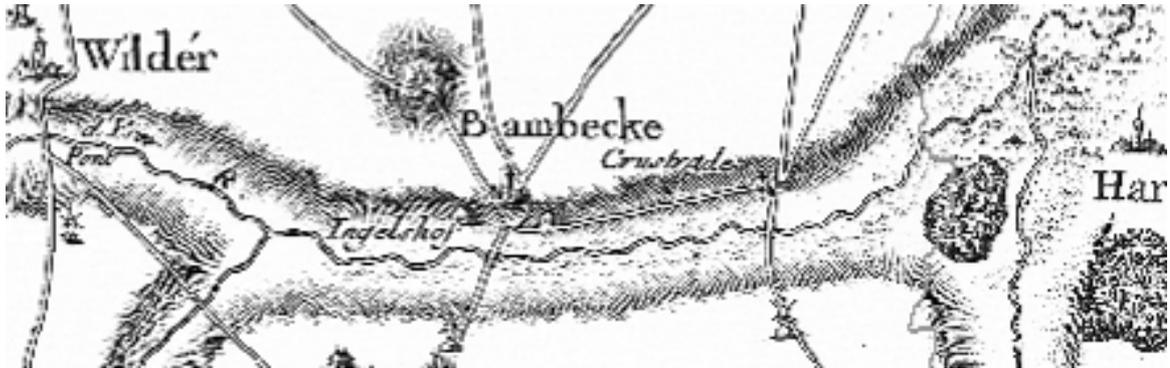


Fig. 45. *Yser aval – extrait de la carte de Cassini*

Toutefois, les limites administratives (visibles sur Scan 25 IGN) permettent aisément de retrouver l'ancien tracé de l'Yser, ainsi que les anciennes cartes de l'IGN (carte IGN Steenvoorde 1-2 1937, carte IGN Cassel 1929) :

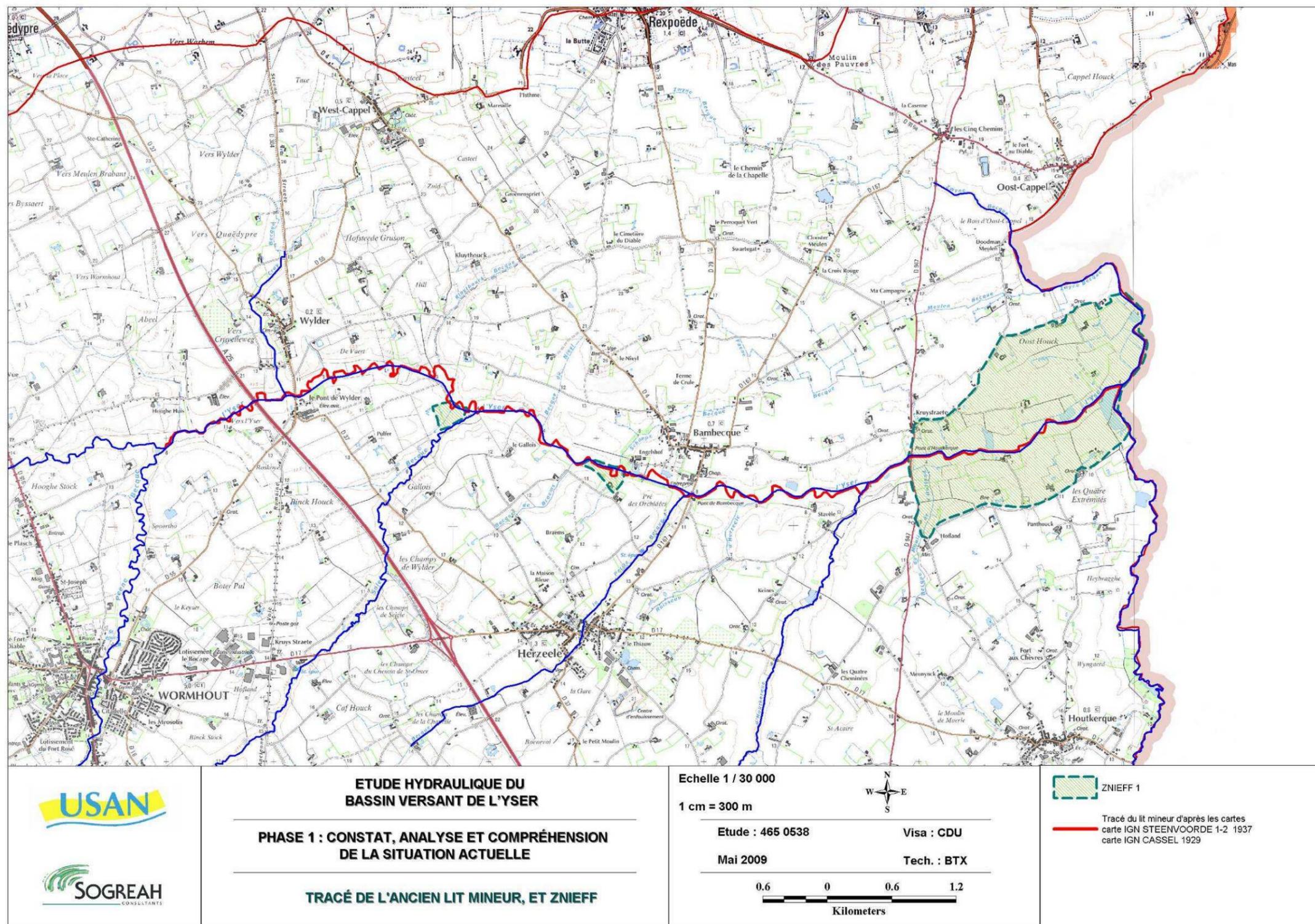


Fig. 46. Yser aval – tracé de l'ancien lit mineur (extrait de l'étude hydraulique du bassin versant de l'Yser)

Les anciens méandres dont la restauration est prévue dans le plan de gestion sont les suivants :

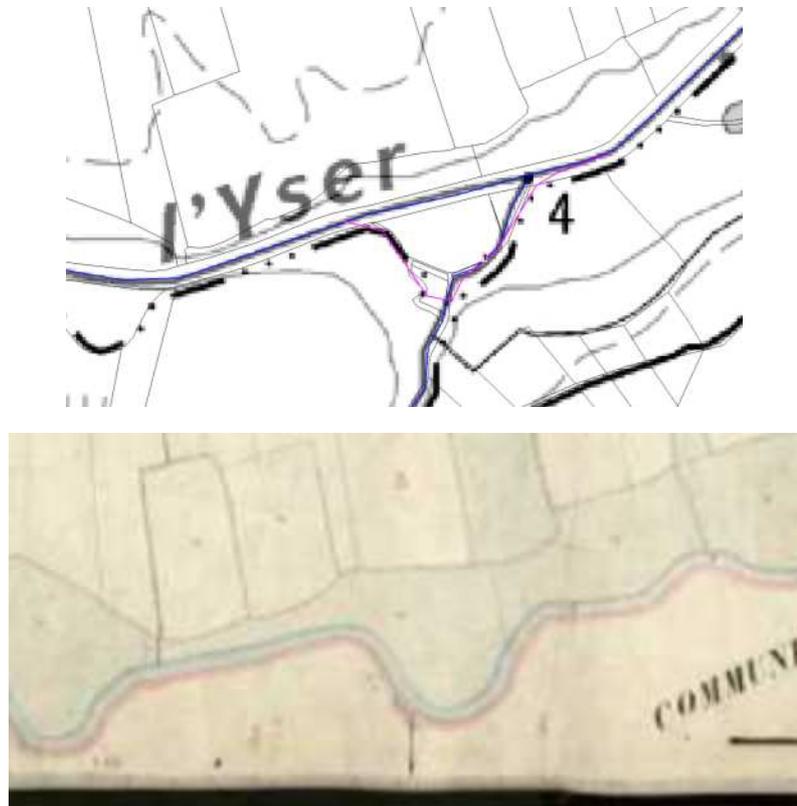


Fig. 47. Yser aval – méandre 1 – comparaison Scan 25 IGN / cadastre napoléonien

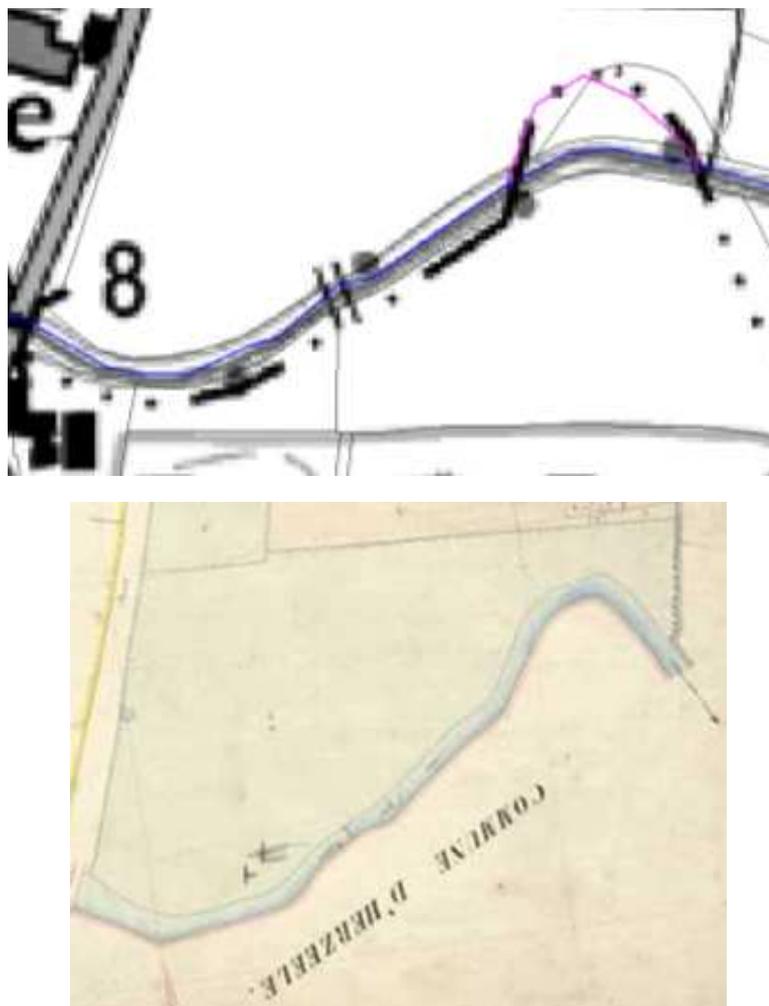


Fig. 48. Yser aval – méandre 3 – comparaison Scan 25 IGN / cadastre napoléonien

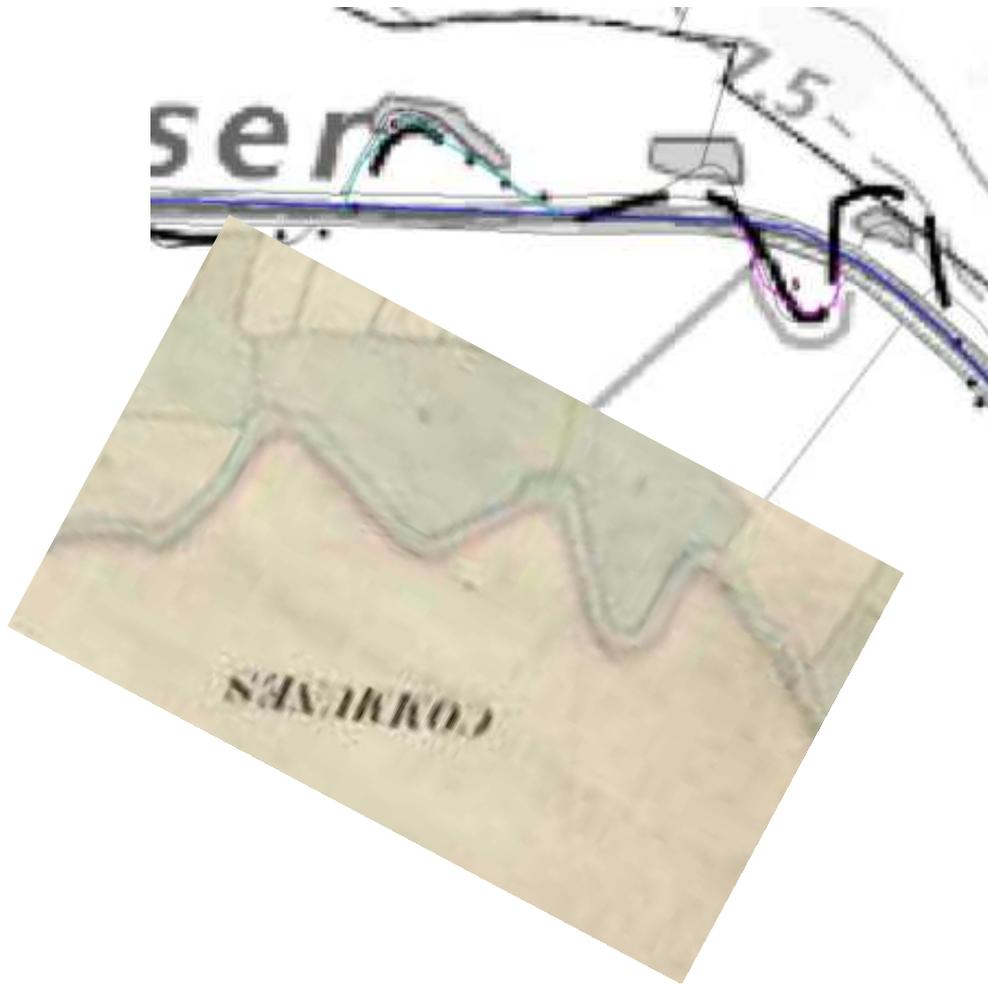


Fig. 49. Yser aval – méandres 5 et 6 – comparaison Scan 25 IGN / cadastre napoléonien

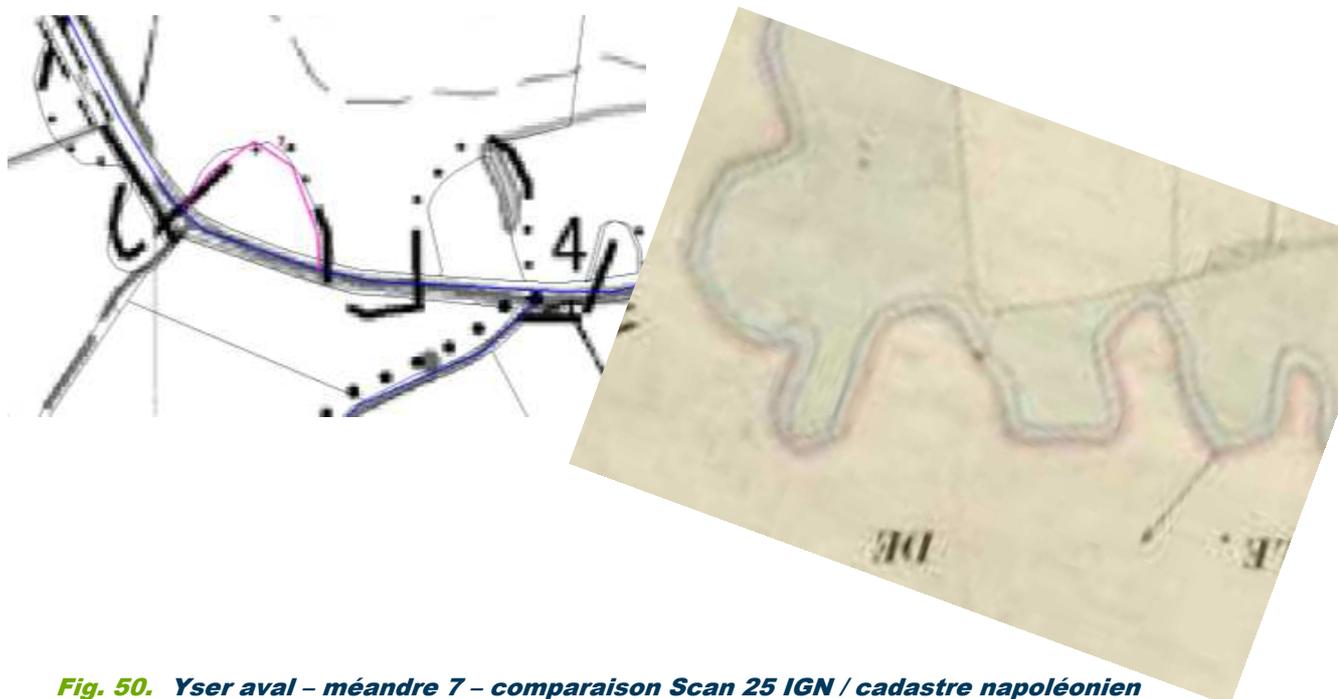


Fig. 50. Yser aval – méandre 7 – comparaison Scan 25 IGN / cadastre napoléonien

10.2.2. Profilage du lit mineur

Un nouveau lit mineur sera créé dans l'emprise de son ancien tracé.

Ce profil devra présenter un gabarit équilibré et permettre une communication entre le cours d'eau et ses annexes hydrauliques (bras mort, autres zones humides en lit majeur,...), ainsi qu'avec la ripisylve. Idéalement, le gabarit du lit mineur permettra de contenir à plein bord le débit d'une crue d'occurrence comprise entre 1 et 2 ans.

Même si le cours d'eau se façonnerait de lui-même à terme, et compte tenu des capacités d'auto-ajustement limitées de l'Yser, la forme du lit mineur devra être adaptée au tracé en plan, avec notamment la constitution de fosses de concavité dans l'extérieur des méandres. L'énergie du cours d'eau étant faible, le terrassement devra être soigné. A noter qu'une légère évolution latérale du tracé en plan pourra s'ensuivre, notamment à l'extérieur des méandres, mais compte tenu de la faible puissance spécifique des cours d'eau étudiés et de la nature des berges (cohésives), cette évolution restera limitée.

Pour les cours d'eau à étiage sévère, ce qui est le cas du bassin versant de l'Yser, la création d'un lit d'étiage différencié permet de maintenir des écoulements suffisants pour l'autocurage du substrat et pour le déplacement piscicole. A terme, et notamment au sein de la couche de matériau mobilisable, les lits d'étiage et moyen s'ajusteront eux-mêmes aux conditions naturelles d'écoulement.

10.2.3. Recharge granulométrique

Ce reprofilage du lit mineur sera accompagné d'une recharge granulométrique afin de stabiliser le pied de berge et le fond du lit, de limiter les apports de particules fines, de diversifier les faciès d'écoulements (mouille - plat - radiers) et les habitats, et de restaurer la couche d'armure.

A noter qu'une recharge granulométrique réalisée sur un linéaire conséquent engendre des écoulements hyporhéiques, ce qui est bénéfique pour la qualité physique du cours d'eau

(température), et qui peut créer des assecs localisés et temporaires du cours d'eau, notamment lors des étiages sévères auxquels les cours d'eau étudiés peuvent être soumis.

La recharge granulométrique se fera sur une épaisseur de 20cm.

La recharge granulométrique sera constituée de deux types de matériaux :

- du matériau mobilisable qui pourra être mis en œuvre sur l'ensemble du linéaire à aménager (ce qui permettra au cours d'eau de façonner son profil en travers et son profil en long de façon équilibrée, et qui apportera une rugosité de fond),
- du matériau de dimension plus importante qui constituera une forme de pavage. Ce pavage permet notamment de stopper l'incision. De façon à laisser des possibilités d'évolution au cours d'eau tout en ne modifiant pas le profil en long à l'échelle du tronçon, il est proposé de ne pas mettre en œuvre ce pavage sur l'ensemble du linéaire à aménager. On le retrouvera uniquement au niveau de la zone de raccordement aval et localement au niveau de points hauts, sous la couche de gravier mobilisable, afin de s'assurer de points durs et d'éviter ainsi une évolution trop importante et non souhaitable du profil en long. En dehors de ces zones, l'Yser pourra façonner son lit plus librement.

10.2.4. Diversification des faciès d'écoulement

L'aménagement du lit mineur devra conduire à diversifier les faciès d'écoulement. Cela pourrait passer par une rehausse du fond du lit et une modification du profil en long au sein du linéaire à aménager. Toutefois, les méandres retenus dans le cadre du plan de gestion étant isolés les uns des autres, le travail sur le profil en long restera limité.

Ce profil en long et le calage altimétrique n'est pas déterminé dans le cadre de la présente étude, cela nécessiterait un travail de modélisation hydraulique important (compléments topographiques, modélisation des écoulements d'étiage, de module, crue biennale,...etc, conception de l'aménagement) qui permettrait, entre autre, de véritablement caler le profil en long en tenant compte de différents paramètres majeurs (hauteur d'eau, vitesses, faciès d'écoulement). Le profil en long ne devra pas être modelé uniquement par l'apport de matériaux exogènes, mais élaboré dès les terrassements.

A noter qu'un rehaussement de lit améliore la connexion du cours d'eau avec la ripisylve.

Le linéaire conseillé d'une séquence mouille et radier est ici d'environ 30 mètres, avec des séquences de radier longues de 10 mètres. Au niveau des radiers, un pendage latéral est à prévoir afin de concentrer les écoulements en fonction des débits et de favoriser ainsi l'autocurage du lit mineur.

La jonction entre le nouveau lit et le lit actuel, côté aval, devra rester compatible avec la libre circulation piscicole.

10.2.5. Aménagement écologique et végétalisation

→ Le reméandrage prévoit la reconstitution de plusieurs boucles s'appuyant dans la majorité des cas sur des zones humides et mares, vestiges d'anciens méandres et dans d'autres cas sur des secteurs plus mésophiles.

Des études préliminaires ont montré l'existence d'enjeux floristiques (espèces protégées) et faunistiques au niveau de certains des secteurs pressentis. Ces enjeux devront être préservés et intégrés au projet.

Au vu de l'état actuel des berges de l'Yser sur les différents secteurs visés (berges abruptes nitrophiles, le plus souvent envahies par la Grande ortie), la reconstitution du cours naturel de l'Yser permettra une valorisation écologique par la reconstitution d'un cours plus sinueux avec

berges plus douces. La diversité végétale rivulaire devrait se développer et les cortèges animaux associés également.



Fig. 51. Illustration de quelques secteurs visés par le reméandrage

Les hélophytes à planter sur berges seront les mêmes que ceux cités pour les aménagements de berges précédents (propriétés de l'USAN § 2.2.7).

La reconstitution des boucles du lit mineur va permettre la création de frayères fonctionnelles, notamment au droit de l'ancien lit grâce l'aménagement d'annexes hydrauliques de type bras mort.

Il s'agira de permettre la mise en eau temporaire mais continue pendant au moins 40 jours (de fin février à fin avril) des bras morts et de les végétaliser de manière adaptée à la fonctionnalité attendue (création de supports variés de pontes, végétaux supportant un ennoisement assez long et un assèchement, augmentation de la biodiversité...). On se référera aux recommandations présentées au paragraphe 2.2.6 et 2.2.7 pour l'aménagement et la végétalisation des frayères.

La parcelle accueillant la ou les frayères devront être à vocation prairiale mais pourront faire l'objet de plantations (en rive ou en périphérie) en s'assurant d'un éclaircissement suffisant de la zone de reproduction potentiel du Brochet.

Il est primordial de constituer une zone tampon entre le lit nouvellement aménagé et les milieux agricoles connexes.

La restauration de ripisylve pourra être réalisée par plantation sur les berges nouvellement créées et en garantissant un équilibre ombre/lumière nécessaire aux bonnes fonctionnalités écologiques et favorable à la biodiversité du cours d'eau

Les essences suivantes seront à privilégier, en veillant à implanter les essences les plus hygrophiles en pied de berges et les essences plus mésophiles en haut de berges.

Pied de berge : *Alnus glutinosa*, *Salix alba*, *Salix cinerea*, *Salix viminalis*, *Salix triandra*, *Euonymus europaeus*.

Mi-berge-Haut de berge : *Salix caprea*, *Fraxinus excelsior*, *Coryllus avellana*, *Euonymus europaeus*, *Ulmus minor*, *Cornus sanguinea* et éventuellement en sommet de berge : *Prunus avium*.

L'aménagement écologique prend en compte la problématique de piégeage des sédiments par les végétaux lors des crues, qui peut engendrer un exhaussement. C'est pour cela que la végétation sera ouverte.

10.2.6. Devenir de l'actuel tracé rectifié

Le lit rectifié doit être comblé.

Des protections de berges sont mises en place à l'amont et à l'aval, au niveau des jonctions entre le lit actuel rectifié et le lit projeté.

Afin d'éviter des débordements non souhaités à l'amont immédiat du tronçon réhabilité, un comblement partiel laissant en place une coupure sèche peut être mise en place. La cote de fond de cette coupure sèche est déterminée par le calcul de façon de répondre sans excès aux objectifs de protection fixés pour l'amont. Le fond de cette coupure est fixé par engazonnement sur géotextile.

10.2.7. Illustration

La coupe de principe du reméandrage est la suivante :

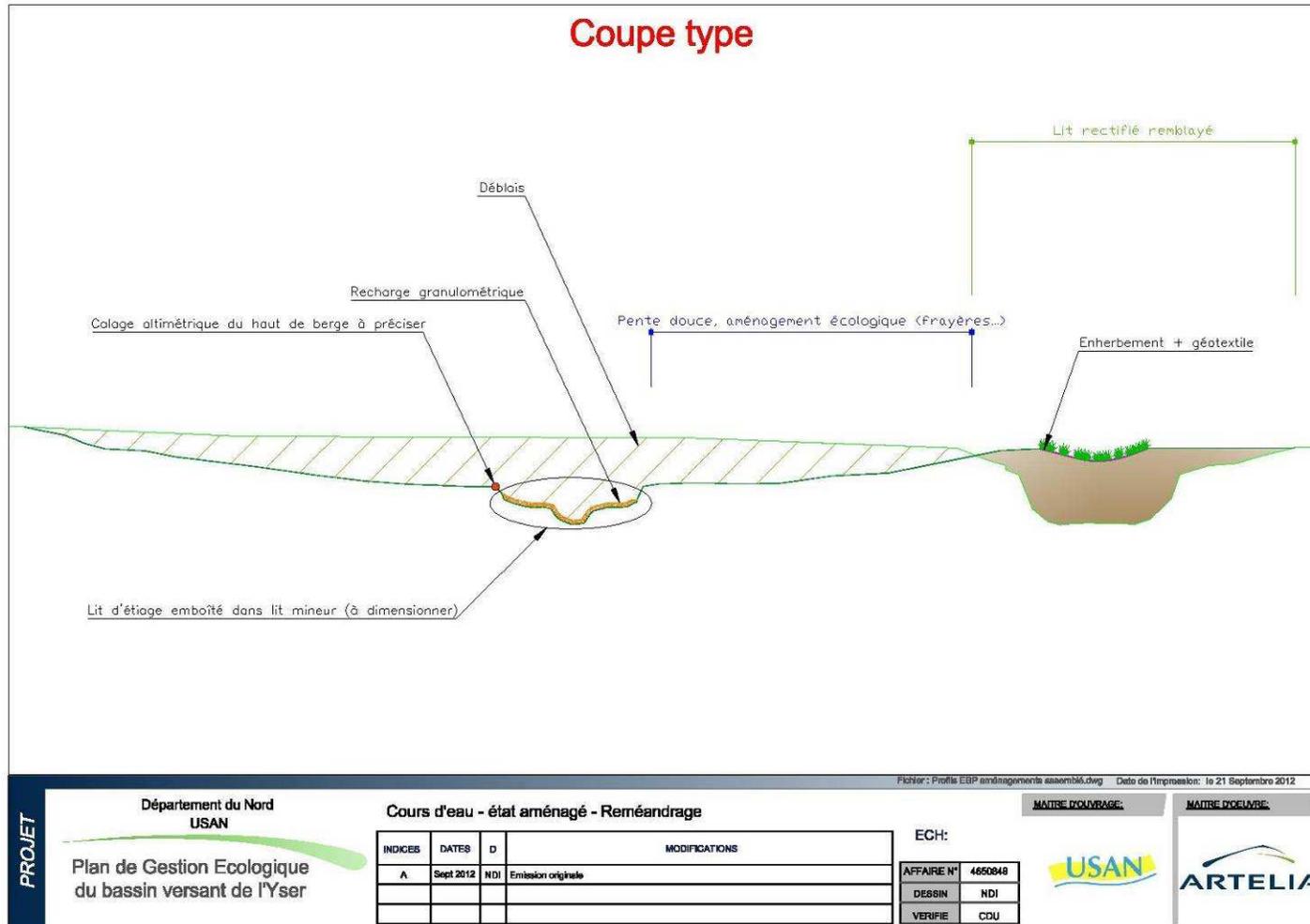


Fig. 52. Coupe de principe du reméandrage

Le schéma de principe du reméandrage est le suivant :

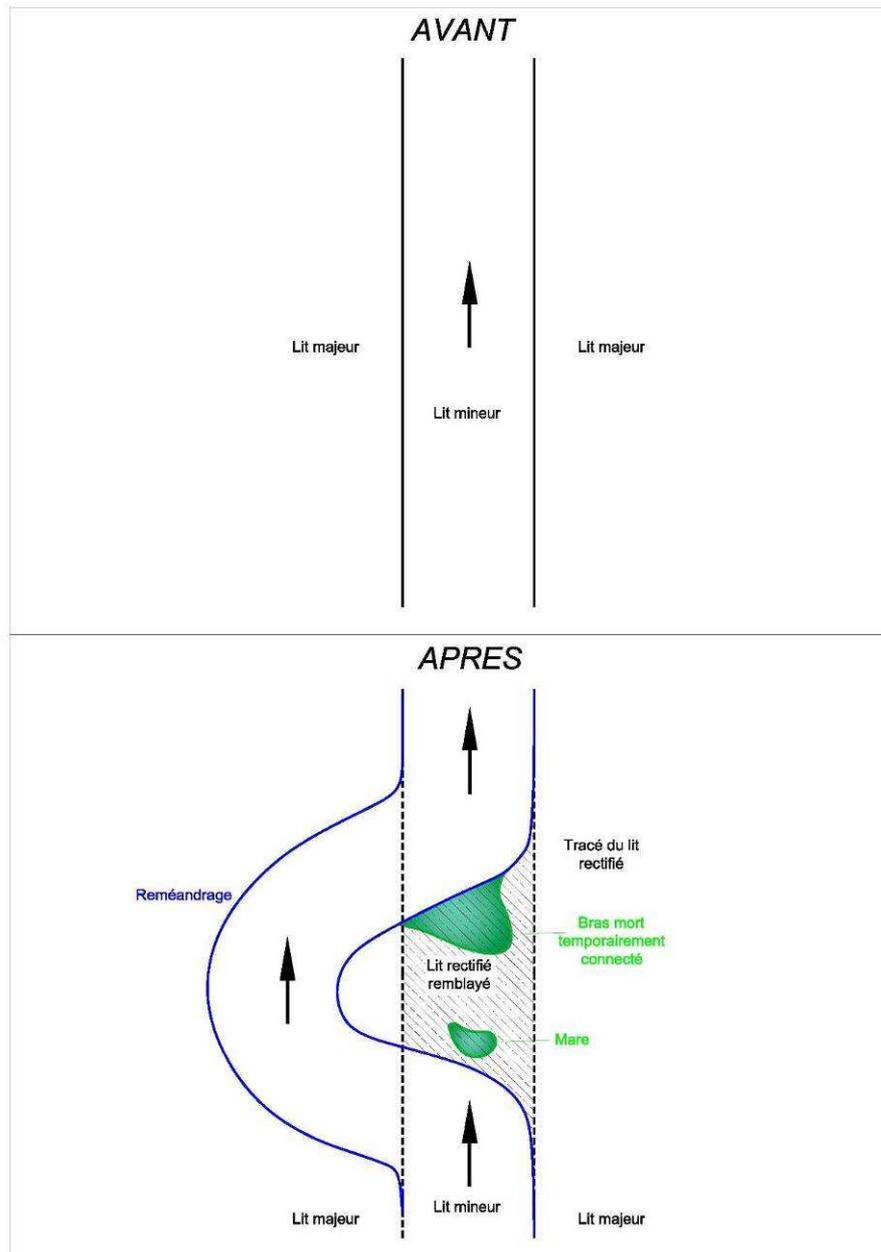


Fig. 53. Schéma de principe du reméandrage

10.3. GRANULOMETRIE

10.3.1. Pavage

Le pavage sera constitué de matériaux dont les dimensions le rendront peu mobile. Il est proposé d'utiliser un pavage constitué de matériaux d'un diamètre d'environ 50mm (ce qui équivaut approximativement au D90 de la couche d'armure de l'Yser observée en berge) et plus.

Un léger compactage pourra être effectué afin de lier le pavage au remblai sous-jacent (en cas de rehaussement du fond du lit) afin de stabiliser le fond du lit et de limiter les écoulements dans l'épaisseur de pavage. Pour boucher ces interstices, un ajout de matériaux au diamètre plus fin (sable) est conseillé.

Un colmatage rapide des matériaux grossiers est de toute façon attendu au regard du fonctionnement actuel du bassin versant.

10.3.2. Matelas mobilisable

Il est primordial de recourir à une granulométrie relativement hétérogène pour les projets de recharge sédimentaire.

L'objectif de la constitution d'un matelas de graviers est d'apporter une rugosité de fond mais aussi et surtout de permettre une certaine évolution des fonds. Pour cela, le diamètre recherché doit être inférieur au diamètre moyen maximal mobilisable. Ainsi, il est proposé de constituer un matelas de graviers sous et en parallèle du lit d'étiage. Les caractéristiques granulométriques suivantes sont envisagées a priori :

- D50 : 15-20 mm
- D90 : 45-50 mm
- D30 : 10-12 mm

Un suivi sera indispensable afin d'adapter au besoin la granulométrie du fond, et de procéder à d'éventuels rechargements en matériaux en fonction du rythme des crues morphogènes et de la mobilité réelle des fonds restaurés.

10.4. FORCE TRACTRICE

La force tractrice pourra être plus finement évaluée lors de l'établissement des profils en travers, toutefois compte tenu des caractéristiques locales de pente et des hauteurs d'eau envisagées en lit mineur, les forces tractrices exercées sur les berges seront réduites, la « fixation » des berges (treillis coco,...) ne sera pas nécessaire.

10.5. INCIDENCE HYDRAULIQUE

Le reméandrage conduit à une réduction locale de la pente du lit mineur, et par conséquent à une augmentation de la hauteur d'eau. Toutefois, compte tenu de l'ampleur du reméandrage prévu, cette hausse restera peu significative : le reméandrage du scénario 2 de l'étude hydraulique, plus ambitieux que le reméandrage du plan de gestion (restauration de 10 méandres), engendre à l'amont une hausse de 1 à 3cm au droit des confluences entre la Sale Becque et la Peene Becque, et à l'aval une diminution équivalente. Le scénario 3, légèrement moins ambitieux que le présent reméandrage, n'a pas d'impact à l'amont.

Le reméandrage aura également pour conséquence d'écarter les hydrogrammes de crue à l'aval, et notamment en Belgique. Cet écrêtement sera d'autant plus fort que le reméandrage sera ambitieux (pour mémoire, le scénario 1 de l'étude hydraulique conduit à une baisse de la ligne d'eau de 8cm à la frontière pour une crue engendrée par une pluie vicennale, et à un écrêtement de 7 à 8% du débit de pointe.

L'incidence hydraulique en amont sera minimisée grâce à un équilibre déblais / remblais, ainsi que par la réalisation d'une coupure sèche dans l'emprise du lit actuel rectifié. A noter également que les impacts à l'amont touchent essentiellement des zones de cultures.

10.6. PROCEDURE REGLEMENTAIRE

Pour ce type d'aménagement, des acquisitions foncières par l'USAN semblent indispensables.

Les travaux envisagés amèneront à modifier le profil en travers et en long, et à travailler à la fois dans le lit mineur (atteinte aux frayères) et le lit majeur (plans d'eau, mise en eau). Les travaux seront donc soumis à autorisation au titre du Code de l'Environnement.

Par ailleurs, les zones à aménager étant en propriété privée, et l'accès à ces zones pouvant nécessiter le passage par d'autres parcelles, une Déclaration d'Intérêt Général sera à réaliser.

11. REOUVERTURE DE COURS D'EAU

11.1. CONTEXTE ET LOCALISATION

Il s'agit de tronçons de cours d'eau qui ont été busés, et qui sont aujourd'hui enterrés.

Les zones concernées sont en amont des cours d'eau suivants : Peene Becque, Zwyne Becque, Petite Becque et Vleter Becque.

11.2. PRINCIPE D'AMENAGEMENT

Il s'agira ici de recréer un lit mineur au gabarit adapté.

La partie busée est démolie. Le lit mineur est remodelé pour atteindre un gabarit le plus adapté possible, en fonction des contraintes (foncier, usages, hydraulique,..). Les faciès d'écoulement y sont diversifiés et la couche d'armure restaurée. L'analyse des cartes anciennes n'a pas permis de mettre en évidence d'anciens méandres, toutefois, en fonction des possibilités, davantage de sinuosité sera recherchée.

11.3. GRANULOMETRIE

11.3.1. Pavage

Le pavage sera constitué de matériaux dont les dimensions le rendront peu mobile. Il est proposé d'utiliser un pavage constitué de matériaux d'un diamètre d'environ 50mm (ce qui équivaut approximativement au D90 de la couche d'armure de l'Yser observée en berge) et plus.

Un léger compactage pourra être effectué afin de lier le pavage au remblai sous-jacent (en cas de rehaussement du fond du lit) afin de stabiliser le fond du lit et de limiter les écoulements dans l'épaisseur de pavage. Pour boucher ces interstices, un ajout de matériaux au diamètre plus fin (sable) est conseillé.

Un colmatage rapide des matériaux grossiers est de toute façon attendu au regard du fonctionnement actuel du bassin versant.

11.3.2. Matelas mobilisable

Il est primordial de recourir à une granulométrie relativement hétérogène pour les projets de recharge sédimentaire.

L'objectif de la constitution d'un matelas de graviers est d'apporter une rugosité de fond mais aussi et surtout de permettre une certaine évolution des fonds. Pour cela, le diamètre recherché doit être inférieur au diamètre moyen maximal mobilisable. Ainsi, il est proposé de constituer un matelas de graviers sous et en parallèle du lit d'étiage. Les caractéristiques granulométriques suivantes sont envisagées a priori :

- D50 : 15-20 mm
- D90 : 45-50 mm
- D30 : 10-12 mm

Un suivi sera indispensable afin d'adapter au besoin la granulométrie du fond, et de procéder à d'éventuels rechargements en matériaux en fonction du rythme des crues morphogènes et de la mobilité réelle des fonds restaurés.

11.4. FORCE TRACTRICE

La force tractrice pourra être plus finement évaluée lors de l'établissement des profils en travers, toutefois compte tenu des caractéristiques locales de pente et des hauteurs d'eau envisagées en lit mineur, les forces tractrices exercées sur les berges seront réduites, la « fixation » des berges (treillis coco,...) ne sera a priori pas nécessaire.

11.5. INCIDENCE HYDRAULIQUE

Ici, l'aménagement conduira à rouvrir le cours d'eau aujourd'hui enterré. Cela évitera des mises en charge des buses actuellement présentes.

11.6. PROCEDURE REGLEMENTAIRE

Pour ce type d'aménagement, des acquisitions foncières par l'USAN semblent indispensables.

Les travaux envisagés amèneront à modifier le profil en travers et en long, et à travailler à la fois dans le lit mineur (atteinte aux frayères) et le lit majeur (plans d'eau, mise en eau). Les travaux seront donc soumis à autorisation au titre du Code de l'Environnement.

Par ailleurs, les zones à aménager étant en propriété privée, et l'accès à ces zones pouvant nécessiter le passage par d'autres parcelles, une Déclaration d'Intérêt Général sera à réaliser.

Contraintes et précautions relatives au secteur d'étude

12. CONTEXTE LOCAL

Le secteur d'étude a, par le passé, été victime d'inondations dont certaines furent marquantes (1991, 2001, 2005, 2007 pour les plus récents). La problématique est forte pour les riverains, tant dans les zones urbaines que dans les zones rurales, et c'est pour lutter contre ces débordements que depuis des décennies, voire davantage, l'Yser et ses affluents ont fait l'objet d'aménagements (recalibrages et rectifications notamment) à l'origine d'une part importante des dysfonctionnements traités dans le plan de gestion. Le comité de pilotage a ainsi demandé à ce que les aménagements n'entraînent pas d'aggravation des débordements, que ce soit en zone urbaine ou en zone rurale.

Par ailleurs, l'aspect foncier et agricole représente également une contrainte que le comité de pilotage a soulevée : il a été ainsi décidé de concentrer les actions sur les zones les plus efficaces à court terme et à moindre coût. Les actions ici proposées se concentrent donc notamment dans les zones où l'USAN a la maîtrise foncière, ou sur des zones proposées par les communes pour être aménagées dans le cadre du plan de gestion.

Il s'agit là de deux contraintes non négligeables dans la définition des caractéristiques des projets et la détermination des zones à aménager, ce qui contribue à limiter le niveau de bénéfices hydroécologiques et hydromorphologiques escomptables, sans pour autant les remettre en cause.

Par la suite, les gains apportés (écologiques, hydromorphologiques, paysagers, éventuellement hydrauliques) par les différentes actions qui seront entreprises, ainsi que l'évolution des mentalités liée à une amélioration de l'image que les riverains ont du cours d'eau, pourra permettre une meilleure adhésion locale à ces projets. L'objectif sera ainsi d'être le plus ambitieux possible pour permettre une restauration écologique généralisée des cours d'eau du bassin versant.

13. PRESENCE DE RESEAUX

Des demandes de renseignements (DR), puis des déclarations de projets de travaux, ont été effectuées pour la totalité des actions préconisées (hormis les zones vouées uniquement à la restauration de ripisylve). Ces demandes ont pour la quasi-totalité été faites entre juin et août 2012. **Seules les demandes au niveau des propriétés de l'USAN sont encore en cours.**

Le tableau ci-dessous dresse la synthèse des zones au niveau desquelles la présence de réseau est susceptible de compliquer la réalisation des travaux :

Tabl. 5 - Synthèse des réseaux présents au droit des aménagements

Cours d'eau	Commune	Aménagement	Concessionnaire	Aerien / Souterrain
Yser	Bollezeele	y3_yser_BOLL_EBL3_DG	Air liquide	Souterrain
Yser	Esquelbeck	y4_yser_ESQU_EBL3_G	Trapil	Souterrain
Zwyne becque	Rexpoëde	ZB1_zwbec_REXP_BUS1	Noreade	Souterrain
Moe becque	Steenvoorde	MB2_moeb_STEEN_ZEC4_DG	Lyonnaise	Souterrain
Peene Becque	St Marie-Cappel	PB1_peenb_StMC_BUS2	Noreade	Souterrain
Peene Becque	Zuytpeene	PB2_peenb_ZUYT_EBL1_DG	Noreade	Souterrain
Lyncke Becque	Zuytpeene	LB1_lynck_ZUYT_EBL2_D	ERDF	Aerien
Peene Becque	Noordpeene	PB3_peenb_NOOR_AH1_G	ERDF	Aerien
Zemerzeele Becque	Zermezeele	Abreuvoir	ERDF	Aerien

Les réponses faites par les concessionnaires au niveau des zones d'aménagement concernées ci-dessus sont fournies en annexe 11.

14. PRISE EN COMPTE DE L'ENVASEMENT

Bon nombre des cours d'eau ici étudiés présentent des tronçons où l'envasement est présent. Il peut être pris en compte de deux façons différentes, et éventuellement les deux en parallèle :

- Lors de l'apport de matériaux exogènes dans le lit (recharge granulométrique), il est possible qu'un enfoncement ait lieu dans la couche de vase présente dans le fond du cours d'eau. Par conséquent, les quantités théoriquement prévues pour l'aménagement d'un site peuvent être volontairement surévaluées, par exemple de 25%. Ainsi, un supplément de granulats est disponible au cas où les premiers granulats mis en œuvre s'enfoncent. Si ça n'est pas le cas, la quantité complémentaire peut être utilisée pour faire de la recharge granulométrique dans un tronçon « optionnel » gardé en réserve, à l'amont ou à l'aval du site aménagé.
- Sur un site que l'on s'apprête à aménager, une première phase de travaux peut consister à resserrer les écoulements en réalisant des banquettes dans le lit mineur. Cela engendrera une accélération des écoulements. Ainsi, la vase présente sur le site sera emportée en aval, et l'aménagement initialement envisagé peut être réalisé.

Par ailleurs, une fois l'aménagement réalisé, un envasement reste possible. Il peut provenir :

- Du bassin versant, où l'on observe une importante proportion de cultures et de sols à nu. L'érosion est présente et apporte en excès des matières en suspension dans le cours d'eau.
- De l'incision d'un tronçon amont qui n'est pas traité.

Cet envasement est possible notamment dans les zones de mouilles. En niveau des zones de radier et dans le lit d'étiage « pincé », les vitesses d'écoulement permettront un certain auto-curage. Dans le contexte du bassin versant, il sera nécessaire de s'adapter par rapport aux premiers tronçons aménagés qui pourront à cet égard servir de tests.

15. QUALITE DE L'EAU

Le diagnostic effectué au cours de la présente étude a permis de constater que la qualité de l'eau est mauvaise de façon générale sur le bassin versant. Cela est dû à des pollutions tant urbaines (assainissement insuffisant, rejet des DO, activités économiques...) que rurales (pollution agricole diffuse : engrais, pesticides,...).

La résolution de cette problématique est essentielle à l'atteinte du bon état écologique, toutefois vue les actions à entreprendre (assainissement, aménagement global du bassin versant,...), elle sera traitée dans un autre cadre que le présent plan de gestion.

oOo



SECTION 2

ESTIMATION FINANCIERE

Estimation financière des actions prévues à court terme

L'estimation financière des actions a été effectuée en se basant sur certaines hypothèses déterminées en concertation avec l'USAN :

- La réalisation de ces travaux en régie est possible. En effet, l'USAN dispose d'engins (2 pelles hydrauliques) permettant de faire les travaux. Ce travail en régie peut être réalisé sous réserve que le personnel intervenant soit sensibilisé et formé aux travaux de restauration écologique. Toutefois, les équipes qui travaillent en régie pour l'USAN réalisent déjà de nombreuses actions d'entretien (faucardement, élagage,...etc.) et sont donc occupés une majeure partie de l'année, les créneaux disponibles étant plutôt entre mars et juillet. Il s'avère que cette période est également la période de reproduction de nombreuses espèces (oiseaux, poissons,...etc.). Par conséquent, les travaux seront réalisés par des entreprises.
- Les différentes actions engendreront des volumes plus ou moins importants de déblais. Une partie de ces déblais sera réutilisée en remblais dans le cadre des aménagements du plan de gestion. Pour le reste, l'USAN prévoit de régaler ces terres à proximité du site d'aménagement (moins de 3 km). Il n'est donc ici pas chiffré d'évacuation vers une décharge, ce qui représente une économie sur le budget des travaux.
- Les bandes enherbées sont globalement présentes sur le bassin versant de l'Yser. L'accès aux zones de travaux se fera par l'intermédiaire de ces bandes enherbées. Il n'est donc pas prévu de réaliser de pistes d'accès pour effectuer les travaux, ce qui représente une économie sur le budget des travaux. En effet, sans cela la réalisation de 8 à 10 km de piste aurait été nécessaire.
- Les prix unitaires dont dispose l'USAN suite à ses marchés à bons de commande ont été ici repris.
- Cette estimation financière n'intègre pas les coûts qui pourraient être liés au foncier.

16. AMENAGEMENT DES PROPRIETES DE L'USAN

Tabl. 6 - Estimation financière de l'aménagement des propriétés de l'USAN

I Installation chantier				
Nature des travaux	Unité	Coût HT		
<i>Installation chantier</i>	<i>Forfait</i>	150 000.00		
II Exécution des travaux				
Nature des travaux	Unité	Quantité	PU (euros)	Coût HT
<i>Déblais stockés pour remblais</i>	<i>m³</i>	4 800	8.00	38 400.00
<i>Déblais exportés et régaliés</i>	<i>m³</i>	58 600	13.50	791 100.00
<i>Recharge granulométrique</i>	<i>m³</i>	3 200	40.00	128 000.00
<i>Débroussaillage</i>	<i>m²</i>	54 000	2.00	108 000.00
<i>Enherbement</i>	<i>m²</i>	54 000	3.00	162 000.00
<i>Décapage et renappage TV</i>	<i>m²</i>	54 000	8.00	432 000.00
<i>Zones de frayères et mares</i>	<i>m²</i>	7 000	13.50	94 500.00
<i>Ripisylve et hélophytes</i>				120 000.00
Total HT				2 024 000.00
Total HT majoré de 15%				2 327 600.00
TVA 19.6%				456 209.60
Total TTC				2 783 809.60

17. AMENAGEMENT DES EFFONDEMENTS DE BERGE SIGNALES PAR LES COMMUNES

Tabl. 7 - Estimation financière des effondrements de berge signalés par les communes

I Installation chantier				
Nature des travaux	Unité			Coût HT
<i>Installation chantier</i>	<i>Forfait</i>			90 000.00
II Exécution des travaux				
Nature des travaux	Unité	Quantité	PU	Coût HT
<i>Déblais stockés pour remblais</i>	<i>m³</i>	5 450	8.00	43 600.00
<i>Déblais exportés et régaliés</i>	<i>m³</i>	10 000	13.50	135 000.00
<i>Décapage et renappage TV</i>	<i>m²</i>	29 650	8.00	237 200.00
<i>Recharge granulométrique</i>	<i>m³</i>	7 500	40.00	300 000.00
<i>Enherbement</i>	<i>m²</i>	53 600	3.00	160 800.00
<i>Hélophytes</i>	<i>ml</i>	6 450	5.00	32 250.00
<i>Ripisylve continue</i>	<i>ml</i>	50	8.00	400.00
<i>Ripisylve discontinue</i>	<i>ml</i>	7 200	5.00	36 000.00
<i>Débroussaillage</i>	<i>ml</i>	8 150	2.00	16 300.00
<i>Treillis coco</i>	<i>m²</i>	23 400	6.00	140 400.00
<i>Extrapolation pour zones non quantifiées</i>				27 000.00
Total HT				1 218 950.00
Total HT majoré de 15%				1 401 792.50
TVA 19.6%				274 751.33
Total TTC				1 676 543.83

18. AMENAGEMENT DES SEUILS DE PONTS

Les remblais utilisés pour les aménagements des seuils de pont proviennent des déblais excédentaires issus des autres aménagements.

Tabl. 8 - Estimation financière des aménagements des seuils de ponts

I Installation chantier				
Nature des travaux	Unité			Coût HT
<i>Installation chantier</i>	<i>Forfait</i>			10 000.00
II Exécution des travaux				
Nature des travaux	Unité	Quantité	PU	Coût HT
<i>Remblais issus des déblais</i>	m^3	2 200	8.00	17 600.00
<i>Recharge granulométrique</i>	m^3	2 050	40.00	82 000.00
<i>Extrapolation pour zones non quantifiées</i>				31 690.91
Total HT				109 600.00
Total HT majoré de 15%				126 040.00
TVA 19.6%				24 703.84
Total TTC				150 743.84

19. RESTAURATION DE RIPISYLVE

Concernant la restauration de ripisylve, les plantations seront effectuées dans le cadre d'appels à projets distincts du plan de gestion. Le présent plan d'actions a mis en évidence les secteurs cibles pour la restauration de ripisylve avec deux niveaux de priorité.

On pourra se fixer l'objectif de 1 km minimum de ripisylve à planter par an en intervenant en premier lieu sur les secteurs prioritaires visés (environ 7 km). Selon les opportunités foncières et/ou à plus long terme, les secteurs secondaires pourront faire l'objet de cette restauration (environ 27 km identifiés).

En termes de coût, 1 km de linéaire de ripisylve continue est estimé à 8 000 €HT.

20. PETITS AMENAGEMENTS PISCICOLES

La réalisation des petits aménagements piscicoles est prévue pour être faite au fur et à mesure de l'entretien, et le coût de cette réalisation est inclus au plan d'entretien.

A titre d'information :

- La réalisation d'un sous berges en bois complexe avec terre végétale au-dessus coûte de 1 000 à 1 500 € selon la longueur concernée.
- Petit épis déflecteur bois : 70 €.
- Pieux battus, avec fascine ou boudin coco : 200 €

21. AMENAGEMENTS D'ABREUVOIRS

Tabl. 9 - Estimation financière des aménagements d'abreuvoirs

I Installation chantier				
Nature des travaux	Unité			Coût HT
<i>Installation chantier</i>	<i>Forfait</i>			7 500.00
II Exécution des travaux				
Nature des travaux	Unité	Quantité	PU (euros)	Coût HT
<i>Construction abreuvoir</i>	<i>Forfait</i>	21	1 500.00	31 500.00
<i>Clôture</i>	<i>ml</i>	2 300	15.00	34 500.00
Total HT				73 500.00
Total HT majoré de 15%				84 525.00
TVA 19.6%				16 566.90
Total TTC				101 091.90

22. ACCOMPAGNEMENT HYDROMORPHOLOGIQUE DES BASSINS CRESETY

Tabl. 10 - Estimation financière de l'accompagnement hydromorphologique de l'aménagement des bassins CRESETY

II Exécution des travaux				
Nature des travaux	Unité	Quantité	PU	Coût HT
<i>Recharge granulométrique</i>	<i>m³</i>	700	40.00	28 000.00
Total HT				28 000.00
Total HT majoré de 15%				32 200.00
TVA 19.6%				6 311.20
Total TTC				38 511.20

Estimation financière des actions prévues à moyen terme

23. AMENAGEMENT DES ZONES PROPOSEES PAR LES COMMUNES POUR LA LUTTE CONTRE LES INONDATIONS ET LA RESTAURATION ECOLOGIQUE

Tabl. 11 - Estimation financière des aménagements de lutte contre les inondations et de restauration écologique

I Installation chantier				
Nature des travaux	Unité			Coût HT
<i>Installation chantier</i>	<i>Forfait</i>			500 000.00
II Exécution des travaux				
Nature des travaux	Unité	Quantité	PU	Coût HT
<i>Déblais exportés et régaliés</i>	<i>m³</i>	450 000	13.50	6 075 000.00
<i>Recharge granulométrique</i>	<i>m³</i>	4 200	40.00	168 000.00
<i>Décapage et renappage TV</i>	<i>m²</i>	236 000	8.00	1 888 000.00
<i>Débroussaillage</i>	<i>m²</i>	10 000	2.00	20 000.00
<i>Enherbement</i>	<i>m²</i>	236 000	3.00	708 000.00
<i>Zones de frayères et mares</i>	<i>m³</i>	38 000	13.50	513 000.00
<i>Ripisylve et héliophytes</i>				430 000.00
Total HT				10 302 000.00
Total HT majoré de 15%				11 847 300.00
TVA 19.6%				2 322 070.80
Total TTC				14 169 370.80

24. AMENAGEMENT PROPOSE EN CONTEXTE URBAIN

Tabl. 12 - Estimation financière de l'aménagement proposé à Esquelbecq

I Installation chantier				
Nature des travaux	Unité			Coût HT
<i>Installation chantier</i>	<i>Forfait</i>			2 500.00
II Exécution des travaux				
Nature des travaux	Unité	Quantité	PU	Coût HT
<i>Déblais stockés pour remblais</i>	<i>m³</i>	200.00	8.00	1 600.00
<i>Déblais exportés et régalez</i>	<i>m³</i>	110.00	13.50	1 485.00
<i>Recharge granulométrique</i>	<i>m³</i>	105.00	40.00	4 200.00
<i>Hélophytes</i>	<i>m²</i>	450.00	10.00	4 500.00
<i>Treillis coco</i>	<i>m²</i>	450.00	6.00	2 700.00
Total HT				16 985.00
Total HT majoré de 15%				19 532.75
TVA 19.6%				3 828.42
Total TTC				23 361.17

Estimation financière des actions prévues à long terme

25. INITIALISATION D'UN REMEANDRAGE DE L'YSER AVAL

L'initialisation du reméandrage de l'Yser aval nécessiterait, pour être convenablement estimée, une conception plus fine notamment par le biais d'un dimensionnement par modélisation hydraulique. On peut néanmoins estimer que les terrassements s'élèveraient à environ 50 000 m³ et le volume de recharge granulométrique à environ 7-8 000 m³.

26. REOUVERTURE DE COURS D'EAU

Tabl. 13 - Estimation financière des réouvertures de cours d'eau

I Installation chantier				
Nature des travaux	Unité			Coût HT
<i>Installation chantier</i>	<i>Forfait</i>			18 000.00
II Exécution des travaux				
Nature des travaux	Unité	Quantité	PU	Coût HT
<i>Déblais exportés et régalez</i>	<i>m³</i>	1 050	13.50	14 175.00
<i>Dépose de canalisation</i>	<i>ml</i>	320	6.00	1 920.00
<i>Restauration lit mineur</i>	<i>ml</i>	160	200.00	32 000.00
<i>Extrapolation pour zones non quantifiées</i>				180 000.00
Total HT				246 095.00
Total HT majoré de 15%				283 009.25
TVA 19.6%				55 469.81
Total TTC				338 479.06

Estimation financière globale

L'estimation financière globale regroupe les actions à réaliser à court terme et celles à réaliser à moyen terme.

La restauration de la ripisylve est ici considérée uniquement sur la durée du plan de gestion et à raison d'1 km/an, soit 5 des 7 km prioritaires.

Les petits aménagements piscicoles sont inclus au plan d'entretien.

Tabl. 14 - Estimation financière globale à court et moyen termes

Type d'actions	Coût HT
Actions à court terme	4 012 157.50
Actions à moyen terme	11 866 832.75
TOTAL	15 878 990.25

oOo



SECTION 3

ORGANISATION ET PLANNIFICATION DES ACTIONS

Organisation générale des travaux

Les sites de travaux sont multiples et répartis sur l'ensemble du bassin versant. Il est ici prévu des installations souples et adaptées aux travaux à réaliser, avec des bases vie mobiles.

Un site pourrait servir pour stocker l'ensemble des matériaux à livrer (granulats), et ceux-ci seraient ensuite répartis sur les différents sites de travaux lorsque ceux-ci seront aménagés. Le stockage pourra se faire en berge au fur et à mesure des livraisons, dont le rythme sera adapté à la cadence d'avancement des travaux. Toutefois, lors des recharges granulométriques, il sera préférable que la pelle hydraulique s'approvisionne directement dans le tombereau, et non dans un tas de matériaux déposés sur la berge, cela minimisera ainsi la teneur en fines dans la recharge granulométrique.

Les accès aux différents sites de travaux se feront en empruntant les bandes enherbées présentes globalement sur le bassin versant.

Le matériel nécessaire à la réalisation des travaux préconisés reste relativement modeste. Certains d'entre eux ne nécessitent pas de matériel particulier, c'est le cas des petits aménagements piscicoles. Toutefois la plupart des travaux préconisés nécessitent des terrassements, et donc l'utilisation d'une pelle hydraulique. Des tombereaux peuvent éventuellement être nécessaires à l'acheminement de matériaux exogènes sur les différents sites de travaux. Une attention particulière devra également être apportée aux godets qui seront utilisés pour les terrassements, notamment en lit mineur. En effet, un godet trop large ne permettra pas de réaliser finement les terrassements ni de façonner le lit, alors que cela sera nécessaire au regard de la puissance spécifique des cours d'eau. Par ailleurs, le recours à un godet articulé est recommandé pour pouvoir travailler précisément dans le lit mineur.

Le personnel qui interviendra lors de ces travaux devra impérativement être formé aux particularités des travaux de restauration écologique. Des connaissances de base sur le fonctionnement et la morphologie des cours d'eau et leurs faciès d'écoulement est indispensable. Concernant les entreprises, des références en travaux de restauration écologique permettront d'apprécier la sensibilité et l'expérience des différents candidats pour ce type de travaux, ce qui sera bénéfique pour le projet.

Concernant les périodes d'intervention, une priorisation a été faite en concertation avec l'USAN avec des travaux à réaliser à court terme, à moyen terme ou à long terme. Le critère majeur est la « facilité » d'intervention liée au contexte foncier des différents sites. Pour les périodes d'intervention, les travaux devront être réalisés en dehors des périodes de reproduction (poissons, oiseaux,...etc.). Ces travaux pourront débuter à partir de début août et devront être achevés ou interrompus à fin février. Les mois de septembre et octobre seront préférentiellement retenus car les cours d'eau sont généralement en étiage, les berges sont stables et les problèmes en lien avec les cultures seront minimisés.

Précautions relatives aux travaux pour la préservation des enjeux écologiques et la cohérence environnementale des aménagements

→ Même si les aménagements prévus (recharge granulométrique, reprofilage de berges, création de zones humides, de frayères...) présentent des plus-values écologiques notoires, **les travaux peuvent engendrer des impacts sur la faune, la flore et les habitats (apport de graviers et blocs, décaissements, reprise de berges pouvant entraîner la destruction de milieux arborés ou humides...).** Il est important de préserver les éléments d'intérêt écologique présents (ripsylve d'intérêt...) et de ne pas déranger la faune en période de reproduction.

→ Pour chaque biotope, toute perturbation des conditions écologiques entraîne des changements de flore et de faune, changements auxquels n'échappent que certaines espèces tolérantes, dites ubiquistes.

L'accompagnement écologique des aménagements doit prendre en compte les 2 étapes que sont :

- la Phase de travaux : Le chantier peut générer des impacts non négligeables. Outre les surfaces touchées directement, **des perturbations collatérales vont être engendrées par le chantier lui-même** (circulation des engins, stockage de matériaux, fréquentation des ouvriers...). Pour cette phase, on s'intéresse plus particulièrement à la destruction des habitats et des espèces « in situ » (destruction d'espèce remarquable, d'habitat refuge...) et à la perte de qualité plus ou moins définitive des milieux pour les animaux utilisant le site.

- la Phase opérationnelle : le projet terminé (réorganisation écologique du site, substitution d'habitats...).

Selon l'emplacement des aménagements des précautions seront à prendre au moment des travaux.

→ **On signalera que des travaux effectués au printemps n'ont pas les mêmes répercussions que des travaux réalisés en hiver.**

- Les interventions à réaliser dans le lit mineur devront prendre en compte la période de reproduction de l'espèce repère (Brochet) et de la majorité de ses espèces d'accompagnement. Cette période est à affiner avec la FDP59 qui précisera l'époque concernée pour le bassin versant de l'Yser mais qui correspond globalement **au printemps : de mars à juillet.**

- Les interventions dans le lit majeur devront prendre en compte la période de reproduction du plus grand nombre d'espèces concernées (Oiseaux, Amphibiens, Reptiles, Insectes...). Parmi ces groupes de nombreuses espèces sont protégées. Ainsi, **la période de travaux (ou au moins les décaissements, ...) devra être soigneusement choisie et correspondre à une période non sensible pour la reproduction de la faune afin de réduire au maximum les impacts sur le succès reproducteur des espèces. La période à éviter se situe entre mars et fin juillet. Les travaux devront se réaliser entre août (au mieux septembre) et fin février.**

Si les travaux démarrent hors période sensible pour la faune, la plupart des espèces seront déplacées avant ou après la reproduction mais il n'y aura pas pour les espèces concernées d'échec de reproduction et peu de perte d'énergie. Elles réaliseront leur reproduction dans d'autres milieux et l'effectif des populations ne devrait pas diminuer.

Si la programmation des travaux devait induire des interventions pendant la période de reproduction, les éventuelles destructions devraient être réalisées avant le début de cette époque, à savoir avant début mars et se poursuivre en continu.

→ La mesure de précaution est à décliner comme suit en ce qui concerne les interventions en lit majeur :

Réduction optimale des impacts liés au chantier :	Eviter la période début mars à fin juillet pour l'ensemble du chantier
En cas de contraintes temporelles et/ou techniques :	Eviter la période de début mars à fin juillet pour toutes les destructions de milieux (terrassment, reprofilage...) et si le chantier prévoit de déborder en période de reproduction, prévoir les interventions les moins perturbatrices pendant cette période.
<u>En dernier recours</u> et selon les enjeux des milieux concernés, dans le cas où la réalisation du chantier ne pourrait techniquement pas éviter de destruction de milieux durant la saison de reproduction	Démarrer les actions de destruction de milieux (terrassment, stabilisation...) avant la période de reproduction et poursuivre en continu afin que les oiseaux intègrent ces dérangements et modifications de milieux. Ils rechercheront un autre site de reproduction mais ne perdront pas d'énergie par un échec de nichée en cours de saison de reproduction.

Planification

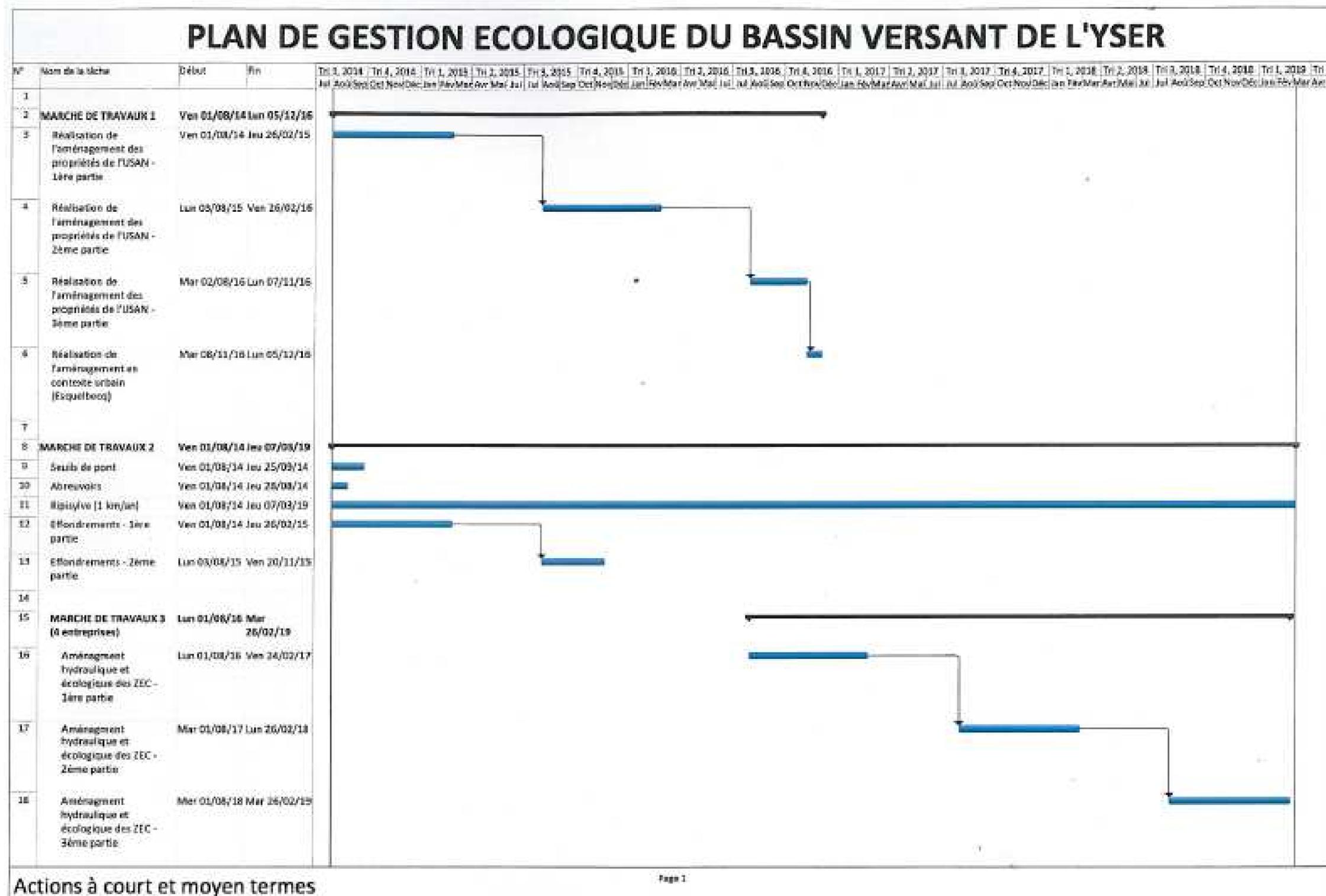
La planification présentée ci-après est faite en tenant compte des périodes d'intervention à respecter vis-à-vis de la reproduction animale (pas de travaux de début mars à fin juillet).

En tenant compte d'une cadence d'avancement d'environ 900 000 € HT de travaux réalisables par période de 7 mois (nombre de mois pendant lesquels il est possible de faire les travaux chaque année), et si les travaux sont tous réalisés par une seule entreprise, on en arrive à environ 18 années de travaux. Par conséquent, pour que toutes les actions à court et moyen termes puissent être réalisées pendant le plan de gestion (5 ans), il est nécessaire de faire réaliser les travaux par plusieurs entreprises simultanément.

Ainsi, le planning fourni est réalisé en considérant que plusieurs marchés de travaux seront constitués :

- Une entreprise pour réaliser l'aménagement des propriétés de l'USAN, ainsi que l'aménagement en contexte urbain à Esquelbecq.
- Une entreprise pour réaliser les aménagements sur les effondrements, les seuils de pont, les abreuvoirs et la restauration de la ripisylve.
- A noter que l'accompagnement hydromorphologique des bassins CRESETY n'est pas inclus ici, cette prestation sera réalisée en même temps que l'aménagement des bassins CRESETY lui-même.
- La réalisation des aménagements hydraulique et écologique des zones proposées par les communes représente environ 75% du montant des travaux à réaliser à court et moyen termes. Cette prestation devra donc être réalisée par plusieurs entreprises pour que tout soit aménagé pendant le plan de gestion. En prenant comme hypothèse les travaux fassent l'objet de 4 marchés, on parvient à planifier la réalisation de tous ces aménagements pendant le plan de gestion.

Le planning prévisionnel est fourni en page suivante.



Actions à court et moyen termes

Fig. 54. Planification des travaux

En terme de dépenses, elles s'échelonnent de la façon suivantes :

- 1^{ère} année : environ 1 950 000 € HT
- 2^{nde} année : environ 1 250 000 € HT
- 3^{ème} année : environ 4 750 000 € HT
- 4^{ème} année : environ 3 950 000 € HT
- 5^{ème} année : environ 3 950 000 € HT

oOo



SECTION 4

INDICATEURS DE SUIVI

Indicateurs de suivi – hydromorphologie

Les indicateurs ci-dessous permettront de suivre l'évolution du cours d'eau pendant la mise en œuvre du plan de gestion, soit pendant 5 ans.

Le suivi des évolutions hydromorphologiques des actions mises en œuvre sur 5 ans est à mettre en œuvre :

- pour les aménagements des propriétés de l'USAN,
- pour les aménagements des effondrements linéaires les plus étendus,
- autour des aménagements des seuils de pont,
- au droit des zones proposées par les communes pour la restauration écologique et la lutte contre les inondations
- et éventuellement au niveau de l'aménagement en contexte urbain.

Un suivi physique sera à y effectuer : suivi de la température, de la teneur en oxygène, du pH et de la conductivité.

En hydromorphologie, le suivi minimum consistera en la réalisation d'un profil en long couvrant l'ensemble de l'aménagement, et des profils en travers, ainsi qu'une cartographie des faciès d'écoulement. Cela permettra notamment de suivre la variation des profils, les évolutions du gabarit des cours d'eau, ainsi que l'impact sur les faciès d'écoulement. Idéalement, le suivi à mettre en place serait le protocole de suivi CARHYCE de l'ONEMA.

La fréquence du suivi physique est le suivant :

- Etat initial.
- Etat 3 ans après travaux, puis chaque année jusque 6 ans après travaux.

Le suivi hydromorphologique se déclinerait de cette façon :

- Etat initial.
- Etat juste après travaux.
- Puis suivi tous les trois ans ou après chaque crue morphogène (crue de plein bord à légèrement débordante).
- Ce suivi sera à faire pendant 6 ans, ou après que soient survenues 2 crues morphogènes.

A ce suivi peut s'ajouter un suivi photographique, facile à mettre en œuvre, subjectif mais qui peut également s'adresser à un large public. Ce suivi peut se faire à raison d'une campagne photographique avant travaux, pendant les travaux, après travaux, puis chaque année.

Indicateurs de suivi – faune/flore

→ L'objectif de la mise en place d'indicateurs de suivi est d'évaluer l'efficacité (gain écologique) des actions de restauration (effets favorables, défavorables, neutres) et de mettre en évidence la nécessité de mise en place de mesures correctives le cas échéant..

Les indicateurs biologiques sont dépendants des interventions et des habitats concernés. En outre, ils nécessitent la réalisation d'un suivi scientifique et naturaliste.

Le tableau suivant (non exhaustif) liste les indicateurs à suivre par objectif de restauration concerné.

Les suivis sont à réaliser au minimum pendant les 3 années qui suivront les actions de restauration. Les résultats sont à comparer à un état initial effectué suivant le même protocole d'investigation avant travaux (N-0, N+1, N+2, N+3...).

Un suivi pourra être effectué tous les 5 ans, à la suite de ces 3 premières années de suivis.

Remarque : d'autres indicateurs seront mise en place pour le suivi des effets de l'entretien courant. Certains indicateurs de suivi seront communs à l'évaluation des actions de restauration et d'entretien.

Objectif	Actions	Indicateurs et types		Effets constatés	Incidences
Amélioration globale de la qualité biologique des cours d'eau	Démarche transversale touchant la qualité de l'eau, l'amélioration de la libre circulation piscicole et l'ensemble des actions de restauration	Faune	IBGN (avec analyse poussée : identification au genre, analyse des guildes trophiques...)	Amélioration de la note	Favorable
				Diminution ou stagnation de la note	Défavorable
Augmenter les capacités d'accueil pour l'ichtyofaune et notamment pour l'Anguille	Rétablissement de la libre circulation piscicole, renaturation du lit, des berges, recharge granulométrique, mise en place de petits aménagements piscicoles	Faune	Pêches électriques (toutes espèces et suivis spécifiques Anguille)	Augmentation de la diversité et des populations par rapport aux pêches antérieures	Favorable
				Diminution ou stagnation de la diversité et/ou des populations	Défavorable
Augmenter les capacités de reproduction de l'espèce repère (Brochet)	Création et de frayères Restauration des connectivités hydrauliques latérales Aménagement de zones humides	Faune (flore)	Suivi de frayères (nombre, localisation, surfaces, description de la végétation : reproduction constatée, ...)	Augmentation du nombre de frayères potentielles	Favorable
				Reproduction observée	Favorable
				Stagnation du nombre de frayères et/ou absence de reproduction	Défavorable
Augmenter la surface sujette à variation du niveau d'eau favorable aux habitats amphibies/ Favoriser l'installation des héliophytes	Renaturation des berges : Créations de risbermes ennoyées, de zones humides, adoucissement de berges, plantations d'héliophytes	Flore (hydromorphologie)	Relevés phytosociologiques et hydromorphologiques (relevés de linéaires de berges renaturées)	Expression des communautés végétales amphibies ou héliophytiques sur les secteurs aménagés et gérés : au moins 3 espèces végétales supplémentaires et/ou apparition de communautés végétales supplémentaires Augmentation du linéaire de cordons d'héliophytes	Favorable

Plan de Gestion Ecologique du bassin versant de l'Yser

Phase 3: élaboration du PGE, choix techniques et évaluation financière

RAPPORT D'ETUDE - VERSION 0

Objectif	Actions	Indicateurs et types		Effets constatés	Incidences
				Augmentation du linéaire de berge favorable à l'installation d'hélophytes (risbermes ennoyées, pentes douces...)	Favorable
				Non expression des communautés végétales amphibies ou hélophytiques sur les secteurs gérés: moins de 3 espèces végétales supplémentaires et/ou aucune communauté végétale supplémentaire Stagnation ou recul du linéaire de cordons d'hélophytes	Défavorable
Augmentation du nombre et de la qualité des zones humides	Création de zones humides	Faune et Flore	Inventaires faunistiques (oiseaux, insectes, Amphibiens, Mollusques) et floristiques en lit majeur, Relevés des espèces et habitats de zones humides (protocole arrêté du 24 juin 2008)	Augmentation de la biodiversité, augmentation/apparition d'espèces animales et/ou végétales patrimoniales, augmentation du nombre d'espèces caractéristiques de zones humides, augmentation de surface/apparition d'habitats de zones humides	Favorable
				Recul ou stagnation de la biodiversité, non développement ou diminution du nombre d'espèces et d'habitats de zones humides ou d'espèces patrimoniales	Défavorable
Augmenter la perméabilité écologique et l'accueil de la faune liée aux boisements de rives	Plantation de ripisylve	Flore	Relevé de linéaires de ripisylve indigènes plantées	Augmentation du linéaire (surfaces) de ripisylve fonctionnelle (essences hygrophiles bien connectées au cours d'eau)	Favorable
				Stagnation, recul du linéaire de ripisylve indigène	Défavorable

oOo

Plan de Gestion Ecologique du bassin versant de l'Yser

Phase 3: élaboration du PGE, choix techniques et évaluation financière

RAPPORT D'ETUDE - VERSION 0

ANNEXE 1

Carte des aménagements

ANNEXE 2

Liste des végétaux à planter et leurs exigences écologiques

ANNEXE 3

Rapport des analyses granulométriques

ANNEXE 4

Rapport des analyses granulométriques

ANNEXE 5

Profils en travers des aménagements des effondrements de berge

ANNEXE 6

Valeurs des forces tractrices au droit des aménagements

ANNEXE 7

Profils en long des aménagements des seuils de ponts

ANNEXE 8

Profils en travers des aménagements d'abreuvoirs

ANNEXE 9

Vues en plan des aménagements écologiques des zones proposées par les communes pour la lutte contre les inondations et la restauration écologique

ANNEXE 10

Profils en travers de l'aménagement en contexte urbain

ANNEXE 11

DR et DT des concessionnaires dont les réseaux interfèrent avec les aménagements