

SYNDICAT INTERCOMMUNAL DE CURAGE DE L'ORNE

Siege social :

**Mairie de Rosselange
49, place Jean Burger
57780 ROSSELANGE**

**ETUDE POUR L'AMENAGEMENT DU BARRAGE DE BETH
SUR LA COMMUNE DE MOYEUVE-GRANDE**

Mission 1 + Mission 2

Diagnostic global

Propositions de scénarios d'aménagement

Bilan de l'opération d'ouverture temporaire du barrage

Etude détaillée des scénarios d'aménagement

AUTEUR DU PROJET :



5 rue des Tulipes
67600 MUTTERSHOLTZ
Tél. : 03 88 85 17 94 / Fax : 03 88 85 19 50
Site Internet : www.sinbio.fr / Courriel : contact@sinbio.fr

CE 343

décembre 2013

Indice b

SOMMAIRE

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	5
1.1. PRESENTATION DU COURS D'EAU ET DE SON BASSIN VERSANT	5
1.2. PRESENTATION DE L'OUVRAGE ETUDIE	5
1.3. OBJECTIFS DE L'ETUDE	6
1.4. METHODOLOGIE D'ETUDE	7
2. DIAGNOSTIC DE L'ETAT ACTUEL DE L'OUVRAGE.....	8
2.1. ETAT PHYSIQUE DE L'OUVRAGE	8
2.2. SITUATION ADMINISTRATIVE ET JURIDIQUE.....	10
2.3. USAGES ET GESTION ACTUELS.....	10
3. DIAGNOSTIC HYDRAULIQUE AU NIVEAU DU SECTEUR.....	12
3.1. HYDROLOGIE.....	12
3.1.1. Hydrologie aux stations hydrométriques	12
3.1.2. Hydrologie retenue au droit du site.....	13
3.2. MODELISATION HYDRAULIQUE.....	14
3.2.1. Présentation du modèle utilisé	14
3.2.2. Topographie utilisée.....	15
3.2.3. Construction et calage du modèle	16
3.3. ETAT ACTUEL : FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE EN BASSES EAUX.....	17
3.4. FONCTIONNEMENT ET IMPACT HYDRAULIQUE EN CRUES.....	18
4. DIAGNOSTIC GEOMORPHOLOGIQUE ET ECOLOGIQUE DE L'ORNE SOUS L'INFLUENCE DE L'OUVRAGE	19
4.1. QUALITE GENERALE DU MILIEU PHYSIQUE DE L'ORNE SUR LE SECTEUR D'ETUDE	19
4.2. CARACTERISATION DU MILIEU PHYSIQUE DU LIT MINEUR.....	19
4.3. CARACTERISATION DU MILIEU PHYSIQUE DU LIT MAJEUR	21
4.3.1. Zone inondable.....	21
4.3.2. Occupation du sol.....	22

4.3.3.	Affluents et apports transversaux, annexes hydrauliques	23
4.4.	QUALITE DE L'EAU	23
4.4.1.	Synthèse des données de qualité des eaux pour les dernières années.....	23
4.4.2.	Qualité Physico-chimique.....	24
4.4.3.	Qualité biologique.....	24
4.5.	EAUX SOUTERRAINES.....	24
4.6.	CARACTERISATION PISCICOLE.....	25
4.6.1.	Potentialités piscicoles de l'Orne.....	25
4.6.2.	Etat des peuplements présents.....	25
4.6.3.	Circulations piscicoles au niveau de l'ouvrage étudié	25
4.7.	ACTIVITES ASSOCIEES A LA RIVIERE	26
4.8.	PATRIMOINE ET CADRE DE VIE.....	26
5.	SYNTHESE DES DIAGNOSTICS.....	27
6.	PRINCIPES ET ORIENTATIONS D'AMENAGEMENT.....	29
6.1.	PRINCIPES D'AMENAGEMENT	29
6.1.1.	Vers la simplification du fonctionnement et de la gestion	29
6.1.2.	Vers la réduction des impacts sur le milieu aquatique.....	29
6.1.3.	Prise en compte des activités associées.....	30
6.2.	PRESENTATION DES DIFFERENTS SCENARII DECOULANT DE CES PRINCIPES.....	31
7.	PREMIERE EVALUATION DES SCENARII.....	35
7.1.	EVALUATION DE L'IMPACT HYDRAULIQUE DE CHAQUE SCENARIO	35
7.2.	EVALUATION DE L'OPPORTUNITE DE LA CREATION D'UNE MICROCENTRALE HYDROELECTRIQUE (VARIANTE AU SCENARIO 4)	35
7.3.	RECAPITULATIF DES IMPACTS.....	37
8.	OPERATION D'OUVERTURE TEMPORAIRE DU BARRAGE	38
8.1.	RAPPEL DU CONTEXTE DE L'OPERATION D'OUVERTURE	38
8.2.	MODE OPERATOIRE SUIVI DURANT L'OPERATION	38
8.2.1.	Déroulement de l'opération	38
8.2.2.	Débit et durée de vidange	39

8.2.3.	Débit et durée de remplissage après vidange	40
8.2.4.	Modalités de surveillance de la qualité de l'eau mises en oeuvre	40
8.3.	DIAGNOSTIC D'OBSERVATION DU LIT AVEC RETENUE ABAISSEE ET IMPACTS CONSTATES SUR LE MILIEU	42
8.3.1.	Diagnostic d'observation du lit avec retenue abaissée	42
8.3.2.	Impacts constatés sur le milieu	45
8.4.	CONCLUSIONS DE L'OPERATION D'OUVERTURE VIS-A-VIS DU PROJET	46
9.	ETUDE DETAILLEE DES SCENARIOS D'AMENAGEMENT	47
9.1.	SCENARIO 1 : EFFACEMENT TOTAL DE L'OUVRAGE.....	47
9.1.1.	Parti d'aménagement retenu	47
9.1.2.	Aménagement au niveau du barrage	47
9.1.3.	Aménagements du lit en amont.....	48
9.1.4.	Investigations complémentaires	50
9.1.5.	Estimation détaillée des coûts.....	51
9.2.	SCENARIO 2 : EFFACEMENT AVEC CONSERVATION D'UN SEUIL RESIDUEL DE HAUTEUR LIMITEE.....	52
9.2.1.	Parti d'aménagement retenu	52
9.2.2.	Aménagement au niveau du barrage	52
9.2.3.	Aménagements du lit en amont.....	53
9.2.4.	Investigations complémentaires	53
9.2.5.	Estimation détaillée des coûts.....	54
9.3.	SCENARIO 3 : EFFACEMENT PARTIEL AVEC CONSERVATION DE VANNES MOINS HAUTES ET DISPOSITIF DE FRANCHISSEMENT PISCICOLE.....	55
9.3.1.	Parti d'aménagement retenu	55
9.3.2.	Aménagement au niveau du barrage	55
9.3.3.	Aménagements du lit en amont.....	56
9.3.4.	Investigations complémentaires	56
9.3.5.	Estimation détaillée des coûts.....	57
9.4.	SCENARIO 4 : CONSERVATION DU BARRAGE.....	58
9.4.1.	Parti d'aménagement retenu	58
9.4.2.	Aménagement au niveau du barrage	58
9.4.3.	Aménagements du lit en amont.....	59

9.4.4.	Investigations complémentaires	59
9.4.5.	Estimation détaillée des coûts	59
9.5.	OPTIMISATION DE L'ANALYSE MULTICRITERES	60
9.6.	CONCLUSIONS	61

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

1.1. Présentation du cours d'eau et de son bassin versant

L'Orne est le principal affluent Nord-Lorrain de la rive gauche de la Moselle. La rivière prend sa source sur les Côtes de Meuse, reçoit les apports de l'Yron au niveau de Jarny puis du Woigot au niveau d'Auboué, pour rejoindre la Moselle après un parcours de 90 km, drainant au total un bassin versant de près de 1300 km².

L'Orne présente une typologie de rivière de plateau argilo-limoneux à l'amont de Jarny, puis de côte calcaire à l'aval : la rivière a creusé un thalweg dans les différentes couches calcaires profondes jusqu'aux calcaires marneux en surface ; ces terrains ont été ensuite comblés par les alluvions loessiques que l'Orne a déposés.

Le bassin versant est rural à l'amont de Jarny. A l'aval, le fond de la vallée s'urbanise progressivement et reste industrialisé à partir d'Auboué, même si le déclin de l'activité sidérurgique a conduit à la fermeture et à la transformation de nombreux sites riverains de la rivière, comme en témoigne le secteur d'étude de Joeuf à Moyeuve-Grande.

1.2. Présentation de l'ouvrage étudié

Voir plan de localisation en Annexe B.

A l'aval de Jarny, le cours inférieur de l'Orne est jalonné par de nombreux ouvrages hydrauliques, témoins d'anciennes activités artisanales (les moulins) ou industrielles (les barrages, dont le barrage de Beth). Ces ouvrages ont été construits en dérivation (les moulins) ou directement sur le cours de la rivière (les barrages).

S'ils ont perdu leur usage originel, ces ouvrages continuent néanmoins de présenter des impacts forts sur la rivière, de par leur seule présence, mais aussi du fait de leur état de dégradation ou de leurs dysfonctionnements.

Le barrage de Beth est un ouvrage « au fil de l'eau », c'est-à-dire directement édifié sur l'Orne, dont il barre la totalité du cours. Il est situé à l'amont du centre ville de Moyeuve-Grande.

Le barrage a été construit pour créer une retenue d'eau utilisée par les hauts fourneaux de Joeuf. L'usine fonctionnait en circuit fermé, le barrage ne fournissant que l'eau d'appoint pour compenser l'évaporation. La gestion du barrage était assurée par UNIMETAL à Joeuf jusqu'en 1991, date à laquelle l'usine a cessé ses activités. L'ouvrage devient alors propriété de la commune de Moyeuve-Grande.

Le barrage est constitué de 3 vannes levantes motorisées, qui continuent d'être régulièrement manœuvrées en situation de crue.

1.3. Objectifs de l'étude

La présente étude s'inscrit dans la continuité de nombreuses réflexions déjà menées depuis quelques années sur la gestion de la rivière et de plusieurs de ses ouvrages, en particulier les moulins d'Hatrive et de Moineville, ainsi que le barrage d'Homécourt, tous situés à l'amont dans le département de Meurthe-et-Moselle. Le maître d'ouvrage et ses partenaires financiers souhaitent désormais que le cadre de réflexion soit global, c'est-à-dire qu'il dépasse la thématique purement hydraulique, et qu'il soit élargi au milieu naturel environnant les ouvrages, c'est-à-dire en premier lieu à la rivière et à son lit majeur, ainsi qu'au contexte socio-économique de chacun.

Cet impératif de réflexion globale, fortement axé sur les problématiques environnementales, est dicté par le contexte réglementaire actuel : la restauration de la continuité écologique, qui consiste à rétablir la libre circulation piscicole ainsi que le transit des sédiments au niveau des obstacles transversaux que constituent les ouvrages hydrauliques, apparaît comme un des leviers principaux pour la restauration de la qualité hydromorphologique des cours d'eau, et donc pour l'atteinte du « bon état écologique » des cours d'eau, demandé à l'horizon 2015 (échéance repoussée à 2021 pour l'Orne) par la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE).

L'étude doit en particulier répondre aux questions suivantes :

- quel usage et quelles fonctions présente aujourd'hui le barrage de Beth, quel est son rôle, et à quels enjeux sur la rivière est-il directement ou indirectement associé ?
- quels sont les impacts de cet ouvrage sur le milieu physique de la rivière, sur sa capacité autoépuration, sur les flux biologiques, et quels aménagements permettraient de réduire voire de supprimer ces impacts ?

Afin de répondre à ces questions, l'étude établit dans un premier temps un diagnostic multicritère de l'état et du fonctionnement du barrage ainsi que des impacts sur le secteur de rivière situé directement dans sa zone d'influence. Les différents critères sont d'ordre :

- physique,
- morphologique,
- biologique,
- hydraulique,
- juridique,
- socio-économique.

Dans un second temps, il s'agit de dégager des principes d'actions afin d'entreprendre le réaménagement de l'ouvrage suivant plusieurs scénarii, en poursuivant un double objectif :

- simplifier son fonctionnement, afin de s'orienter selon les cas vers de nouveaux modes de gestion plus adaptés,
- réduire ses impacts, afin de revenir à un fonctionnement plus naturel de la rivière, se rapprochant de celui des secteurs libres non influencés par des ouvrages.

Ces scénarii sont ensuite évalués à l'aide d'une grille multicritères et comparés entre eux, afin de déterminer celui qui sera ultérieurement étudié de manière plus approfondie dans le cadre de la Mission 2.

1.4. Méthodologie d'étude

La Mission 1 d'étude présentée ci-après s'appuie sur :

- un travail bibliographique, consistant en l'analyse et la synthèse des données, notamment topographiques, et des études existantes,
- un travail d'enquête, réalisé auprès du propriétaire et gestionnaire du barrage,
- une campagne de levés topographiques et bathymétriques, rendue nécessaire par le manque de données réunies suite aux recherches bibliographiques, et réalisée par le cabinet ARPENT Conseils au printemps 2012,
- un travail d'investigations de terrain, mené sur le site au cours du printemps et de l'été 2012. Ces investigations ont concerné d'une part l'ouvrage lui-même, et d'autre part la rivière et sa vallée dans sa zone d'influence hydraulique (voir chapitres 2, 3 et 4),

Ces différents travaux conduisent à l'élaboration du diagnostic multicritères ; la synthèse de ce diagnostic fait l'objet du chapitre 5.

A l'issue du diagnostic multicritères, sont présentés au chapitre 6 les principes d'aménagement futur, ainsi que les différents types de solutions découlant de ces principes, déclinées sous la forme de scénarii. Ces scénarii correspondent à trois grands types d'aménagement :

- l'effacement total de l'ouvrage, induisant une suppression maximale des impacts actuels sur le milieu et le retour à un cours d'eau naturel (Scénario de type 1) ;
- l'effacement partiel des ouvrages, ou bien le réaménagement d'ouvrages abaissés et simplifiés, induisant une suppression partielle des impacts actuels sur le milieu (Scénarii de type 2 ou 3) ;
- le maintien de l'ouvrage actuel, avec modernisation et mise en place de mesures compensatoires pour le milieu environnant, en particulier un dispositif de franchissement piscicole (Scénario de type 4) ; en variante, l'adjonction d'une microcentrale hydroélectrique est étudiée ;

Les scénarii font l'objet d'une définition technique, d'un premier chiffrage, ainsi que d'une première évaluation de l'ensemble de leurs incidences (chapitre 7).

2. DIAGNOSTIC DE L'ETAT ACTUEL DE L'OUVRAGE

2.1. Etat physique de l'ouvrage

L'évaluation de l'état des ouvrages est réalisé sur la base des visites techniques effectuées sur site en décembre 2011, mars, mai et juillet 2012, et dont est issu le reportage photographique ci-après.

L'ouvrage a fait l'objet d'une inspection vannes fermées (8 décembre 2011) en présence des personnels des Services Techniques de Moyeuve-Grande, qui en assurent la gestion, mais n'a pas pu être observé vannes levées hors crue.

Les éléments décrits sont issus des observations visuelles et des renseignements pris auprès des gestionnaires.

- **Etat des parties fixes : génie civil et équipements d'accès**

Le barrage à clapets possède une structure inférieure en béton comprenant : les culées, les deux piles centrales et le radier, ainsi qu'une structure supérieure métallique comprenant : un portique, un système de portes pour le batardage de l'ouvrage par l'amont, les vannes et leur système de levage à chaînes, ainsi que le local de commande côté rive droite ; le portique fait office de passerelle reliant les deux escaliers d'accès au niveau de chaque rive.

Une seconde passerelle, pour piétons et cycles, repose sur les deux piles centrales en face aval du barrage.

Le génie civil de l'ouvrage (radier, culées latérales, piles centrales) ne présente pas de désordres majeurs et peut être considéré comme globalement correct.

Les principales dégradations sont relevées au niveau des jonctions entre les différentes parties et matériaux, en particulier entre les piles et culées avec le tablier métallique, où l'on observe :

- des problèmes de corrosion des parties métalliques ;
- des problèmes de jointoiement entre le portique et les piles ; en outre, un glissement du portique est visible ;
- des problèmes d'éclatement des mortiers au niveau des appui et scellements du portique ;
- le développement de mousses et de végétation herbacée sur certaines parois.

Ces problèmes témoignent de l'action du temps et des phénomènes hydro-météorologiques sur l'ouvrage.

Les équipements d'accès (escaliers) sont en état médiocre, de même que les éléments de sécurité (portes, garde-corps).



Vue d'amont de l'ensemble piles + portique avec batardeaux.



Détails de désordres au niveau des jonctions béton – métal – mortier.

- **Etat des parties mobiles : vannes, batardeaux, organes de commande et de manœuvre**

L'alimentation électrique de l'ouvrage s'effectue par réseau aérien depuis la rive droite.

Les portes de batardage paraissent en état correct, mais leurs moteurs sont hors d'usage ; de fait, ces portes ne sont jamais manœuvrées depuis que la gestion est assurée par la commune.

Les portes de vannes sont en bon état ; chaque vanne est manoeuvrée par un système à chaîne actionné par un ensemble de moteurs.

La manœuvre ne présente pas de problème particulier ; elle est effectuée depuis le local de commande situé côté rive droite.



Vue d'aval pendant la levée partielle de la vanne centrale.

2.2. Situation administrative et juridique

A la suite de l'arrêt de l'usine en 1985, la gestion de l'ouvrage a été confiée à la ville de Moyeuvre-Grande. On ignore si un acte de propriété et un règlement d'eau existaient ; ils n'ont en tout cas pas été transmis.

2.3. Usages et gestion actuels

Usage

Depuis l'abandon du site industriel, le barrage ne possède plus d'usage.

Sa fonction actuelle est le maintien de la ligne d'eau.

Gestion

De par sa situation au fil de l'eau, dans l'axe principal de l'écoulement, les vannes nécessitent d'être levées lors de chaque évènement de hautes eaux (pour chaque « coup d'eau » correspondant à une crue courante d'occurrence de l'ordre de quelques mois, jusqu'aux crues exceptionnelles). L'objectif durant l'évènement de crue est de maintenir le plus longtemps possible un niveau de retenue constant à l'amont ; une fois ce niveau dépassé, alors les vannes sont levées en totalité. Une fois le niveau amont stabilisé et la décrue amorcée, les vannes sont abaissées progressivement.

Les vannes sont toujours maintenues en position fermée durant les périodes de basses eaux.

La gestion du barrage est assurée par le personnel des Services Techniques de la ville de Moyeuvre-Grande (2 personnes formées).

L'abaissement est décidé soit après réception d'informations venant de l'amont (échelle de Labry, ou bulletin d'alerte hydrométéorologique), soit plus sûrement lorsque le niveau d'eau dépasse les repères visuels locaux situés sur place (échelle graduée, muret rive gauche).

Les vannes peuvent également être abaissées en toute saison afin de dégager des embâcles.

Au total, le barrage est manœuvré en moyenne plusieurs fois par an, essentiellement entre les mois de novembre et avril, avec, selon l'évènement hydrologique, un nombre de manœuvres élémentaires qui peut être très important (plusieurs dizaines).

3. DIAGNOSTIC HYDRAULIQUE AU NIVEAU DU SECTEUR

3.1. Hydrologie

3.1.1. Hydrologie aux stations hydrométriques

L'hydrologie de l'Orne a été étudiée en détail dans les différentes études réalisées depuis les années 1990 (voir bibliographie en annexe). Pour la présente étude, l'hydrologie s'appuie sur les synthèses effectuées dans le cadre de *l'Etude hydraulique préalable à l'aménagement du Fil Bleu* réalisée par SINBIO pour l'EPF Lorraine en 2005, et dans le cadre de *l'Etude d'aménagement des ouvrages d'Hatrive, Moineville et Homécourt*, réalisée par SINBIO pour le SCRO en 2008.

Les débits de l'Orne sont connus aux stations hydrométriques de Boncourt (bassin versant amont, 412 km²) et de Rosselange (bassin versant aval, 1226 km²), qui encadrent le secteur d'étude.

La station de Rosselange, qui est plus proche du secteur d'étude que celle de Boncourt, et qui caractérise plus fidèlement le régime hydrologique au droit de l'ouvrage puisqu'elle se situe en aval des confluent de l'Yron et du Woigot, sera prise comme référence pour la suite de l'étude. La superficie du bassin versant drainé à Moyeuve-Grande est de 1141 km².

Débits caractéristiques de l'Orne à la station de Rosselange, obtenus par ajustement d'une loi de Gumbel à l'échantillon des débits maximum annuels instantanés pour la période 1967-2012.

Situation hydrologique	Valeur du débit instantané calculée m ³ /s	Intervalle de confiance à 90 % m ³ /s
Etiage quinquennal QMNA5	1.20	-
Etiage biennal QMNA2	1.90	-
Module	12.0	10-15
Crue biennale Q2ans	160	150-180
Crue quinquennale Q5ans	220	200-260
Crue décennale Q10ans	260	240-310
Crue vicennale Q20 ans	300	270-360
Crue cinquantennale Q50ans	350	310-430
Crue centennale Q100ans	416	344-477

Source : Banque Hydro, extraction juin 2012 sauf italique : source SILENE, 2005.

A noter que le débit caractéristique de crue centennale (410 m³/s) retenu dans l'étude tient compte des valeurs retenues dans les différentes études récentes, dont l'atlas des zones inondables de l'Orne (BCEOM, 1999).

La crue prise pour le calage de la modélisation hydraulique est celle de décembre 1993, dont le débit de pointe était de 290 m³/s à Jarny, et de 318 m³/s à Rosselange. L'occurrence de cette crue est comprise entre 20 et 50 ans à Rosselange.

On remarque que la différence entre les débits de pointe estimé à Jarny et mesuré à Rosselange est faible, de l'ordre de 10 %, ce qui signifie que la valeur du débit de pointe au niveau de Moyeuve-Grande peut être appréciée de manière assez précise et fiable.

3.1.2. Hydrologie retenue au droit du site

- **Hydrologie en crue**

Les valeurs de débits retenus à Moyeuve-Grande sont calculées à partir de celles de la station de Rosselange par application d'un coefficient correcteur de bassin versant égal à **0.94**. Ce coefficient est obtenu par la formule de transfert suivante :

$$Q_{\text{Moyeuve-Grande}} = (S_{\text{Moyeuve-Grande}} / S_{\text{Rosselange}})^{0.8} \times Q_{\text{Rosselange}}$$

Pour la crue centennale, en l'absence de données issues de la Banque Hydro, le débit de référence pris est celui issu de l'étude SILENE de 2005.

Débits caractéristiques de crues de l'Orne au droit du barrage de Beth à Moyeuve-Grande.

Situation hydrologique	Débit au droit du barrage de Beth à Moyeuve-Grande m3/s
Superficie du bassin versant	1141 km ²
Crue biennale Q2ans	150
Crue quinquennale Q5ans	208
Crue décennale Q10ans	245
Crue vicennale Q20ans	283
Crue de 1993	310
Crue cinquantiennale Q50ans	326
Crue centennale Q100ans	416

- **Hydrologie en étiage**

Les débits sont issus de la mise à jour de 2006 du catalogue des débits d'étiage (Mission déléguée de bassin Rhin-Meuse).

Ces débits prennent en compte d'une part les apports naturels, et d'autre part les pompages assurant les soutiens d'étiage mis en place suite à l'arrêt des pompages d'exhaure ; au niveau du bassin de l'Orne, les soutiens d'étiage proviennent du Woigot et de son affluent le Ruisseau de la Vallée (depuis 1994) ; en revanche, on rappelle que le soutien provenant de l'Yron a été arrêté en 2004.

Débits caractéristiques d'étiage et module de l'Orne au droit du barrage de Beth à Moyeuve-Grande.

Situation hydrologique	Débit au droit du barrage de Beth à Moyeuve-Grande m3/s
Superficie du bassin versant	1141 km ²
Etiage quinquennal QMNA5	1.12
Etiage biennal QMNA2	1.77
Module	11.35

Source : Mission déléguée de bassin Rhin-Meuse, 2006.

3.2. Modélisation hydraulique

Le fonctionnement hydraulique de la rivière sur l'ensemble du secteur influencé par le barrage, du centre de Joeuf au centre de Moyeuve-Grande, a fait l'objet d'une modélisation hydraulique réalisée à l'aide du logiciel de simulation numérique des écoulements HEC-RAS.

3.2.1. Présentation du modèle utilisé

Le modèle HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) est conçu pour résoudre les calculs d'écoulements unidimensionnels pour des réseaux de cours d'eaux naturels ou de canaux artificiels. Il est utilisé ici en régime permanent, pour des écoulements de type fluviaux, torrentiels ou mixtes. Le modèle prend en compte le lit mineur et le lit majeur du cours d'eau. Il calcule les lignes d'eaux pour une gamme de débits allant de l'étiage aux crues exceptionnelles, ainsi que différents paramètres de l'écoulement dont la vitesse moyenne.

La procédure de calcul est basée sur la résolution de l'équation d'énergie à une dimension. Les pertes de charge sont évaluées par la friction (équation de Manning) et par convergence / divergence. L'équation de l'énergie cinétique est utilisée dans les situations où la vitesse d'écoulement varie rapidement. Ces situations incluent les calculs en régime mixte (par exemple les ressauts), les écoulements sous les ponts, ainsi que les calculs au confluent de deux cours d'eau (jonction de flux).

Les effets dus à des obstacles tels que les ponts, les dalots, les seuils ou les structures en lit majeur sont pris en compte dans les calculs. Le programme de calcul en régime permanent est conçu pour les études de gestion de zones inondables, ainsi que pour l'évaluation des risques liés aux inondations par évaluation de l'étendue des débordements. Ainsi, il est possible d'évaluer les impacts sur la ligne d'eau des modifications apportées dans le lit mineur ou dans le lit majeur.

Les fonctionnalités spéciales des calculs en régime permanent incluent :

- des analyses multi-scénarii ;
- les calculs de plusieurs profils d'écoulement ;
- la prise en compte d'ouvrages à multiples ouvertures (ponts, barrages).

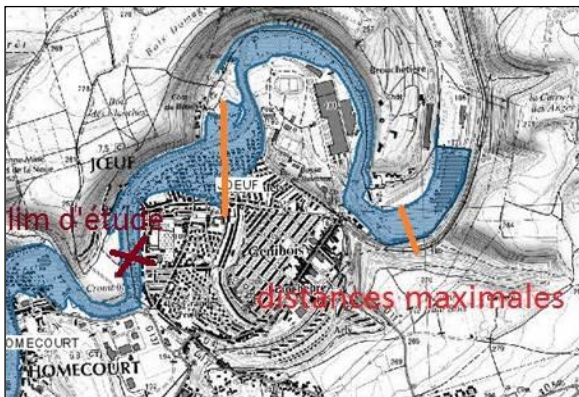
3.2.2. Topographie utilisée

La topographie utilisée pour la construction du modèle a été réalisée spécialement dans le cadre de l'étude par le cabinet ARPENT Conseils au mois de mai 2012. A noter que pour le secteur situé en aval du barrage jusqu'au centre de Moyeuve-Grande, quelques profils réalisés par le cabinet DEHOVE dans le cadre du projet « Fil Bleu » ont également été utilisés.

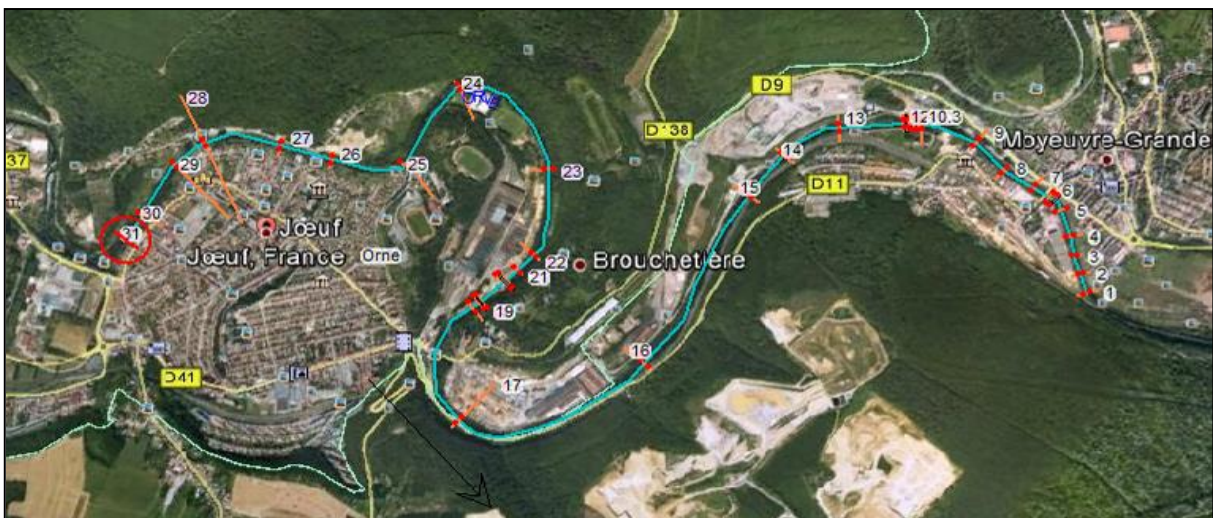
Ainsi, la topographie servant de base au modèle consiste en :

- 32 profils en travers, situés pour 20 d'entre eux de l'aval du pont au centre de Joeuf à l'amont du barrage, et pour les 12 autres de l'aval du barrage à l'aval du pont de Moyeuve-Grande ;
- 1 levé d'ouvrage hydraulique : le barrage de Beth ;
- 3 levés d'ouvrages de franchissement : le pont ferroviaire et le pont routier à la sortie aval de Joeuf + le pont routier à Moyeuve-Grande.

Les profils en travers comprennent chacun le lit mineur ainsi que la partie du fond de vallée correspondant à l'enveloppe de la zone inondable maximale, telle que représentée dans *l'Atlas des zones inondables de l'Orne pour une crue centennale* (BCEOM pour DDE 54 et 57, 1999).



Exemple de détermination de la largeur des profils en travers à lever, à partir de l'enveloppe de la zone d'inondation maximale à Joeuf.

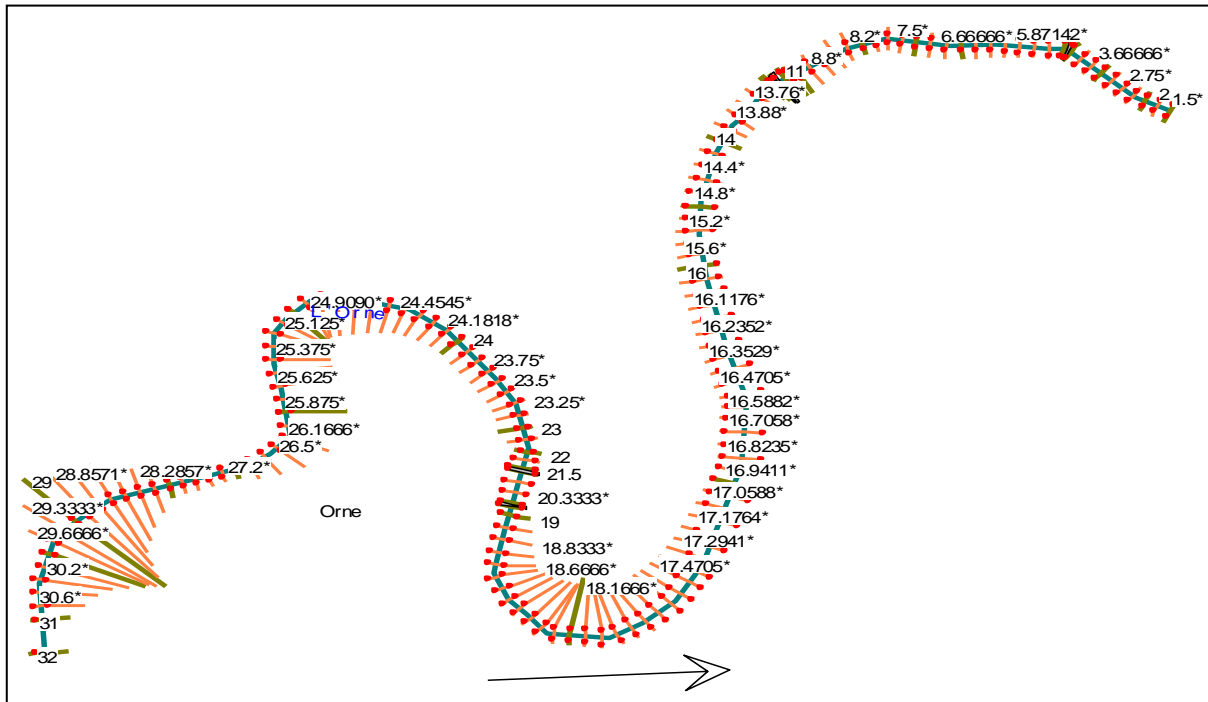


Plan de localisation des profils en travers ayant servi à la construction du modèle.

3.2.3. Construction et calage du modèle

Le modèle est structuré à partir des profils en travers des lits mineurs et majeurs de l'Orne et du bief, ainsi que des différents ouvrages (seuils, vannes, ponts...) présents dans la zone.

La géométrie du modèle ainsi créé est donnée sur le schéma ci-dessous, où apparaissent également les profils interpolés par le modèle (codés avec des décimales) entre les profils réellement levés par le géomètre (codés en nombres entiers).



Plan topologique du modèle construit. Les profils levés apparaissent en vert, les profils interpolés en orange. Le barrage de Beth se situe au niveau du profil 13.

La condition aval est définie à l'aval immédiat du pont de Moyeuve-Grande ; il s'agit de la cote de crue centennale inscrite dans les documents d'urbanisme de la commune.

D'autre part, les paramètres du modèle ont été calés afin de reproduire au plus juste les niveaux d'eau observés lors de la crue de 1993, dont on rappelle que l'occurrence à Moyeuve-Grande est comprise entre 20 ans et 50 ans. En particulier, des cotes de laisses au niveau du barrage et du pont de Moyeuve-Grande ont été utilisées.

Les coefficients de Strickler moyens obtenus après calage sont :

- dans le lit mineur : $K=25$
- dans le lit majeur : $K=5$

Les simulations sont effectuées pour deux configurations du barrage :

- Pour les basses et moyennes eaux (étiages et modules) : toutes vannes baissées (configuration habituelle) ou toutes vannes levées (configuration théorique, non habituelle, mais permettant de se rapprocher de l'état originel sans barrage).
- Pour les hautes eaux (crues) : toutes vannes levées.

3.3. Etat actuel : Fonctionnement hydraulique en basses eaux

Voir les résultats complets des simulations pour l'Etat Actuel (EA) en Annexe B.

Le tableau ci-dessous synthétise pour différents débits les lignes d'eaux au niveau des principaux profils situés sur l'ensemble du secteur étudié.

- **Etiage quinquennal QMNA 5 (1,12 m³/s)**

Profil	Localisation	Cote de la ligne d'eau Vannes fermées	Cote de la ligne d'eau Vannes ouvertes	Différence entre les deux cotes
P32	Joeuf centre - aval du pont	173.84	173.82	- 0.02 m
P28	Joeuf centre - passerelle	173.69	172.93	- 0.76 m
P21	Joeuf sortie entre deux ponts aval	173.69	171.89	- 1.80 m
P13	Moyeuivre – amont barrage	173.69	169.75	- 3.94 m
P11	Moyeuivre – aval barrage	169.72	169.72	0
P6	Moyeuivre – amont pont	168.45	168.45	0
P1	Moyeuivre – passerelle	167.17	167.17	0

- **Module interannuel (11,35 m³/s)**

Profil	Localisation	Cote de la ligne d'eau Vannes fermées	Cote de la ligne d'eau Vannes ouvertes	Différence entre les deux cotes
P32	Joeuf centre - aval du pont	174.54	174.51	- 0.03 m
P28	Joeuf centre - passerelle	174.10	173.64	- 0.46 m
P21	Joeuf sortie entre deux ponts aval	173.99	172.50	- 1.49 m
P13	Moyeuivre – amont barrage	173.97	170.04	- 3.93 m
P11	Moyeuivre – aval barrage	169.89	169.89	0
P6	Moyeuivre – amont pont	169.05	169.05	0
P1	Moyeuivre – passerelle	167.88	167.88	0

Vannes baissées

L'ensemble du débit transite en surverse des trois vannes.

Le barrage entraîne une différence de niveaux amont-aval de 4.0 m ainsi que pour le module interannuel, pour lequel la dénivelée augmente légèrement. Le remous remonte jusqu'au profil P28 au centre de Joeuf, 'est à dire sur un linéaire de plus de 5000 ml.

En amont immédiat du barrage (P13), la profondeur d'eau est de l'ordre de 4.2 m.

Vannes levées

En configuration de vannes levées, la chute amont-aval au droit du barrage n'est plus perceptible par le modèle à l'étiage, et reste de l'ordre de 0.15 m en eaux moyennes ; l'ouvrage ne présente plus aucun remous ; des remous résiduels sont en revanche encore perceptible localement du fait de la présence des radiers d'ouvrages (barrage et ponts à l'aval de Joeuf).

Au niveau de la zone de remous originelle, la hauteur d'eau à l'étiage est comprise entre 0,3 m et 0,8 m, et n'atteint 1 m qu'en amont immédiat des pont de Joeuf. Pour le module, la lame d'eau est plus importante, comprise entre 0,5 et 1,6 m.

3.4. Fonctionnement et impact hydraulique en crues

En situation de crue, les vannes du barrage sont toujours supposées levées au maximum.

Le tableau ci-dessous synthétise pour différents débits de crues les lignes d'eaux au niveau des principaux profils situés sur l'ensemble du secteur étudié.

Profil	Localisation	Cote de la ligne d'eau Q 10 ans	Cote de la ligne d'eau Crue 1993	Cote de la ligne d'eau Q 100 ans
P32	Joeuf centre - aval du pont	178.36	179.45	180.33
P28	Joeuf centre - passerelle	177.72	178.83	179.74
P21	Joeuf sortie entre deux ponts aval	176.64	177.86	178.82
P13	Moyeuve – amont barrage	173.52	174.75	175.45
P11	Moyeuve – aval barrage	173.30	174.30	174.97
P6	Moyeuve – amont pont	172.42	173.43	173.93
P1	Moyeuve – passerelle	171.89	172.90	173.20

En situation de crue, le barrage levé est ennoyé et son impact sur les lignes d'eau est modéré : la différence de niveaux amont-aval au droit du barrage restent inférieures à 0.5 m en crue centennale. Cette perte de charge s'explique par la géométrie du barrage et l'effet de pincement de l'écoulement au travers des 3 passages sous vannes.

A noter que les débordements affectent les rives, avec notamment un flux le long des voies ferrées en crue centennale.

4. DIAGNOSTIC GEOMORPHOLOGIQUE ET ECOLOGIQUE DE L'ORNE SOUS L'INFLUENCE DE L'OUVRAGE

4.1. Qualité générale du milieu physique de l'Orne sur le secteur d'étude

La qualité générale du milieu physique de l'Orne a fait l'objet d'une évaluation sur l'ensemble de son cours par l'AERM (Qualité du milieu physique de l'Orne, 1999). Cette évaluation, réalisée par tronçons homogènes, décrit et quantifie la fonctionnalité des trois compartiments : lit mineur, berges et lit majeur.

Il ressort de l'évaluation que l'Orne subit de fortes variations de sa qualité physique sur l'ensemble de son linéaire ; la qualité physique globale du secteur d'étude est qualifiée de « moyen à médiocre » à Joeuf (indice compris entre 40 et 60), et de « mauvaise » au niveau de la zone influence du barrage, l'indice chutant entre 20 et 40. En aval du barrage, l'indice repasse entre 20 et 40.

Les principales causes de dégradation des fonctionnalités physiques sont clairement identifiées :

- Pour le lit mineur, la rectification et le recalibrage du lit mineur, observés sur des linéaires importants, ainsi que la présence des ouvrages hydrauliques « donnant à la rivière les caractéristiques d'un milieu stagnant » éloigné de sa typologie naturelle de rivière de côte calcaire.
- Pour le lit majeur, le blocage et l'altération par les infrastructures (route, voie ferrée, carrière, dalles des anciens sites industriels),

Les paragraphes suivants vont s'attacher à décrire de manière plus précise la qualité du milieu physique du secteur concerné par l'influence du barrage, et à identifier les différentes perturbations.

4.2. Caractérisation du milieu physique du lit mineur

Faciès d'écoulement

L'Orne présente un faciès d'écoulement stagnant, identique à un plan d'eau, sur l'ensemble de la zone d'influence du barrage qui remonte jusqu'au droit de l'ancien stade de Joeuf, 4200 ml en amont ; en amont, l'influence s'estompe progressivement et on observe un écoulement lent faiblement à modérément varié jusqu'au pont du centre de Joeuf.

En aval du barrage, on observe un écoulement naturel modérément varié avec alternance de radiers naturels vifs (en aval immédiat du radier sur 100 ml environ) et de zone de mouilles plus lentes, puis un écoulement lent jusqu'à 200 m environ à l'amont du pont de Moyeuivre ; à ce niveau, on retrouve de nouveau un écoulement varié assez vif, et l'on observe un atterrissement important à l'amont du pont, qui est en cours de colonisation par la végétation ligneuse. L'écoulement redevient faiblement varié à partir de 100 ml à l'aval du pont.

Etat du fond du lit, phénomènes de sédimentation

Le fond du lit n'a pas pu être observé directement dans les secteurs profonds à l'amont de l'ouvrage ; néanmoins, les sondages à la perche réalisés lors du parcours de terrain ainsi que lors de la campagne de levés topographiques indiquent une profondeur très modérée de sédiments et un confinement de ces derniers aux zones mortes de l'écoulement à proximité des rives ; en effet, l'ouverture régulière des vannes lors de chaque évènement de crue a pour effet de chasser les sédiments.

En revanche, les fonds sont toujours colmatés par une pellicule fine de sédiments.

En aval du barrage, on retrouve un substrat hétérogène avec des éléments grossiers observables au niveau des radiers, en particulier au niveau de la zone atterrie du pont de Moyeuve.

Etat des berges, phénomènes d'érosion

On distingue 3 grands types de faciès de berges :

- En amont du barrage en remontant jusqu'à la sortie de Joeuf, les berges sont pseudo-naturelles : hautes (forte hauteur émergée + forte hauteur immergée), à pente régulière assez forte, elles sont issues des recalibrages anciens et des protections inhérentes à la proximité des infrastructures linéaires : route en rive gauche, voie ferrée et route en rive droite. Ces berges sont globalement stables, localement perturbées en rive gauche par la pression des pêcheurs qui y ont créé des accès ou des sentiers. En rive droite, la berge a localement été confortée (enrochements, palplanches) le long de la voie ferrée.
- Dans la partie la plus amont de la zone d'influence, la hauteur de berge s'atténue, son caractère naturel est un peu plus marqué ; on remarque globalement un encaissement moins prononcé, même si dans le centre de Joeuf, en amont direct de la zone d'influence, la rive gauche est de nouveau très encaissée et pseudo-naturelle.
- En aval du barrage, on retrouve des berges naturelles ou pseudo-naturelles sur le secteur d'écoulement varié, avec une activité érosive naturelle qui reste modérée du fait du fort couvert végétal, et la formation d'atterrissement dans le secteur élargi du pont.

Végétation rivulaire

On observe sur l'ensemble du secteur une végétation arborée continue, plus ou moins dense, dont l'état sanitaire est globalement satisfaisant, avec localement quelques embâcles. Cette végétation est globalement stable mais n'assure le maintien que de la partie supérieure des berges.

Les différentes strates ; arborée, buissonnante, lianescente, sont le plus souvent présentes ensemble.

La ripisylve est perchée et de ce fait présente un déficit de fonctionnalité.

La végétation aquatique, éparse, se compose d'herbiers de nénuphars dans les zones de grande profondeur en amont du barrage.

4.3. Caractérisation du milieu physique du lit majeur

4.3.1. Zone inondable

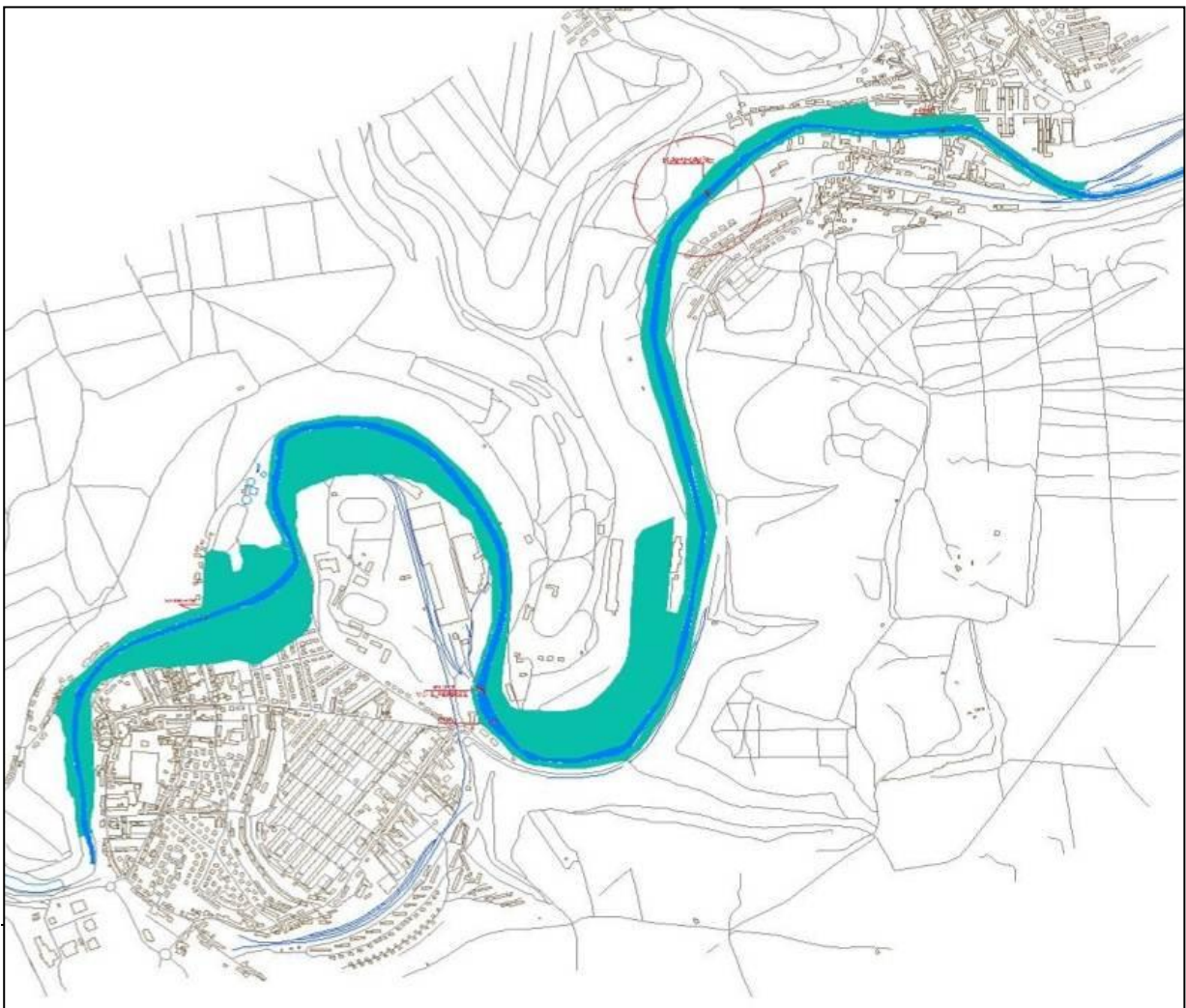
L'analyse est réalisée sur la base de l'Atlas des zones inondables de l'Orne – BCEOM, 1999.

La zone inondable de l'Orne est naturellement étroite de par la configuration du fond de vallée en méandres de versants ; sur le secteur d'étude, la zone a de plus été localement réduite par les remblais industriels (plate-forme des anciennes usines en rive gauche, de la sortie de Joeuf au barrage) ou dans une moindre mesure par les remblais d'infrastructures (route départementale et voie ferrée).

Sur le secteur d'étude, le fuseau du champ d'inondation est donc réduit à sa plus simple expression (le lit mineur), et la seule zones de débordements concernent :

- le quartier de la rue de Ravenne en rive droite au centre de Joeuf (zone à enjeux forts),
- le secteur de l'ancien stade de Joeuf, en rive droite, dans la boucle de l'Orne,
- le secteur des anciennes usines, en rive gauche, à la sortie de Joeuf.

Dans le secteur du barrage et en aval, au niveau de Moyeuve-Grande, seuls les abords immédiats des rives sont affectées (route, voie ferrée exceptionnellement et partiellement inondée).



55. Lit majeur en amont de Moineville :

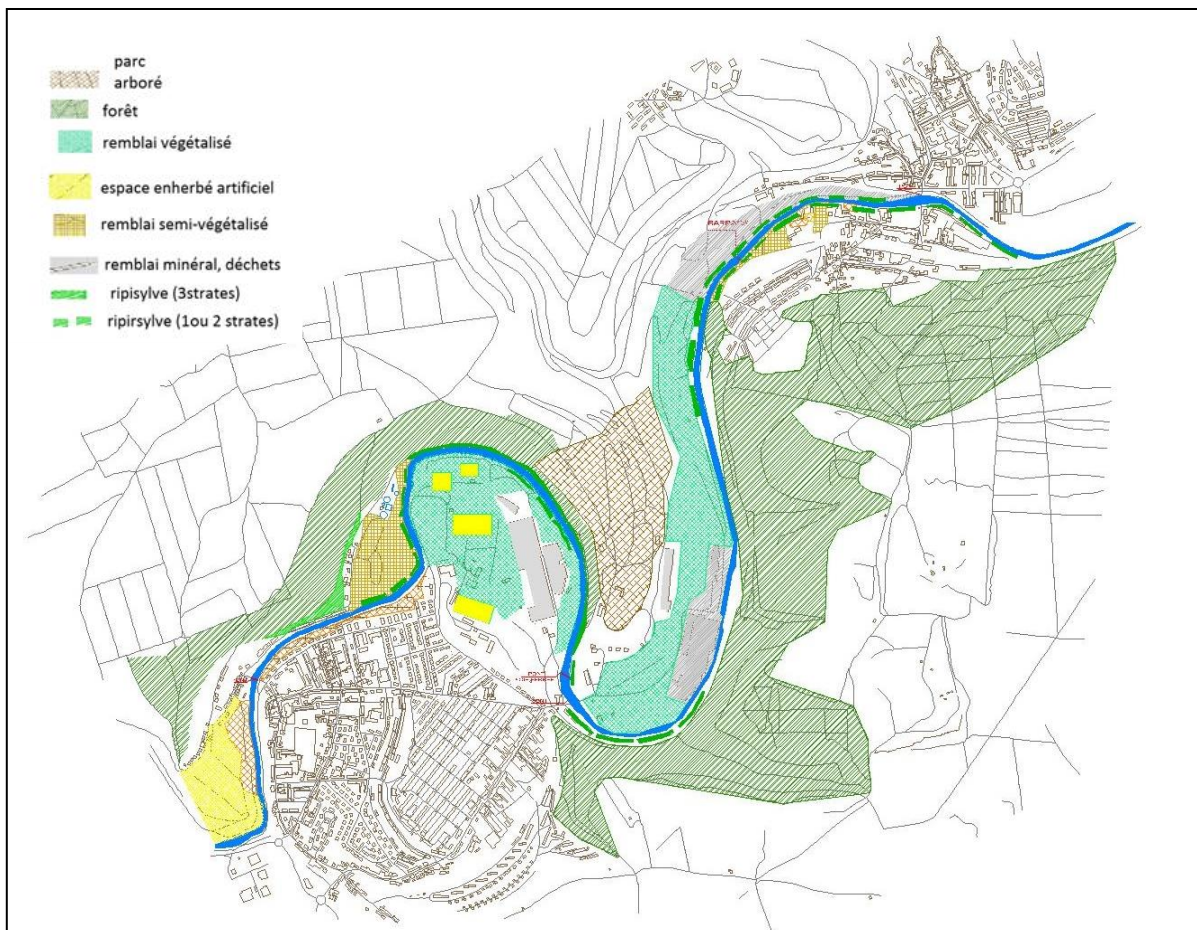
56. Lit majeur rélictuel au niveau d'Homécourt

Représentation du champ d'inondation de l'Orne pour la crue centennale ; Source : Atlas des zones inondables.

4.3.2. Occupation du sol

Les versants encadrant la vallée sont forestiers.

Le lit majeur résiduel est urbanisé, soit par des zones pavillonnaires (quartier Ravenne), soit par des friches industrielles, soit par des infrastructures linéaires ou des équipements (stade) ; seules quelques pelouses rudérales subsistent au niveau du stade.



Carte des unités paysagères.

4.3.3. Affluents et apports transversaux, annexes hydrauliques

Aucun affluent n'est identifié sur le secteur d'étude, en particulier au niveau de la zone d'influence du barrage.

Du fait de la réduction et de l'anthropisation du lit majeur, ainsi que des rectifications et recalibrages anciens, aucune annexe hydraulique n'est présente.

4.4. Qualité de l'eau

4.4.1. Synthèse des données de qualité des eaux pour les dernières années

Les données ci-après, issues du réseau RNB, ont été synthétisées par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse.

L'ORNE A JOEUF (AVAL) (02088000)

Qualité générale

Paramètre	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Objectif de qualité	2	2	2	2	2	2
Qualité générale	2	2	2	3	3	3
O2 dissous % (percentile 90)	64	58	75	38	67	73
O2 dissous, minimum	5,5	4,3	4,9	2,8	4,4	5,1
DBO5 (percentile 90)	3,0	5,0	3,0	6,0	4,0	5,1
DCO (percentile 90)	22,0	30,0	25,0	33,0	21,0	23,0
NH4+ (percentile 90)	0,73	0,47	1,19	4,11	2,90	3,00

Synthèse Seq-eau

pas de données

Biologie

Paramètre	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Indice Biologique Global Normalisé						
Groupe Faunistique Indicateur (GFI)						
Variété taxonomique IBGN						
Indice Biologique Diatomique (IBD)	9,9	10,2	11,4	11		

4.4.2. Qualité Physico-chimique

L'objectif de qualité des eaux de l'Orne est de 2 (qualité passable) sur le secteur d'étude.

Une station régulièrement mesurée du réseau RNB se situe à Joeuf, en amont immédiat de la zone d'influence du barrage. L'analyse des données de synthèse pour les dernières années révèle les principaux points suivants :

- La qualité générale oscille entre les niveaux 2 et 3, qui correspondent à une qualité passable à mauvaise, conforme seulement une année sur deux à Joeuf ; la qualité reste sensiblement équivalente entre les deux stations.
- à Joeuf, le déclassement n'est qu'en partie dû à l'oxygénation des eaux, dont les valeurs sont globalement meilleures qu'en amont ; le principal point noir reste la pollution organique et en particulier l'azote amoniacal, qui traduit dans ce secteur les efforts qui restent à effectuer en matière d'assainissement des eaux usées domestiques.

4.4.3. Qualité biologique

La qualité biologique est évaluée à partir de l'Indice Biologique Diatomique (IBD). Les mesures à Joeuf indiquent une qualité biologique passable à mauvaise ; elles témoignent indirectement de la médiocrité de la qualité du milieu physique : banalisation des fonds due aux recalibrages et à la sédimentation consécutive à la présence des retenues, déficit d'habitats.

4.5. Eaux souterraines

Le fond alluvial est localement constitué d'épandages alluviaux peu profonds de graviers et sables calcaires renfermant une nappe à faible ressource d'eau souterraine. D'autres secteurs présentent des poches ou lentilles de limons et de marnes et ne renferment que très peu d'eau. De ce fait, le fonctionnement hydrogéologique au niveau de la zone d'influence du barrage est difficilement quantifiable.

Sous les formations alluvionnaires, une nappe est présente dans les formations calcaires ; cette nappe, captive, a été fortement rabattue par les exhaures des mines de fer ; depuis l'arrêt des exhaures et l'ennoyage progressif, son niveau est remonté jusqu'aux points de débordements gravitaires, dont un est situé à l'aval du pont de Moyeuve-Grande, pour le bassin Sud.

Le secteur étudié se situe donc à l'amont immédiat du point de débordement des eaux d'ennoyage ; en revanche, ils sont directement concernés par les pompages effectués pour le soutien d'étiage depuis plusieurs affluents, en particulier le Woigot et le Ruisseau de la Vallée, qui se traduit par un maintien du soutien d'étiage au niveau du secteur d'étude.

4.6. Caractérisation piscicole

4.6.1. Potentialités piscicoles de l'Orne

Les informations sont issues des deux Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles de Meurthe-et-Moselle (2004) et de Moselle (2003).

L'Orne en aval de Jarny possède un peuplement piscicole de référence de type *cyprinicole et esocycole*, avec pour espèce repère de ce peuplement le *Brochet*.

L'unité de gestion piscicole, appelée *contexte piscicole*, est qualifiée de *conforme* dans la partie meurthe-et-mosellane, et de *perturbée* dans la partie mosellane, à l'aval de ces secteurs.

4.6.2. Etat des peuplements présents

Le peuplement piscicole est connu à partir des données de pêches électriques effectuées en amont et en aval du secteur étudié, à Gussainville (Meuse) et à Rosselange (Moselle), ainsi que par les informations recueillies auprès des gardes pêches de l'ONEMA, des Fédérations (FDPPMA) et des associations (AAPPMA) de pêches.

Le peuplement en place est de type cyprinicole, avec une bonne représentation du Brochet ; le spectre des espèces présentes est très large sur l'ensemble du contexte (28 recensées). Au niveau de l'Orne, il comprend :

- des espèces peu exigeantes, qui s'adaptent bien aux milieux lenticules (écoulements lents) et chargés en matières nutritives : Gardon, Ablette, Epinoche, Tanche, Carpe, Loche Franche, Chevaine,
- des espèces rhéophiles : Barbeau, Goujon, Vandoise (recensées à Rosselange),
- des carnassiers : Brochet, Perche,
- l'Anguille, présente sur le cours aval à Rosselange mais pas à Gussainville

Il ressort des prises effectuées par les pêcheurs que l'espèce repère, le Brochet, est bien représentée (quantitativement et qualitativement), avec un spectre complet de tailles, ce qui indique que l'ensemble des fonctions vitales (reproduction – éclosion – croissance) est réalisé de manière satisfaisante dans la rivière. A cet égard, la fréquence des débordements sur les linéaires amont (en particulier sur le vaste secteur allant de Jarny à Auboué) est un atout permettant la bonne réalisation du cycle vital, même si les annexes hydrauliques sont peu nombreuses, voir même absentes à proximité de la zone d'étude.

4.6.3. Circulations piscicoles au niveau de l'ouvrage étudié

La présence du barrage a pour effet direct d'empêcher les circulations piscicoles, pour la montaison et la dévalaison ; ces circulations sont nécessaires au moment du frai et du développement pour certaines espèces (Brochet, cyprinidés d'eaux vives, Anguille), mais également pour assurer le brassage génétique des peuplements entre les différents secteurs du cours d'eau.

Le barrage, dont les levées ne sont levées qu'en situation de crue, est de ce fait infranchissable pour la montaison, en raison de sa chute de 4 m. En configuration de vannes totalement levées, le barrage est théoriquement franchissable, mais cette situation n'est effective qu'en crue exceptionnelle, alors que les circulations des espèces présentes dans l'Orne ne sont pas effectives.

La dévalaison n'est pas possible dans tous les cas : en basses eaux, la lame d'eau est trop mince sur la crête des vannes et certains poissons ne peuvent dévaler.

Au niveau de la configuration du barrage, les conditions d'appel ne sont pas optimales, du fait de la présence du radier.

4.7. Activités associées à la rivière

La pratique de la pêche est forte sur l'ensemble du linéaire étudié, où les secteurs d'eaux profondes sont particulièrement prisés, en particulier pour la Carpe et le Brochet. Des secteurs spécifiques pour la pêche de la Carpe de nuit sont répertoriés.

L'activité est gérée par l'AAPPMA. L'association procède à des alevinages réguliers. L'Orne est classé en seconde catégorie piscicole.

L'activité sur la rivière est gérée par le club de canoë-kayak d'Homécourt ; le secteur de Joeuf à Moyeuve-Grande semble moins fréquenté que le secteur amont.

Les principales activités en liaison avec la rivière sont liés à la présence du cheminement « le fil bleu » le long des berges de l'Orne, reliant Moineville à Rombas, et qui franchit le barrage de Beth via la passerelle piétons et cycles. La promenade plus ancienne des bords de l'Orne à Joeuf (rive droite), à laquelle le Fil Bleu est relié, constitue

4.8. Patrimoine et cadre de vie

Le barrage de Beth ne présente pas d'intérêt architectural ou patrimonial important, à la différence d'autres sites plus anciens comme Moineville par exemple.

5. SYNTHÈSE DES DIAGNOSTICS

Le tableau ci-dessous synthétise les principaux éléments du diagnostic multicritère réalisé au chapitre 4.

Critère	Barrage de Beth
Etat physique	
Génie civil ouvrage	Correct
Vannages	Bon
Système de manoeuvre	Correct
Situation juridique	
Règlement d'eau	Non retrouvé
Propriété	Commune
Usage et gestion	
Usage	Disparu
Fonction	Maintien ligne d'eau
Gestion / entretien	Commune / Régulier
Hydraulique	
Etiage	Miroir artificiel 5000 ml
Crues courantes	Faible incidence
Crues exceptionnelles	Faible incidence
Lit mineur	
Faciès d'écoulement	Lent influencé
Etat du fond	Homogène - colmaté
Etat des berges	Pseudo-naturelles
Végétation rivulaire	Dense – étalée sur l'ensemble du profil
Lit majeur	
Zone inondable	Réduite / Basse ville de Joeuf inondable
Annexes hydrauliques	Absentes
Qualité de l'eau	
Physico-chimie	Non conforme à l'objectif 2
Biologie	Médiocre
Eaux souterraines	

<i>Faune piscicole</i>	
Espèces présentes	Cyprinidés, esocidés
Franchissabilité	Impossible
<i>Activités associées</i>	
Pêche	Pression importante
Canoë-kayak	Régulier à l'amont (secteur d'Homécourt)
Promenade - détente	Piste cyclable « Fil Bleu »
Patrimoine	Peu sensible
Perception paysage	Plan d'eau et versants forestiers

6. PRINCIPES ET ORIENTATIONS D'AMENAGEMENT

6.1. Principes d'aménagement

6.1.1. Vers la simplification du fonctionnement et de la gestion

La simplification du fonctionnement et de la gestion du barrage est dictée en premier lieu par la disparition de son usage originel de prise d'eau industrielle ; aujourd'hui, le barrage ne présente plus aucun usage, et n'a pour fonction que le maintien de la ligne d'eau à l'amont.

Il s'ajoute à cette évolution de l'usage, son état globalement avancé de dégradation, ainsi que sa gestion non automatisée, qui requiert une disponibilité permanente de la part des gestionnaires (agents communaux), une qualification technique et des exigences en terme de sécurité.

Ce principe de simplification va se traduire concrètement dans les solutions d'aménagement par des actions visant à remplacer les éléments mobiles motorisés actuels :

- soit par des éléments mobiles automatisés,
- soit par des éléments fixes.

6.1.2. Vers la réduction des impacts sur le milieu aquatique

La réduction des impacts des ouvrages sur le milieu aquatique environnant se traduit au travers de deux pistes d'aménagements possibles :

- soit maintenir les ouvrages actuels, si besoin après adaptation de leurs organes, mais en compensant obligatoirement une partie de leurs impacts par la mise en place de dispositifs (passes à poissons) et d'aménagements spécifiques sur le lit mineur et le lit majeur (annexes hydrauliques ou autres) ;
- soit tendre vers un effacement des ouvrages actuels, partiel ou total.
L'effacement partiel consiste à abaisser le niveau de retenue à l'amont et à fractionner la chute, en adaptant les ouvrages existants ou en les remplaçant par de nouveaux, de manière à retrouver à l'amont un linéaire de rivière à écoulement et fonctionnement naturel, la fraction de linéaire concernée étant proportionnée à l'arasement envisagé.
L'effacement total consiste à supprimer les ouvrages existants en conservant les points durs du fond du lit, de manière à retrouver intégralement sur l'ensemble de la zone d'influence amont un écoulement plus rapide et plus varié, conforme aux caractéristiques naturelles de l'Orne. Ces nouvelles conditions physiques se traduiront par la diversification des habitats du fond et des berges, au bénéfice de la faune aquatique.

Ces deux pistes d'aménagement correspondent à des niveaux d'ambitions croissants pour la restauration des fonctionnalités physiques et biologiques du cours d'eau : moins ambitieux dans le cas du maintien des ouvrages, plus ambitieux dans le cas d'un effacement partiel voire total.

La diversification des habitats du fond et des berges, qui résultera de la restauration des conditions naturelles d'écoulement, pourra être complétée et soutenue aux endroits le nécessitant par des opérations de renaturation des profils de berges et de reconstitution de la ripisylve, notamment sur les secteurs situés à l'amont des ouvrages où la ripisylve n'est plus fonctionnelle.

Ces actions d'accompagnement des aménagements sur les ouvrages eux-mêmes s'avèrent indispensables afin de prévenir d'éventuels problèmes morphologiques, notamment la stabilité des talus portant des infrastructures linéaires (route et voie ferrée), mais aussi afin de permettre rapidement la reconstitution d'un milieu dense, diversifié, et de bonne qualité, qui permettra l'augmentation du pouvoir auto-épurateur de la rivière.

6.1.3. Prise en compte des activités associées

Les actions décrites dans les paragraphes précédents doivent tenir compte des fonctions et activités recensées :

- fonctions paysagères et sociales : présence de la promenade du « Fil Bleu », attachement à la perception du plan d'eau.
- activités de loisirs aquatiques : la pêche, voire le canoë-kayak.
- usages projetés : aucun à ce jour, mais le potentiel hydroélectrique du barrage doit être évalué (voir chapitre suivant)

6.2. Présentation des différents scénarii découlant de ces principes

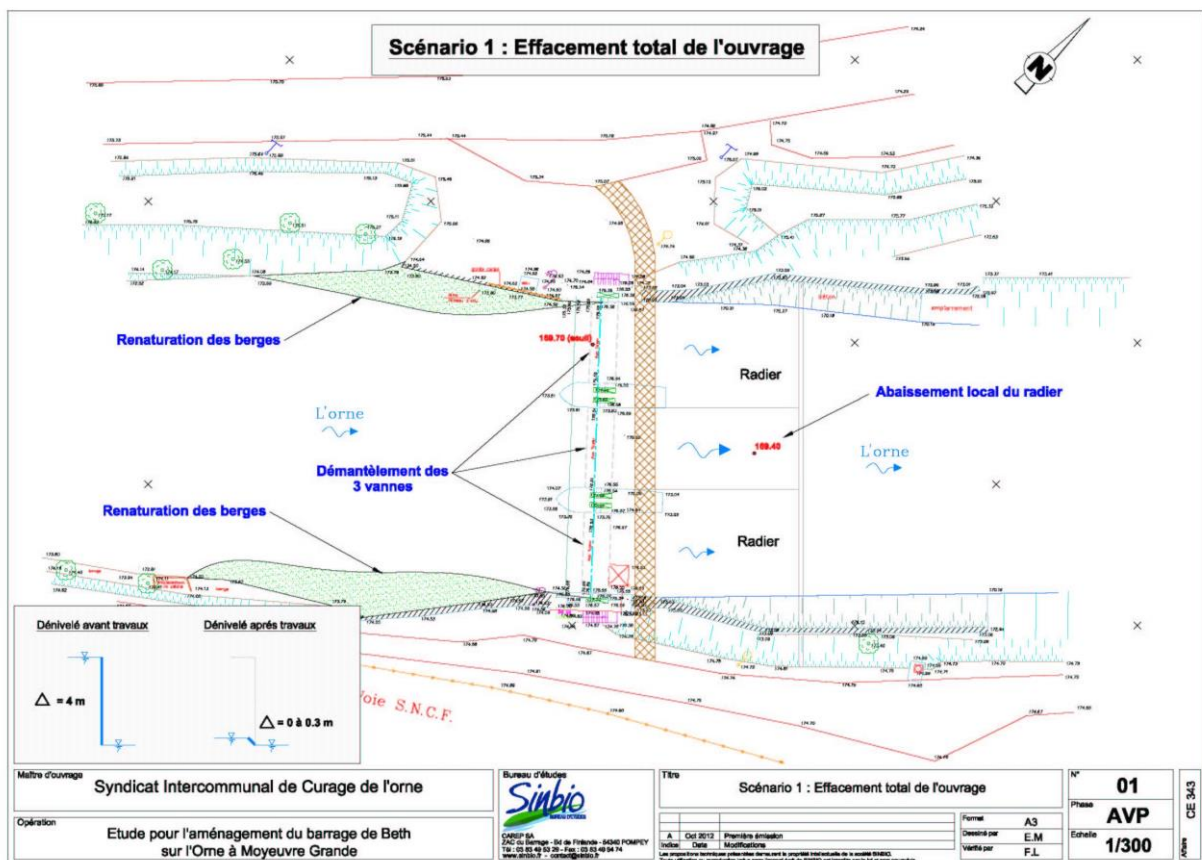
4 scénarii d'aménagement découlant des principes d'aménagements précédents sont proposés.

Voir en Annexe B les plans de principe des scénarii.

Scénario 1 : Effacement total de l'ouvrage

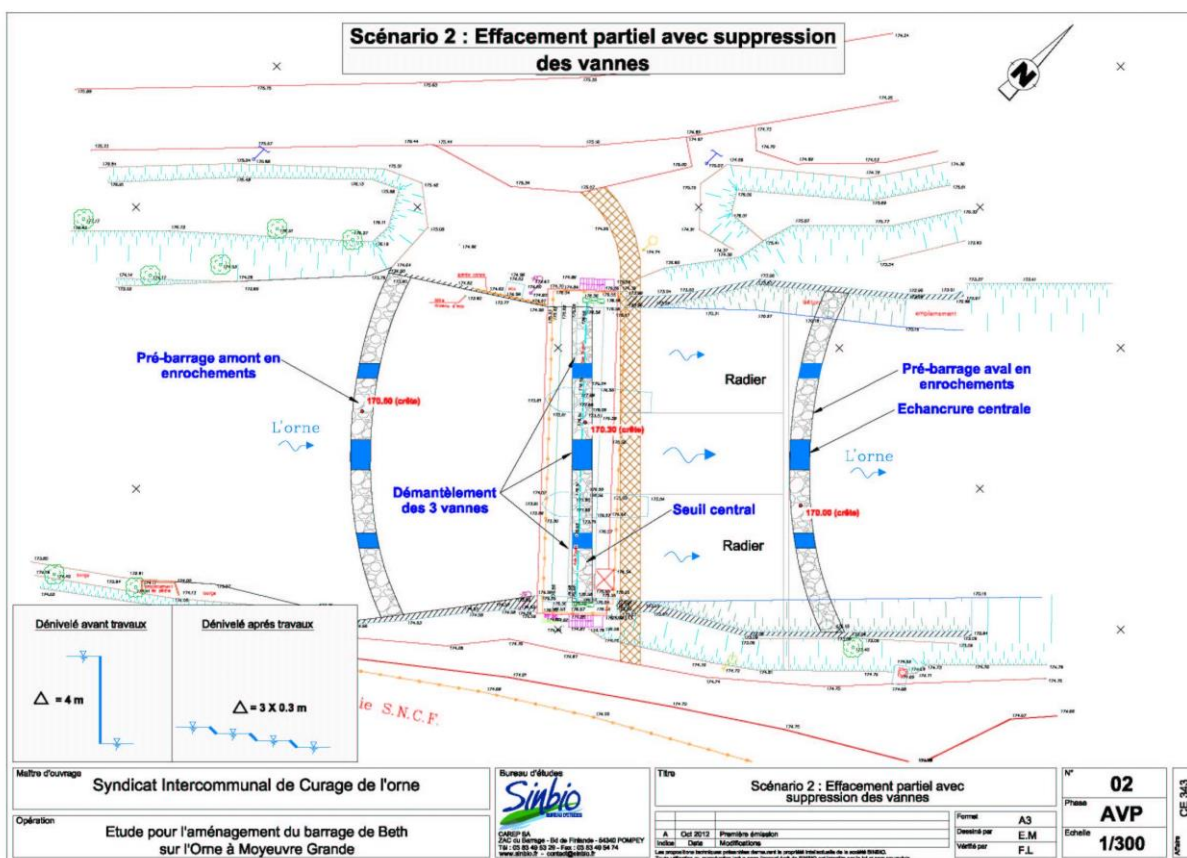
Barrage : Démantèlement complet des parties mobiles : vannes, batardeaux amont, y compris leurs systèmes de levage : portiques, passerelle amont
 Conservation globale du génie civil avec adaptations possibles : piles, culées, radier
 Conservation de la passerelle piétons et cycles

Lit amont : Reprise importante des berges sur l'ensemble du linéaire amont : traitement de la ripisylve existante, protection physique, renaturation
 Protection éventuelle des infrastructures : ponts à Joeuf, talus de voie ferrée et route



Scénario 2 : Effacement partiel avec suppression des vannes

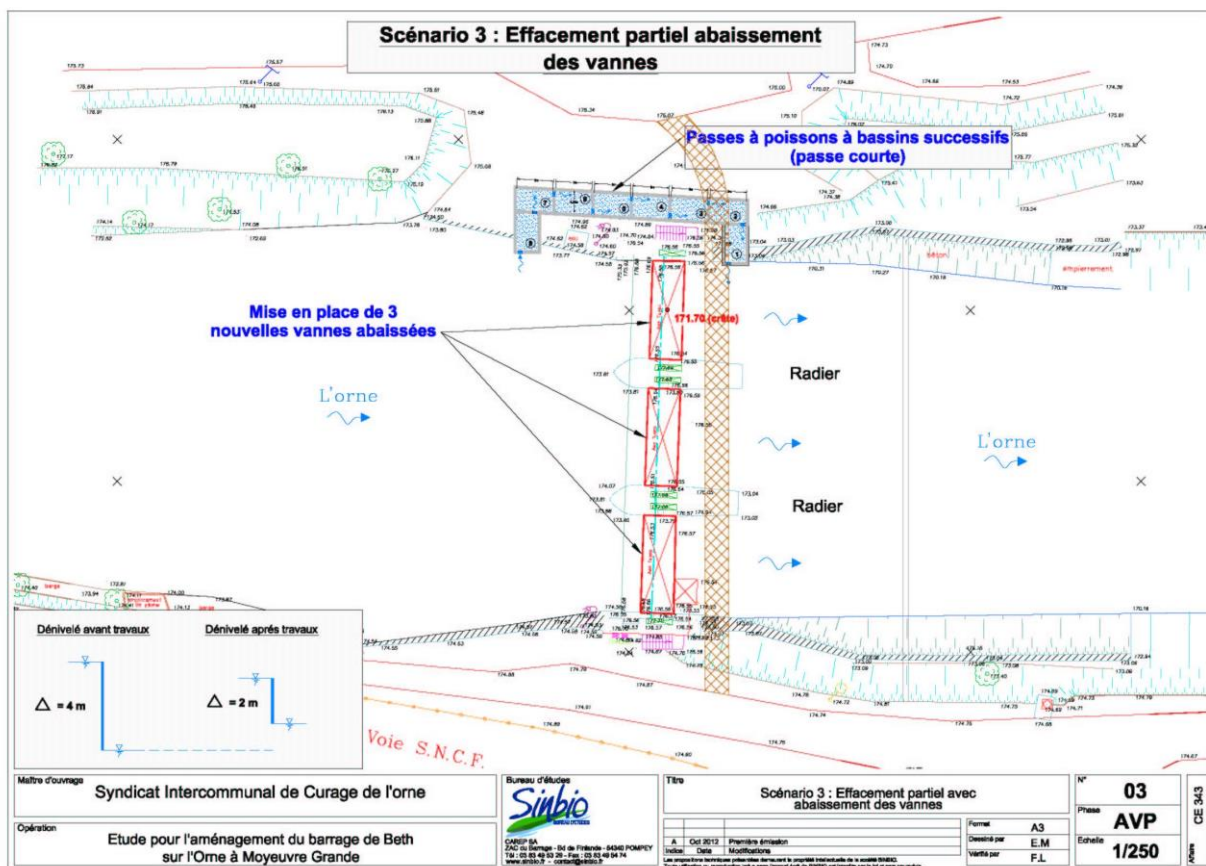
- Barrage :** Démantèlement complet des parties mobiles
 Conservation globale du génie civil avec adaptations possibles
 Conservation de la passerelle piétons et cycles
 Création de 3 seuils successifs de faible dénivelée en amont, au niveau du radier et en aval de l'ouvrage
- Lit amont :** Reprise des berges sur l'ensemble du linéaire amont
 Protection éventuelle des infrastructures



Scénario 3 : Effacement partiel avec abaissement des vannes

Barrage : Conservation intégrale du génie civil
 Remplacement des vannes actuelles par des vannes de hauteur réduite
 Création d'une passe à poissons de type bassins successifs (variante courte)
Option : automatisation des vannes

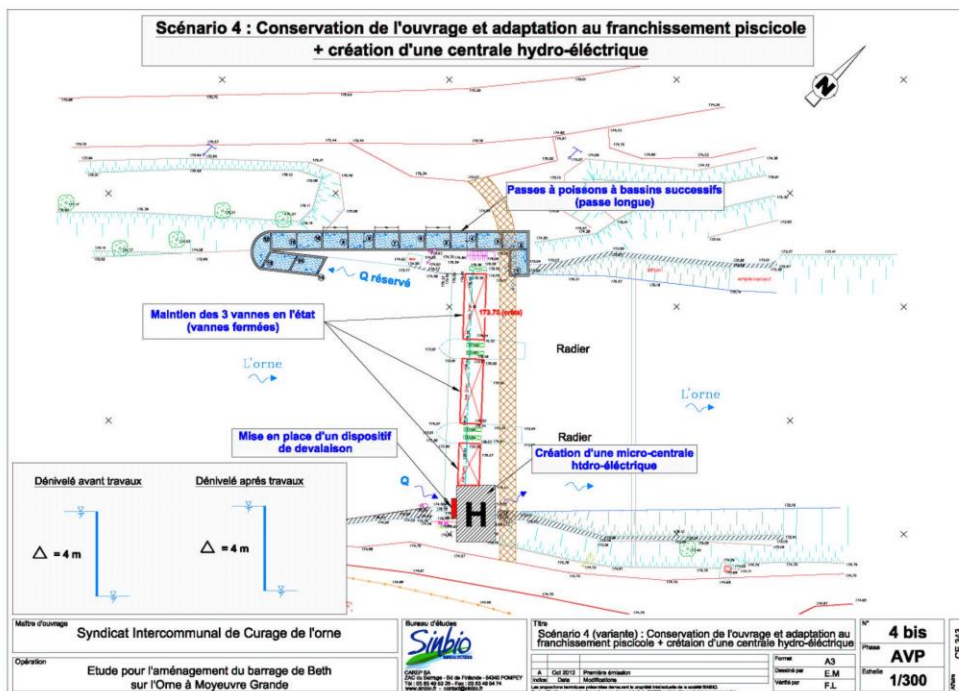
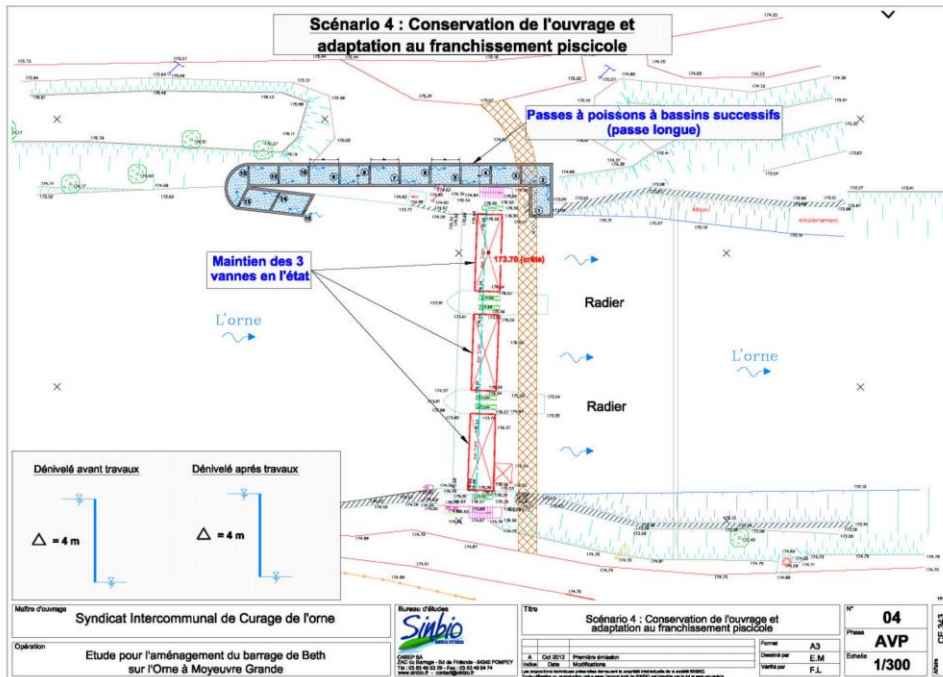
Lit amont : Reprise partielle des berges sur l'ensemble linéaire amont
 Protection éventuelle des infrastructures pour celles n'étant plus dans le remous du barrage



Scénario 4 : Conservation de l'ouvrage

Barrage : Conservation intégrale du génie civil et de la vantellerie
 Création d'une passe à poissons de type bassins successifs (variante longue)
Option : automatisation des vannes
Variante au scénario 4 (scénario 4bis) : création d'une microcentrale hydroélectrique

Lit amont : Pas d'intervention spécifique



7. PREMIERE EVALUATION DES SCENARII

7.1. Evaluation de l'impact hydraulique de chaque scénario

Les scénarii font chacun l'objet d'une modélisation sous HEC-RAS. Les résultats de ces modélisations en termes d'impacts sur la ligne d'eau sont rassemblés dans le tableau de synthèse ci-après.

Profil	Localisation	Crue	Scénario 1 effacement	Scénario 2 seuils	Scénario 3 vannes	Scénario 4 = Etat actuel
P32	Joeuf centre - aval du pont	Q10	178.37	178.37	178.37	178.36
		Q100	179.46	180.36	180.35	180.33
P28	Joeuf centre - passerelle	Q10	177.74	177.74	177.73	177.72
		Q100	178.83	179.80	179.77	179.74
P21	Joeuf sortie entre deux ponts aval	Q10	176.66	176.69	176.66	176.64
		Q100	177.87	178.90	178.86	178.82
P13	Moyeuve – amont barrage	Q10	173.51	173.85	173.52	173.52
		Q100	174.52	175.67	175.19	175.45
P11	Moyeuve – aval barrage	Q10	173.31	173.48	173.30	173.30
		Q100	174.32	175.14	174.98	174.97
P6	Moyeuve – amont pont	Q10	172.49	172.43	172.43	172.42
		Q100	173.51	173.97	173.97	173.93
P1	Moyeuve – passerelle	Q10	171.89	171.89	171.89	171.89
		Q100	172.89	173.20	173.20	173.20

7.2. Evaluation de l'opportunité de la création d'une microcentrale hydroélectrique (variante au scénario 4)

Cette première approche consiste à déterminer la *puissance potentielle de la chute*, puis à estimer la *production hydroélectrique possible*.

- **Puissance potentielle de la chute**

La puissance potentielle est donnée par la formule :

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

ρ = rendement de l'installation = 75 %

g = accélération de la pesanteur = 9,81 m/s²

Q = débit turbinable = 10 m³/s

H = hauteur de chute = 4,0 m

Le débit turbinable est pris égal au module (11,4 m³/s) auquel on retranche le débit réservé Q_r (10 % du module soit 1,14 m³/s) qui doit en permanence transiter par la rivière. Dans la suite des calcul, le débit turbinable est de 10 m³/s.

Avec ces hypothèses, la puissance potentielle de la chute est de 295 kW.

- **Production hydroélectrique possible**

La production moyenne possible est estimée à partir des débits classés de l'Orne à Moyeuve-Grande, estimés à partir de ceux à la station de Rosselange.

Débits classés (en m³/s, sur 14149 jours) de l'Orne à Moyeuve-Grande à partir de ceux à Rosselange													
Fréquence	0.99	0.98	0.95	0.90	0.70	0.60	0.50	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
Rosselange	92.9	74.0	50.1	32.7	12.1	8.19	5.82	3.19	2.39	1.73	1.40	0.95	0.67
Moyeuve	87.7	69.9	47.3	30.9	11.4	7.73	5.49	3.01	2.26	1.63	1.32	0.90	0.63

L'analyse des débits classés rend compte de la variabilité très importante des débits de l'Orne, que montraient déjà les écarts entre les débits caractéristiques d'étiage et de crue (facteur de l'ordre de 300 à 400 entre l'étiage sévère et les crues exceptionnelles). Cette forte variabilité est pénalisante pour la production hydroélectrique, car elle va nécessairement se traduire par un nombre restreint de jours turbinables : l'intervalle des jours turbinables exclut les jours où le module n'est pas atteint (70 % des jours correspondant à un débit inférieur au module), ainsi que les jours où le débit est trop important, c'est-à-dire où il dépasse 3 fois la valeur du module (10 % des jours, correspondant à la fréquence 0,9).

Pour turbiner un débit de 10 m³/s ne peut être turbiné que 87 jours dans l'année, soit 2088 heures. A titre de comparaison, une installation classique doit pouvoir fonctionner 3000 heures.

L'énergie produite est donnée par la formule :

$$E = P \cdot \text{Nb heures}$$

P = Puissance potentielle de la chute = 295 kW

Nb heures : nombre d'heures turbinables = 2088

L'énergie produite par l'installation pour un débit turbiné de 10 m³/s est égale à 615 960 kWh.

A ce chiffre, il convient de retrancher 15 % afin de tenir compte des aléas de gestion (grilles bouchées, pannes éventuelles, coupures de secteur, arrêts imprévus).

Le tableau ci-dessous indique le bénéfice moyen annuel prévisible pour l'installation, sur la base d'un prix moyen du kWh égal à 0.08 €. Pour information, ce prix varie selon les saisons entre 0.04 € (été) et 0.012 € (hiver).

Débit turbinable	Puissance potentielle	Energie produite Moyenne annuelle	Prix de vente moyen	Recette moyenne attendue
10 m ³ /s	295 kW	615 960 kWh	0,08 €	49 277 €

7.3. Récapitulatif des impacts

Les différents impacts prévisibles sont récapitulés dans le tableau ci-dessous par grands thèmes, pour chaque ouvrage et chaque scénario.

Une première évaluation qualitative est associée pour chaque critère :

+ / + + : amélioration (modérée / importante) de la situation par rapport à l'état actuel

-- / -- -- : dégradation (modérée / importante) de la situation par rapport à l'état actuel, ou bien statu quo pour une situation de l'état actuel déjà fortement pénalisante

0 : critère indifférent

-- > + : amélioration après une période transitoire pouvant être impactante

? : impact incertain

Critère	Scénarii d'aménagement			
	Scénario 1 Effacement total	Scénario 2 Effacement partiel (seuils)	Scénario 3 Effacement partiel (vannes)	Scénario 4 Conservation avec passe
Hydraulique				
Niveau Etiage	-- --	--	--	0
Niveau Crues	+	--	0	0
Eaux souterraines	?	?	?	0
Milieu physique				
Faciès d'écoulement	++	+	+	-- --
Transport solide	++	--	+	+
Phénomènes érosifs	-- > +	-- > +	-- > +	0
Milieu naturel				
Végétation aquatique	+	+	+	0
Végétation rivulaire	-- > +	-- > +	-- > +	0
Circulations piscicoles	++	++	+	+
Qualité de l'eau	+	+	0	0
Lit majeur				
Zone inondable	0	0	0	0
Annexes hydrauliques	0	0	0	0
Activités associées				
Pêche	-- > +	+	+	+
Canoë-kayak	--	+	0	0
Promenade - détente	-- > +	+	+	+
Perception paysagère	-- > +	-- > +	--	+
Coûts				
Coût d'investissement	+	+	--	--
Coût d'exploitation	+	+	--	--

8. OPERATION D'OUVERTURE TEMPORAIRE DU BARRAGE

8.1. Rappel du contexte de l'opération d'ouverture

Afin de définir avec précision, d'une part les incidences prévisibles des scénarii d'effacement (1, 2 et 3), et d'autre part les aménagements nécessaires sur le fond du lit et les berges, il est apparu indispensable à ce stade de l'étude, de caractériser précisément le milieu physique sous influence du barrage ; pour ce faire, l'abaissement total de la retenue par ouverture des vannes a été réalisé du 8 au 12 juillet 2013.

L'objectif de l'ouverture était en outre de simuler un abaissement du niveau d'eau, tel qu'il serait dans l'avenir consécutivement à la mise en place d'un scénario d'effacement total (scénario 1).

8.2. Mode opératoire Suivi durant l'opération

8.2.1. Déroulement de l'opération

Le débit de l'Orne étant sensiblement supérieur à 4 m³/s à la station de Rosselange au moment de l'ouverture le 8 juillet, le barrage a été ouvert de la manière suivante :

- 1^{er} temps : ouverture des 3 vannes à raison d'un demi pallier correspondant à 3,5 cm d'ouverture sur toute la largeur du lit.
Cette configuration a été maintenue durant plus de 24 h, pour un abaissement d'environ 2,5 m.
Du lundi 8/07 à 8h au mardi matin.
- 2^{ème} temps : ouverture progressive de la vanne centrale par paliers de 7 cm, jusqu'à ce que le niveau amont ait baissé jusqu'à environ 3,8 m et se soit stabilisé ;
Du mardi matin au mardi après-midi.
- 3^{ème} temps : levée complète des 3 vannes pour abaisser les 20 derniers cm et maintenir un écoulement libre sur le radier. L'abaissement est alors total : 4 m.
Le mercredi matin.

Entre chaque montée, un laps de temps suffisamment important a été respecté, de manière à minimiser les départs de matières en suspension, qui se sont avérés très faibles : la retenue, qui fait l'objet de chasses régulières lors des crues, était très peu sédimentée.

8.2.2. Débit et durée de vidange

- Débits caractéristiques pris en compte

Rappel des débits caractéristiques de l'Orne à la station de Rosselange et au droit du site du barrage de Beth à Moyeuvre-Grande, pour la période 1967-2013.

Situation hydrologique	Débit à Rosselange m3/s	Débit au niveau du Barrage de Beth m3/s
Surface du bassin versant	1226 km ²	1141 km ²
Etiage quinquennal QMNA5	1.20	1.12
Etiage biennal QMNA2	1.90	1.77
Module	12.0	11.4
Crue biennale Q2ans	160	150
Crue décennale Q10ans	260	245

Débits moyens mensuels de l'Orne au niveau du barrage de Beth à partir des débits à la station de Rosselange, pour la période 1967-2013.

Débits moyens mensuels															
Ouvrage	Cours d'eau	Localisation	Surface BV	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
	Orne	Rosselange	1226	25,4	25,6	21,0	15,3	8,7	5,2	3,8	2,7	2,8	6,3	9,3	20,6
Beth	Orne	Moyeuvre-Grande	1141	24,0	24,2	19,8	14,4	8,1	4,8	3,6	2,6	2,6	5,9	8,7	19,4

- Débits relevés lors de l'opération

Les données de débits ont été relevées sur le site VIGICRUES pour la station de Rosselange en temps réel. Voir en annexe les extractions (graphique et données horaires de débit).

- Le débit moyen mensuel du mois de juillet est de 3,8 m³/s à Rosselange, ce qui correspond à 3,6 m³/s au barrage de Beth.
- Le débit naturel à Rosselange était de 6 m³/s au démarrage de l'ouverture le 08/07 au matin, et de 5 m³/s avant le début de la fermeture le 12/07 à midi.
- Suite à l'ouverture le 08/07, le débit à Rosselange a augmenté jusqu'à 13 m³/s puis s'est stabilisé à partir du 09/07.
- Suite à la fermeture progressive le 12/07, le débit à Rosselange a diminué jusqu'à 3 m³/s puis c'est stabilisé à 4 m³/s au bout de quelques heures.

- Durée observée de vidange

La lecture du graphique des débits horaires à Rosselange indique une durée de vidange de l'ordre de 1,7 jours, depuis le 8/07 à 09h jusqu'au 10/07 à 02h : cette durée correspond à la partie bombée de la courbe.

A noter que la séquence d'ouverture définitive n'est pas visualisable sur le graphique, l'augmentation du débit ayant été très faible, sur un laps de temps court (à peine quelques minutes avant stabilisation).

En conclusion, la durée de vidange observée a été conforme à la durée théorique calculée (*voir note de demande d'ouverture temporaire, SINBIO juin 2013*), estimée selon les hypothèses entre 1 et 2 jours.

8.2.3. Débit et durée de remplissage après vidange

Les données de débits ont été relevées sur le site VIGICRUES pour la station de Rosselange en temps réel. Voir en annexe les extractions (graphique et données horaires de débit).

Le débit naturel à Rosselange était de 5 m³/s au démarrage de la fermeture le 12/07 à 12h, soit environ 4,6 m³/s au droit du site à Moyeuve-Grande : ce débit était largement supérieur au débit réservé théorique de 1,2 m³/s (correspondant au 1/10 du module).

En conséquence, le protocole ci-dessous a été suivi :

- Fermeture partielle de la vanne centrale, en laissant une ouverture de 3,5 cm sur le fond correspondant à un demi pallier, et fermeture totale des 2 vannes latérales. De cette manière, le débit réservé minimal de 1,2 m³/s transite sous la vanne centrale ; le débit restant (4,6 - 1,2 = 3,4 m³/s) sert à remplir la retenue.
- Le remplissage de la retenue s'est effectué sur 4 jours environ, le barrage ayant commencé à surverser à partir du mardi 16/07.
- Une fois que le barrage surversait (avec un débit de 4,6 - 1,7 = 2,9 m³/s, *le débit de fuite augmentant avec la charge à l'amont, voir feuilles de calcul en annexe*), alors la vanne centrale a été entièrement fermée, c'est-à-dire abaissée des 3,5 cm dont elle était ouverte.

Grâce à ce protocole, à aucun moment de l'opération de remplissage, le cours aval ne s'est retrouvé non alimenté, ce qui a permis d'assurer le bon fonctionnement biologique du milieu aquatique durant l'intégralité de l'opération.

8.2.4. Modalités de surveillance de la qualité de l'eau mises en oeuvre

Avant le démarrage de l'opération, jusqu'à son achèvement, SINBIO a procédé à une série de prélèvements et d'analyses de la qualité de l'eau, conformément à la demande de la DDT formulée lors de la réunion préalable en date du 04 juillet 2013.

Les paramètres analysés sont :

- Oxygène dissout
- pH
- Température
- Conductivité
- Concentration en Matières En Suspension (MES)

Les résultats des analyses sont rassemblés dans le tableau ci-après.

Analyse d'eau barrage de Beth				
	Date	Localisation	Paramètres	Mesures Relevées
Analyses effectuées avant la vidange du barrage de Beth	05/07/2013 à 16H00	Milieu du lit de l'Orne en aval du barrage de Beth	Oxygène dissout	6,8 mg/l
			PH	8.8
			Température de l'eau	20,9 °c
			Conductivité	1025 us/cm
			MES	54 mg/l
Analyses effectuées pendant la vidange du barrage de Beth	09/07/2013 à 11H00	Milieu du lit de l'Orne en aval du barrage de Beth	Oxygène dissout	7,43mg/l
			PH	8.6
			Température de l'eau	21,1 °c
			Conductivité	954 us/cm
			MES	80mg/l
Analyses effectuées après vidange complète du barrage	10/07/2013 à 12H45	Milieu du lit de l'Orne en aval du barrage de Beth	Oxygène dissout	7,56 mg/l
			PH	8.7
			Température de l'eau	20,5 °c
			Conductivité	925 us/cm
			MES	60mg/l
	11/07/2013 à 12H30	Milieu du lit de l'Orne en aval du barrage de Beth	Oxygène dissout	8,56 mg/l
			PH	8.8
			Température de l'eau	20,4 °c
			Conductivité	933us/cm
			MES	40mg/l
Analyses effectuées après fermeture des vannes et remplissage du lit de l'Orne	15/07/2013 à 15H22	Milieu du lit de l'Orne en aval du barrage de Beth	Oxygène dissout	9,02 mg/l
			PH	9.04
			Température de l'eau	21,9°c
			Conductivité	1055 us/cm
			MES	43mg/l
	15/07/2013 à 15H35	Lit de l'Orne en amont du barrage de Beth (rive gauche)	Oxygène dissout	11,71 mg/l
			PH	9.09
			Température de l'eau	23,0 °c
			Conductivité	1058 us/cm
			MES	66mg/l

Les résultats concernant l'oxygène dissout dans l'eau, le pH, la température et la conductivité ne font pas apparaître d'impact particulier. On note, après remplissage de la retenue, une différence de température de l'eau l'ordre de 1°C entre l'amont (plus chaud) et l'aval du barrage.

Les résultats concernant les MES indiquent à l'aval immédiat du barrage des taux compris entre 40 à 60 mg/l avant et après vidange, et augmentant modérément pendant la vidange pour atteindre 80 mg/l.

8.3. Diagnostic d'observation du lit avec retenue abaissée et impacts constatés sur le milieu

8.3.1. Diagnostic d'observation du lit avec retenue abaissée

Toutes les photos du reportage sont de SINBIO, sauf mention contraire.



Vues de l'amont immédiat du barrage, toutes vannes levées. L'atterrissement en rive droite amont est de nature sableuse, avec une granulométrie assez grossière. Un premier radier apparaît à l'amont immédiat du barrage, et contrôle un long secteur (plusieurs centaines de mètres) où l'écoulement reste lentique à l'amont.



A gauche, vue du secteur amont lentique, et à droite, apparition des premiers radiers naturels, environ 800 ml à l'amont du barrage. Les berges ont un profil raide (3H/2V à 1H/1V), et sont quasi-exclusivement composées de blocs de volumétrie moyenne. Les systèmes racinaires du cordon rivulaire présent de manière continue en haut de berges, n'atteint pas les parties médianes et inférieure des berges.



A gauche, vue d'un plat lent en amont de la première grande zone de radiers, puis vue d'un plat courant au droit du secteur où la voie ferrée borde le lit : un rideau de palplanche protège l'ensemble.



En amont du secteur protégé en rive droite par des palplanches, vue d'un plat courant avec en berge, un horizon stratifié instable, dont quelques éléments ont localement glissé suite à l'abaissement (à droite). Cette configuration est observée sur environ 150 ml. En partie supérieure, la berge possède un replat végétalisé stable, avant le talus principal boisé en haut duquel se trouve la voie ferrée. On remarquera une des nombreuses places de pêche aménagées par les riverains, en rive gauche.



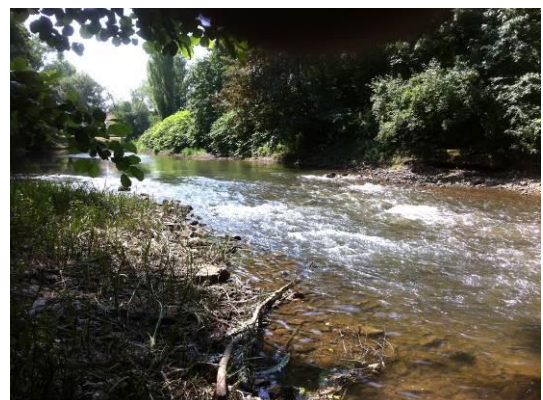
Vue d'un plat courant à la sortie aval de Joeuf, le long de la friche industrielle ; la berge en rive droite possède en son pied une risberme de 3 m de largeur en moyenne (sédimentation de l'intrados) ; en face, on retrouve le profil homogène de berge avec blocs.



A gauche, vue de la zone d'écoulement varié (secteur de dépôt) à l'aval du pont routier à la sortie de Joëuf, et vue de l'ancien pont de l'ancienne voie ferrée industrielle, où le marnage atteint encore environ 2 m, à près de 3000 m en amont du barrage.



Vue des berges dans le secteur à l'aval de Joëuf (en amont du pont de l'ancienne voie ferrée) ; les berges sont minées par des terriers de ragondins.



Vue des derniers radiers au niveau de la passerelle au droit des terrains de sports en contrebas du lycée.



A gauche, vue du dernier radier depuis la promenade au droit du centre de Joeuf, et à droite, vue de cette même promenade au droit du quartier des Chalets. L'influence de l'abaissement cesse à partir de ce secteur : au niveau du centre de Joeuf, le niveau de retenue du barrage de Beth n'est plus perceptible en basses et moyennes eaux.

8.3.2. Impacts constatés sur le milieu

Dans ce paragraphe, sont évoquées les premières constatations faites sur la base des observations ; Plusieurs types d'impacts sont distingués :

Les impacts sur le milieu physique

Les impacts sur le milieu aquatique (faune et flore).

- **Impacts sur le milieu physique**

Sont relevés principalement :

- La modification des faciès d'écoulement : passage d'un cours d'eau totalement lentique à un cours d'eau aux séquences d'écoulement variées (plats lents / plats courants avec présence de zones locales de radiers) ; en cela, cet impact est positif car il permet au cours d'eau de retrouver ces séquences d'écoulement variées.
- Un phénomène local d'érosion de berge sur environ 150 ml (voir page 8), sur un faciès de berge de nature lithologique particulier, suite à l'exondement du pied de berge.

- **Impacts sur le milieu aquatique**

- Au niveau de la végétation des berges, aucun impact ou désordre n'a été constaté, de type chute ou basculement. La durée limitée de l'opération (7 jours jusqu'au retour au niveau de retenue habituel)
- Au cours de l'opération ou à son issue, aucune mortalité piscicole n'a été constatée sur le terrain, ni relatée par les différentes instances en charge de la protection du milieu aquatique (ONEMA, fédérations ou associations de Pêche) ou par les riverains.
- L'abaissement de la retenue a eu un impact sur les populations de moules d'eau douce présentes sur les berges ; en effet, les individus présents sur les parties exondées ont subi une mortalité que la FDPPMA de la Moselle a estimé à 1000 individus sur l'ensemble du linéaire

influencé, soit en moyenne 1 individu tous les 9 ml de berges. En revanche, la majorité des individus, présents sur le fond du lit, n'a pas été impacté ; la configuration du lit de l'Orne (lit assez plat et large, toujours en eau, et berges raides peu propices à l'installation des moules) est de ce fait assez favorable.

On rappelle que les moules sont des supports de pontes pour certaines espèces de poissons potentiellement présents, comme la Bouvière.

8.4. Conclusions de l'opération d'ouverture vis-à-vis du projet

Les tendances qui se dégagent peuvent être résumées comme suit :

- L'Orne présente une bonne diversité naturelle de faciès d'écoulement ;
- Les typologies de berges sont assez uniformes, avec un cordon rivulaire en partie supérieure (correspondant au niveau de retenue habituel), et une partie de marnage constituée majoritairement de blocs ;
- L'Orne présente une dynamique érosive d'ensemble très modeste sur le secteur, même si un désordre local a été constaté

En conclusion, l'opération confirme la faisabilité des scénarii visant à abaisser le niveau de retenue (Scénario 1 à 3), sous réserve que des aménagements locaux de stabilisation soient projetés, ainsi que des actions à l'échelle de l'ensemble du linéaire concernant le cordon rivulaire existant et la végétalisation de la zone de marnage, qui atteint jusqu'à 4 m de hauteur, soit de 5 à 8 m en profil. En revanche, le lit de basses eaux lui-même ne semble pas devoir faire l'objet d'aménagements importants, du fait de la bonne variété de faciès observés.

9. ETUDE DETAILLEE DES SCENARIOS D'AMENAGEMENT

9.1. Scénario 1 : Effacement total de l'ouvrage

9.1.1. Parti d'aménagement retenu

Le principe retenu est celui de l'effacement hydraulique total, c'est-à-dire de la suppression de toute dénivelée entre l'amont et l'aval de l'ouvrage. Ainsi, la dénivelée passe de 3,9 m à 0. L'effacement induit le rétablissement total et permanent de la continuité écologique : libre circulation piscicole et transit sédimentaire.

Pour ce faire, la solution d'aménagement préconisée est celle consistant à :

- démanteler l'ensemble des organes mobiles et des parties métalliques du barrage, à l'exception de la passerelle piétons et cycles du Fil Bleu
- conserver le génie civil de l'ouvrage comprenant notamment les ancrages latéraux, les culées, ainsi que le radier dont la partie centrale fera l'objet d'un réaménagement en surface.

Ce parti est dicté par le bon état général de la structure, ainsi que par le coût important des travaux de démolition complète du génie civil, leur complexité du fait du soutènement à assurer en rive gauche pour la chaussée existante.

En amont, le principe retenu, confirmé lors de la visite effectuée lors de l'opération d'ouverture du barrage, est celui d'un accompagnement de la végétation rivulaire sur l'ensemble du secteur impacté ; cet accompagnement prend la forme d'un traitement du cordon rivulaire existant par coupes et élagages sélectifs, ainsi que d'une revégétalisation des profils de berges découverts suite à l'abaissement du niveau d'eau. En revanche, le fond du lit, qui présente des séquences variées d'écoulement naturel, est conservé en l'état.

A cet accompagnement physique s'ajoute le réaménagement des accès et places de pêche existants, répondant ainsi à la demande des associations.

9.1.2. Aménagement au niveau du barrage

A. Travaux de démantèlement des organes mobiles et de puissance :

- Démantèlement des 3 vannes
- Démantèlement des systèmes de levage
- Démantèlement des blocs moteurs
- Démantèlement des réseaux (hydraulique – électrique)
- Démantèlement des batardeaux métalliques amont

B. Travaux de démantèlement des parties métalliques fixes :

- Démantèlement du local de commande
- Démantèlement de la structure de pont (passerelle-portique)

Les travaux de démantèlement de l'ensemble des organes métalliques requièrent l'emploi d'une grue de tonnage adapté au levage des éléments les plus lourds (vannes, batardeaux, moteurs).

Les travaux s'effectueront après isolement des parties : batardeaux provisoires en amont et en aval avec transit permanent du débit au niveau du pertuis situé à l'opposé des organes démantelés + utilisation des batardeaux métalliques avant leur démantèlement à confirmer pour l'enlèvement des vannes.

Le devenir des différents organes métalliques devra être précisé par le maître d'œuvre : filières de recyclage ou de transformation.

C. Travaux d'adaptation du génie civil :

- Création d'une cunette longue dans le radier : découpe soignée de l'échancrure (profondeur de découpe 40 cm) + ragréage béton avec blocs rugueux.

9.1.3. Aménagements du lit en amont

A. Travaux de traitement du cordon rivulaire existant :

Le traitement sélectif de la végétation rivulaire est rendu indispensable par l'abaissement très important du niveau d'eau : les conditions hydriques du sol étant changé, les sujets vieillissants et les cépées à bras multiples et souches proéminentes doivent en particulier faire l'objet de coupe ou d'éclaircissement ; le traitement est ainsi prévu sur l'ensemble du linéaire concerné par l'abaissement

On rappelle qu'il ne s'agit en aucun cas de coupes « à blanc » ou systématiques, mais d'un éclaircissement raisonné du couvert végétal.

B. Travaux de revégétalisation des berges :

A ce stade d'étude, les travaux de revégétalisation des berges sont proposés sur l'ensemble du linéaire le nécessitant. Leur importance est décroissante d'aval en amont, c'est-à-dire au fur et à mesure que la hauteur de berge découverte diminue.

Plusieurs secteurs sont distingués :

- Secteur aval depuis le barrage jusqu'à la sortie de Joeuf (1 950 m comprenant la rive gauche et la rive droite, soit au total 3 900 m de berges) : c'est le secteur le plus long et celui où les hauteurs de berges découvertes sont les plus importantes (entre 2 et 4 m de hauteur).
Ce secteur fait l'objet des profils type n°1 et n°1bis.
- Secteur de transition à la sortie de Joeuf : rive droite au niveau de l'affleurement argileux en contrebas de la voie SNCF (150 m, profil-type P2) et rive gauche au droit de la future ZAC (400 m, profil type P3).
- Secteur amont depuis le centre jusqu'à la sortie de Joeuf (1 200 m comprenant la rive gauche et la rive droite, soit au total 2 400 m de berges) : c'est le secteur où les hauteurs

de berges découvertes sont les moins importantes (inférieures à 2 m, et quasi-nulles à partir de la passerelle fluides au droit des terrains de football situés en rive droite).
Ce secteur fait l'objet du profil type P4.

Profils-type proposés :

Profil-type P1 : couches de branches à rejets : apport de matériaux terreux sains sur le substrat actuel (blocs le plus souvent) + mise en œuvre de couches de branches vivantes + ligaturage par treillis et protection par géotextile biodégradable + protection particulière du pied de berge par réalisation d'une fascine.

Profil Type P1bis : variante au profil-type P1 pour les profils de berges plus raides (pente supérieure à 3H/2V) : nécessité de reconstitution du talus en matériaux tout-venant sous le lit de matériaux terreux et le système de couches de branches et + protection du pied en blocs d'enrochements issus des matériaux disponibles in situ.

Profil-type P2 : talutage de la partie médiane de la berge, purge des matériaux argileux sur la zone taluté et substitution par des matériaux terreux + pose d'un géotextile biodégradable et bouturage.

Profil type P3 : Coupes sélectives + retalutage léger de la partie supérieure de la berge. Partie inférieure : reprofilage d'accompagnement de l'existant avec réalisation de plages de végétation semi aquatique selon 2 altimétrie : phragmitaie / cariçaie.

Profil-type P4 : Partie supérieure : traitement de la végétation rivulaire et maintien en l'état (berges végétalisées) ou retalutage léger avec pose de géotextile, ensemencement et plantation d'espèces arborées et buissonnantes (berges actuellement sans ripisylve).
Partie inférieure : maintien du profil actuel avec bouturage.

Stratégie de mise en œuvre :

Au vu des coûts importants induits par le linéaire de travaux, une optimisation possible consiste à :

- Créer dans un premier temps des zones tests de type P1 et P1bis sur 20 % du linéaire (800 ml),
- Observer la recolonisation à partir de ces zones et la régénération naturelle,
- Echelonner dans le temps le traitement de l'ensemble des berges.

C. Mesures d'accompagnement pour le loisir pêche :

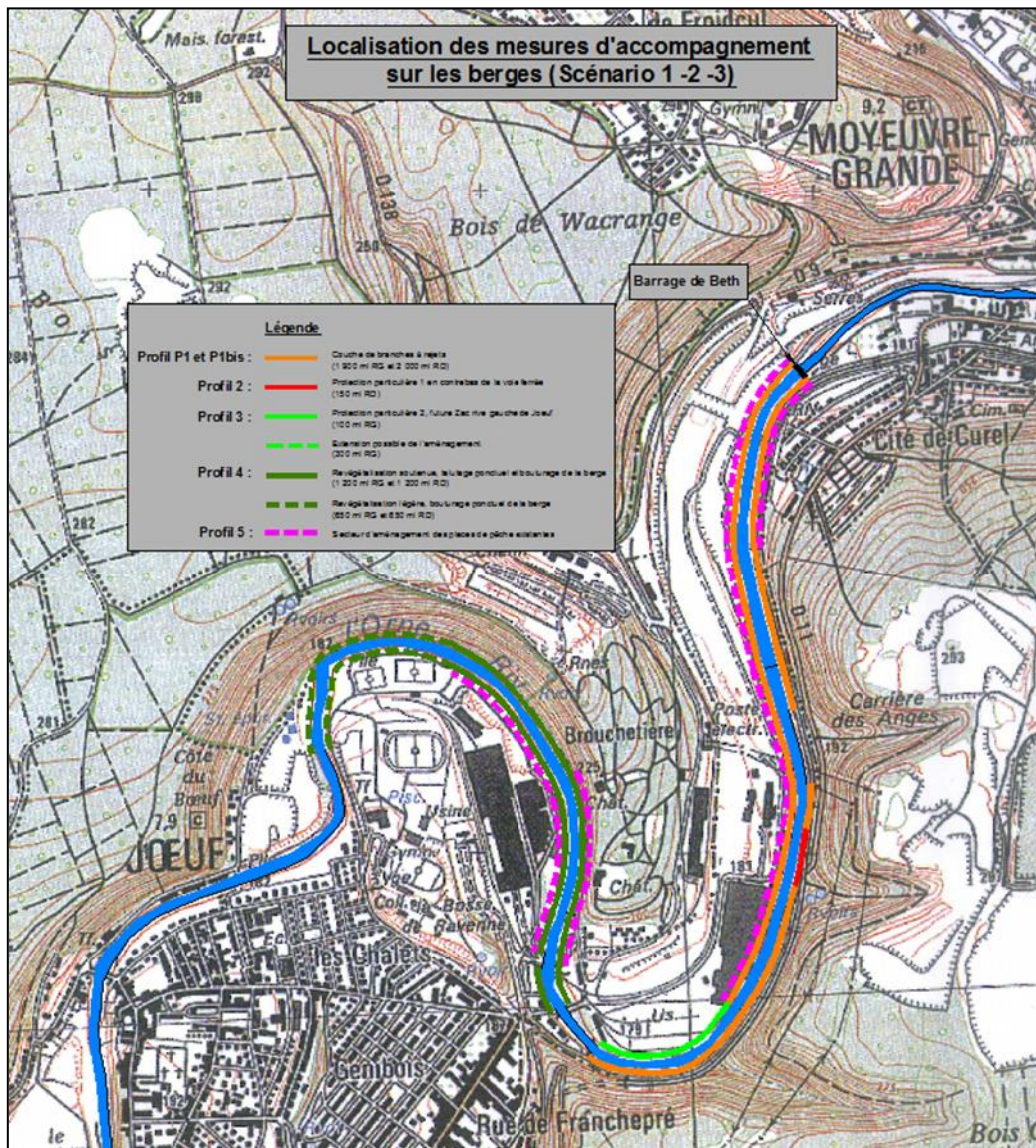
L'évaluation des besoins se porte à environ 80 aménagements ponctuels sur l'ensemble du parcours, la majorité étant situés entre la sortie de Joeuf et le barrage.

L'objectif est de réaliser ces aménagements rustiques entre les zones revégétalisées, sous la forme de trouées sur une dizaine de m l ; pour autant, les escaliers d'accès auraient une largeur comprise entre 1 et 2 m, et les pontons entre 4 et 8 m.

Consistance d'un aménagement type :

- Prolongement de l'accès existant par marches d'escalier en bois
- Création de ponton : matériaux d'assise, ancrage, protection du pied et mise en place de platelage bois

Localisation des aménagements de berges et d'accès pour la pêche suivant les profils-types.



9.1.4. Investigations complémentaires

Plusieurs types d'investigations complémentaires sont nécessaires :

- Nouvelle ouverture prolongée du barrage : nécessaire pour la réalisation d'un levé topographique fin des berges et du lit, et la réalisation de sondages géotechniques en berges. Une ouverture de plusieurs semaines sera nécessaire.
- Levés topographiques complets : incluant notamment un plan-masse détaillé des berges et des rives
- Sondages géotechniques : sites sur profils-type P1, P1bis et P2 + radier du barrage.

9.1.5. Estimation détaillée des coûts

Scénario 1 : effacement hydraulique total					
N°	Intitulé travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire € HT	Prix total € HT
1	Installation et repli de chantier	fft	1	50000	50 000
2	Démantèlement du barrage				185 000
2.1	Révision de la structure / adaptations du GC	fft	1	35000	35 000
2.2	Démantèlement des parties métalliques : vannes, batardeaux, systèmes de levage, passerelle-portique	fft	1	125000	125 000
2.3	Adaptation du radier : création d'une cunette centrale	fft	1	25000	25 000
3	Mesures d'accompagnement sur les berges de la zone d'influence amont				1 093 400
3.1	Traitement de la ripisylve existante	ml	4600	16	73 600
3.2	Protection et renaturation des berges profil type P1 ou P1bis : couches de branches à rejets	mdb	3900	220	858 000
3.3	Protection et renaturation des berges profil type P2 : stabilisation en rive droite le long de la voie ferrée	mdb	150	200	30 000
3.4	Protection et renaturation des berges profil type P3 : aménagement en rive gauche à la sortie de Joeuf	mdb	400	160	64 000
3.5	Protection et renaturation des berges profil type P4 : bouturage soutenu avec retalutage et plantations localisés	mdb	2400	25	60 000
	Protection et renaturation des berges profil type P4 : bouturage léger	mdb	1300	6	7 800
4	Mesures d'accompagnement pour le loisir pêche				224 000
4.1	Réaménagement des accès et places de pêche	u	80	2800	224 000
5	Investigations complémentaires				73 000
5.1	Ouverture prolongée du barrage : procédure administrative, protocole et suivi	fft	1	8000	8 000
5.2	Levé topographique et bathymétrique complet barrage ouvert	fft	1	20000	20 000
5.3	Investigations géotechniques : campagne de sondages sites P1, P1bis, P2, radier du barrage	fft	1	45000	45 000
6	Imprévus travaux et investigations (10 %)				164 520
	TOTAL TRAVAUX € HT				1 789 920
	TOTAL TRAVAUX sur le barrage (hors mesures d'accompagnement sur berges et pour le loisir pêche (postes 3 et 4) € HT				313 280

9.2. Scénario 2 : Effacement avec conservation d'un seuil résiduel de hauteur limitée

9.2.1. Parti d'aménagement retenu

Le principe général est proche de celui du scénario 1 :

- démanteler l'ensemble des organes mobiles et des parties métalliques du barrage, à l'exception de la passerelle piétons et cycles du Fil Bleu ;
- conserver le génie civil de l'ouvrage comprenant notamment les ancrages latéraux, les culées, ainsi que le radier,

... tout en conservant une dénivelée résiduelle sous forme d'un seuil fixe de faible chute.

Ce scénario induit le rétablissement complet de la continuité écologique : circulation piscicole par le seuil franchissable par conception, et transit sédimentaire, le seuil étant de faible hauteur.

L'évolution de la Mission 1 à la Mission 2 tient à la réduction du nombre de seuils, de 3 à 1, pour une dénivelée résiduelle maximale de 0,3 m ; en effet, la modélisation hydraulique a montré l'impact trop important en crues de la succession des 3 seuils présentant au total 0,9 m de dénivelée résiduelle : + 0,33 m en crue décennale, + 0,22 m en crue centennale en amont immédiat de l'ouvrage, pour un secteur à enjeu (route, voie ferrée) situé à l'amont immédiat de la ville de Moyeuve-Grande. Le scénario 2 révisé à 1 seul seuil ne présente pas d'incidence.

En amont, le principe retenu est le même que pour le scénario 1 :

- traitement du cordon rivulaire existant par coupes et élagages sélectifs,
- revégétalisation des profils de berges découverts suite à l'abaissement du niveau d'eau.

Comme pour le scénario 1, à cet accompagnement physique s'ajoute le réaménagement des accès et places de pêche existants, répondant ainsi à la demande des associations.

9.2.2. Aménagement au niveau du barrage

A. Travaux de démantèlement des organes mobiles et de puissance :

- Démantèlement des 3 vannes
- Démantèlement des systèmes de levage
- Démantèlement des blocs moteurs
- Démantèlement des réseaux (hydraulique – électrique)
- Démantèlement des batardeaux métalliques amont

B. Travaux de démantèlement des parties métalliques fixes :

- Démantèlement du local de commande
- Démantèlement de la structure de pont (passerelle-portique)

Les modalités d'exécution sont les mêmes que pour le scénario 1 (voir paragraphe 9.1.2).

C. Travaux d'adaptation du génie civil :

- Création d'un seuil en béton armé à échancrure profonde au niveau du radier (ou en blocs liaisonnés si le seuil est appuyé sur la face amont du radier du barrage).
- Création d'une cunette longue dans le radier : découpe soignée de l'échancrure (profondeur de découpe 40 cm) + ragréage béton avec blocs rugueux.

9.2.3. Aménagements du lit en amont

Les principes, le descriptif et la mise en œuvre sont similaires au scénario 1 (voir paragraphe 9.1.3.), tant pour les aménagements de berges que pour les aménagements d'accès à l'eau pour les pêcheurs.

Pour les profils-type P1 et P1bis à proximité du barrage, la retenue formée par le seuil résiduel a pour effet de réduire légèrement la hauteur du profil à renaturer, en remontant l'ouvrage de pied de berge de 30 cm maximum.

9.2.4. Investigations complémentaires

Comme pour le scénario 1, plusieurs types d'investigations complémentaires sont nécessaires :

- Nouvelle ouverture prolongée du barrage : nécessaire pour la réalisation d'un levé topographique fin des berges et du lit, et la réalisation de sondages géotechniques en berges. Une ouverture de plusieurs semaines sera nécessaire.
- Levés topographiques complets : incluant notamment un plan-masse détaillé des berges et des rives
- Sondages géotechniques : sites sur profils-type P1, P1bis et P2 + radier du barrage.

9.2.5. Estimation détaillée des coûts

Scénario 2 : effacement avec maintien d'un seuil fixe résiduel de faible dénivelée					
N°	Intitulé travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire € HT	Prix total € HT
1	Installation et repli de chantier	fft	1	50000	50 000
2	Démantèlement du barrage				202 000
2.1	Révision de la structure / adaptations du GC	fft	1	35000	35 000
2.2	Démantèlement des parties métalliques : vannes, batardeaux, systèmes de levage, passerelle-portique	fft	1	125000	125 000
2.3	Adaptation du radier : création d'une cunette centrale	fft	1	22000	22 000
2.4	Création d'un seuil central au niveau du radier du barrage	fft	1	20000	20 000
3	Mesures d'accompagnement sur les berges de la zone d'influence amont				1 093 400
3.1	Traitement de la ripisylve existante	ml	4600	16	73 600
3.2	Protection et renaturation des berges profil type P1 ou P1bis : couches de branches à rejets	mdb	3900	220	858 000
3.3	Protection et renaturation des berges profil type P2 : stabilisation en rive droite le long de la voie ferrée	mdb	150	200	30 000
3.4	Protection et renaturation des berges profil type P3 : aménagement en rive gauche à la sortie de Joeuf	mdb	400	160	64 000
3.5	Protection et renaturation des berges profil type P4 : bouturage soutenu avec retalutage et plantations localisés	mdb	2400	25	60 000
	Protection et renaturation des berges profil type P4 : bouturage léger	mdb	1300	6	7 800
4	Mesures d'accompagnement pour le loisir pêche				224 000
4.1	Réaménagement des accès et places de pêche	u	80	2800	224 000
5	Investigations complémentaires				73 000
5.1	Ouverture prolongée du barrage : procédure administrative, protocole et suivi	fft	1	8000	8 000
5.2	Levé topographique et bathymétrique complet barrage ouvert	fft	1	20000	20 000
5.3	Investigations géotechniques : campagne de sondages sites P1, P1bis, P2, radier du barrage	fft	1	45000	45 000
6	Imprévus travaux et investigations (10%)				170 620
	TOTAL TRAVAUX € HT				1 813 020
	TOTAL TRAVAUX sur le barrage (hors mesures d'accompagnement sur berges et pour le loisir pêche (postes 3 et 4) € HT				330 000

9.3. Scénario 3 : Effacement partiel avec conservation de vanes moins hautes et dispositif de franchissement piscicole

9.3.1. Parti d'aménagement retenu

Le parti retenu est celui de la conservation du barrage, avec évolution de sa configuration vers un abaissement des vanes de la moitié de leur hauteur. La dénivelée résiduelle diminue donc de 3,9 m à 2,0 m.

Les vanes actuelles sont donc remplacées, les installations de levage vérifiées et il est prévu que l'ensemble soit automatisé. Le fonctionnement reste équivalent à celui existant (montée progressive des vanes en crue), ce qui garantit le transit suffisant des sédiments.

Afin de rétablir les circulations piscicoles, un dispositif de franchissement doit être créé ; du fait de la dénivelée qui reste substantielle (2,0 m) et de la faiblesse des emprises disponibles en rives, le choix se porte sur un dispositif de passe à bassins successifs en béton armé, dont l'implantation est projetée en rive gauche. Les autres types de dispositifs n'apparaissent pas adaptés aux contraintes du site :

- Bras de contournement : pour une pente maximale de 3 %, le linéaire requis pour un bras naturel, un linéaire de 67 ml est nécessaire, et une emprise de 8 à 15 m en largeur du fait de la hauteur des berges (jusqu'à 4 m) : ces conditions sont incompatibles avec la configuration des lieux.
- Rampe rugueuse : avec une pente de 5 % pour cet ouvrage technique, la longueur est de 40 ml, l'implantation requise en largeur (6 à 8 m utile minimum) et la faiblesse des débits de basses eaux (0,2 à 0,3 m³/s/ml minimum sont requis) sont difficilement compatibles avec l'hydrologie de l'Orne, et réduiraient fortement la plage de fonctionnement du dispositif sur l'année.

A l'amont, le linéaire de berges découvert est moins important que pour le scénario 1, mais atteint quand même 3 140 ml (sortie de Joeuf) ; on remarque que du fait de l'irrégularité du profil en long, ce linéaire découvert n'est pas proportionnel à la réduction de la chute.

Les principes d'aménagements sur les berges et pour les accès pêcheurs sont les mêmes que pour le scénario 1, avec des hauteurs de profils à traiter moins importants.

9.3.2. Aménagement au niveau du barrage

A. Travaux de remplacement des vannages :

- Démantèlement des vanes existantes après batardage à l'aide des portes métalliques existantes
- Mise en place des nouveaux vannages
- Automatisation du système : asservissement au niveau d'eau amont

B. Travaux de création de la passe à poissons :

- Déblai et création d'une enceinte de fondations en palplanches
- Création de la passe en béton armé banchée sur radier : coffrage, ferrailage, coulage. Le fond porte des macrorugosités.
- Rétablissement du fil bleu au niveau de l'emprise de la passe
- Equipements : caillebotis métalliques + batardeaux d'isolement
- Création d'une fosse d'appel en aval : adaptation du radier

Principales caractéristiques de la passe à poissons projetée :

Chute totale / chute unitaire	2,0 m fractionné en 8 chutes de 0,25 m
Nombre de bassins	7
Type d'échancrures	Echancrures rectangulaires avec orifices de fond ou fentes profondes
Type de jet	Jet de surface (ennoyage partiel)
Débit de fonctionnement	0,5 à 0,8 m ³ /s
Puissance dissipée maximale	120 W/m ³

9.3.3. Aménagements du lit en amont

Les principes, le descriptif et la mise en œuvre sont similaires au scénario 1 (voir paragraphe 9.1.3.), tant pour les aménagements de berges que pour les aménagements d'accès à l'eau pour les pêcheurs.

Pour les profils-type P1 et P1bis à proximité du barrage, la retenue formée par le seuil résiduel a pour effet de réduire sensiblement la hauteur du profil à renaturer, en remontant l'ouvrage de pied de berge jusqu'à 2 m maximum. L'ouvrage de protection du pied (fascine) demeure.

Pour les profil-type P2, P3 et P4, les travaux restent similaires.

9.3.4. Investigations complémentaires

Plusieurs types d'investigations complémentaires sont nécessaires :

- Nouvelle ouverture prolongée du barrage : nécessaire pour la réalisation d'un levé topographique fin des berges et du lit, et la réalisation de sondages géotechniques en berges. Une ouverture de plusieurs semaines sera nécessaire.
- Levés topographiques complets : incluant notamment un plan-masse détaillé des berges et des rives et des abords et des organes du barrage.
- Sondages géotechniques : sites sur profils-type P1, P1bis et P2 + berge en rive gauche au droit du barrage (implantation de la passe à poissons).

9.3.5. Estimation détaillée des coûts

Scénario 3 : effacement partiel avec vannes de hauteur réduite et dispositif de franchissement piscicole					
N°	Intitulé travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire € HT	Prix total € HT
1	Installation et repli de chantier	fft	1	70000	70 000
2	Aménagement du barrage actuel				630 000
2.1	Révision de la structure / adaptations du GC	fft	1	35000	35 000
2.2	Révision de la motorisation et des systèmes de levage	fft	1	60000	60 000
2.3	Démantèlement des parties métalliques : vannes	fft	1	20000	20 000
2.4	Remplacement des 3 vannes levantes	u	3	35000	105 000
2.5	Automatisation complète du barrage	fft	1	90000	90 000
2.6	Création d'une passe à poissons en rive gauche : passe à 8 bassins successifs en béton armé avec pré-seuil d'attrait	fft	1	320000	320 000
3	Mesures d'accompagnement sur les berges de la zone d'influence amont				848 400
3.1	Traitement de la ripisylve existante	ml	4600	16	73 600
3.2	Protection et renaturation des berges profil type P1 ou P1bis : couches de branches à rejets	mdb	3900	160	624 000
3.3	Protection et renaturation des berges profil type P2 : stabilisation en rive droite le long de la voie ferrée	mdb	150	180	27 000
3.4	Protection et renaturation des berges profil type P3 : aménagement en rive gauche à la sortie de Joeuf	mdb	400	140	56 000
3.5	Protection et renaturation des berges profil type P4 : bouturage soutenu avec retalutage et plantations localisés	mdb	2400	25	60 000
3.6	Protection et renaturation des berges profil type P4 : bouturage léger	mdb	1300	6	7 800
4	Mesures d'accompagnement pour le loisir pêche				176 000
4.1	Réaménagement des accès et places de pêche	u	80	2200	176 000
5	Investigations complémentaires				88 000
5.1	Ouverture prolongée du barrage : procédure administrative, protocole et suivi	fft	1	8000	8 000
5.2	Levé topographique et bathymétrique complet barrage ouvert	fft	1	20000	20 000
5.3	Investigations géotechniques : campagne de sondages sites P1, P1bis, P2 + barrage rive gauche	fft	1	60000	60 000
6	Imprévus travaux et investigations (10%)				179 920
TOTAL TRAVAUX € HT					1 992 320
TOTAL TRAVAUX sur le barrage (hors mesures d'accompagnement sur berges et pour le loisir pêche (postes 3 et 4) € HT					828 300

9.4. Scénario 4 : Conservation du barrage

9.4.1. Parti d'aménagement retenu

Le parti retenu est celui de la conservation d'un ouvrage, dont on projette la modernisation par automatisation de la manœuvre des vannes ; en revanche, l'installation d'une microcentrale hydroélectrique n'est pas retenue, du fait des faibles rectees attendues, de l'hydrologie de l'Orne marquée par la grande variabilité des débits qui conduit à la réduction importante des périodes de turbinage, ainsi que de l'emprise nécessaire aux installations si l'on ne veut pas réduire la section d'écoulement au niveau du barrage (ce qui entrainerait un impact important sur la ligne d'eau en crues).

L'ouverture systématique des vannes lors des crues garantit le transit suffisant des sédiments.

Afin de rétablir les circulations piscicoles, un dispositif de franchissement doit être créé ; du fait de la dénivelée importante (4,0 m) et de la faiblesse des emprises disponibles en rives, le choix se porte comme pour le scénario 3 sur un dispositif de passe à bassins successifs en béton armé, dont l'implantation est projetée en rive gauche. Les autres types de dispositifs (bras de contournement, rampe rugueuse) n'apparaissent pas adaptés aux contraintes du site pour les raisons décrites au paragraphe 9.3.1.

En amont, la conservation du niveau d'eau n'entraîne aucun aménagement particulier sur les berges.

9.4.2. Aménagement au niveau du barrage

A. Travaux de remplacement des vannages :

- Vérification des installations existantes
- Automatisation du système : asservissement au niveau d'eau amont

B. Travaux de création de la passe à poissons :

- Déblai et création d'une enceinte de fondations en palplanches
- Création de la passe en béton armé banchée sur radier : coffrage, ferrailage, coulage. Le fond porte des macrorugosités.
- Rétablissement du fil bleu au niveau de l'emprise de la passe
- Equipements : caillebotis métalliques + batardeaux d'isolement
- Création d'une fosse d'appel en aval : adaptation du radier

Principales caractéristiques de la passe à poissons projetée :

Chute totale / chute unitaire	3,9 m m fractionné en 15 chutes de 0,26 m
Nombre de bassins	14
Type d'échancrures	Echancrures rectangulaires avec orifices de fond ou fentes profondes
Type de jet	Jet de surface (ennoyage partiel)
Débit de fonctionnement	0,5 à 0,8 m ³ /s
Puissance dissipée maxi	120 W/m ³

9.4.3. Aménagements du lit en amont

Le niveau de retenue étant conservé, il n'y a pas lieu d'aménager les berges en amont. Seul un rattrapage d'entretien sur le cordon rivulaire existant est chiffré.

9.4.4. Investigations complémentaires

Plusieurs types d'investigations complémentaires sont nécessaires :

- Compléments de levés topographiques complets : incluant notamment les abords du barrage.
- Sondages géotechniques : berge en rive gauche au droit du barrage (implantation de la passe à poissons).

9.4.5. Estimation détaillée des coûts

Scénario 4 : conservation de l'ouvrage avec dispositif de franchissement piscicole					
N°	Intitulé travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire € HT	Prix total € HT
1	Installation et repli de chantier	fft	1	60000	60 000
2	Aménagement du barrage actuel				760 000
2.1	Révision de la structure / adaptations du GC	fft	1	35000	35 000
2.2	Révision de la motorisation et des systèmes de levage	fft	1	60000	60 000
2.3	Automatisation complète du barrage	fft	1	90000	90 000
2.4	Création d'une passe à poissons en rive gauche : passe à 14 bassins successifs en béton armé avec pré-seuil d'attrait	fft	1	575000	575 000
3	Mesures d'accompagnement sur les berges de la zone d'influence amont				36 800
3.1	Traitement de la ripisylve existante	ml	4600	8	36 800
5	Investigations complémentaires				28 000
5.1	Levé topographique et bathymétrique complet du barrage partie rive gauche	fft	1	8000	8 000
5.2	Investigations géotechniques : campagne de sondages site du barrage en rive gauche	fft	1	20000	20 000
6	Imprévus travaux et investigations (10%)				88 480
	TOTAL TRAVAUX € HT				973 280
	TOTAL TRAVAUX sur le barrage (hors mesures d'accompagnement sur berges et pour le loisir pêche (postes 3 et 4) € HT				973 280

9.5. Optimisation de l'analyse multicritères

Comme pour la Mission 1 (voir paragraphe 7.3.), les différents impacts prévisibles sont récapitulés dans le tableau ci-dessous par grands thèmes, pour chaque ouvrage et chaque scénario.

L'évaluation qualitative est associée pour chaque critère :

+ / + + : amélioration (modérée / importante) de la situation par rapport à l'état actuel

-- / -- -- : dégradation (modérée / importante) de la situation par rapport à l'état actuel, ou bien statu quo pour une situation de l'état actuel déjà fortement pénalisante

0 : critère indifférent

-- > + : amélioration après une période transitoire pouvant être impactante

? : impact incertain

Critère	Scénarii d'aménagement			
	Scénario 1 Effacement total	Scénario 2 Effacement avec 1seuil	Scénario 3 Effacement partiel avec barrage + passe	Scénario 4 Conservation du barrage + passe
Hydraulique				
Niveau Etiage	-- --	-- --	--	0
Niveau Crues	+	+	0	0
Eaux souterraines	?	?	?	0
Milieu physique				
Faciès d'écoulement	++	++	+	-- --
Transport solide	++	+	+	+
Phénomènes érosifs	-- > +	-- > +	-- > +	0
Milieu naturel				
Végétation rivulaire	-- > +	-- > +	-- > +	0
Circulations piscicoles	++	++	+	+
Qualité de l'eau	+	+	0	0
Lit majeur				
Zone inondable	0	0	0	0
Annexes hydrauliques	0	0	0	0
Activités associées				
Pêche	-- -- > +	-- -- > +	-- > +	+
Canoë-kayak	-- --	--	0	0
Promenade - détente	-- > +	-- > +	-- > +	+
Perception paysagère	-- -- > +	-- -- > +	-- > +	+
Coûts				
Coût d'investissement	-- --	-- --	-- --	--
Subventionnement projeté	++	++	--	-- --
Coût d'exploitation	+	+	--	--

9.6. Conclusions

L'étude d'aménagement du barrage de Beth sur l'Orne à Moyeuve-Grande fait ressortir les principaux points suivants :

- L'ouvrage est en état correct de fonctionnement, mais requiert une gestion et une maintenance importantes, notamment en terme d'astreinte des agents de la Ville de Moyeuve-Grande.
- L'ouvrage n'est plus associé à aucun usage de prise d'eau ; il assure aujourd'hui pour seule fonction seule le maintien de la ligne d'eau en situation courante hors crues, et doit de ce fait être manœuvré quand les débits augmentent, afin de ne pas aggraver le risque d'inondation à l'amont ;
- Le loisir-pêche est très développé au niveau des berges de la rivière dans la zone de retenue artificielle, en particulier en rive gauche en remontant du barrage jusqu'à la sortie de Joeuf. De même, l'ouvrage, situé sur le Fil Bleu de l'Orne dont il porte une passerelle piétons et cycles, est un lieu de passage fréquenté par les promeneurs.
- L'ouvrage est la source d'impacts importants sur le milieu aquatique : uniformisation des faciès d'écoulement et impossibilité de franchissement piscicole. Le transit sédimentaire, lui, est assuré du fait de la levée régulière des vannes en crues. La continuité écologique n'est donc pas assurée dans la situation actuelle.

Face à ces constats, la question du maintien de l'ouvrage en l'état, ou de son réaménagement pour le respect de la continuité écologique se pose. La présente étude a proposé plusieurs scénarios ; l'étude de ces scénarios s'est notamment appuyée sur l'observation du lit de la rivière en basses eaux en configuration de vannes levées (opération d'ouverture temporaire du barrage de juillet 2013).

Le scénario 1 consiste en l'effacement hydraulique total du barrage, avec démantèlement des parties mobiles et métalliques (seule la passerelle du Fil Bleu est conservée), et conservation de la structure du génie civil (ancrages, culées, piles et le radier qui fait l'objet d'une adaptation superficielle). En amont, les berges découvertes du fait de l'abaissement du niveau d'eau (la retenue passe de 3,9 m à 0) font l'objet d'une revégétalisation systématique, et les accès créés par les pêcheurs sont prolongés pour atteindre l'eau.

Ce scénario répond de manière optimale, c'est-à-dire sans dispositifs artificiels, à l'objectif de rétablissement de la continuité écologique ; c'est aussi le scénario qui modifie le plus la perception paysagère du secteur, qui apporte le plus de bouleversements pour les usagers (pêcheurs en particuliers), et qui demande le plus d'actions d'accompagnement sur la végétation rivulaire.

Le scénario 2 est une variante au scénario 1, qui vise à maintenir une chute résiduelle de 0,3 m au niveau du radier de l'ouvrage démantelé, via la création d'un petit seuil qui va rehausser d'autant la ligne d'eau sur les premières centaines de mètres à l'amont de l'ouvrage. Cette solution est proche de la première en terme d'impacts, la continuité écologique étant là encore pérennisée.

Le scénario 3 consiste en un arasement partiel du barrage, par le remplacement des vannes actuelles par des vannes moins hautes (2 m au lieu de 3,9 m). Il requiert la création d'une passe à poissons, afin de rétablir le franchissement piscicole. De fait, le rétablissement de la continuité écologique est effectif grâce aux dispositifs artificiels mis en œuvre. Du fait de l'abaissement de la retenue (de 3,9 à 2,0 m de dénivelée au barrage), il implique comme les scénarios 1 et 2 des mesures d'accompagnement sur les berges et pour les accès à l'eau, mais légèrement moins importants. Ce scénario cumule donc, en

investissement et en fonctionnement, les coûts inhérents à la mise aux normes du barrage, et à la renaturation du lit en amont.

Enfin, le scénario 4 de maintien en l'état avec modernisation (automatisation), constitue une solution de mise aux normes du barrage, avec aménagement de l'ouvrage a minima. Il entérine la fonction de maintien de la ligne d'eau, qui n'est pas associée à un usage industriel ou énergétique. C'est le scénario dont le coût global est le plus faible, car il ne nécessite pas de mesures d'accompagnement à l'amont, mais pour lequel le coût d'aménagement de l'ouvrage lui-même est le plus élevé. La continuité écologique est rétablie par la création de dispositifs artificiels spécifiques (passe à poissons pour le rétablissement des circulations piscicoles) et par la gestion-même de l'ouvrage (ouverture nécessaire des vannes contribuant au transit sédimentaire).

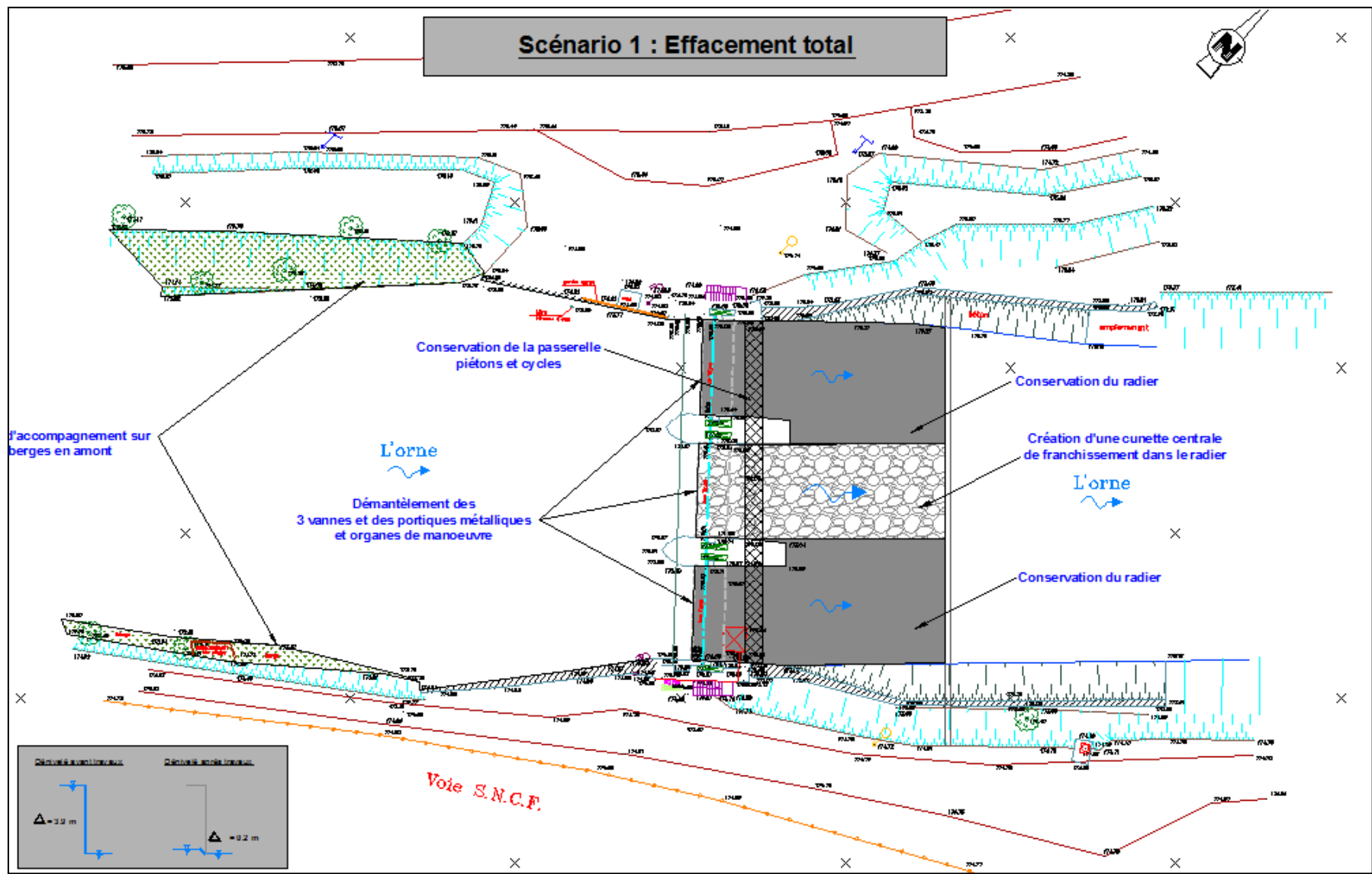
TABLE DES ANNEXES

A – Plans des aménagements : Scénarii 1, 2, 3 et 4 révisés (Mission 2)

B – Plans des aménagements : Profils-types révisés (Mission 2)

**ANNEXE A – Plans masse des aménagements :
Mission 2 - Scénarii 1, 2, 3 et 4**

Scénario 1 : Effacement total



Voie S.N.C.F.

l'accompagnement sur berges en amont

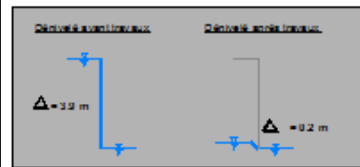
Conservation de la passerelle piétons et cycles

Conservation du radier

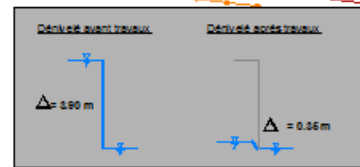
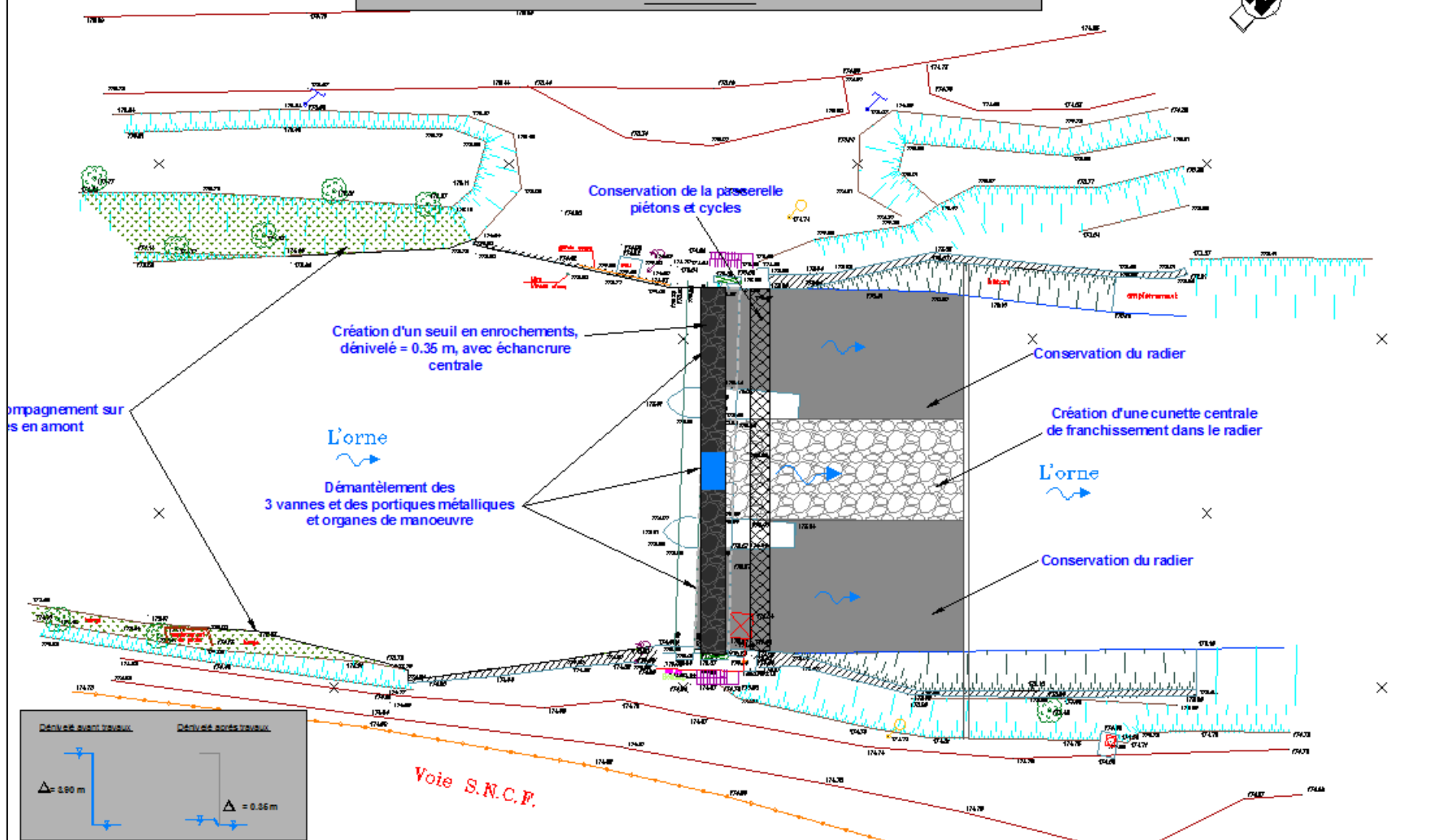
Création d'une cunette centrale de franchissement dans le radier

Démantèlement des 3 vannes et des portiques métalliques et organes de manoeuvre

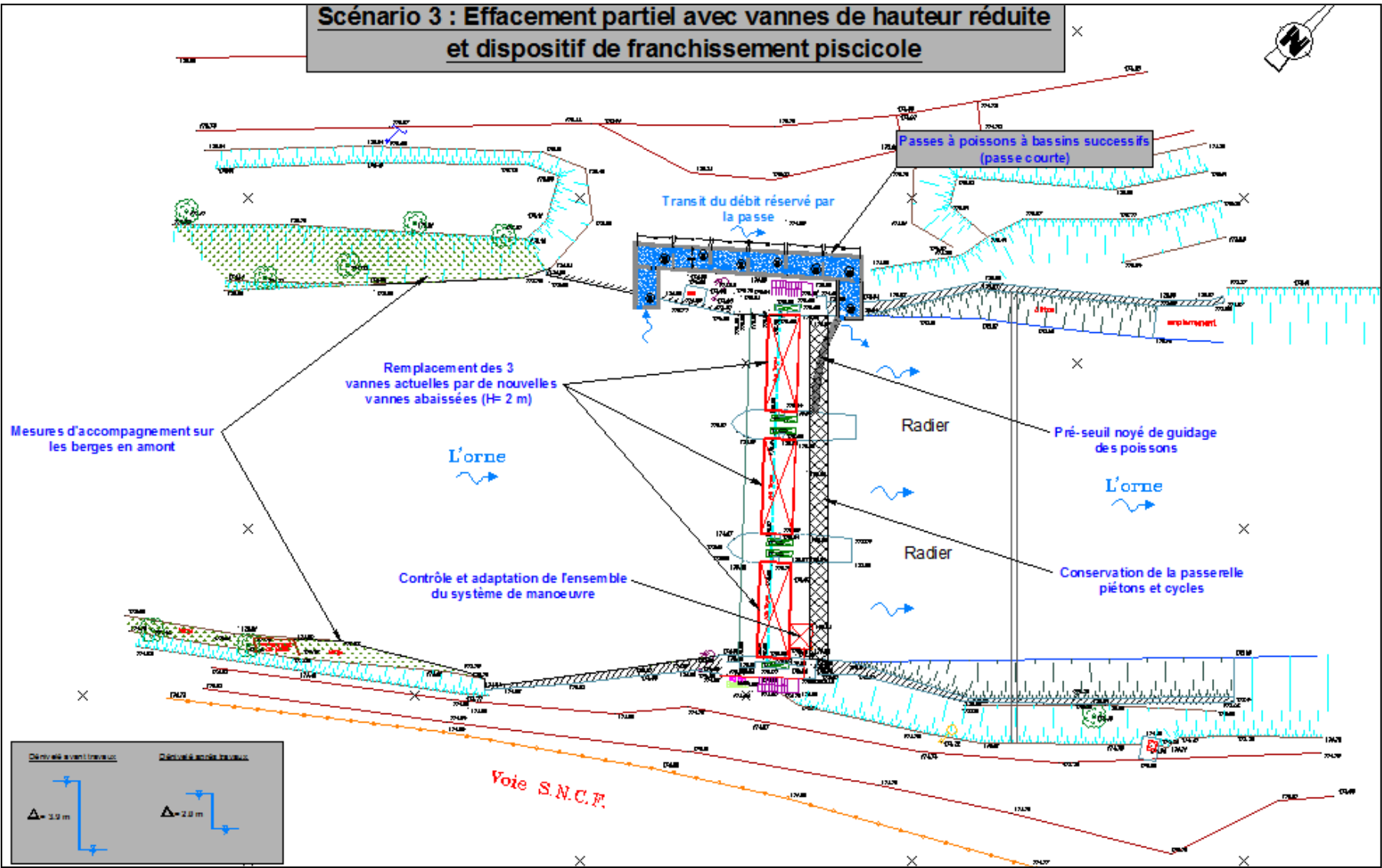
Conservation du radier



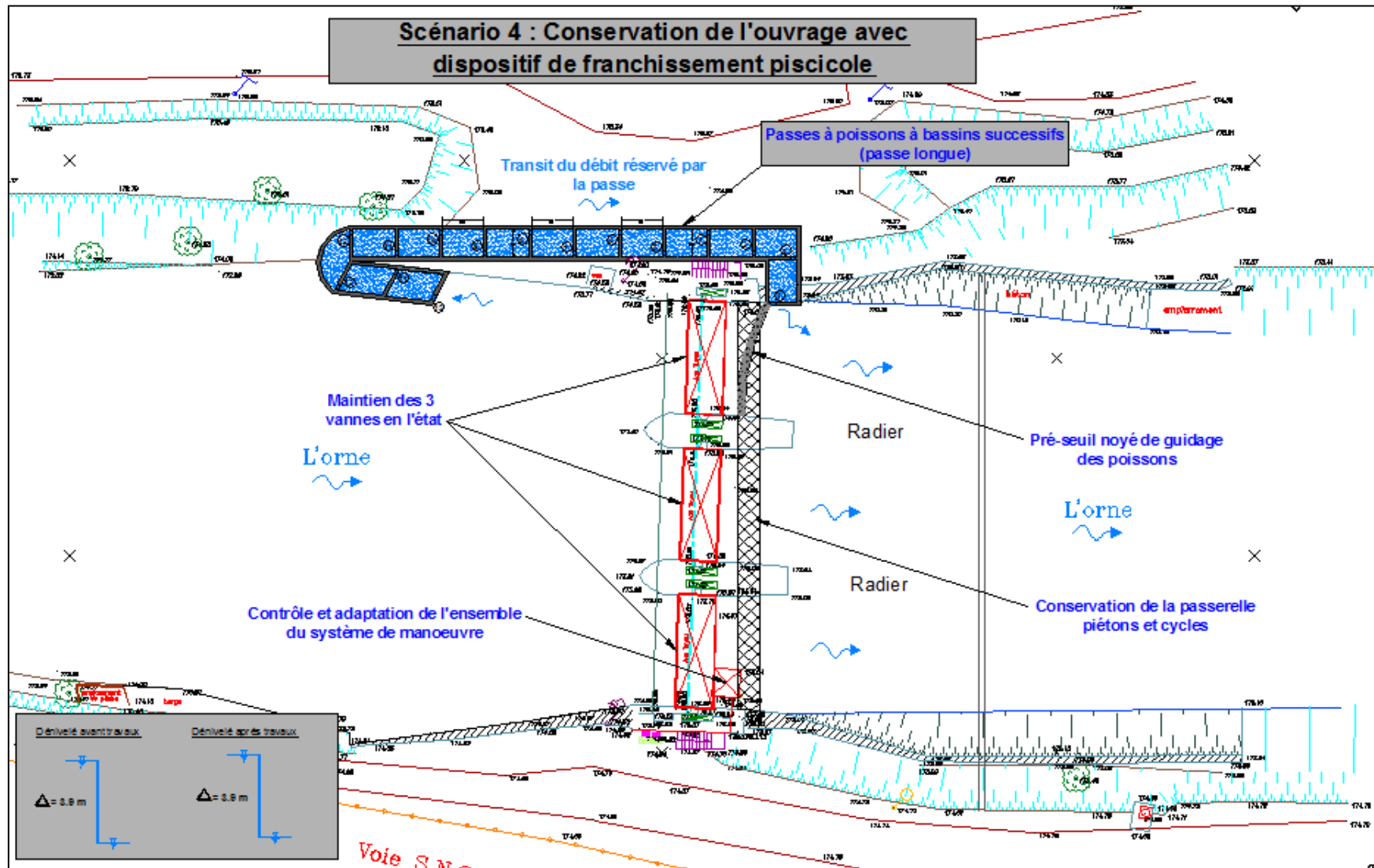
Scénario 2 : Effacement avec maintien d'un seuil fixe



Scénario 3 : Effacement partiel avec vannes de hauteur réduite et dispositif de franchissement piscicole

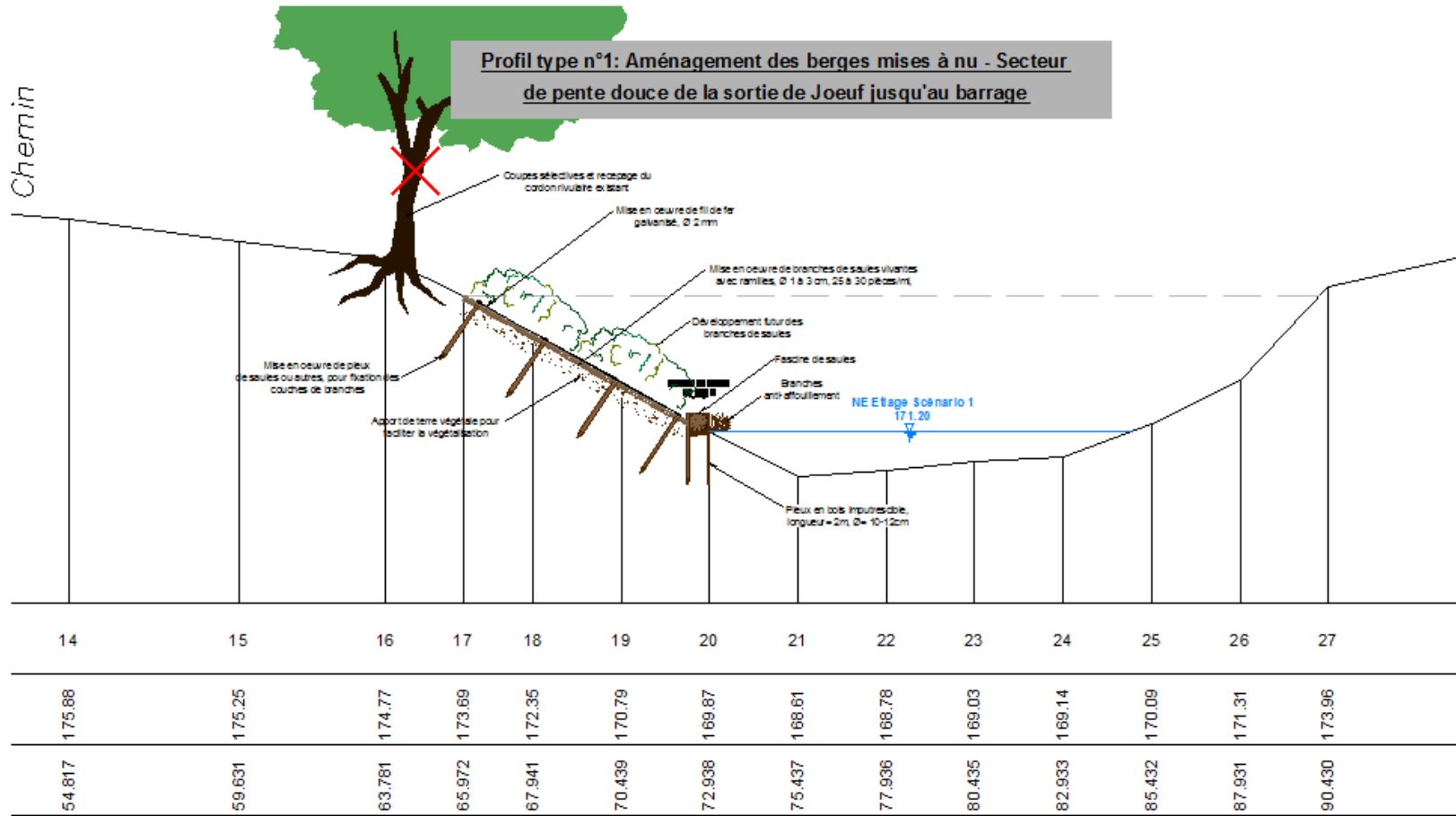


Scénario 4 : Conservation de l'ouvrage avec dispositif de franchissement piscicole



**ANNEXE B – Localisation et Profils-types d'aménagement des berges :
Mission 2 - Scénarii 1, 2 et 3.**

Profil type n°1: Aménagement des berges mises à nu - Secteur de pente douce de la sortie de Joeuf jusqu'au barrage



Maître d'ouvrage
Syndicat de valorisation écologique de l'Orne

Opération
Etude pour l'aménagement du barrage de Beth sur l'Orne

Vérifié par F.L. Dessiné par E.M. Affaire CE 343

Maître d'oeuvre
Sinbio
CAREP SA
ZAC du Barrage - Bd de Finlande - 54340 POMPEY
Tél: 03 83 49 53 29 - Fax: 03 83 49 54 74
www.sinbio.fr - contact@sinbio.fr
Les propositions techniques présentées demeurent la propriété intellectuelle de la société SINBIO. Toute utilisation ou reproduction inclue sans l'accord écrit de SINBIO est interdite par la loi et sera poursuivie.

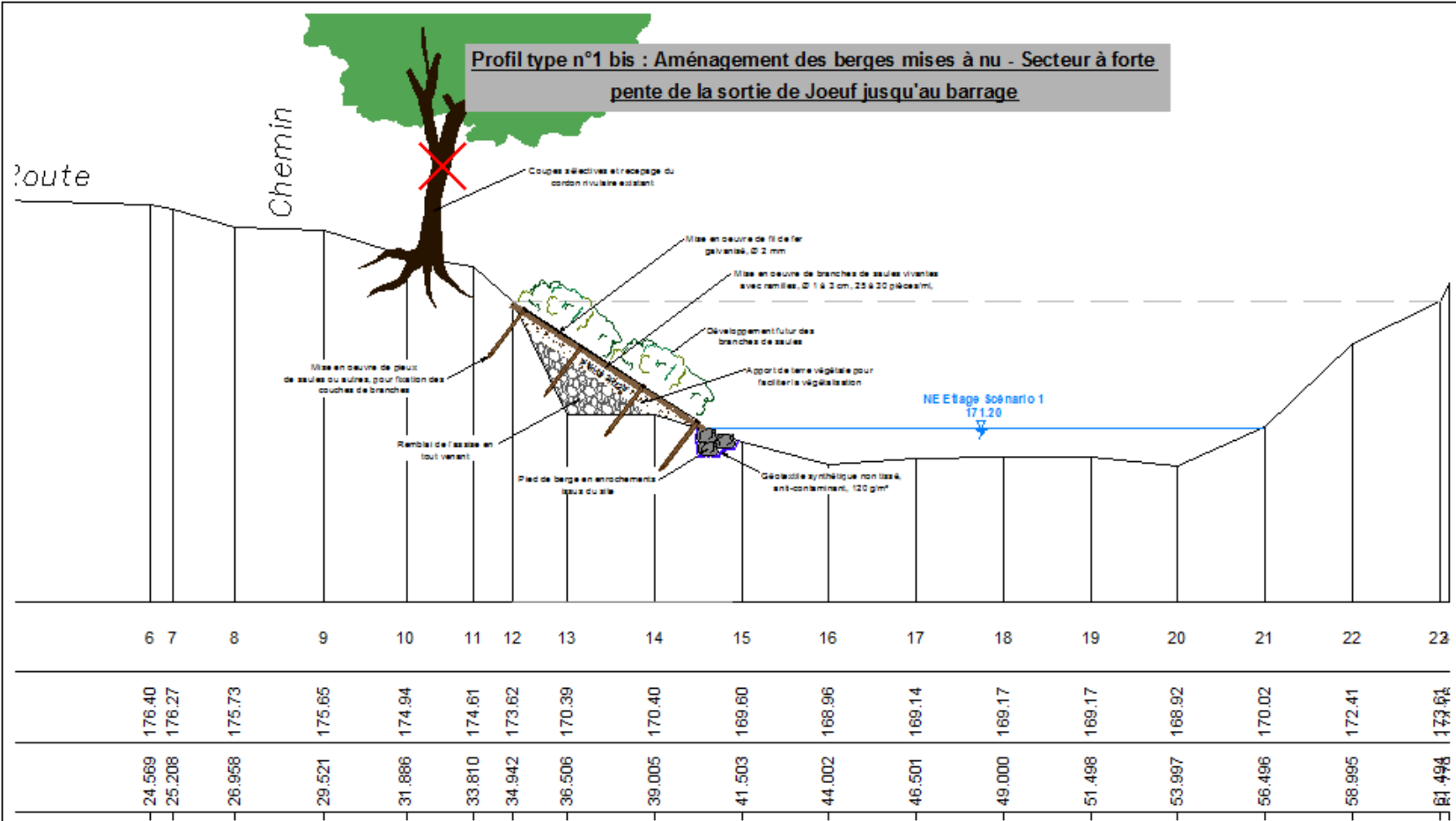
Titre Profil n°1 : Aménagement des berges mises à nu
Secteur à pente douce de la sortie de Joeuf jusqu'au barrage

N° 01 Phase 02 Echelle 1/150

A	Déc 2013	Première émission
Initial	Date	Modifications

Format
A4

Profil type n°1 bis : Aménagement des berges mises à nu - Secteur à forte pente de la sortie de Joeuf jusqu'au barrage



Maitre d'ouvrage
Syndicat de valorisation écologique de l'Ome

Opération
Etude pour l'aménagement du barrage de Beth sur l'Ome

Vérifié par F.L. Dessiné par E.M. Affaire CE 343

Maitre d'oeuvre
Sinbio
CAREPSA
ZAC du Barrage - Bd de Flandre - 54340 POMPEY
Tel: 03 83 49 53 29 - Fax: 03 83 49 54 74
www.sinbio.fr - contact@sinbio.fr

Les propositions techniques présentées demeurent la propriété intellectuelle de la société SINBIO. Toute utilisation ou reproduction, même sans l'accord écrit de SINBIO est interdite par la loi et sera poursuivie.

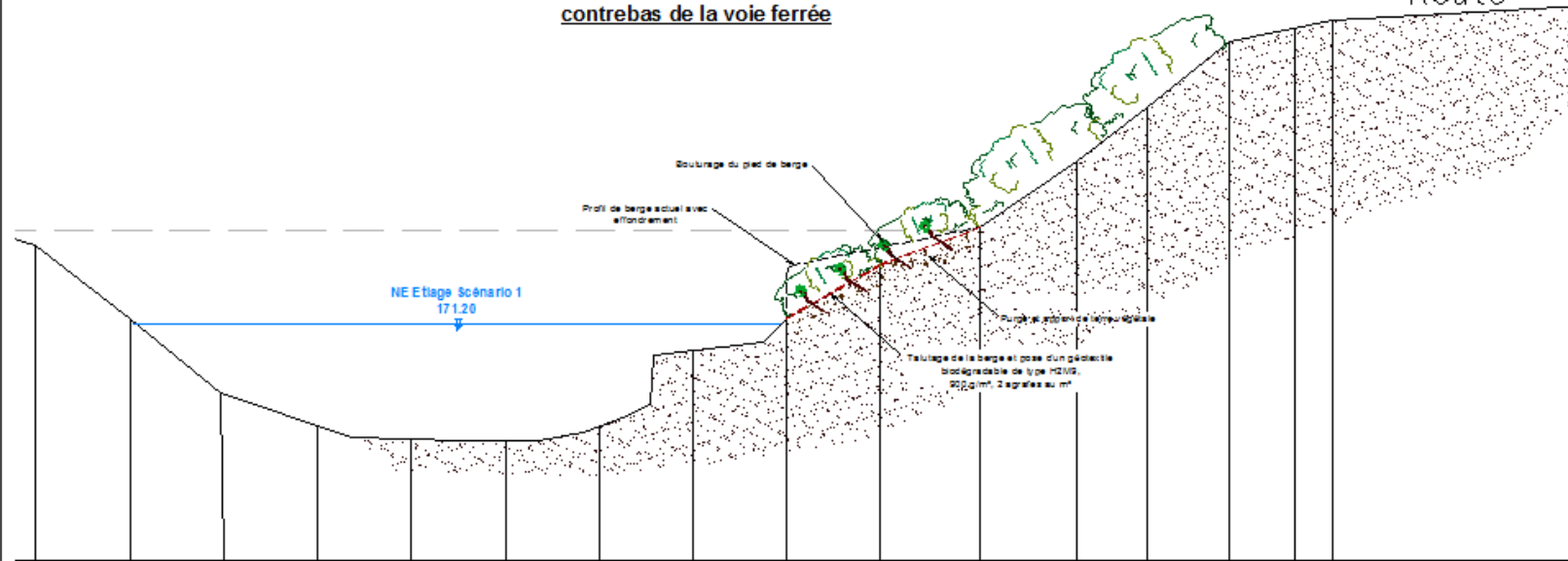
Titre Profil n°1 bis : Aménagement des berges mises à nu Secteur de la sortie de Joeuf jusqu'au barrage

N° 01 bis Phase 02 Echelle 1/150

Format	A4	
Index	Date	Modifications
A	Dec 2012	Première émission

**Profil type n°2 : Protection de la berge en rive droite en
contrebas de la voie ferrée**

Route



16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
173.28	171.31	169.35	168.53	168.17	168.13	168.51	170.52	171.35	172.76	173.74	175.48	176.87	178.61	179.86	179.18
193.680	196.050	198.520	200.990	203.460	205.930	208.399	210.869	213.339	215.809	218.417	220.963	222.833	224.964	226.721	227.885

Maître d'ouvrage
Syndicat de valorisation écologique de l'Orne

Opération
Etude pour l'aménagement du barrage de Beth sur l'Orne

Vérifié par F.L. Dessiné par E.M. Affaire CE 343

Maître d'œuvre
Sinbio
CAREP SA
ZAC du Barrage - Bd de Finlande - 54340 POMPEY
Tél : 03 83 49 53 29 - Fax : 03 83 49 54 74
www.sinbio.fr - contact@sinbio.fr

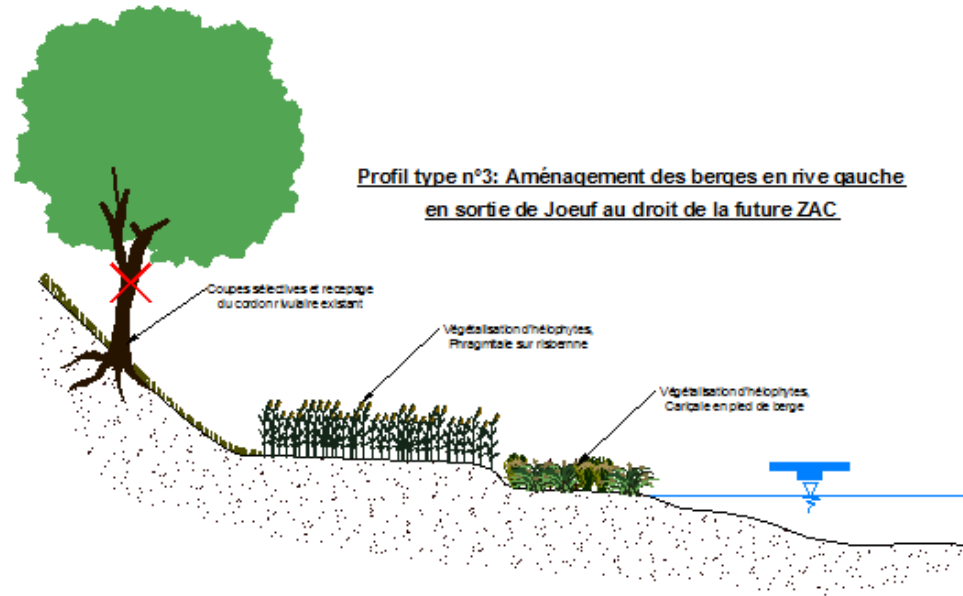
Les propositions techniques présentées demeurent la propriété intellectuelle de la société SINBIO. Toute utilisation ou reproduction non autorisée sans l'accord écrit de SINBIO est interdite par la loi et sera poursuivie.

Titre Profil n°2 : Protection de la berge en rive droite en contrebas de la voie ferrée

N° 02 Phase 02 Echelle 1/150

A	Déc 2013	Première émission
Index	Date	Modifications

Format
A4



Profil type n°3: Aménagement des berges en rive gauche en sortie de Joeuf au droit de la future ZAC

Maitre d'ouvrage
Syndicat de valorisation écologique de l'Orne

Opération
Etude pour l'aménagement du barrage de Beth sur l'Orne

Vérifié par F.L. Dessiné par E.M. Affaire CE 343

Maitre d'oeuvre
Sinbio
CARP SA
ZAC du Barrage - 20 de Finlande - 34340 POMPEY
Tél : 03 53 49 53 29 - Fax : 03 53 49 54 74
www.sinbio.fr - contact@sinbio.fr

Les propositions techniques présentées demeurent la propriété intellectuelle de la société SINBIO. Toute utilisation ou reproduction induisant l'accord écrit de SINBIO est interdite par la loi à peine de nullité.

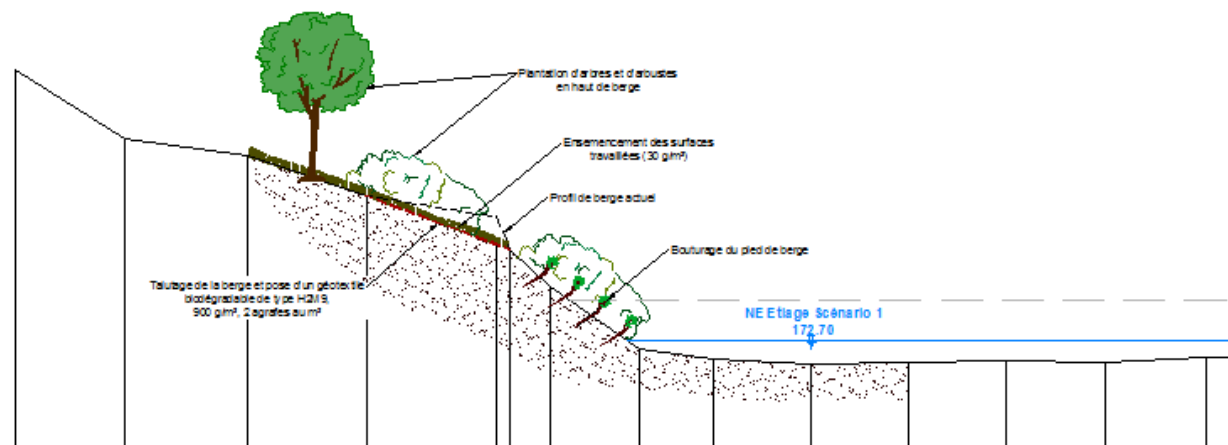
Titre Profil n°3 : Aménagement de la berge en rive gauche en sortie de Joeuf au droit de la future ZAC

N° **03** Phase **02** Echelle **1/150**

A	Déc 2013	Première émission
Index	Date	Modifications

Format
A4

**Profil type n°4 : Revégétalisation des berges en rive gauche dans la traversée aval de
Joeuf(soutenue / légère)**



PC : 170.00 m

Numéros des points TN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Altitudes TN	179.50	177.75	177.32	176.33	175.88	174.98	174.04	172.50	172.23	172.11	172.15	172.21	172.15	172.27	
Distances cumulées TN	0.000	2.753	5.807	8.791	12.063	12.887	13.409	15.649	17.477	19.934	22.366	24.789	27.285	29.833	
Distances partielles TN		2.753	3.055	2.984	3.272	0.824	1.012	2.240	1.828	2.457	2.433	2.423	2.496	2.548	2.

Maitre d'ouvrage
Syndicat de valorisation écologique de l'Orne

Opération
Etude pour l'aménagement du barrage de Beth sur l'Orne

Vérifié par F.L. Dessiné par E.M. Affaire CE 343

Maitre d'oeuvre
Sinbio
CAREP SA
ZAC du Barrage - Bd de Filande - 54340 POMPEY
Tel: 03 83 49 53 29 - Fax: 03 83 49 54 74
www.sinbio.fr - contact@sinbio.fr
Les propositions techniques présentées demeurent la propriété intellectuelle de la société SINBIO. Toute utilisation ou reproduction induite sans l'accord écrit de SINBIO est interdite par la loi et sera poursuivie.

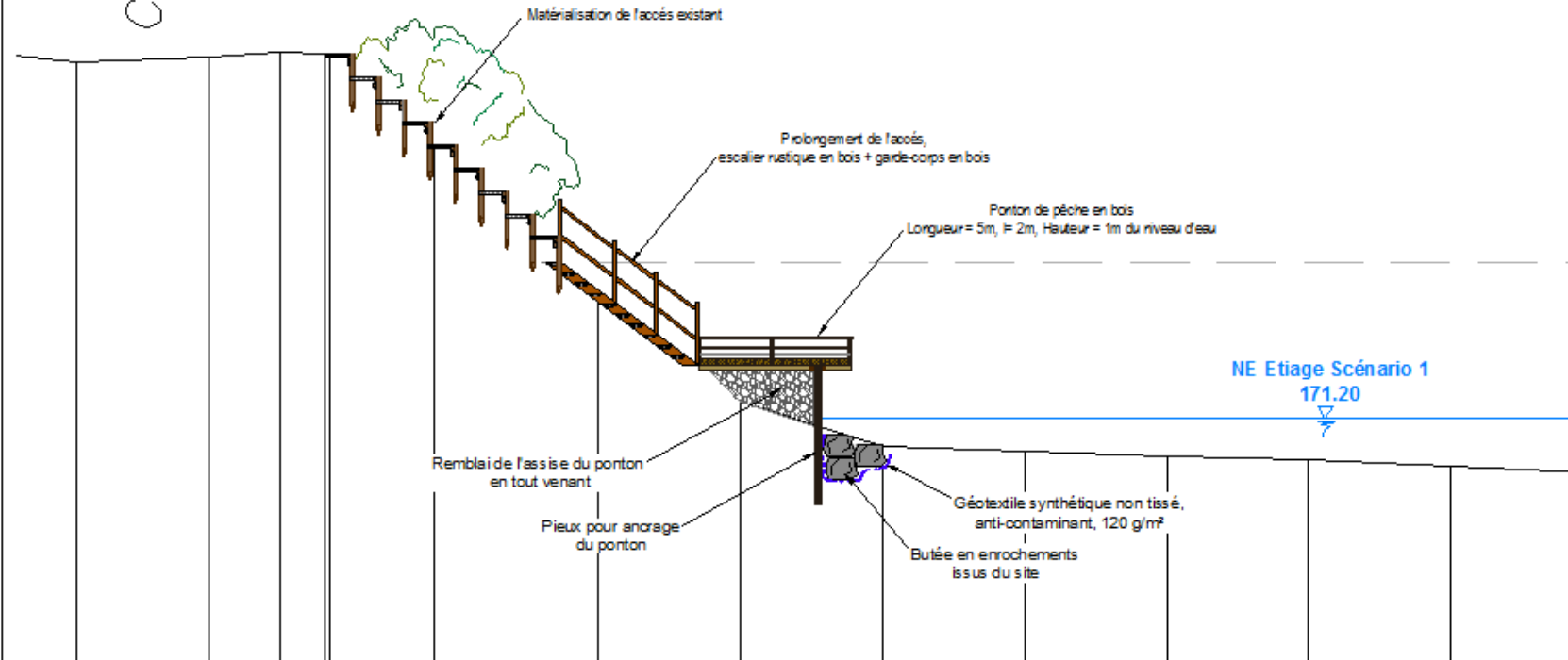
Titre Profil n°4 : Revégétalisation des berges dans la traversée aval de Joeuf

N° 04 Phase 02 Echelle 1/150

Format	A4
Index	A
Date	Déc 2013
Modifications	Première émission

Chemin

Principe de réaménagement de place de pêche dans la zone impactée



Maître d'ouvrage
Syndicat de valorisation écologique de l'Orne

Opération
Etude pour l'aménagement du barrage de Beth sur l'Orne

Vérité par F.L. Dessiné par E.M. Affaire CE 343

Maître d'oeuvre
Sinbio
CAREP SA
ZAC du Barrage - Bd de Filande - 54340 POMPEY
Tel : 03 83 49 53 29 - Fax : 03 83 49 54 74
www.sinbio.fr - contact@sinbio.fr

Les propositions techniques présentées demeurent la propriété intellectuelle de la société SINBIO. Toute utilisation ou reproduction induite sans l'accord écrit de SINBIO est interdite par la loi et sera poursuivie.

Titre Profil n°5 : Principe de réaménagement de place de pêche dans la zone impactée

N° 05 Phase 02 Echelle 1/150

Index	Date	Modifications
A	Déc 2012	Première émission

Format
A4