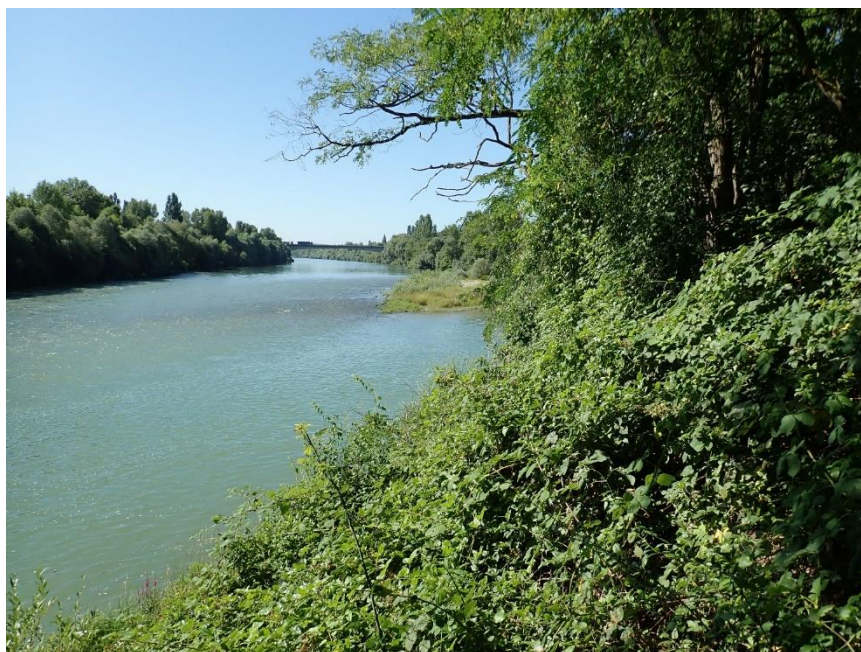




VOIES NAVIGABLES de FRNACE
Direction Territoriale de Strasbourg
4 quais de Paris
CS-30 367 67010 STRASBOURG CEDEX

RENATURATION DES BERGES EN RIVE GAUCHE DU RHIN SUPÉRIEUR ENTRE HUNINGUE ET LAUTERBOURG



ETUDE DE FAISABILITÉ

Groupeement



A	29/04/2021	Modification suite aux remarques du MOA
0	12/03/2021	Première émission
Indice	Date	Modifications

Établi par : N.LUTZWILLER/S.COMPERE

Vérifié par : N.ROUZET

Validé par : N.ROUZET



SOMMAIRE

1	GÉNÉRALITÉ.....	4
1.1	OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	4
1.2	ZONES D'ÉTUDE.....	4
1.3	LISTE DES INTERVENANTS DU PROJET	5
2	DONNÉES D'ENTRÉE DE LA PHASE 1 ET 2	7
2.1	RAPPEL ET SYNTHÈSE DES PHASES PRÉCÉDENTES	7
3	SCÉNARI DE FAISABILITÉ	11
3.1	PRÉAMBULE.....	11
3.2	CATÉGORIE 0 – MAINTIEN DE L'ÉTAT	11
3.3	CATÉGORIE I – MODIFICATION DE LA GESTION	11
3.4	PRIORISATION DES TRONÇONS	27
3.5	INFLUENCE DES SOLUTIONS	27
3.6	APPLICATION AU TRONÇON - ARBRE DE DÉCISION	28
3.7	FACTEUR DE DÉCISION	30
3.8	FICHES DE SOLUTIONS.....	32
3.9	ESTIMATION DES TRAVAUX ET DE LA GESTION.....	34
3.10	PROPOSITION DE LA LONGUEUR MINIMALE PERTINENTE D'INTERVENTION	35
3.11	PROGRAMME DE TRAVAUX – ENVELOPPE FINANCIERE.....	36
3.12	PROCHAINES DÉMAURCHES - SUITE DE L'ÉTUDE DE FAISABILITÉ	36
4	SYNTHÈSES DES SOLUTIONS	38
4.1	RÉCAPITULATIF DE RÉSULTATS SECTEUR A	38
4.2	RÉCAPITULATIF DE RÉSULTATS SECTEUR B- STRASBOURG	41
4.3	RÉCAPITULATIF DE RÉSULTATS SECTEUR B – GERSTHEIM	42
4.4	RÉCAPITULATIF DE RÉSULTATS SECTEUR B - RHINAU.....	43
4.5	RÉCAPITULATIF DE RÉSULTATS SECTEUR B - MARCKOLSHEIM	44
4.6	RÉCAPITULATIF DE RÉSULTATS SECTEUR C	46
5	ANNEXE 1 - NOTE DE MÉTHODOLOGIE (DOCUMENT SÉPARÉ).....	48
6	ANNEXE 2 - FICHES DESCRIPTIVES PAR SECTEUR (DOCUMENTS SÉPARÉS).....	48
7	ANNEXE 3 - FICHES DE SOLUTIONS PAR SECTEUR (DOCUMENTS SÉPARÉS).....	48



8 ANNEXE 4 - LOCALISATION DES TRONÇONS ET TYPES DE SOLUTIONS

.....	49
8.1 SECTEUR A	49
8.2 SECTEUR B - MARCKOLSHEIM	63
8.3 SECTEUR B - RHINAU	65
8.4 SECTEUR B - GERSTHEIM.....	68
8.5 SECTEUR B - STRASBOURG	70
8.6 SECTEUR C.....	72

1 GÉNÉRALITÉ

1.1 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Dans le cadre du plan « Rhin vivant », la Direction Territoriale de Strasbourg (DTS) de Voies Navigables de France (VNF), a souhaité mener les études nécessaires pour caractériser l'état écologique d'une partie des berges du Rhin supérieur (partie française) dont elle a la gestion, et aboutir à des propositions de préservation et d'amélioration de cet état, en lien avec les porteurs du plan « Rhin vivant », en tenant compte des autres enjeux (stabilité des ouvrages, navigation, protection des populations contre les crues, etc.).

Le groupement INGEROP-ECOSCOP a été mandaté pour réaliser ce diagnostic écologique. La présente note a pour but de présenter la méthodologie retenue pour caractériser l'état écologique des berges et proposer des solutions techniques d'amélioration le cas échéant.

1.2 ZONES D'ÉTUDE

Cette étude s'inscrit dans les objectifs de la gestion menée au niveau du bassin international du Rhin par la CIPR, notamment dans le cadre du Plan Rhin 2020 en place depuis 2001. Un de ces objectifs de ce plan concerne la renaturation de 800 kms de berges sur tout le linéaire du Rhin. L'objectif 2005 de 400 km de berges morphologiquement restaurées n'a pas été atteint d'autant (bilan de 2012 = 105 km seulement restaurés). Dans cette ambition, la France est concernée par la rive gauche du Rhin Supérieur représentant une centaine de kilomètres de berges potentielles.

La zone d'étude a été divisée en 3 secteurs sur un linéaire total d'environ 98 km.

Les secteurs A et B correspondent à des tronçons de cours d'eau court-circuités par une dérivation alimentant une ou plusieurs centrales hydro-électriques : les festons. Il s'agit donc de tronçons où le débit est très réduit la majeure partie de l'année et augmente rapidement en période de crues (déversement de la majeure partie du débit dans les tronçons court-circuités dès que le débit est supérieur à 1500 m³/s).

1.2.1 SECTEUR A

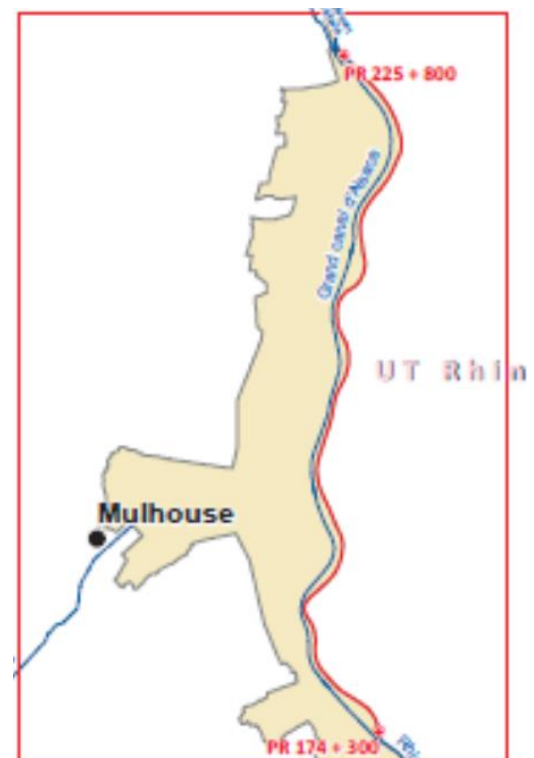
Le secteur A correspond au Vieux-Rhin en parallèle du grand canal d'Alsace.

Le débit réservé de ce tronçon est modulé entre 54 et 150 m³/s en fonction des périodes de l'année. Sur ce tronçon, la ligne d'eau n'est influencée que dans sa partie aval par le barrage agricole de Breisach. Ce secteur est en partie navigable et comprend une écluse à Breisach, gérée par les autorités allemandes

La zone d'étude de ce secteur s'étend en rive droite de l'île du Rhin sur une longueur totale d'environ 51,2 km à partir du PK-km 174+300, à la hauteur de Huningue, jusqu'au PK-km 225+800, à la hauteur de Vogelgrun. L'emprise du projet comprend la zone de la berge jusqu'au chemin de halage dont la largeur peut être très variable en fonction de l'emplacement du chemin.

Dans ce secteur, EDF apparait comme propriétaire d'une partie des berges avec une gestion actuellement réalisée par la VNF Direction de Strasbourg.

Dans ce secteur, la Petite Camargue Alsacienne (PCA) est également un interlocuteur sur la zone de Breisach/Kembs. Pour information, le plan de gestion actuel de la PCA est en cours de révision et comprend des projets de connexions de bras secondaires, de luttes écologiques ou de suivis écologiques ainsi que pédagogiques.



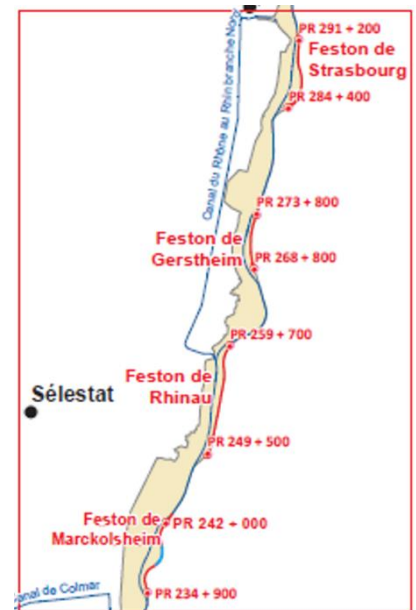
1.2.2 SECTEUR B

Le secteur B correspond au Vieux-Rhin au droit des quatre aménagements en feston, de l'amont vers l'aval comme suit :

- Marckolsheim PK 234,900 à 242,000
- Rhinau PK 249,500 à 259,700
- Gerstheim PK 268,800 à 273,800
- Strasbourg PK 284,300 à 291,200

La longueur totale de ce secteur atteint 29 km. La majeure partie de la berge est sous la gestion de VNF. Les autres gestionnaires sont EDF (au droit des seuils agricoles), l'Eurométropole de Strasbourg sur le feston de Strasbourg (RNN) et la Conservatoire des Sites Alsaciens (CSA) au droit du feston de Rhinau.

Le débit réservé dans les tronçons court-circuités est fixé à 15 m³/s tout au long de l'année. La ligne d'eau dans ces tronçons est influencée par une succession de seuils fixes. Il n'y a pas de navigation, en revanche la mise à l'eau de petites embarcations peut être autorisée par VNF.

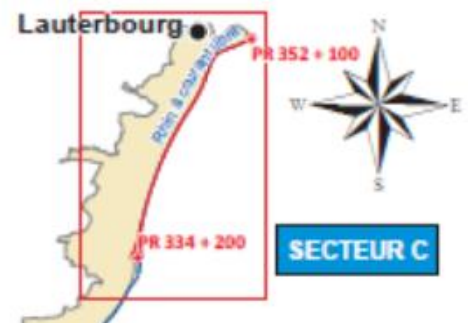


1.2.3 SECTEUR C

Le secteur (C) correspond à un tronçon de cours d'eau navigable rectifié et comprenant des épis qui stabilisent le chenal navigable. Ce tronçon du Rhin à courant-libre à l'aval d'Iffezheim jusqu'à Lauterbourg, entre les PK 334,200 et PK 352,100 mesure environ 18 km.

La gestion des berges est réalisée par VNF.

Le courant dans le chenal de navigation est ici conséquent et a conduit à un enrochement des portions de berges concaves. La ligne d'eau n'est pas influencée par des seuils. Lors des crues importantes, les débordements dans le lit majeur sont limités par les digues de hautes eaux.



1.3 LISTE DES INTERVENANTS DU PROJET

Au cours de cette étude, différents intervenants, organismes, collectivités et organisations ont été contactés et associés au projet :

- DREAL
- Agence de l'eau Rhin-Meuse
- Communes concernées par le périmètre de l'étude
- VNF – Direction territoriale de Strasbourg
- EDF
- Petite Camargue d'Alsace (PCA)
- Conservatoire d'espaces naturels Alsace (ancien CSA)
- Eurométropole de Strasbourg
- Région Grand Est
- Associations de pêche

- 
- Associations de chasse
 - Communautés de communes
 - SDEA
 - Regierungspräsidium Freiburg
 - WSA
 - etc.

Dans le cadre du projet, les différentes communes ont été contactées au cours de la phase 1, afin de présenter le sujet de l'étude et acquérir des informations auprès des projets en cours ou planifiés dans le secteur.

En parallèle, des organismes divers (EDF, WSA, ONF, OFB, Regierungspräsidium Freiburg, ...) ont été contactés lors des phase 1 et 2.

Les discussions ont été menées afin, d'une part, d'échanger davantage sur les expériences de renaturation sur le Rhin et, d'autre part, d'aborder les sujets techniques (retour d'expérience) et les éventuelles modifications sur la berge.

Certaines communes ont signalé des contraintes ou un intérêt dans cette étude. Des échanges téléphoniques en particulier ont eu lieu. Les informations réceptionnées ont été intégrées dans les réflexions des solutions, comme :

- Plan de gestion de la Petite Camargue d'Alsace (en cours de finalisation et publication)
- Plan de gestion actuel du Conservatoire d'espaces naturels d'Alsace (ancien CSA)

Les acteurs de VNF gestionnaires des différents secteurs d'étude ont également été interrogés.

2 DONNÉES D'ENTRÉE DE LA PHASE 1 ET 2

2.1 RAPPEL ET SYNTHÈSE DES PHASES PRÉCÉDENTES

2.1.1 PHASE 1

La phase 1 consistait à déterminer la méthodologie de regroupement des tronçons homogènes en tronçons type, base des réflexions de la phase 3.

La méthodologie appliquée fait l'objet d'une note séparée, soumise le 4 décembre 2020 au Maître d'Ouvrage. Cette note méthodologique comprend également les démarches de la phase 2. Les résultats de la phase 2 sont récapitulés dans le chapitre suivant.

2.1.2 PHASE 2

La phase 2 consistait à déterminer l'état écologique ainsi que le potentiel de renaturation des différents tronçons établis lors de la phase 1.

- **État écologique**

Le secteur A présente un état écologique globalement moyen avec toutefois près de 20 % du linéaire en « bon » état écologique, essentiellement situé dans le tiers sud du secteur.

La répartition est à peu près équivalente sur le feston de Marckolsheim. A noter que ce feston est le seul où des potentialités faunistiques fortes (hors micro-habitat) ont été identifiées (en plus d'un tronçon sur le secteur A), pour l'avifaune liée aux milieux aquatiques et arboricoles. Il s'agit également du seul feston qui ne présente pas de berges en état écologique « très faible ».

Sur les festons de Rhinau et Strasbourg, une part importante des berges est dans un état écologique « faible » ou « très faible ». Il s'agit des deux seuls secteurs où toutes les classes sont représentées et où des espèces patrimoniales ont été relevées.

A Gerstheim, la grande majorité des berges sont dans un état écologique « moyen ». Les portions de berges dont l'état écologique est le plus dégradé sont souvent situées à proximité des seuils.

Le secteur C très artificialisé présente logiquement une majorité de berges dont l'état écologique est « faible » ou « très faible » (80%). Aucune berge en bon état écologique ne se dégage de l'analyse.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau : Longueur et nombre de tronçons par classe d'état écologique et par secteur

Etat écologique						Total
	Très faible	Faible	Moyen	Bon	Très bon	
Secteur A						
Nb tronçon-type	6	5	24	4		39
Long. (m)	4646	4366	33718	10695		53425
Part	8,7%	8,2%	63,1%	20%		
Secteur B - Marckolsheim						
Nb tronçon-type		2	6	2	2	12
Long. (m)		1557	3636	1731	311	7235
Part		21,5%	50,3%	23,9%	4,3%	
Secteur B - Rhinau						
Nb tronçon-type	3	4	6	5	1	19
Long. (m)	588	4941	3226	2050	411	11216
Part	5,2%	44,1%	28,8%	18,3%	3,7%	



Secteur B - Gerstheim						
Nb tronçon-type	1	1	6	3		11
Long. (m)	91	576	4395	342		5404
Part	1,7%	10,7%	81,3%	6,3%		
Secteur B - Strasbourg						
Nb tronçon-type	2	3	1	1	1	8
Long. (m)	2039	2673	950	1068	216	6946
Part	29,4%	38,5%	13,7%	15,4%	3,1%	
Secteur C						
Nb tronçon-type	7	1	5			13
Long. (m)	11197	2978	3620			17795
Part	62,9%	16,7%	20,3%			
Total						
Nb tronçon-type	19	16	48	15	4	102
Long. (m)	18561	17091	49545	15886	938	102021
Part	18,2%	16,8%	48,5%	15,6%	0,9%	

- Potentiel de renaturation**

Les résultats de cette phase inscrit dans les fiches références et rappelés ci-dessous :

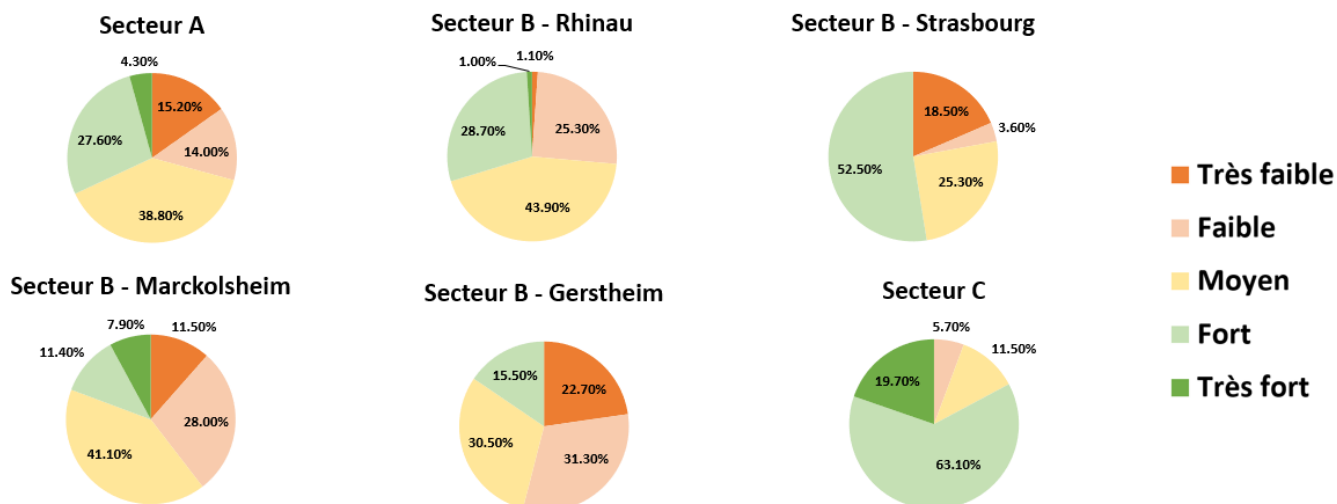
1. Critère d'évaluation

Potentiel de restauration		-3	-2	-1	0	+1	+2
Présence de contraintes sur les berges		Quai, Enrochement important		Ouvrages ponctuels, épis	Non		
Présence de contraintes à l'arrière des berges (usages)				Oui	Non		
Variabilité en plan de la berge				Irrégulière		Régulière	
Pente des berges	Berge concave			Forte	Moyenne	Faible	
	Berge convexe ou linéaire			Faible	Moyenne	Forte	
Signes d'érosion					Oui	Non	
Etat écologique			Très bon	Bon	Moyen	Faible	Très faible

2. Notation du potentiel de renaturation

Potentiel de restauration	Très faible	Faible	Moyen	Fort	Très fort
Note finale	≤ -1	0	1	2 - 3	≥ 4

3. Synthèse de la notation



Ces résultats sont la base des réflexions pour des solutions de renaturation des berges en rive gauche du Vieux Rhin et du Rhin au courant libre.

Les commentaires présentés ci-après sont des tendances générales observées pour chaque secteur, mais pour lesquelles il y a systématiquement des exceptions. C'est pourquoi il est difficile de faire des analyses très précises dans la mesure où aucune « règle » ne se dégage véritablement pour chaque secteur. Une classe donnée rassemble toujours des tronçons pour des raisons diverses, des combinaisons de facteurs différentes.

Sur le secteur A et le feston de Rhinau, la répartition assez équilibrée entre les potentiels de restauration bon, moyen et faible. C'est le plus souvent la pente de la berge qui fait qui influence, mais aussi la présence d'ouvrages sur le secteur de Rhinau (nombreux passages à gué, par exemple, et plusieurs seuils).

Sur les biefs de Marckolsheim et Gerstheim, les potentiels de restauration faibles et moyens sont dominants. En effet, les berges ne présentent globalement pas de fortes dégradations du fait de leur pente souvent en cohérence avec la forme générale de la berge (feston de Marckolsheim) et de la présence d'épis (feston de Gerstheim), ceux-ci apportant cependant une contrainte supplémentaire à des opérations de restauration.

Sur le secteur de Strasbourg, l'essentiel du linéaire présente un fort potentiel de restauration du fait de végétations banales et de contraintes peu présentes. Pour les autres tronçons, c'est le bon état écologique voire très bon qui induit un potentiel de restauration faible plutôt que des contraintes (tronçon type 3 et 4).

Le secteur C où les berges sont fortement artificialisées, est celui dont la part de berges à potentiel de restauration « fort » ou supérieur est la plus importante. La marge d'amélioration est importante aussi bien en termes de végétation que de profil de berge ou de dynamique fluviale.



Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Potentiel de restauration						Total
	Très faible	Faible	Moyen	Fort	Très fort	
Secteur A						
Long. (m)	7591	8029	20749	14744	2311	53425
Part	14%	15,2%	38,8%	27,6%	4,3%	
Secteur B – Marckolsheim						
Long. (m)	830	2028	3200	605	572	7235
Part	11,5%	28,0%	44,2%	8,4%	7,9%	
Secteur B – Rhinau						
Long. (m)	129	2843	4920	3215	110	11216
Part	1,1%	25,3%	43,9%	28,7%	1,0%	
Secteur B - Gerstheim						
Long. (m)	1225	1693	1650	835		5404
Part	22,7%	31,3%	30,5%	15,5%		
Secteur B - Strasbourg						
Long. (m)	1284	252	1760	3649		6945
Part	18,5%	3,6%	25,3%	52,5%		
Secteur C						
Long. (m)		2038	3287	10206	2263	17795
Part		11,5%	18,5%	57,3%	12,7%	
Total						
Long. (m)	11059	16883	35566	33255	5256	102019
Part	10,8%	16,5%	34,9%	32,6%	5,2%	

3 SCÉNARI DE FAISABILITÉ

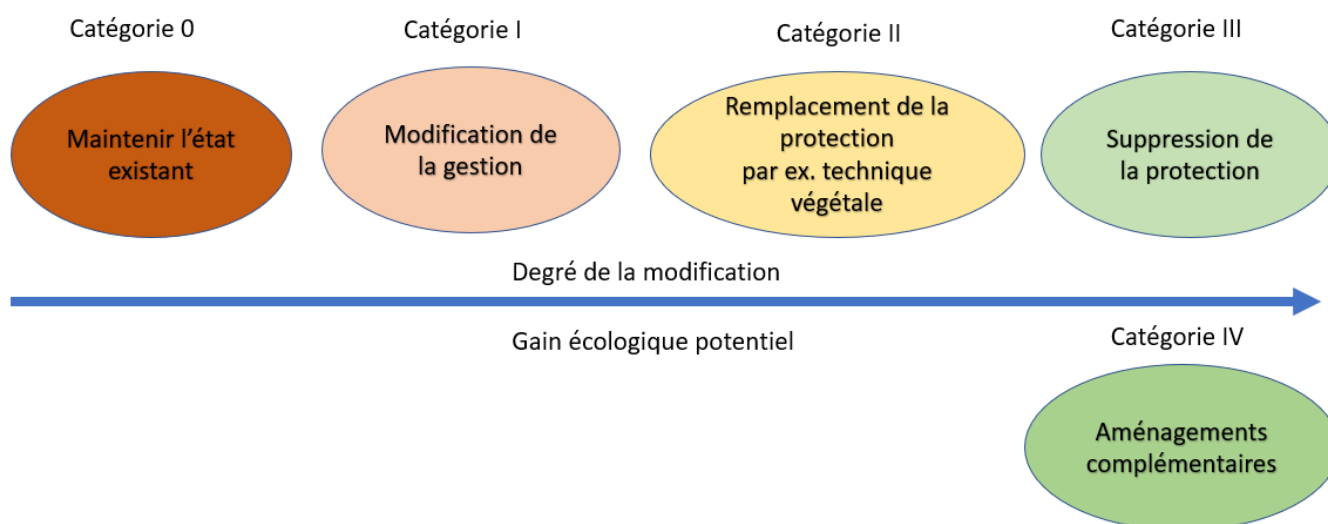
3.1 PRÉAMBULE

L'approche d'une renaturation d'un site est soumise à de multiples facteurs. Les contraintes actuelles et futures ont un impact sur le choix de la solution.

Les prochaines démarches prennent en compte les contraintes identifiées et proposent une échelle de modification en lien avec les contraintes de chaque site.

Dans le cadre de ce projet, nous proposons 5 différentes catégories. Les catégories se distinguent par leurs niveaux d'interventions nécessaires. Chaque catégorie comprend jusqu'à 4 sous-solutions afin de répondre au mieux aux contraintes et au besoin de maximiser les effets de la renaturation des berges et de la biodiversité.

Le graphique ci-dessous schématise les catégories, pour lesquelles une présentation des différents aménagements envisagés est donnée dans les chapitres ultérieurs :



3.2 CATÉGORIE 0 – MAINTIEN DE L'ÉTAT

Cette mesure est proposée lorsque :

- L'état actuel de la berge ne justifie pas la mise place de mesures lourdes
- Les contraintes identifiées ne permettent pas la mise en œuvre de solutions techniques.

Il s'agit donc ici de poursuivre les conditions de gestion actuelles. Lorsque cela est pertinent, des recommandations ou des points de vigilance peuvent être formulés.

3.3 CATÉGORIE I – MODIFICATION DE LA GESTION

L'objectif de cette mesure est d'adapter la gestion actuelle, soit par des mesures ponctuelles ou par des mesures d'entretien à long terme, afin de favoriser le développement d'habitats plus diversifiés et plus favorables à l'accueil de la biodiversité.

Cette catégorie regroupe les mesures suivantes :

3.3.1 CAT. I. 1 - ADAPTATION DES PÉRIODES ET/OU DES FRÉQUENCES DE FAUCHE

Certains secteurs de berges font l'objet d'un entretien très régulier, ce qui limite l'expression de la biodiversité avec une tendance à l'appauvrissement du cortège floristique. L'objectif de cette mesure est de mettre en place une gestion plus extensive, en repoussant autant que possible la date de la première fauche c'est-à-dire en n'intervenant pas avant le 15 juin et à limiter au mieux la fauche à une intervention par an.

Cette mesure est particulièrement facile à mettre en œuvre puisqu'il s'agit d'adapter une gestion déjà en place et qu'elle ne nécessite pas de matériel spécifique autre que celui déjà employé.

En revanche, la mesure n'est pas adaptée aux secteurs qui présentent des besoins en termes d'accès ou de visibilité et le calendrier peut être contraignant lors d'interventions en périodes sensibles pour la faune.

3.3.2 CAT. I.2 - LUTTE CONTRE LES ESPÈCES EXOTIQUES ENVAHISSANTES

L'objectif de cette mesure est de mener des actions visant à réduire ou supprimer les espèces exotiques envahissantes afin d'améliorer la naturalité des habitats, augmenter leur diversité floristique et améliorer les potentialités d'accueil de l'habitat pour la faune.

Les coûts de mise en œuvre sont importants avec une garantie de résultats pouvant être très variables.

Dans le contexte observé, cette mesure demande une surveillance rigoureuse pour veiller au risque de reprise des espèces par dispersion au cours des interventions en raison de la proximité de la voie d'eau. Le risque de recolonisation post-intervention par l'apport de semences ou de boutures par les crues est difficilement maîtrisable et met en péril la pérennité de la mesure.

❖ *Lutte contre la Renouée du Japon*

Le moyen d'intervention physique contre la Renouée du Japon le plus efficace et le plus utilisé est celui de la fauche. Cette intervention doit être réalisée manuellement, et consiste à couper les tiges au ras du sol dès lors qu'elles atteignent 50-60 centimètres de hauteur. L'intervention mécanique est déconseillée en raison du risque de dispersion de fragments (tiges ou rhizomes).

Ces fauches manuelles doivent être répétées plusieurs fois dans l'année de manière intensive (9 à 12x par an de mars à octobre) sur plusieurs années (une intervention sur 5 ans minimum est recommandée).

Par la suite, des fauches régulières (1 à 2 fauches/an) devront être maintenues même si moins intenses, car l'arrêt complet de la gestion entraînera une recolonisation du site.

Sur les secteurs colonisés sur des grandes étendues et si la configuration des berges le permet, une lutte par pâturage (caprins essentiellement) constitue une alternative ou un complément aux interventions de fauchage.

Une fois la Renouée du Japon supprimée ou suffisamment diminuée, la plantation d'espèces locales arbustives et/ou arborescentes permettra de recréer une ripisylve et limiter la réinstallation de la Renouée du Japon.

❖ *Lutte contre le Robinier faux-acacia*

La méthode de lutte la plus courante pour cette espèce est le cerclage (ou écorçage). Le but de cette technique est de couper la circulation de sève élaborée (des feuilles vers les racines) afin d'affaiblir progressivement l'arbre et de limiter la pousse de rejets.

Avant l'automne (période de descente de la sève), l'écorce du tronc doit être retirée jusqu'à l'aubier, à hauteur d'homme (environ 1 m 50 de hauteur), sur une bande d'environ 20 cm et sur 80 à 90% de la circonférence du tronc pour que la sève puisse continuer à circuler et ainsi limiter le développement de rejets. Cette méthode de cerclage partiel sera à appliquer jusqu'à affaiblissement de l'arbre (en 1 à 3 ans). Un suivi de l'arbre est à prévoir une à deux fois par an, avec arrachage de rejets en cas de développement



pour empêcher toute photosynthèse. Par la suite, un cerclage sur la totalité du pourtour du tronc pourra être appliqué avant abattage.

Un dessouchage pourra être effectué selon les potentialités du milieu et sans déstabiliser ce dernier. Dans le cas contraire, les souches pourront être dévitalisées à l'aide d'ail ou de gros sel sans être arrachées, ceci limitera la perturbation du sol.

❖ **Lutte contre la Balsamine de l'Himalaya**

Pour de petites surfaces, l'arrachage manuel sélectif de l'espèce (avec extraction du système racinaire) est la méthode la plus aisée et impacte le moins le sol (système racinaire peu développé). Deux passages espacés de 3 à 4 semaines sont recommandés, idéalement avant la floraison (mai/juin) pour que les plantes ne puissent pas former leurs fruits.

Pour les surfaces plus importantes, il est possible de procéder à une fauche sous le premier nœud (afin d'éviter toute repousse) et avant la floraison. Deux passages espacés de 3 à 4 semaines sont recommandés.

Ces deux modes de lutte sont à poursuivre sur plusieurs années (3 à 4 ans) afin de supprimer les massifs de Balsamine et d'épuiser le stock de graines présent dans le sol (les graines conservant leur pouvoir germinatif pendant plusieurs années).

Les déchets végétaux et l'extraction de terre contaminée doivent être exportés vers des filières de traitement adaptées. Lors d'intervention à proximité du bord de la berge, il est recommandé d'utiliser des bâches notamment aux bords des cours d'eau afin de limiter au maximum la dispersion de fragments de plante.

❖ **Lutte contre le Solidage géant / Solidage du Canada**

Plusieurs méthodes de luttas sont envisageables selon la taille de surfaces à traiter.

Pour les petites surfaces, il est possible de réaliser des arrachages 1 à 2x par an pendant 2 ans avec une première intervention en juin (avant la floraison), ou deux fauches annuelles au ras du sol sur 5 années consécutives. On privilégiera dans la mesure du possible la méthode de l'arrachage, plus efficace pour éliminer l'espèce. La fauche permet essentiellement de réduire la densité de la population, rarement d'éradiquer l'espèce.

Pour les stations plus importantes, la technique de la fauche est possible. Une alternative plus efficace mais plus couteuse est de réaliser un décapage sur 30 cm de profondeur. Cette technique offre des résultats plus rapides que la fauche en éliminant à la fois la banque de graines et les rhizomes présents dans le sol. Le sol décapé ne doit pas être laissé à nu car il y a un risque de recolonisation par des espèces invasives. Il est impératif que cette solution soit suivie d'une revégétalisation des sols mis à nu.

Les déchets végétaux et l'extraction de terre contaminée doivent être exportés vers des filières de traitement adaptées.

3.3.3 CAT. I.3 - PLANTATIONS

Cette mesure vise les habitats dont la composition floristique est dégradée. L'objectif est de recréer des habitats diversifiés et constitués d'espèces typiques du domaine alluvial. Elle est proposée en complément des opérations de lutte contre les espèces invasives lorsqu'elles sont présentes en forte densité et qu'une lutte par décapage est réalisée afin d'améliorer le retour à une végétation indigène.

Les espèces à planter pourront être choisies parmi les listes d'espèces présentées ci-dessous.

➤ Liste d'espèces pour ripisylve

	Bas de berge	Mi-berge	Haut de berge
Arbres			
Acer campestre			X
Acer pseudoplatanus			X
Alnus glutinosa	X	X	
Alnus incana	X	X	
Fraxinus excelsior		X	X
Prunus avium			X
Quercus robur		X	X
Salix alba	X	X	
Salix fragilis	X	X	
Salix triandra	X	X	
Salix viminalis	X	X	
Sorbus aucuparia		X	X
Populus alba		X	X
Populus nigra		X	X
Tilia cordata			X
Ulmus laevis			X
Ulmus minor			X
Arbustes			
Cornus sanguinea		X	X
Corylus avellana		X	X
Crataegus monogyna			X
Euonymus europaeus	X	X	
Ligustrum vulgare		X	x
Prunus padus	X	X	
Salix aurita	X	X	
Salix caprea		X	X
Salix cinerea	X	X	
Salix purpurea	X	X	
Sambucus nigra			X
Viburnum lantana		X	X
Viburnum opulus	X	X	
Lianes			
Clematis vitalba		X	X
Humulus lupulus	X	X	
Hedera helix		X	X
Lonicera periclymenum		X	X
Vitis vinifera		X	X



➤ **Liste d'espèces pour berges herbacées**

Espèce généralistes	Espèces pour haut de berge / milieux + sec	Espèces pour pied de berge / milieux + humides
Achillea millefolium	Onobrychis vicifolia	Agrostis stolonifera
Alopecurus pratensis	Origanum vulgare	Solanum dulcamara
Carex hirta	Sanguisorba minor	Epilobium hirsutum
Dactylis glomerata	Securigera varia	Lythrum salicaria
Deschampsia cespitosa		Filipendula ulmaria
Festuca arundinacea		Lysimachia vulgaris
Festuca ovina		Mentha aquatica
Festuca rubra		
Lolium perenne		
Lotus corniculatus		
Medicago lupulina		
Plantago lanceolata		

➤ **Liste d'espèces pour banquettes d'hélophytes**

Espèce généralistes	Espèces pour haut de berge / milieux + sec	Espèces pour pied de berge / milieux + humides
Butomus umbellatus	Iris pseudacorus	Phragmites australis
Carex acutiformis	Juncus effusus	Scirpus lacustris
Carex acuta	Lysimachia vulgaris	Scirpus sylvaticus
Carex pseudocyperus	Lythrum salicaria	Sparganium erectum
Carex riparia	Mentha aquatica	Symphytum officinale
Eupatorium cannabinum	Myosotis palustris	Typha angustifolia
Filipendula ulmaria	Phalaris arundinacea	Veronica beccabunga
Glyceria maxima		

3.3.4 CAT. I.4 - LIMITER L'ACCÈS AU PUBLIC

L'objectif de cette mesure est de recréer des espaces de quiétude pour les espèces. Elle est proposée sur les secteurs pour lesquels des enjeux forts ont été identifiés pour les oiseaux et/ou les chiroptères. Cette mesure peut se traduire de différentes façons, soit par la pose de barrière pour restreindre les accès à certaines portions de berges, soit par la mise en place de panneaux de sensibilisation. Bien que facile à mettre en œuvre, l'efficacité de la mesure est dépendante du respect des interdictions.



3.3.5 CATÉGORIE II – MODIFICATION DE LA BERGE AVEC L'APPUI DES TECHNIQUES VÉGÉTAUX

Cette catégorie entend le changement du type de protection. Les solutions ici présentées peuvent remplacer une protection par enrochements, lorsque les contraintes hydrauliques le permettent et si l'emprise d'une érosion naturelle n'est pas donnée. Elle peut être appliquée dans la lutte écologique et permet de ré initier une végétation locale et alluviale en stabilisant la berge contre l'érosion.

Les techniques végétaux proposées dans la suite ont été sélectionnée selon les contraintes hydrauliques connues. Ils sont applicables sur tous secteurs et types de berges dans le cas où la stabilité de la berge doit être maintenue.

Néanmoins il est rappelé que la zone d'intervention dépend fort des contraintes hydrauliques et/ou de la présence de navigation fluviale.

On distingue :

- L'aménagement partiel en haut de la berge
L'aménagement partiel jusqu'au niveau module, dont nous considérons le Module annuelle dans le secteur C (Rhin au courant libre) et débit minimal avec composante dynamique dans les secteurs A et le débit minimal dans le secteur B
- Le changement complet de la berge (niveau étiage dans le secteur C et le débit minimal planchers dans le secteur A)

Les solutions de technique végétale ou mixte suivantes sont proposées selon les contraintes, à savoir :

- Le tapis de rejet
- Les boudins d'hélophytes
- La végétalisation des enrochements (ensemencement)

Il existe différentes formes de techniques végétales. Le choix de la solution technique dépend entre autres de :

- Les sollicitations de la berge (vitesse, fréquence des crues et hauteur de marnage),
- L'hydromorphologie de la berge,
- Le degré de sécurisation de la berge recherché
- L'emprise disponible (un adoucissement de la berge est favorable pour augmenter la résistance contre l'érosion)
- Le cadre réglementaires (zone de protection, ...).

Ci-dessous, un récapitulatif des aménagements de catégorie II est donné :

Sujet	Explications
Avantages	- Installation rapide d'habitats divers (augmentation du nombre d'habitats) - Installation des espèces typiques -> évite/réduit le risque EEE, - Réalisation de tout type d'habitat d'une ripisylve, car favorise la croissance d'une végétation alluviale (arbustives, saules, héliophytes) - Protection avancée, crée des zones calmes et réduit l'impact sur la berge
Inconvénients	- Toutes les techniques végétales ne peuvent être appliquées - Pas d'érosion naturelle - Peu d'effet écologique pour le milieu aquatique (hors protection de berge avancée) - Emprise nécessaire et décalage ou interruption du chemin de halage
Impacts sédimentaires sur la rive allemande	- Pas d'impact si les caractéristiques de la berge ne sont pas modifiées - Une végétation dense peut provoquer un ralentissement (effet rétention lors d'une crue) - Un adoucissement de la pente élargit le lit mineur et/ou majeur
Gestion	- Moins de gestion à long terme - Peut rendre l'accès plus difficile, et un entretien du pied de la berge est nécessaire
Coût Cf. chap. 3.9	- Faible à Moyen, mais dépend de l'emprise - Coût plus élevé si adoucissement du terrain nécessaire (concerne pente > 45°)

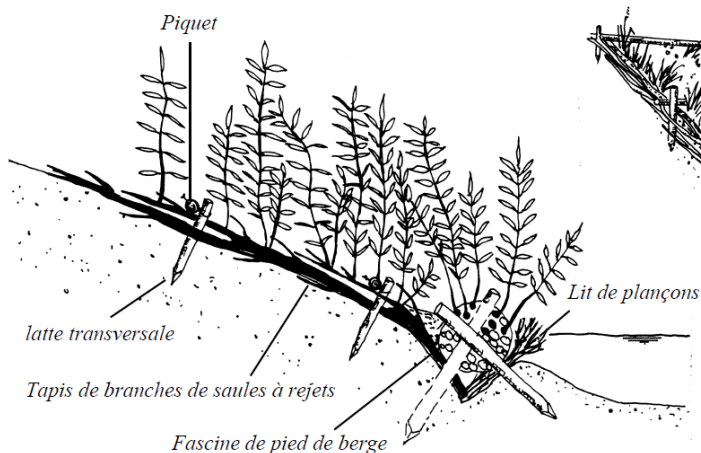
Ci-dessous, des exemples de technique végétales au droit des berges du Rhin sont présentés (Degoutte 2010) :

Tableau 5.1. Contrainte tractrice limite de diverses techniques végétales.

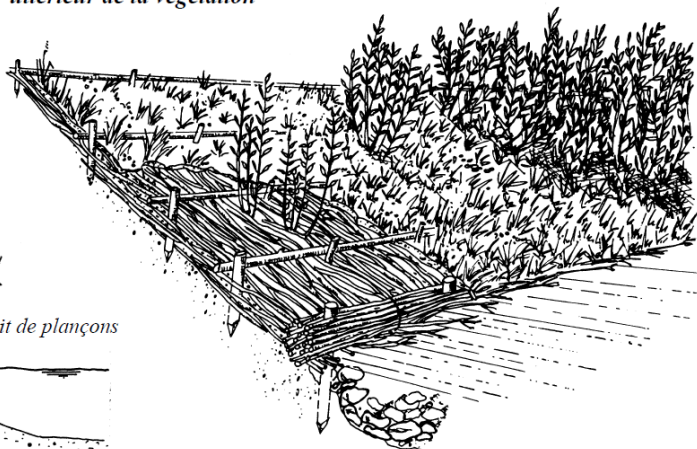
Technique végétale	Contrainte tractrice limite en Pa (ou N/m²)
Enherbement	15 à 50
Enherbement sur géotextile	120
Fascine de roseaux	50
Tressage	180
Fascine de saules	250
Tapis vivant	300
Saule de 1 à 2 ans	50 à 70
Saule après 2 ans	100 à 140
Saule de 20 ans	800

❖ Tapis de branches à rejets

Tapis de branches à rejets avec fascines de berges et lit de plançons



Tapis de branches à rejets et développement ultérieur de la végétation



Extrait du Guide pratique du génie biologique et aménagement de cours d'eau (2010)

méthodes de construction (2010)

Les solutions présentées ici peuvent remplacer une protection par enrochements, lorsque les contraintes hydrauliques le permettent et si l'emprise d'une érosion naturelle n'est pas disponible. Elle peut être appliquée dans la lutte écologique et permet de réinitier une végétation locale et alluviale en stabilisant la berge contre l'érosion.

❖ Boudins d'hélophytes et de roseaux

Cette solution peut être appliquée notamment dans les secteurs B, dont la création de roseaux devient protectrice sur les berges de cours d'eau en eaux tranquilles avec faible variation du niveau et un charriage minimal.

Convient aux berges peu pentues, afin de limiter un déchaussement des roseaux. A combiner avec des paquets de branches, plantes herbacées, colonisation avec des roseaux.



Berge revégétalisée avec boudins hélophyte en pied de talus niveau module ou retenue normale (débit minimal)

❖ **Végétalisation des enrochements (ensemencement)**

Notamment dans le secteur C où les enrochements sont présents et soumis aux fortes sollicitations lors des crues.

Dans les tronçons où ni la suppression des enrochements, ni un remplacement par une technique végétale est possible (par ex. à proximité des ouvrages hydrauliques), les enrochements peuvent être couverts par une couche de terre (ensemencement). Cette technique permet une couverture des enrochements et l'installation d'une végétation adaptée.



Enrochements couverts de terre hors niveau étiage

L'ensemencement constitue presque toujours une mesure d'accompagnement à une ou plusieurs autres techniques, qui vise à améliorer et compléter l'efficacité générale de l'aménagement.

Cette technique est soumise au risque d'effacement, lors d'une crue, si la végétation n'a pas eu le temps de créer un système racinaire durable à travers les enrochements. De plus, une vigilance est à apporter sur l'installation des espèces exotiques envahissantes. Un arasement/entretien de cette zone est à réaliser avec prudence, afin de ne pas modifier les enrochements en place.

Si un arasement de la protection existante est possible, la solution est à privilégier. Ces solutions sont regroupées sous la catégorie III dans le chapitre suivant.

3.3.6 CATÉGORIE III – BERGE NATURELLE – SUPPRESSION DE PROTECTION

Afin de permettre une évolution naturelle du cours ou dans le cadre d'une emprise mise à disposition, la suppression des protections de berges est à favoriser à la mise en place des techniques végétales.

Les techniques sont applicables sur tous secteurs et types de berges dans le cas où l'érodabilité de la berge naturelle existe ou peut être créée. Le focus est sur les berges concaves, mais berges convexes également concernées (notamment secteur C) si les crues et les vitesses liées sont suffisamment importantes pour éroder les berges.

Les travaux consistent notamment à supprimer la protection (enrochements) ou de la végétation stabilisant la berge afin de permettre une érosion naturelle de la berge lors des crues.

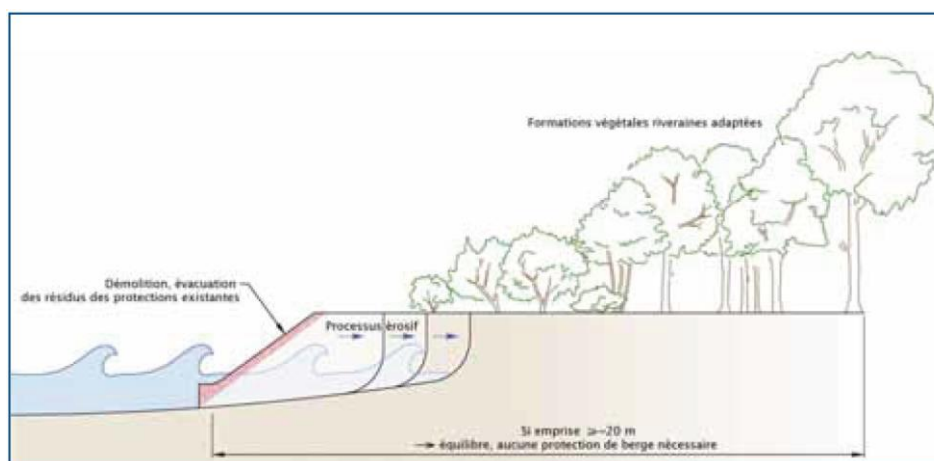
Courte description :

- La mise à nu de la berge (végétalisation à envisager pour limiter la mise en place d'EEE)
- La suppression des enrochements en créant un profil de berge doux et équilibré
- L'allongement du pied de la berge afin de créer des zones de faible hauteur d'eau

Ci-dessous, un récapitulatif des aménagements de catégorie III est donné :

Sujet	Explications
Avantages	- Permet la forme la plus naturelle de la berge - Écotone possible - Pas de gestion nécessaire - Influence sur l'aval de la rivière (transport sédimentaire) - Profil diversifié au long terme
Inconvénients	- Si l'érodabilité n'est pas suffisante ou lors des crues importantes, risque de végétalisation de la berge (stabilisant) - Accès à la berge pour l'intervention des engins à prévoir - La végétation en place est supprimée (état écologique à prendre en compte) - Emprise nécessaire et décalage ou interruption du chemin de halage
Impacts sédimentaires sur la rive allemande	- Solution provoque un transport sédimentaire et dépôt en aval - Le profil hydraulique est modifié - Impact de la berge rive droite, lors d'un transport de solide
Gestion	- Une berge naturelle, qui ne demande pas d'entretien complémentaire - Un suivi sur l'érosion maîtrisée est à prévoir s'il y a des zones sensibles
Coût Cf. chap. 3.9	- Moyen - Élevé, si une protection en arrière est mise en place pour limiter l'emprise de l'érosion

Exemple – Évolution d'une berge sans protection



érosion progressive d'une berge après suppression des protection (figure BIOTEC)

Si l'emprise est disponible, une sécurisation de la berge en arrière n'est pas nécessaire. Dans le cas, où une limitation est envisagée, la protection existante peut être réutilisée. Elle est enterrée à la limite envisagée (protection passive). Le chemin de halage est à déplacer derrière cette limite.

Dans le cadre des renaturations sur la rive allemande près de Rastatt, au droit du secteur C, cette solution a été mise en œuvre. La limite d'érosion s'élève à environ une quinzaine de mètres. Le chemin de halage

a été déplacé. Environ 7 ans après sa mise en place, cette zone reste un milieu ouvert et offre un potentiel d'habitats naturels. Une pente naturelle s'installe et le gravier est visible.

La nouvelle berge comprend la couche de dépôt de limon et marque la fin de l'érosion.

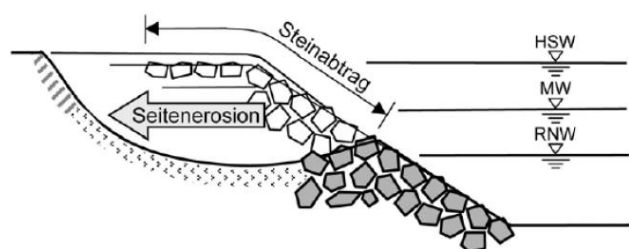


Berge rive droite du Rhin au courant libre niveau sur la hauteur secteur C

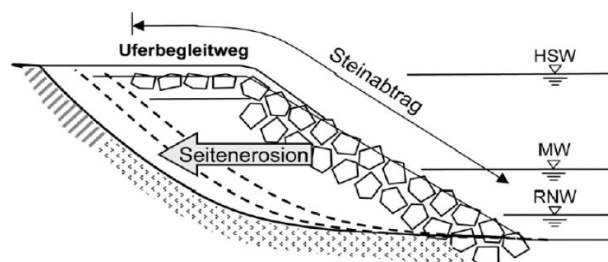
Un entretien de cette zone n'est pas nécessaire.

Nous préconisons cette solution, lorsque l'emprise est disponible ou peut être obtenue.

Lorsque l'emplacement est réduit ou des épis existants sont en place, la protection sera retirée sur la berge, mais le pied ne sera pas déstabilisé. Selon le potentiel d'érosion dans le secteur, l'érosion de la berge sera moins importante.

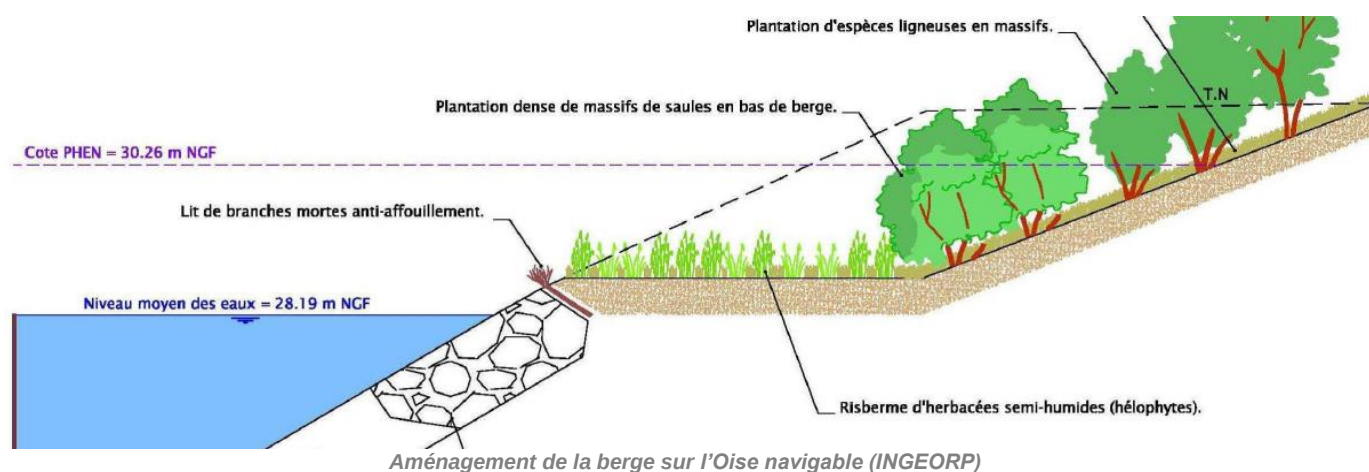


Arasement partiel sur la berge



Arasement complet y compris pied de la berge

L'érosion ou l'arasement d'un talus avec maintien de la protection en pied peut être réalisé de la manière suivante :

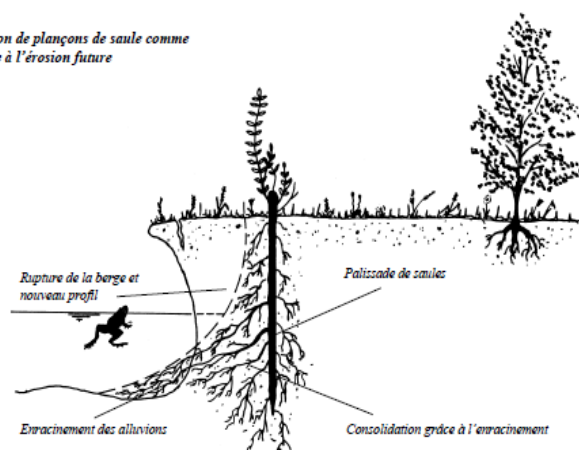


Un ralentissement de l'érosion ou une protection naturelle du talus peut être obtenue par la végétation (système racinaire). Cette protection peut s'installer dans les cas suivants :

- Végétation existante avec un système racinaire bien développé
- Talus de pente douce, dont une végétation naturelle peut prendre le relais rapidement (zones alluviales)

Les solutions ici présentées peuvent remplacer une protection par enrochements, lorsque les contraintes hydrauliques le permettent et si l'emprise d'une érosion naturelle n'est pas disponible.

Utilisation de plançons de saule comme frontière à l'érosion future



Stabilisation de la berge par végétalisation

3.3.7 CATÉGORIE IV - AMÉNAGEMENT COMPLÉMENTAIRE POUR AMÉLIORER LA BIODIVERSITÉ

Cette catégorie comprend des aménagements complémentaires et ponctuels sur des tronçons de fort intérêt écologique.

Ces aménagements ne s'appliquent pas directement sur la berge, mais créent des contraintes sur cette dernière en augmentant ou diminuant indirectement l'impact hydraulique sur la berge, selon l'effet recherché (berge concave ou convexe).

❖ **Créer des contraintes sur la berge en modifiant les épis**

Lorsque les conditions hydromorphologiques sont favorables, une érosion peut être forcée sur la berge en dirigeant davantage les courants vers la berge (auparavant parallèle à la berge). L'exemple ci-après montre l'aménagement dans le secteur A, près de Kembs, où cette érosion maîtrisée a été testée sur un linéaire d'environ 230 m.



Érosion maîtrisée (visite avec EDF 2006)

Les conditions ont été recherchées dans le cadre d'un modèle physique, afin de déterminer les caractéristiques de l'épi aménagé.

Le succès de l'opération s'est montré lors d'une première crue en 2013. La photo (source PINTE et al. IS Rivers 2015) montre l'encoche qui se créer.

Lors de notre passage sur site, cette zone s'est revégétalisée (cf. photo ci-après). La végétation a pu se réinstaller en absence des crues importantes avec une fréquence régulière, notamment des saules, mais également plusieurs espèces invasives dans la zone érodée. La progression de l'érosion est donc ralentie et nécessite un débroussaillage, afin de déstabiliser de nouveau le talus et permettre la poursuite de l'érosion lors des prochaines crues.

Cette solution montre des résultats significatifs, notamment lorsque la berge est linéaire. Elle est néanmoins ponctuelle et demande un budget important par rapport au linéaire renaturé.



Érosion maîtrisée (visite avec EDF 09/2020)

❖ **Injection de sédiments**

Dans le cadre des travaux de renaturation dans le secteur A et au droit de la commune de Neuenburg, les injections de sédiments ont été réalisées.

Une injection de sédiments peut être envisagée lorsqu'un déficit sédimentaire est identifié et que l'équilibre entre érosion/transport/dépôt est faible.

L'injection des sédiments peut être considérée dans les buts suivants :

- Réaliser des bancs artificiels et une érosion/dépôt locale
- Réduire le déficit de sédiment et ainsi l'érosion (recharge de la rivière dans l'insuffisance de transport solide à disposition, effet observé en aval des ouvrages transversaux (obstacle au transit sédimentaire))

Dans le cadre de cette étude, nous proposons la réalisation des injections de sédiments dans les cas suivants :

- Diversifier localement la berge (variance du profil en travers)
- Modifier la section hydraulique lors de la connexion d'un bras secondaire



Dépôt de sédiment (site test EDF) et Ile devant Neuenburg (développement sur 10 ans suite à un dépôt de sédiment)

Les zones de sédiments soumis à une variation de débit et de hauteur d'eau créent un potentiel de frayères. Lorsqu'une végétalisation des sédiments a lieu (cf. la photo ci-dessous à Neuenburg) cela crée des milieux alluviaux, ayant des fonctions d'habitats et de refuges pour la faune.

L'emplacement des injections est envisagé sur des rives convexes, lorsque qu'une variabilité du profil est cherchée, ou au droit d'une courbe convexe, lorsqu'un transport solide du matériau pour une diffusion naturelle en aval présente un intérêt.

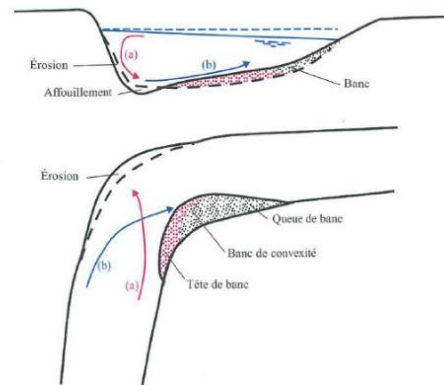
Ces solutions nécessitent une coordination avec les autorités allemandes, car le profil hydraulique dans cette zone est modifié. L'impact lors des crues est à étudier en détail.

❖ Renforcer les épis pour provoquer un dépôt de sédiments

Tout au long du Rhin, dans les secteurs étudiés, les épis, datant des aménagements du début du XXème siècle sont répartis sur le Rhin. Dans le secteur B, ces épis ont perdu leurs fonctions initiales du fait de leur immersion depuis la réalisation des seuils fixes, source d'un remous hydraulique.

Néanmoins, les épis se sont végétalisés et montrent ainsi un effet lors des crues. La forme des épis et leur espacement peuvent augmenter le dépôt de sédiments suite à des crues et diversifier la forme de la berge au long terme.

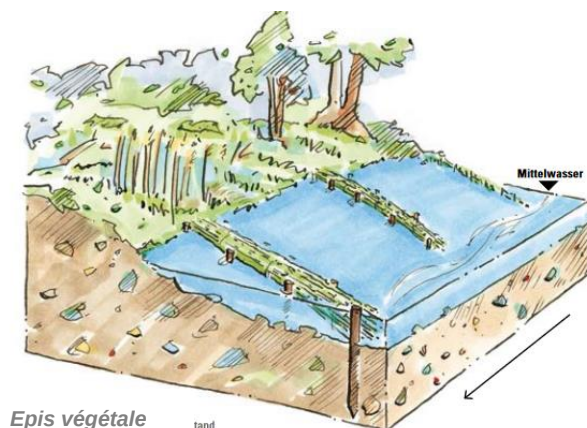
Des épis existants peuvent être renforcés de manière à rallonger la pointe des épis.



Ces solutions nécessitent une coordination avec les autorités allemandes, car le profil hydraulique dans cette zone est modifié et une érosion au droit de la rive allemande en résulte. L'impact lors des crues est à étudier en détail.

Épis végétal

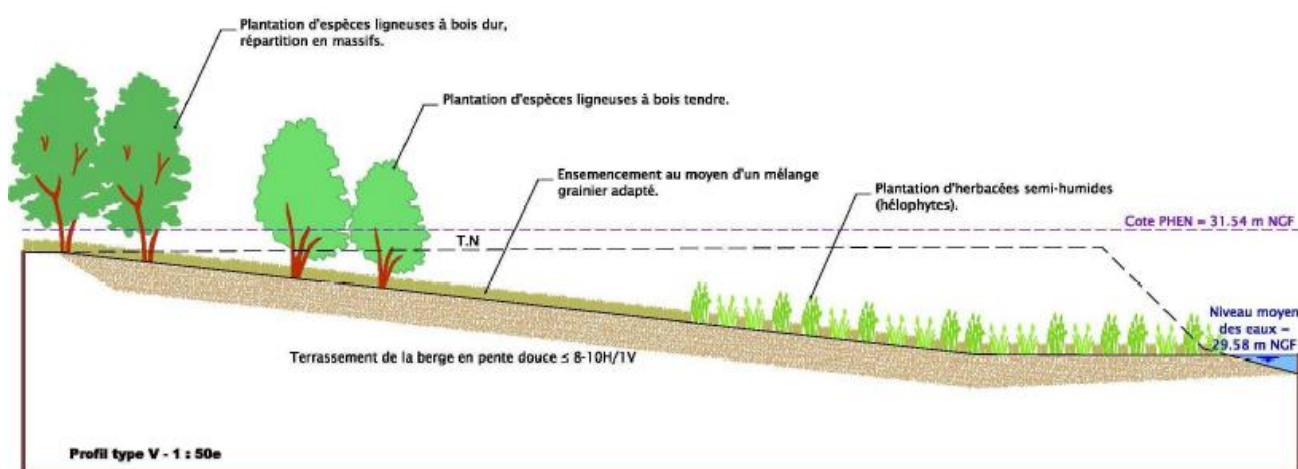
- Permet le dépôt de sédiments
- Peut favoriser des zones de basses vitesses (zone de repos)
- Augmente l'interface entre le milieu aquatique et terrestre (écotone)



- Adoucissement des pentes et observations de l'évolution de la végétation



Aménagement de zone inondable / faible hauteur sur le Vieux Rhône



Exemple d'aménagement auprès d'un cour d'eau navigable (Ingérop)

Ci-dessous, un récapitulatif des aménagements de catégorie IV est donné :

Sujet	Explications
Avantages	- Renforce le potentiel d'érodabilité - Stabilise une berge convexe - crée des habitats, dans un milieu où le transport sédimentaire est insuffisant / déficit de charge
Inconvénients	- Travaux lourds, zone/linéaire très limitée - Dépend de l'érodabilité du Rhin et des contraintes hydromorphologiques - Volume de terrassement important - Risque de perdre l'effet souhaité (champs ouvert, milieu humide) -> Une revégétalisation aura lieu, si les conditions hydrauliques (fréquence de crues, niveau de marnage) sont insuffisantes)
Impacts sédimentaires sur la rive allemande	- Solution provoque un transport sédimentaire et dépôt en aval et potentiellement de la rive droite - Le profil hydraulique change - Sollicitations de la berge allemande



Gestion	- Peu ou pas de gestion (aménagement ne concerne pas la berge directement) - Entretien ponctuel si végétation
Coût Cf. chap. 3.9	- Élevé, mais variable selon la longueur prise en compte - Nécessite des travaux dans le cours d'eau

3.3.8 AUTRES SOLUTIONS

En complément des mesures présentées dans les catégories précédentes, d'autres mesures peuvent être envisagées ponctuellement afin de diversifier davantage la berge et ainsi recréer une berge plus naturelle.

○ Initiation des encoches (avec ou sans ajout / déconnexion d'épis)

Ce phénomène, signe d'une ripisylve variée est actuellement constatée dans le secteur A, sur certains tronçons. La réalisation des encoches peut se faire en interceptant les épis au droit de la berge et amener l'écoulement plus proche de la berge et de laisser agir la rivière lors des crues ou d'araser certaines zones sur plusieurs mètres(20 à 50 m) et de modéliser ces encoches manuellement.

○ Aspect des embâcles (végétation morte – type souche)

Les arbres morts et les souches des arbres sont signes d'un cours d'eau dynamique. Ces zones sont soumises à une sollicitation locale, créée par des turbulences et peuvent provoquer ainsi une mobilisation de sédiments ou une zone de dépôt. Régulièrement mise en œuvre dans la renaturation des cours d'eau de petite taille, la mise en place des souches ou d'arbres morts dans le Vieux Rhin est à réaliser en prenant compte du risque potentiel lié à la présence d'ouvrages en aval (arrachement des embâcles lors des crues et risque de cumulation au droit des barrages et/ou usines hydroélectriques.

Les souches peuvent être ancrées ou attachées sur les arbres existants. Une intervention en pied de berge à partir de l'eau est à prendre en compte.



Embâcles, bras morts dans le lit créant des obstacles et contraintes sur la berge (photos Dr. Volker Späth, 2021)

○ Intégration des bras morts ou secondaires dans la renaturation

Le linéaire du projet comprend actuellement la berge jusqu'au chemin de halage. Dans la suite, les autres acteurs concernés (PCA, CSA) sont à consulter afin de coordonner les projets futurs.

- Combinaison de solutions, et vision d'ensemble fonctionnel

Notamment sujet de la catégorie I. La combinaison de différentes solutions, comme le traitement des EEE et les replantations, permet une accélération des effets.

3.4 PRIORISATION DES TRONÇONS

Dans le cadre de cette étude et compte tenu du nombre important de tronçons, une priorisation est proposée selon :

- Les échéances d'intervention suivantes :
 - A court Terme (1 à 3 ans)
 - A moyen Terme (3 à 7 ans)
 - A long Terme (supérieur à 7 ans)
- La possibilité de faire de certains tronçons des zones de test avant des interventions plus lourdes sur de plus grands linéaires. Ces tronçons sont ainsi considérés comme des « sites vitrines ».

Dans cette priorisation, seules les catégories II, III et IV ont été prises en compte, s'agissant des catégories nécessitant l'intervention d'engins et ayant un impact sur l'emprise. Les catégories 0 et I sont celles dont les mesures nécessitent aucune intervention ou une simple modification de gestion.

Afin d'uniformiser la décision par tronçon, les éléments suivants sont pris en compte dans ce choix :

- La longueur du tronçon (cf. longueur minimale pertinente)
- L'accessibilité par les engins et la facilité d'intervention
- Le gain écologique (zone à fort potentiel)
- Le budget et linéaire lié afin de réaliser un tronçon d'une longueur importante
- Les contraintes réglementaires (par ex. Cat I a moins de contraintes réglementaires qu'une Cat III)
- Les contraintes liées au foncier

Le niveau de priorité retenu est indiqué sur chaque fiche de travaux.

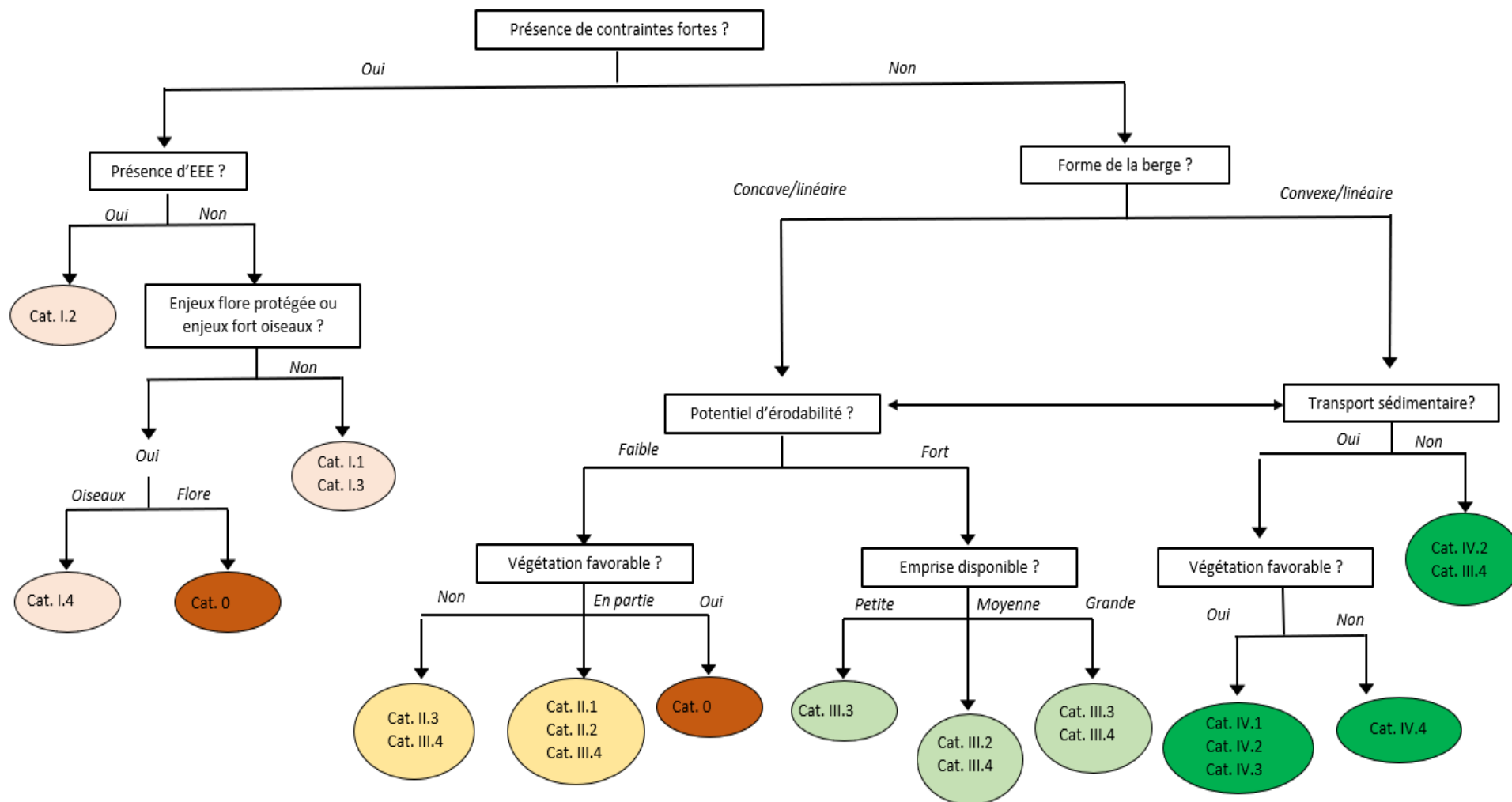
Un choix final reste à la décision du maître d'ouvrage, des partenaires des études et des financeurs de travaux.

3.5 INFLUENCE DES SOLUTIONS

Ces paramètres sont évalués sur la base des caractéristiques moyennes du cours d'eau pour le tronçon géomorphologique homogène concerné :

- La puissance spécifique est évaluée en utilisant la largeur moyenne naturelle à pleins bords et le débit moyen journalier de fréquence biennale ;
- Les apports solides sont évalués en tenant compte de la présence éventuelle de sites de piégeage en amont du secteur à restaurer (barrages, anciennes fosses d'extractions, zones où des curages sont réalisés régulièrement, etc.) ;
- L'érodabilité des berges signifie l'érodabilité potentielle des berges naturelles lorsque des protections existantes sont retirées ;
- L'emprise disponible est évaluée selon une analyse rapide du contexte socio-politique du projet. Doit-on obligatoirement limiter les aménagements au strict gabarit actuel du cours d'eau ? Peut-on se permettre d'élargir l'espace alluvial ?

3.6 APPLICATION AU TRONÇON - ARBRE DE DÉCISION



❖ **Modifications « douces »**

Cat 0	Cat I
Pas d'intervention Observation de l'état actuel ou la berge présente déjà un état écologique favorable ou des interventions ne sont pas possibles pour des contraintes fort	1. Adaptation des périodes et/ou des fréquences de fauche 2. Traitement des EEE 3. Replantations 4. Limiter les accès aux secteurs

❖ **Aménagements nécessitant des engins**

Cat II	Cat III	Cat IV
1. Changement partiel en haut de la berge (arbustives) 2. Changement partiel jusqu'à niveau module Rhin (fascine et plançons) 3. Changement totale de la berge (tapis de branches à rejets de saules)	1. enlever les enrochements en tête 2. enlever les enrochements sur le talus 3. enlever les enrochements sur le talus et le pied de la berge et installation des enrochements en arrière du talus pour une érosion dans une limite maîtrisée 4. allonger les enrochements en pied de la berge	1. Créer des contraintes sur la berge (par ex. changement épi) pour une érosion 2. Injection de sédiments 3. Renforcer les épis pour provoquer un dépôt de sédiments 4. Reprofilage de la berge (profil douce)

3.7 FACTEUR DE DÉCISION

La forme la plus naturelle d'un cours d'eau se crée lorsque qu'il n'est soumis à aucune contrainte. Lorsque des contraintes existent, une berge naturelle peut néanmoins être établie en prenant en compte ces facteurs.

L'arbre de décision vise à faciliter la décision d'une solution prenant en compte des différents facteurs d'influence.

Ils seront décrits dans les chapitres ci-après.

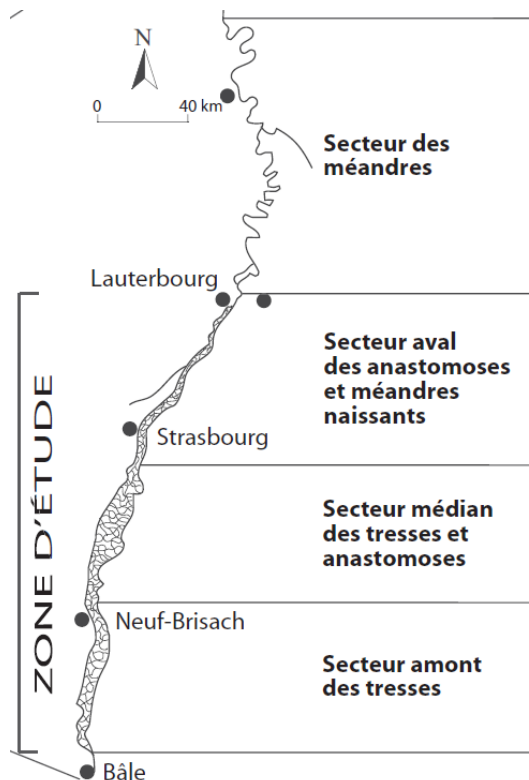
3.7.1 FORME DE LA BERGE

Selon son emplacement géologique, une rivière peut être divisée dans plusieurs zones dans la zone d'étude entre Huningue et Lauterbourg (cf. schéma) :

- Secteur amont des tresses
- Secteur médian des tresses et anastomoses
- Secteur aval des anastomoses et méandres naissants

Les secteurs montrent des caractéristiques globales du cours d'eau non-influencables.

La renaturation des cours d'eau se base sur les caractéristiques globales afin de déterminer le type de profil du lit mineur et majeur.



3.7.2 POTENTIEL D'ÉRODABILITÉ

Le potentiel d'érodabilité d'une rivière est influencé sous d'autres par les facteurs suivants :

- Matériaux existants des berges
- Pente longitudinale
- Vitesse de courant et hauteur d'eau et débit total disponible
- Berge concave ou convexe

La vitesse de l'écoulement, le débit et la fréquence des crues peuvent être influencés par des ouvrages transversaux, épis, etc.

Nous notons que dans le secteur A et B, l'exploitation hydroélectrique (EDF) demande de rediriger une partie du débit dans le Grand Canal d'Alsace et les canaux d'amenée au droit des festons. De ce fait, ce débit n'est pas disponible dans le cours d'eau naturel (Vieux Rhin, Festons) et influence la fréquence de retour des grandes crues.

Les 2 secteurs disposent néanmoins d'un débit réservé, fixé par les concessions des centrales hydroélectriques.

Le secteur C dispose du débit entier du Rhin, mais étant plus en aval, montre d'autres caractéristiques globales (cf. ci-dessus). Dans le secteur C, les protections de berges sont présentes sur tout le linéaire, assurant la stabilité des berges et une section déterminée du lit mineur nécessaire pour la navigation fluviale dans ce secteur.

3.7.3 TRANSPORT SÉDIMENTAIRE

Le transport sédimentaire et le volume du solide transporté dépendent fortement de l'hydromorphologie telle que la vitesse d'écoulement, la granulométrie du lit de la rivière, la pente du cours d'eau, l'intensité



des crues (vitesses maximales). Au droit du Rhin, notamment dans le secteur A, près de Kembs, des recherches sur le transport sédimentaire et la capacité du transport solide du Vieux Rhin ont été réalisées.

Dans la situation actuelle, les secteurs A et B du Vieux Rhin ne disposent pas du débit total du Rhin. Différents débits minimaux selon le secteur sont notés.

Seul le secteur C est soumis à l'influence du débit total de la crue (hors influence d'un polder).

La capacité d'un transport solide et la charge du solide peut donc fortement varier selon le secteur.

Nous pouvons compléter ces réflexions par le fait que le Rhin au droit du secteur C est entretenu. Le gabarit navigable est contrôlé régulièrement et des épis sont entretenus.

Au droit des épis dans le secteur C et d'après l'observation des projets de renaturation effectuée dans le secteur, un transport solide permet l'érosion et le dépôt de sédiments dans le secteur.

Le secteur B est soumis aux influences des seuils agricoles, qui réduit la vitesse (effet des remous hydrauliques). Le transport solide est de ce fait plus marquant lors des crues importantes.

Plusieurs tests de transport de solide ont été initiés par EDF dans les cadres de sites tests au droit de Kembs et Ottmarsheim. De plus des recherches scientifiques ont accompagné ces tests. Lors des échanges avec EDF, il est retenu, qu'une érodabilité et un transport sédimentaire ont bien lieu, mais sont notamment liées aux contraintes sur les berges et à des modifications du lit.

3.7.4 PRÉSENCE D'ESPÈCES EXOTIQUES ENVAHISSANTES

Les solutions de lutte contre les espèces exotiques envahissantes herbacées sont proposées en fonction de l'abondance des espèces et de la longueur du tronçon concerné.

Sur les secteurs où ces espèces sont abondantes (recouvrement > 40% sur la placette de relevé), et si le linéaire à traiter n'est pas trop important (<200 m), une intervention par décapage est proposée, en raison de sa meilleure efficacité que les interventions par fauche ou arrachage. Néanmoins, cette solution présente un coût plus élevé. Si le linéaire à traiter est important, on privilégiera une intervention par fauche. Sur les secteurs moins impactés par la présence d'espèces invasives (recouvrement < 40% sur la placette de relevé), et si le linéaire à traiter est relativement court (< 500 m), une intervention par arrachage manuel est envisageable.

Les recommandations faites sur les fiches se basent sur l'abondance des espèces invasives au niveau de la placette de relevé. Cette abondance n'est pas nécessairement la même sur tout le tronçon et à fortiori pour les autres tronçons appartenant au même tronçon-type. Lorsqu'un secteur d'intervention aura été retenu, des repérages plus précis sur le terrain devraient être réalisés afin de préciser les méthodes de lutte les plus adaptées à chaque tronçon, en particulier s'il n'était pas ciblé par une placette de relevé.

Concentrer la lutte sur ces espèces uniquement sur la berge et les premiers mètres en arrière de celle-ci ne serait pas pertinente. En effet, les stations présentes en retrait de la berge seraient sources de nouvelles contaminations sur les secteurs traités et nuiraient fortement à l'efficacité des opérations. Ainsi, pour l'estimation des coûts d'intervention, on considère que l'ensemble des surfaces situées entre la berge et le chemin de halage sont à traiter. Compte tenu de la surface prise en compte, et dans la mesure où les espèces invasives visées ne présentent pas un recouvrement homogène et continu sur l'intégralité d'un tronçon, le coût indiqué est très certainement supérieur au coût réel à envisager. Les données à disposition ne permettant pas de précisément estimer la part réellement occupée par une espèce invasive donnée. Pour les petits linéaires, le recouvrement noté au niveau de la placette de relevé est vraisemblablement proche de ce qu'on peut attendre à l'échelle de l'intégralité du tronçon. Mais pour les tronçons de longueur plus importante, il peut y avoir des écarts significatifs entre le recouvrement dans la placette de relevé et le reste du tronçon.

3.8 FICHES DE SOLUTIONS

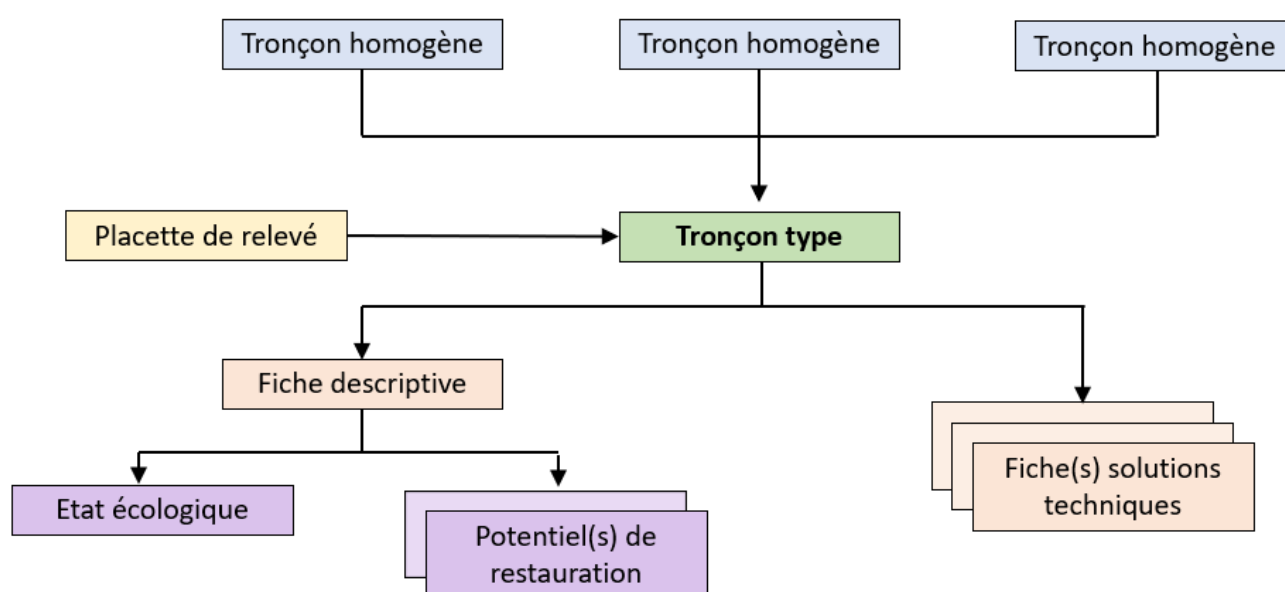
Dans le cadre de cette étude de faisabilité, des fiches descriptives et des fiches de solutions d'aménagement sont établies.

Ces fiches regroupent les résultats des investigations sur le terrain, les informations générales et des informations complémentaires, nécessaires à la compréhension du site à ce stade de l'étude.

La fiche descriptive a été réalisée à partir d'une méthodologie déterminée dans une note dédiée. La fiche descriptive conclue sur une note de l'état écologique et une note de potentiel de restauration. (cf. chapitre 2).

La fiche technique est basée à la fois sur la fiche descriptive et les solutions techniques évoquées dans ce rapport ici présent.

Afin de faciliter la compréhension des fiches et terminologie, une synthèse est faite comme suit :



❖ *Fiche descriptive (document recto-verso)*

La fiche est divisée en plusieurs parties et comprend :

- Les informations générales (emplacement, nombre de tronçons, conditions investigations, etc.)
- Les paramètres morphologiques (cf. note de méthodologie)
- Les paramètres écologiques (cf. note de méthodologie)
- Les informations complémentaires sur le secteur/tronçons (gestions, contraintes)
- La notation du tronçon (basée l'évaluation de la note méthodologie)
- Les photos du site (aide à la compréhension)

Fiche descriptive de l'état écologique et du potentiel de restauration des berges en rive gauche du Rhin Supérieur et du Rhin au cours libre entre Huningue et Lauterbourg

Secteur : C		EPC : Commune(s) : CC de la Plaine du Rhin - Munchausen	
Ingénieur (n) : 859		PK : 342,6 à 343,5	
Tronçon(s) homogène(s) concerné(s) : 13		Pluvette : C7	
Intervention : Phase découpage : 29		Hauteur d'eau / Débit moyen lors de la semaine d'intervention (phase relevés) :	
Semaine Calendrier 2020 : Phase relevés : 35		Périmètre : 370 cm / 960 m ² Périmètre : 200 cm / 925 m ²	




Tronçon 13 : friche herbacée et rocher, enrochement et épis

Paramètres physiques			
Largeur transversale	Faible	Protections	Enrochement (Tronçon 13)
Largeur de la berge	2 - 5 m	Clôtures	Prise d'eau (PK 343), épi (Tronçon 13)
Forme générale en plan de la berge	Linéaire	Variabilité en plan locale de la berge	Régulière
Stabilité / Instabilité	sans particularité	Blancs efflorescences	sans observations
Commentaire/Observations			

Paramètres écologiques	
Milieu-habitat	Aufractuosités (pont, Fortes)
Diversité floristique	21 espèces
Type de végétation	Friche herbacée x Rosier x Saules
Structure de l'habitat	Moyenne
Présence d'espèces invasives	< 1 % : Solidago algéria (c. 1 %) Hors planture : Sphagnum auriculatum, Carex flacca, Solidago algéria
Potentialité faunistique	Classe de milieu semi-couvert (pont, Faibles), Neptides (pont, moyennes), Papillons/Orthoptères milieux couverts (pont, Faibles à moyennes), Odonates habitats palustres (pont, Faibles)
Périmètres d'intervention et de protection	Index ZPE : Vallée du Rhin de Lauterbourg à Strasbourg ZNIEFF 2 : Ancien lit majeur du Rhin de Strasbourg à Lauterbourg / Cours du Rhin de Strasbourg à Lauterbourg A proximité ZNIEFF 1 : Delta de la Sauer à Munchausen et Seltz NNN du Delta de la Sauer
Concession avec le réseau hydrographique et les zones humides environnantes	Concession avec le delta de la Sauer
Commentaire/Observations	Bernache du Canada, Myriophyllum sp.

Contraintes / Usages	
Usage	Frequentation du public (cyclistes et promeneurs), pêcheurs
Contraintes	Chemin de berge sert comme accès pour gestion du chemin et pêcheurs et loisir Contraintes hydrauliques lors des crues sur les berges : protection en enrochement contre érosion, contrainte technique au droit de l'ouvrage
Mode de gestion actuel	Entretien du chemin de berge (2x / an) et de la berge : contrôle technique de l'installation contrôle régulier (au moins 2x / an) et réparation des enrochements et des installations (nettoyage, inspection) entretien des aménagements existants

Moyen (3) Faible (5)

Fiche descriptive de l'état écologique et du potentiel de restauration des berges en rive gauche du Rhin Supérieur et du Rhin au cours libre entre Huningue et Lauterbourg

Secteur C - Tronçon type n°1

Zoom sur les tronçons homogènes



Tronçon 13



Tronçon 13 : enrochement, friche herbacée et saules



Tronçon 13 : prise d'eau



Tronçon 13 : prise d'eau

• Lecture des fiches de solution :

Basés sur la fiche descriptive, des schémas de la berge ont été établis et servent de soutien pour la compréhension de la solution technique proposée.

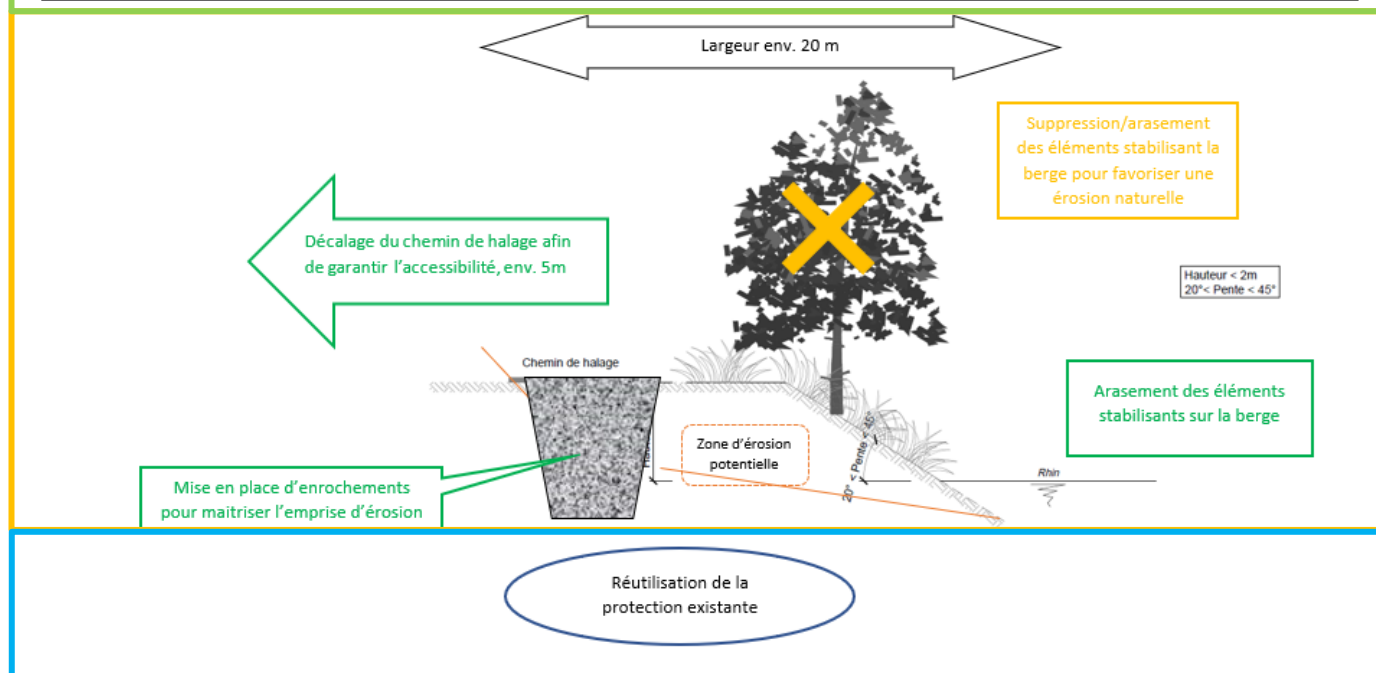
La fiche de solution se répartie en 3 zones, dont

- Une partie générale et synthèse de la fiche de solution
- Un schéma type du tronçon homogène avec mesures envisagées
- Des informations complémentaires à la compréhension

Secteur B - Gerstheim – tronçon type 5

Tronçons homogènes concernés	
	7
Longueur (m)	91
Forme de la berge	Linéaire
Linéarité de la berge	Régulière
État écologique	Très faible
Potentiel de restauration	Fort

Synthèse		Commentaires
Solution proposée	Catégorie III.3	Suppression des éléments stabilisant la berge pour favoriser une érosion naturelle
Priorité proposée	Court terme	
Coût des travaux estimé	≈ 82 000 €	91 m x 900 €/ml
Site Test	Oui	Potentiel d'érodabilité



3.9 ESTIMATION DES TRAVAUX ET DE LA GESTION

À ce stade de l'étude, les estimations de travaux sont basées sur les projets de renaturation similaires et les retours d'expérience sur l'application des techniques sur des voies navigables.

Le prix est donné à titre indicatif par mètre linéaire selon la catégorie retenue ou par surface (catégorie I).

Le tableau ci-dessous récapitule

Catégorie	Description (cité les éléments pris en compte)	Ordre de grandeur gestion en ml
0	Observation de l'évolution	Pas de coût supplémentaire
I	Changement de gestion	- Fauche de la Renouée : 600€/100 m²/an (comprenant 9 fauches/an) - Cerclage du Robinier : 100€/arbre/an (2 ans minimum) - Arrachage mécanique de Robinier : 10 à 30 €/plant - Fauche mécanique d'herbacées (Solidage, Balsamine) : 0,12€/m² pour une intervention (prévoir 2 interventions par an) - Arrachage d'herbacées (Solidage, Balsamine) : 20 à 45€/h (~100 pieds/h)



		• Mise en place de boudins d'hélophytes : 35€/ml • Mise en place d'un ensemencement : 185 à 250€/ha • Reboisement : 2500 à 3000€/ha • Décapage du sol sur 30 cm : 10€/m²
II	Aménagement au technique végétale	80 à 250 €/ml Nota : Technique divers et longueur de la berge à considérer dans le budget final
III	Berges Naturelles Suppression des éléments stabilisants	600 à 900 €/ml Nota : Comprend un coût complémentaire jusqu'à 400 €/ml par la pris en compte d'une protection passive en arrière du talus (érosion maîtrisée)
IV	Aménagements complémentaires	400 à 1500 €/ml Nota : Travaux ponctuels, susceptibles à ne pas concerner le tronçon complet, si longueur importante/coût important

Nota :

L'ordre de grandeur comprend les aléas liés aux différences du terrain (hauteur des berges, pente de la berge, accès au site).

3.10 PROPOSITION DE LA LONGUEUR MINIMALE PERTINENTE D'INTERVENTION

Il est important de prendre en compte une longueur minimale pertinente d'intervention par rapport à la taille du Rhin dans chaque secteur considéré et par rapport à l'objectif à atteindre d'une renaturation significative.

Selon Degoutte (2013), la longueur minimale du linéaire est définie en fonction de la largeur du cours d'eau.

De plus, nous préconisons de combiner des tronçons (en amont ou en aval), si cela est possible afin de créer des zones de renaturations plus importantes et d'améliorer ainsi la trame verte et bleue.

Considérant que les catégories III et IV demandent un budget plus élevé, nous distinguons 3 fenêtres, basée sur la base de la proportionnalité linéaire restaurée/ largeur du Rhin dans le secteur suivant pour les études ultérieures.

- linéaire jusqu'à environ 20 fois la largeur du Rhin

Lors des faibles longueur l'effet général d'une restauration reste local. Néanmoins, une opération qui peut avoir éventuellement un intérêt en traversées. Elle est notamment justifiée pour des opérations pilotes. Ces sites tests peut se faire sous l'objet de sensibilisation ou pour la restauration d'un habitat particulier d'une espèce patrimoniale (zone de reproduction notamment). Dans ce contexte, il peut se traduire par un effet positif bien au-delà du simple secteur/tronçon restauré ;

- linéaire compris entre 20 et 100 fois la largeur du cours d'eau :

L'effet reste local, mais on se rapproche de dimensions pertinentes à l'échelle d'un tronçon de cours d'eau.

- linéaire supérieur à 100 fois la largeur

Ces longueurs sont des dimensions significatives dans l'objectif d'une renaturation de cours d'eau dans son ensemble. Sur le secteur de l'étude qui comprend une longueur totale d'environ 100 km, cela signifie une renaturation jusqu'à 30 %. Il sera noté que certaines zones montrent un état écologique moyen ou bon, dont une restauration de tronçons peut être appliquée plus facilement.



La largeur du Rhin dans les différents secteurs varie environ entre 100 et 250 m. Dans la suite de l'étude, il sera intéressant de combiner des tronçons lorsque la longueur d'un tronçon homogène est faible en vue d'une longueur pertinente.

3.11 PROGRAMME DE TRAVAUX – ENVELOPPE FINANCIERE

Dans le cadre de cette étude une estimation de travaux à partir des exemples similaires des retours d'expérience a été fait.

Les coûts de travaux peuvent être récapitulés de manières suivantes :

- Coût global de la zone d'étude
- Coût global par secteur
- Coût selon la priorité de réalisation, distingué en court, moyen et long terme

Le coût total de l'étude s'élève à environ 34,5 M€ sur un linéaire d'environ 100 km.

Ci-dessous vous trouverez un récapitulatif par secteur :

Secteur	Coût de travaux (arrondi)
Secteur A	12 950 000 €
Secteur B – Marckolsheim	2 330 000 €
Secteur B – Rhinau	6 250 000 €
Secteur B – Gerstheim	550 000 €
Secteur B – Strasbourg	2 840 000 €
Secteur C	9 630 000 €
TOTAL - Zone d'étude	34 550 000 €

Ci-dessous vous trouverez un récapitulatif par priorité d'intervention :

Priorité de réalisation sur l'ensemble de la zone d'étude	Coût de travaux en €
Court terme	13 990 000 €
Moyen terme	14 190 000 €
Long terme	6 380 000 €

La répartition des travaux peut être changée selon la priorisation finale qui dépend sous-d'autre du budget global à disposition dans les prochaines années.

3.12 PROCHAINES DÉMARCHES - SUITE DE L'ÉTUDE DE FAISABILITÉ

Dans la suite de cette étude de faisabilité et avec le lancement des études de conception et des travaux spécifiques des données complémentaires et des études spécifiques sont à envisager.

À travers les différents types de solutions qui peuvent avoir un impact plus ou moins fort sur l'état actuelle une liste non-exhaustive a été établie et est présentée ci-après :



- Investigations complémentaires afin de préciser la topographie des zones concernées ;
- Données géotechniques ;
- Données hydrauliques précises par tronçon ;
- Information sur des réseaux éventuelles ;
- Précision sur les interfaces ouvrages existants (phase travaux et phase définitive) ;
- Information complémentaire sur le risque de zones polluées yc dragage ;
- Informations complémentaires sur le foncier (propriétaires et gestionnaires) ;
- Échange avec les autorités françaises et allemandes sur les interventions dans le lit mineur ;
- Dossiers réglementaires lors des travaux (loi sur l'eau, dossier de défrichement, demande de dérogation « espèces protégées ») ;
- Inventaires faune/flore approfondis, notamment dans les réserves naturelles ;
- Financements possibles au stade de conception et travaux

4 SYNTHÈSES DES SOLUTIONS

4.1 RÉCAPITULATIF DE RÉSULTATS SECTEUR A

Tronçon type TT	Numéro du tronçon homogène	Longueur en mètre m	Solution	Priorité proposée	Cout global en €	Commentaire
1	16	389.34	III.3	Court terme	765 000 €	
1	27	459.25	III.3	Court terme		
1	38	162.03	IV.2	Long terme	220 000 €	
1	49	659.51	I.2	Court terme	83 200 €	
2	78	104.17	I.1	Court terme	0 €	
2	79	182.69	I.1	Court terme		
2	80	364.64	I.1	Court terme		
2	82	164.4	I.1	Court terme		
2	84	431.93	I.1	Court terme		
2	85	258.58	I.1	Court terme		
2	87	235.32	I.1	Court terme		
3	63	681.96	I.2	Court terme	12 000 €	
3	69	525.06	I.2	Court terme		
4	1	1173.04	I.2 + I.3	Court terme	1 264 000 €	
4	2	766.94	I.2 + I.3	Court terme		
4	3	383.34	I.2	Court terme		
4	8	392.13	I.2 + I.3	Court terme		
4	17	1111.37	I.2 + I.3	Court terme		
4	43	561.44	I.2	Court terme		
4	44	351.22	I.2	Court terme		
5	7	218.98	IV.4	Moyen terme	300 000 €	
6	15	885.3	I.2 + I.3	Court terme	1 656 000 €	
6	39	1824.43	I.2 + I.3	Court terme		
6	46	1295.31	I.2 + I.3	Court terme		
6	59	984.71	I.2 + I.3	Court terme		
7	93	166.28	I.3	Court terme	6 000 €	Connexions bras secondaire
8	94	531.63	I.2	Court terme	à déterminer	
9	57	390.35	I.2	Court terme	à déterminer	
10	77	144.82	I.2 + I.3	Court terme	28 000 €	
10	83	63.26	I.2 + I.3	Court terme		
11	89	317.55	0	Court terme	0 €	
12	22	248.22	IV.4	Court terme	150 000 €	
13	6	302.79	I.2	Court terme	182 000 €	
14	81	119.63	I.1	Court terme	0 €	
14	86	72.3	I.1	Court terme		
14	88	670.67	I.1	Court terme		
15	62	870.81	IV.4	Moyen terme	785 000 €	
15	70	417.02	I.2 + I.3	Court terme	43 000 €	
15	72	546.88	I.2 + I.3	Court terme		



Tronçon type TT	Numéro du tronçon homogène	Longueur en mètre m	Solution	Priorité proposée	Cout global en €	Commentaire
16	48	1964.37	I.2	Court terme	772 000 €	
16	56	2240.35	I.2	Court terme		
17	12	328.11	I.2	Court terme	791 000 €	
17	13	261.99	I.2	Court terme		
17	14	254.72	III.3	Moyen terme	535 000 €	
17	23	1247.54	I.2	Court terme	inclus dans n°12	
17	26	2416.73	I.2	Court terme	inclus dans n°12	En combinaison avec TT19
17	61	335.58	IV.1	Moyen terme	inclus dans n°14	
17	67	1496.94	I.2	Court terme	inclus dans n°12	
18	4	1126.27	III.2 + IV.4	Moyen terme	500 000 €	
19	60	143.32	II.2	Moyen terme	165 000 €	
20	9	71.16	II.3 + I.2	Moyen terme	20 000 €	
21	34	303.59	I.2	Court terme	55 000 €	
21	51	324.19	III.3	Court terme	75 000 €	
21	64	511.36	III.3	Court terme		
21	71	298.86	IV.3	Court terme	130 000 €	
22	10	305.61	I.2 (+I.3)	Court terme	136 000 €	
22	11	391.54	I.2	Court terme		
22	68	1265.04	I.2	Court terme		
23	37	68.67	III.3	Moyen terme	65 000 €	
24	65	162.51	I.1 + I.2	Court terme	A déterminer	
25	18	541.44	I.2	Court terme	7 000 €	
25	21	861.11	I.2	Court terme	315 000 €	
25	31	700.16	I.2	Court terme		
25	33	960.27	I.2	Court terme		
25	40	438.78	IV.3	Court terme	250 000 €	
25	41	166.11	IV.3	Court terme		
25	42	584.6	IV.3	Court terme		
26	20	1285.01	I.2	Court terme	12 000 €	
26	25	387.13	IV.3	Long terme	250 000 €	
26	32	925.83	I.2	Court terme	inclus dans n°20	
27	30	244.98	0	(site test EDF)	0 €	Zone test d'EDF
28	75	182.35	0	Court terme	0 €	
29	58	741.09	I.2	Court terme	11 000 €	
29	66	356.56	I.2	Court terme		
29	73	1713.7	I.2	Court terme		
30	74	373.06	II.3	Moyen terme	95 000 €	
31	35	330.05	III.2	Court terme	250 000 €	
31	50	1068.02	IV.4	Long terme	645 000 €	TT50 - Connexion du bras - bénéfice pour le tronçon
32	53	168.69	I.2	Court terme	2 600 €	
32	55	338.03	I.2	Court terme		
33	52	487.81	III.2 + I.3	Court terme	425 000 €	

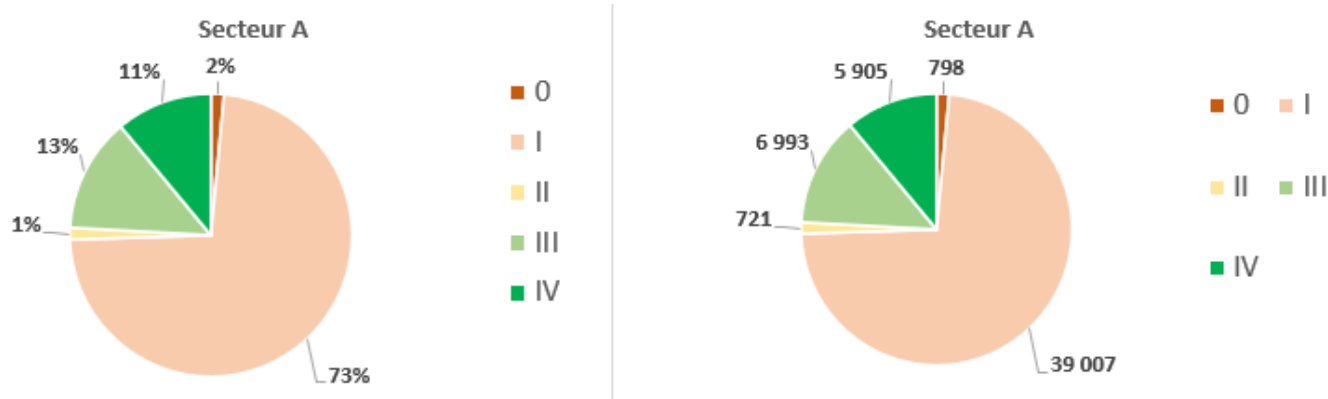


Tronçon type TT	Numéro du tronçon homogène	Longueur en mètre m	Solution	Priorité proposée	Cout global en €	Commentaire
33	54	241.7	III.2 + I.3	Court terme		
33	76	133.61	II.1	Long terme	33 000 €	
34	36	226.23	I.2	Court terme	à déterminer	
34	47	382.12	I.2	Court terme		
35	45	2050.47	III.3 + I.2	Court terme	720 000 €	
36	5	1143.55	III.3	Moyen terme	1 170 000 €	
36	19	302.9	III.3	Moyen terme		
36	24	428.87	III.3	Moyen terme		
37	28	53.4	0	Lob	0 €	(site test EDF)
38	91	313.45	I.2	Court terme	à déterminer	
38	92	119.03	I.2	Court terme		
39	29	226.99	I.2	Court terme	28 000 €	

Récapitulatif des solutions par longueur selon chaque catégorie.

Catégorie	Longueur totale en m
0	798
I	39 007
II	721
III	6 993
IV	5 905
Total général	53 425

Visualisation de la répartition des solutions par secteur en pourcentage et en linéaire :



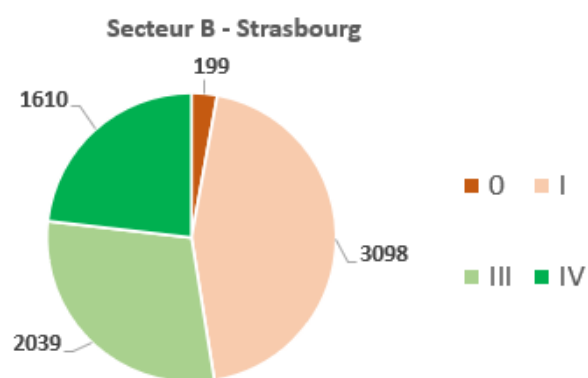
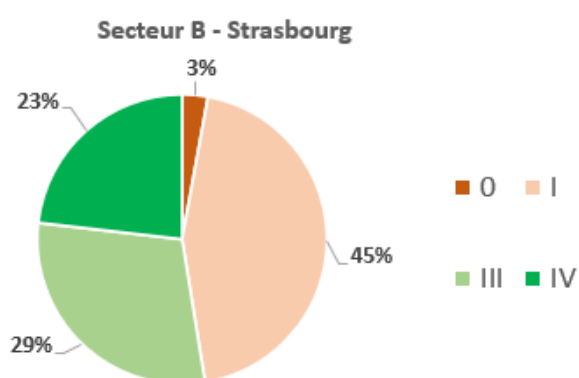
4.2 RÉCAPITULATIF DE RÉSULTATS SECTEUR B- STRASBOURG

Tronçon type TT	Numéro du tronçon homogène	Longueur	Solution	Priorité proposée	Cout global en €	Commentaire
1	2	252.245	I.2	Court terme	4 000 €	
1	7	611.246	I.2	Court terme		
2	8	1610.057	IV.2	Moyen terme	1 200 000 €	site test
3	5	571.515	I.2 + I.3	Moyen terme	32 000 €	
3	6	496.406	I.2 + I.3	Moyen terme		
4	9	215.993	I.1 + I.2	Court terme	A déterminer	
5	3	456.378	III.3	Court terme	998 000 €	site test
5	4	872.514	III.3	Court terme		
6	1	950.169	I.2	Court terme	6 000 €	
7	11	709.808	III.3	Moyen terme	600 000 €	
8	10	199.121	0	Court terme	0 €	

Récapitulatif des solutions par longueur selon chaque catégorie.

Catégorie	Longueur totale en m
0	199
I	3098
III	2039
IV	1610
Total général	6945

Visualisation de la répartition des solutions par secteur en pourcentage et en linéaire :



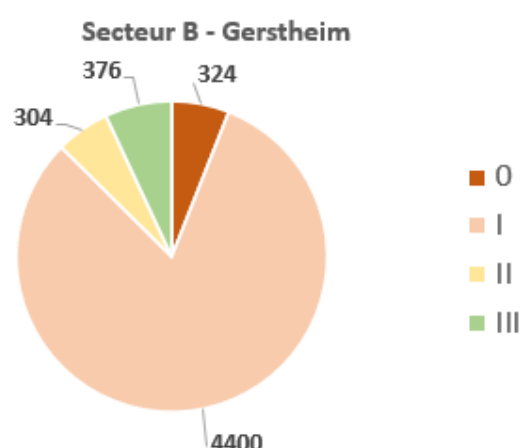
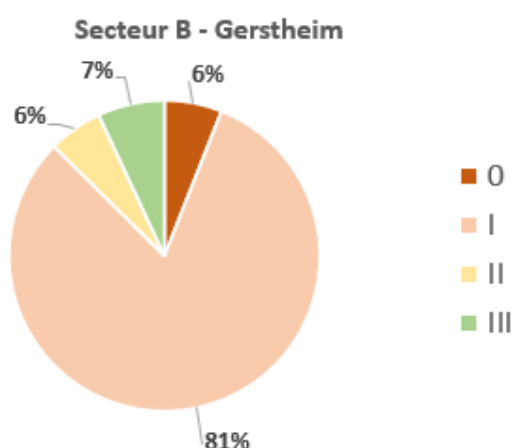
4.3 RÉCAPITULATIF DE RÉSULTATS SECTEUR B – GERSTHEIM

Tronçon type TT	Numéro du tronçon homogène	Longueur	Solution	Priorité proposée	Cout global en €	Commentaire
1	1	894.18	I.2	Court terme	3 000 €	
2	2	104.8	I.2	Court terme		
3	14	81.85	I.2 + I.3	Court terme	24 600 €	
4	6	311.54	I.2 + I.3	Court terme	93 600 €	
5	7	90.85	III.3	Court terme	82 000 €	
6	5	71.51	0	Court terme	0 €	
6	8	504.07	I.2	Court terme	1 000 €	
7	12	1120.55	I.1 + I.2	Court terme	3 000 €	
8	3	285.4	III.3	Court terme	265 000 €	
8	9	920.12	I.1 + I.2	Court terme	2 000 €	
9	13	155.45	I.2	Court terme	À déterminer	
10	10	252.27	0	Court terme	0 €	
10	11	307.59	I.2	Court terme	600 €	
11	4	303.81	II.3	Long terme	75 000 €	

Récapitulatif des solutions par longueur selon chaque catégorie.

Catégorie	Longueur totale en m
0	324
I	4400
II	304
III	376
Total général	5404

Visualisation de la répartition des solutions par secteur en pourcentage et en linéaire :



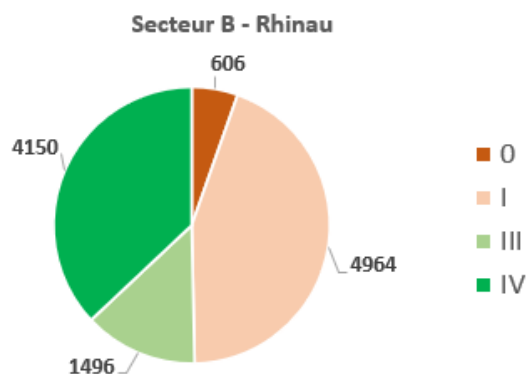
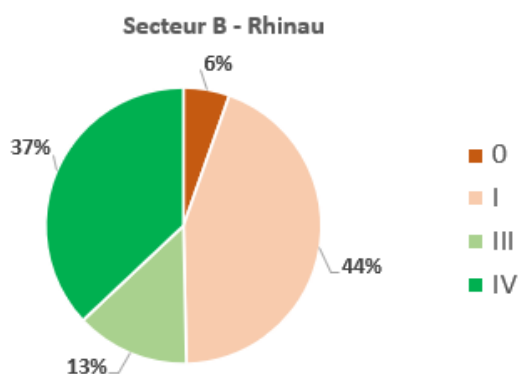
4.4 RÉCAPITULATIF DE RÉSULTATS SECTEUR B - RHINAU

Tronçon type TT	Numéro du tronçon homogène	Longueur	Solution	Priorité proposée	Cout global en €	Commentaire
1	2	377.91	I.2	Court terme	500 €	
2	7	269.79	I.2	Court terme	700 €	
3	3	308.91	I.2	Court terme	1 000 €	
4	4	433.4	I.2 + I.3	Court terme	1 400 €	
5	1	128.51	0	Court terme	0 €	
6	13	145.12	I.2	Court terme	90 000 €	
6	25	172.02	I.2	Court terme		
7	26	307.52	0	Court terme	0 €	
8	6	590.1	I.2 + I.3	Court terme	20 000 €	
8	20	867.2	I.2 + I.3	Court terme		
9	19	576.57	I.1 + I.2	Court terme	80 000 €	
9	21	199.66	I.1 + I.2	Court terme		
10	5	946.72	IV.4	Long terme	1 140 000 €	abaissement chemin
11	15	828.99	IV.4	Moyen terme	750 000 €	abaissement chemin
11	23	439.35	IV.4	Moyen terme	400 000 €	abaissement chemin
12	16	1689.31	IV.4	Moyen terme	1 520 000 €	abaissement chemin
13	14	86.76	0	Court terme	0 €	
13	18	83.49	0	Court terme		
14	24	1269.1	III.3	Court terme	1 145 000 €	Site test
15	22	147.58	IV.2 + IV.4	Long terme	210 000 €	
16	12	98.31	IV.4	Moyen terme	150 000 €	
17	10	84.45	I.1	Court terme	À déterminer	
17	17	326.49	I.1	Court terme		
18	8	109.74	III.3	Court terme	100 000 €	
19	9	612.37	I.2	Court terme	800 €	
19	11	116.9	III.3	Court terme	640 000 €	

Récapitulatif des solutions par longueur selon chaque catégorie.

Catégorie	Longueur totale en m
0	606
I	4964
III	1496
IV	4150
Total général	11216

Visualisation de la répartition des solutions par secteur en pourcentage et en linéaire :



4.5 RÉCAPITULATIF DE RÉSULTATS SECTEUR B - MARCKOLSHEIM

Tronçon type TT	Numéro du tronçon homogène	Longueur	Solution	Priorité proposée	Cout global en €	Commentaire
1	14	96.81	I.2 + I.4	Court terme	À déterminer	
2	12	144.45	I.1 + I.4	Court terme	0 €	
3	2	1053.44	I.2 + I.4	Court terme	0 €	
4	13	677.37	I.2 + I.3 + I.4	Court terme	5 000 €	
5	4	68.75	I.2 + I.4	Court terme	84 000 €	
5	6	98.23	I.2 + I.4	Court terme		
6	3	146.71	III.3	Moyen terme	135 000 €	Disponibilité emprise à vérifier
7	1	69.3	I.2	Court terme	À déterminer	
7	20	449.46	I.2	Court terme	À déterminer	
8	18	426.66	III.2	Moyen terme	260 000 €	
8	19	1393.52	II. 2 + III.3	Moyen terme	720 000 €	
9	9	207.35	II.2	Moyen terme	80 000 €	
9	10	311.87	II.2	Moyen terme		
9	11	222.78	I.1	Court terme	0 €	
9	15	458.48	IV.4	Moyen terme	280 000 €	
9	16	259.7	IV.4	Long terme	1 000 €	
10	8	200.78	I.2	Court terme	À déterminer	
11	5	520.58	III.3	Court terme	765 000 €	
11	7	332.62	III.3	Court terme		
12	17	96.39	0	Court terme	0 €	

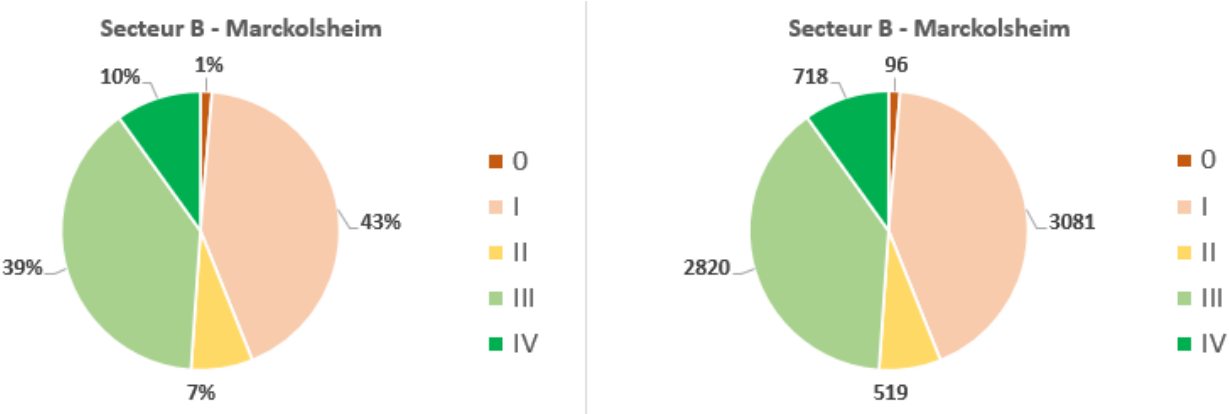
Récapitulatif des solutions par longueur selon chaque catégorie.

Catégorie	Longueur totale en m
0	96
I	3081
II	519
III	2820



IV	718
Total général	7235

Visualisation de la répartition des solutions par secteur en pourcentage et en linéaire :



4.6 RÉCAPITULATIF DE RÉSULTATS SECTEUR C

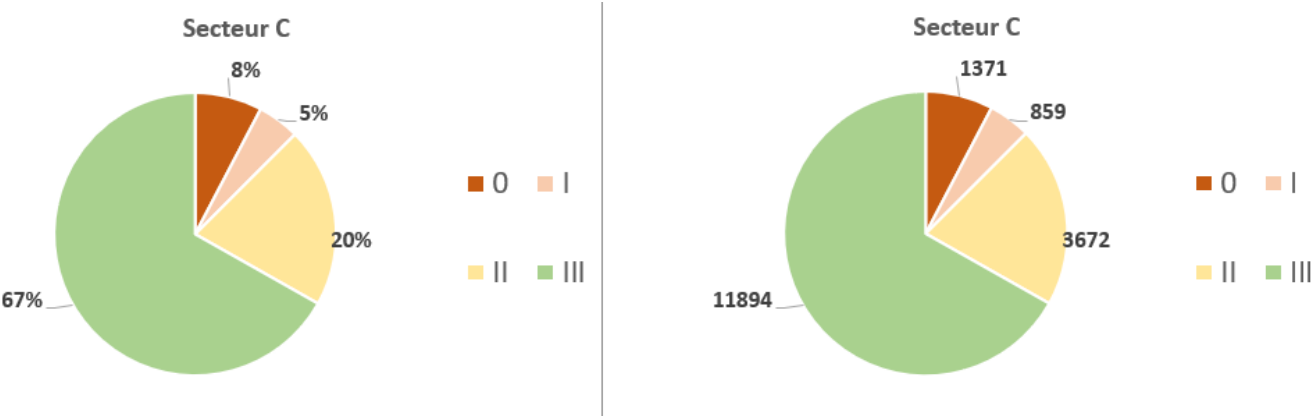
Tronçon type TT	Numéro du tronçon homogène	Longueur	Solution	Priorité proposée	Cout global en €	Commentaire
1	13	859.21	I.2	Court terme	à déterminer	
2	20	158.24	0	Court terme	0 €	Recommandation surveillance invasive
3	27	305.51	III.2	Moyen terme	160 000 €	
4	2	692.53	III.3	Moyen terme	630 000 €	
5	16	823.56	III.3	Court terme	1 400 000 €	Site test
5	18	2053.01	III.3	Court terme		Site test
5	19	101.69	III.3	Court terme		Site test
6	6	803.77	III.2	Long terme	2 240 000 €	
6	7	569.98	II.2	Moyen terme	950 000 €	
6	8	990.83	II.2	Moyen terme	inclus dans n°7	
6	9	105.9	III.2	Long terme	inclus dans n°6	
6	10	501.93	0	Court terme	0 €	
6	12	1030.08	III.2	Long terme	inclus dans n°6	
6	14	416.32	II.2	Moyen terme	inclus dans n°7	
6	15	155.82	0	Court terme	0 €	
6	17	1027.7	III.2	Long terme	inclus dans n°6	
6	21	891.09	II.2	Moyen terme	inclus dans n°7	
6	22	363.19	0	Court terme	0 €	
6	23	302.66	II.2	Moyen terme	inclus dans n°7	
6	29	235.05	III.3	Long terme	inclus dans n°6	
7	3	487.95	III.2	Moyen terme	345 000 €	
8	1	191.72	0	Court terme	0 €	
9	26	500.78	II.2	Moyen terme	350 000 €	hors ouvrages existants
10	25	393.11	III.3	Long terme	100 000 €	
11	11	1041.97	III.3	Long terme	1 465 000 €	
11	28	582.07	III.3	Long terme		
12	4	761.15	III.3	Moyen terme	1 790 000 €	
12	5	1226.04	III.3	Moyen terme		
13	24	222.7	III.3	Moyen terme	200 000 €	

Récapitulatif des solutions par longueur selon chaque catégorie.

Catégorie	Longueur totale en m
0	1371
I	859
II	3672
III	11894
Total général	17796



Visualisation de la répartition des solutions par secteur en pourcentage et en linéaire :





5 ANNEXE 1 - NOTE DE MÉTHODOLOGIE (DOCUMENT SÉPARÉ)

6 ANNEXE 2 - FICHES DESCRIPTIVES PAR SECTEUR (DOCUMENTS SÉPARÉS)

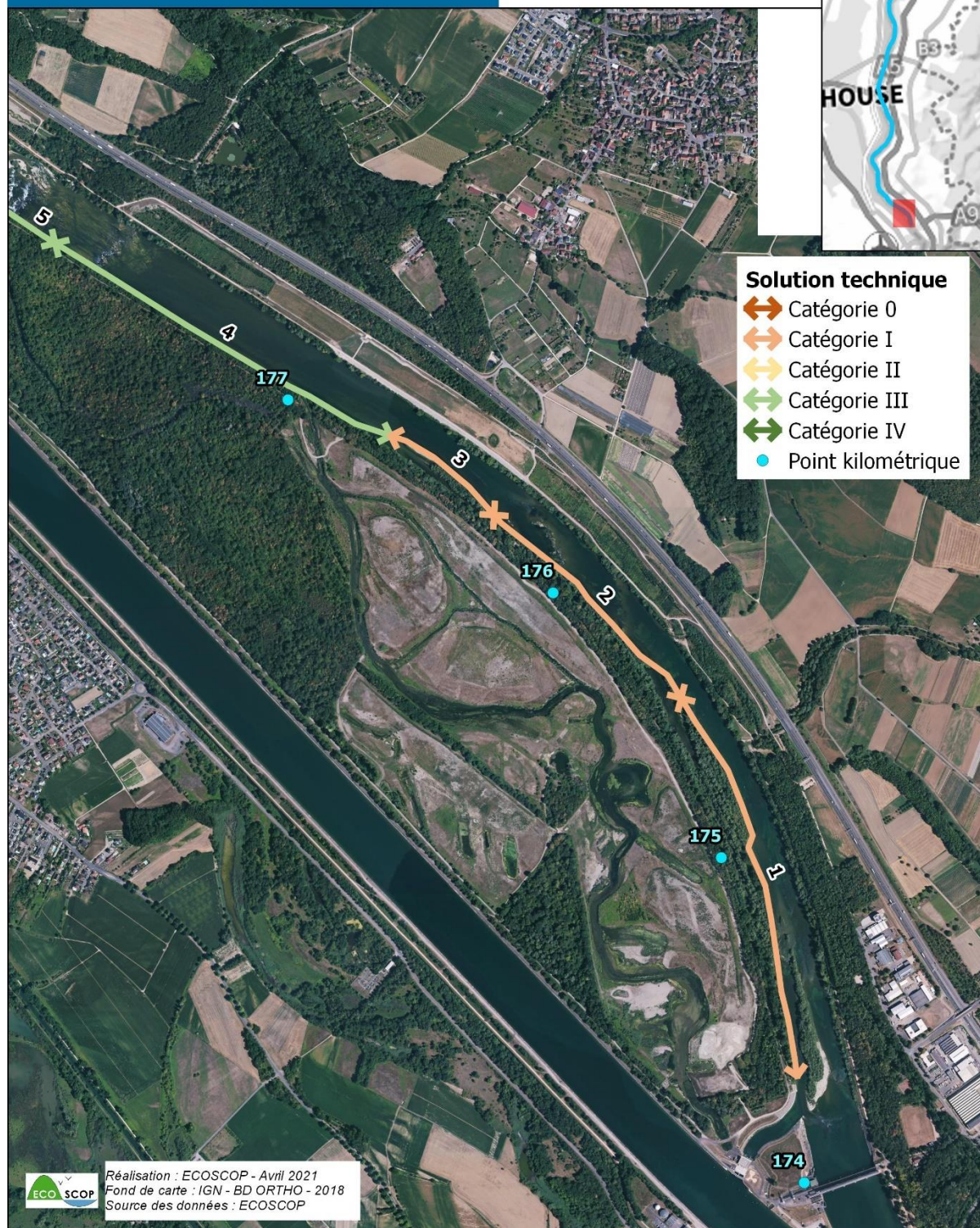
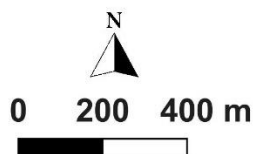
7 ANNEXE 3 - FICHES DE SOLUTIONS PAR SECTEUR (DOCUMENTS SÉPARÉS)

8 ANNEXE 4 - LOCALISATION DES TRONÇONS ET TYPES DE SOLUTIONS

8.1 SECTEUR A

Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur A -

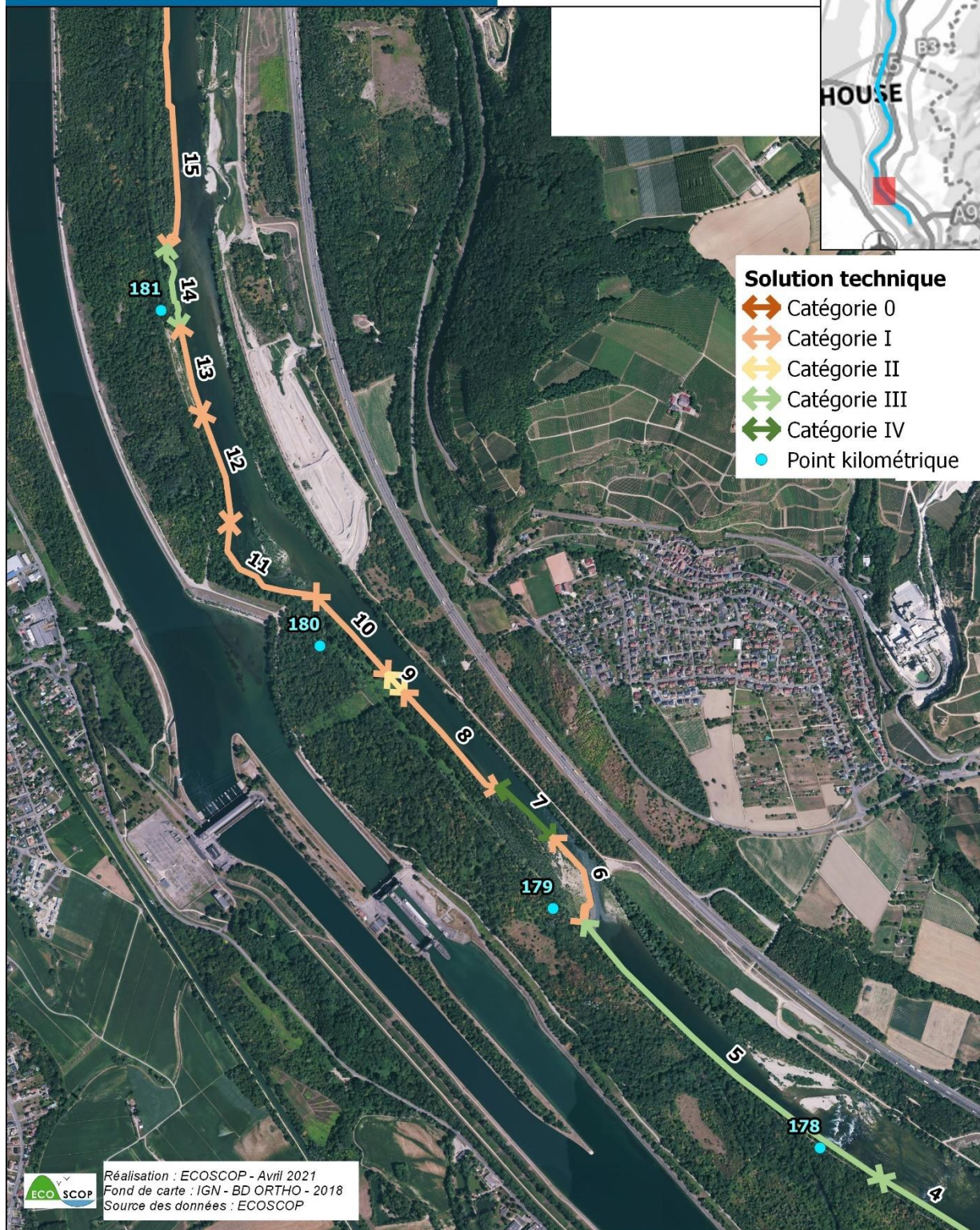
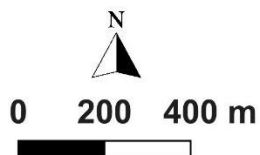
SOLUTIONS TECHNIQUES



Réalisation : ECOSCO - Avril 2021
Fond de carte : IGN - BD ORTHO - 2018
Source des données : ECOSCO

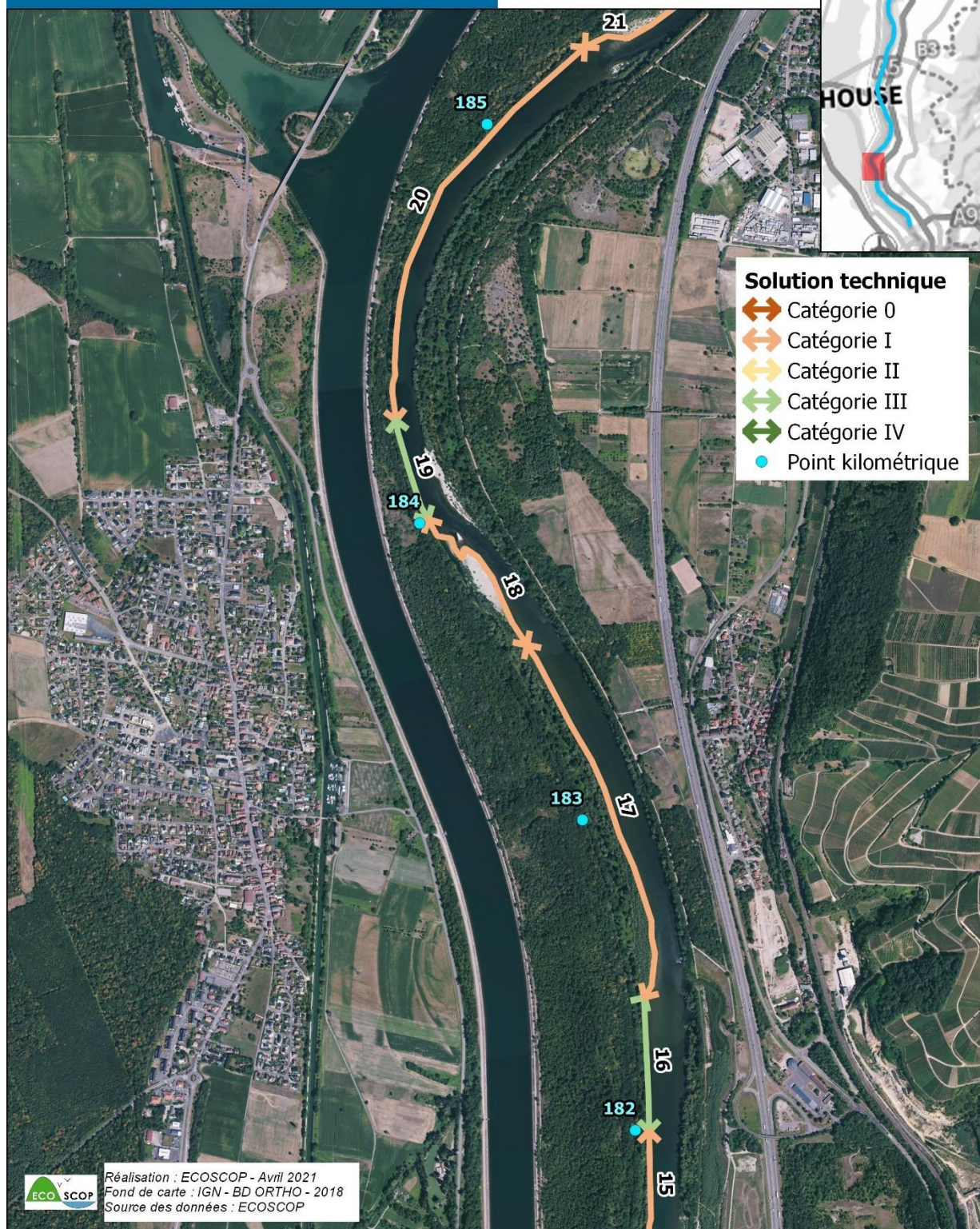
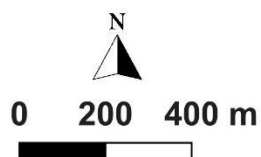
Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur A -

SOLUTIONS TECHNIQUES



Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur A -

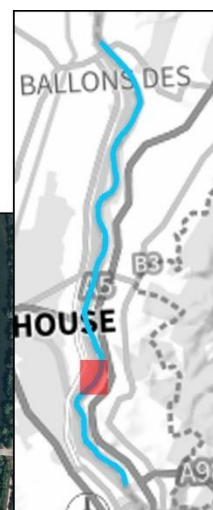
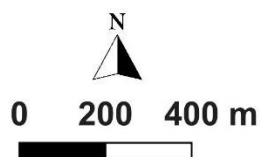
SOLUTIONS TECHNIQUES



Réalisation : ECOSCOPE - Avril 2021
Fond de carte : IGN - BD ORTHO - 2018
Source des données : ECOSCOPE

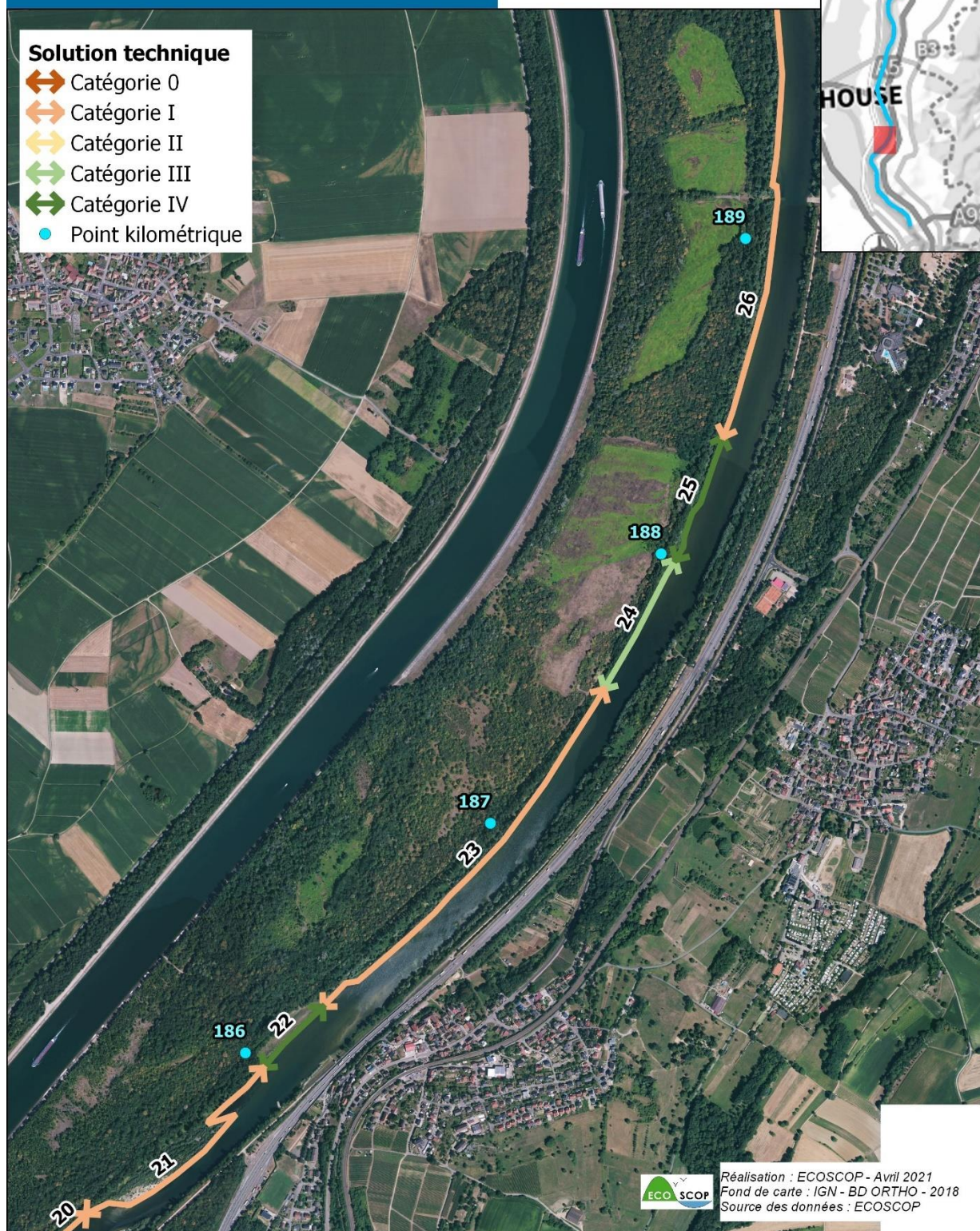
Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur A -

SOLUTIONS TECHNIQUES



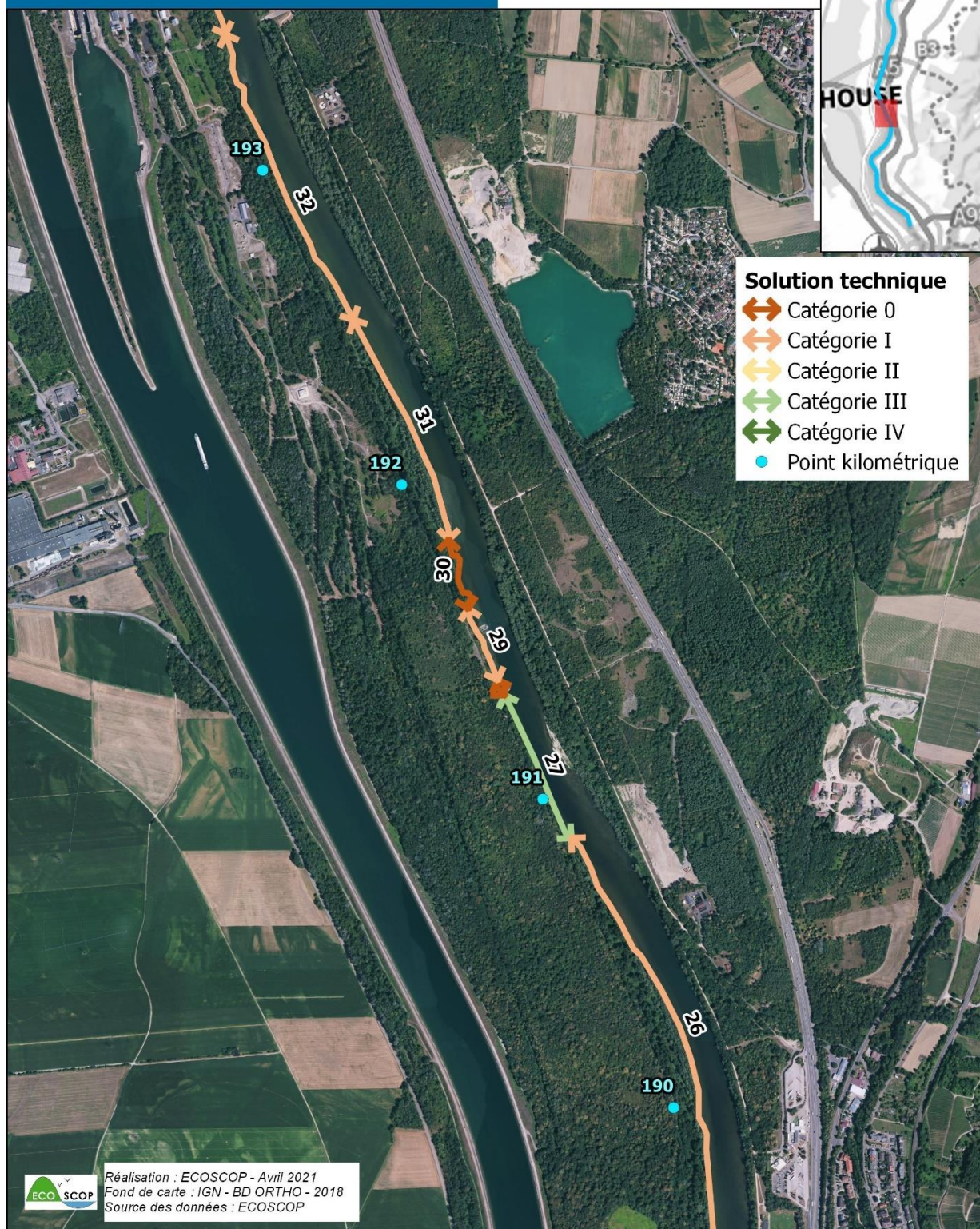
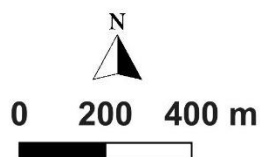
Solution technique

- ↔ Catégorie 0
- ↔ Catégorie I
- ↔ Catégorie II
- ↔ Catégorie III
- ↔ Catégorie IV
- Point kilométrique



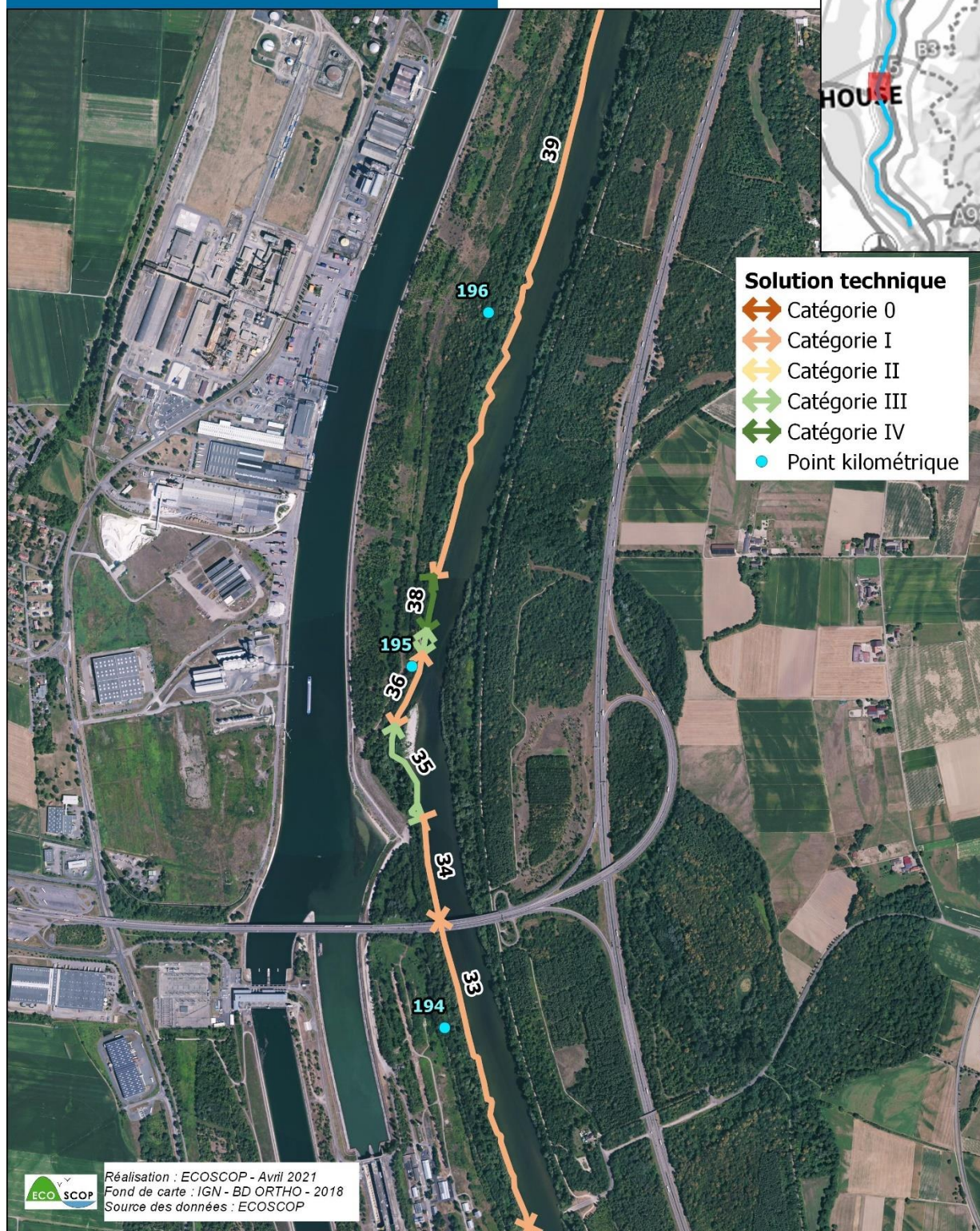
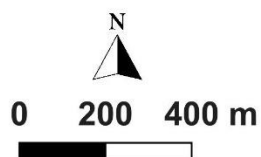
Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur A -

SOLUTIONS TECHNIQUES



Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur A -

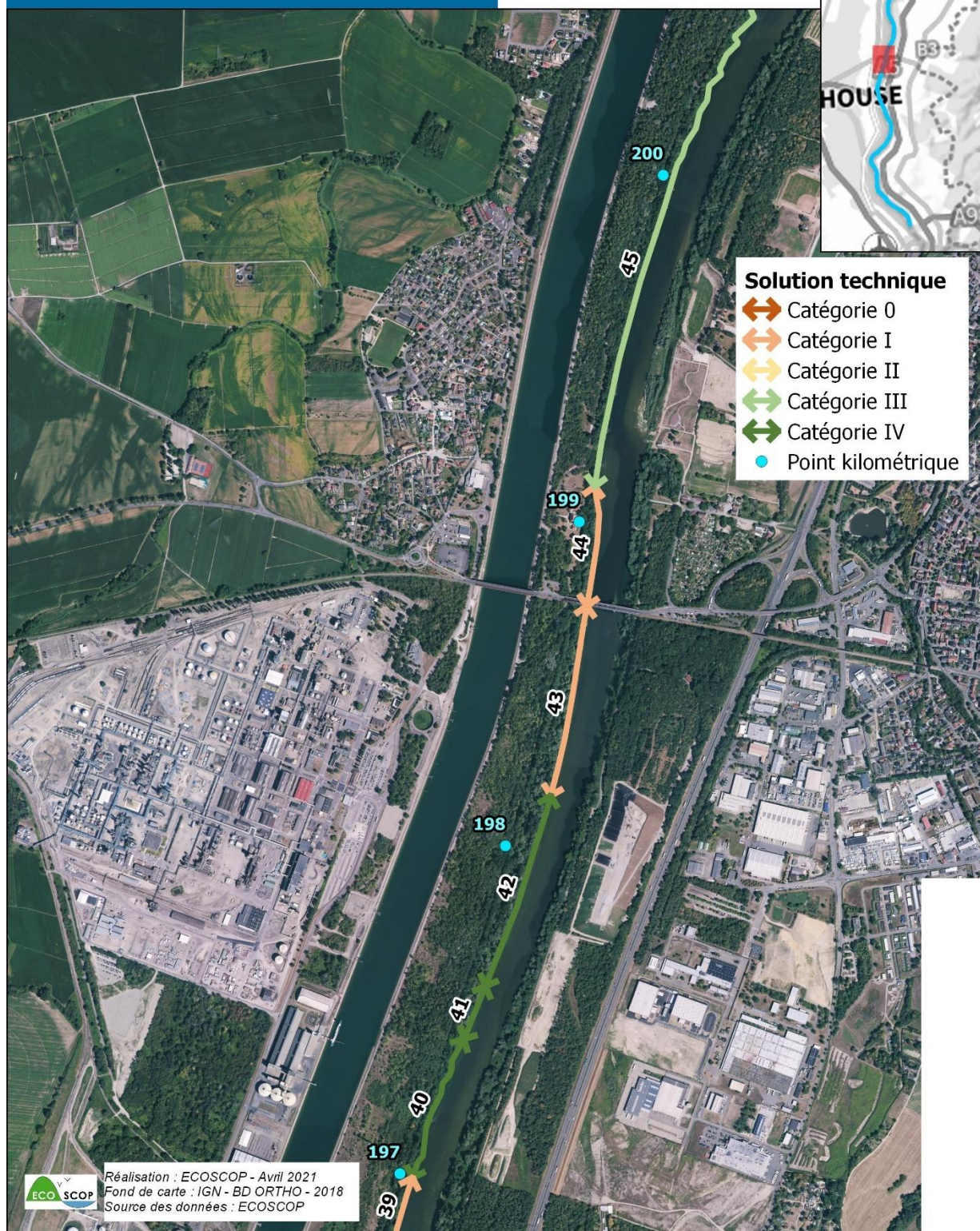
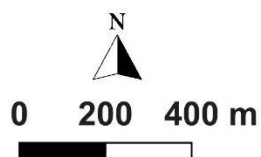
SOLUTIONS TECHNIQUES



Réalisation : ECOSCOPE - Avril 2021
Fond de carte : IGN - BD ORTHO - 2018
Source des données : ECOSCOPE

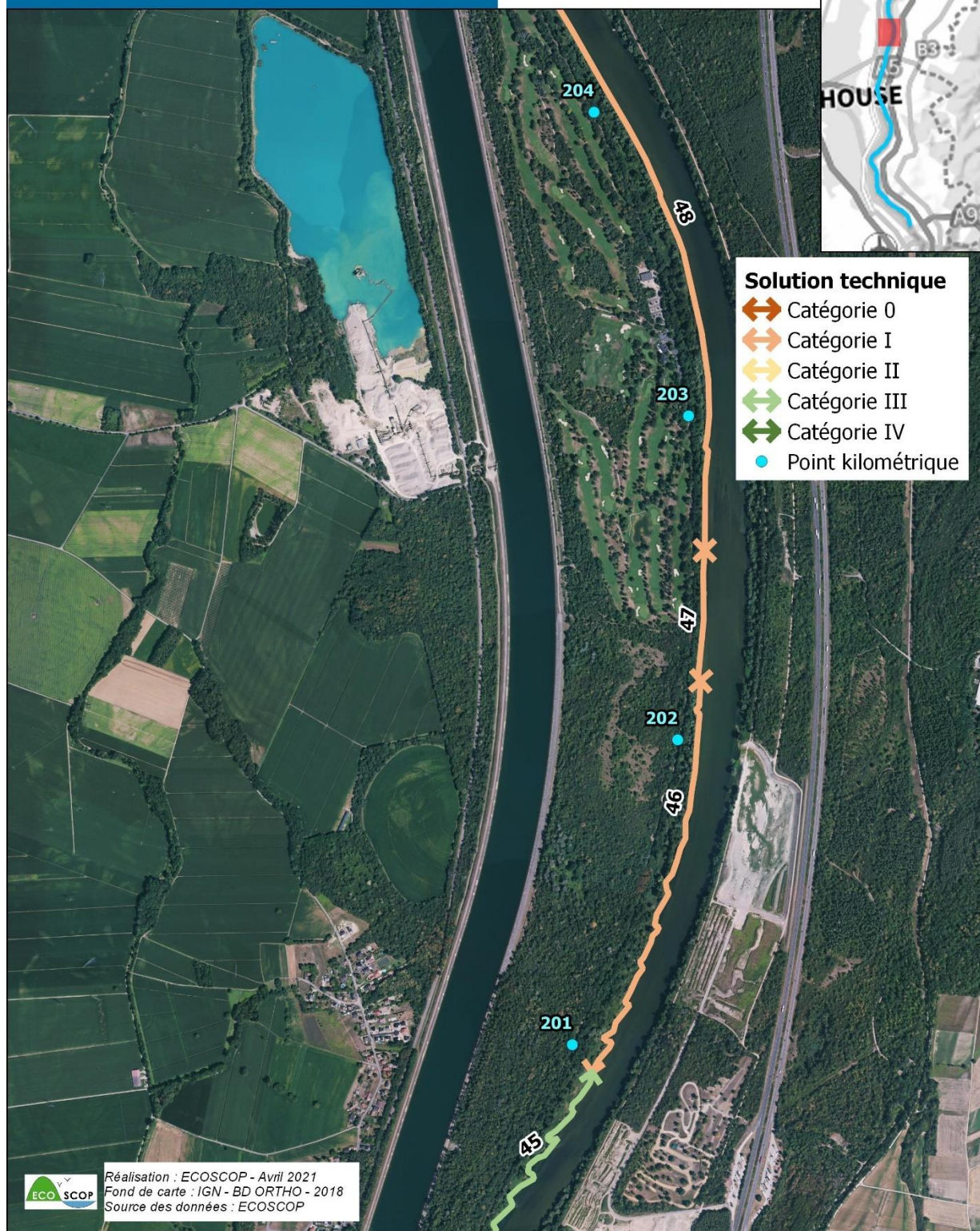
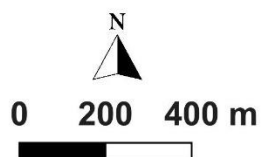
Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur A -

SOLUTIONS TECHNIQUES



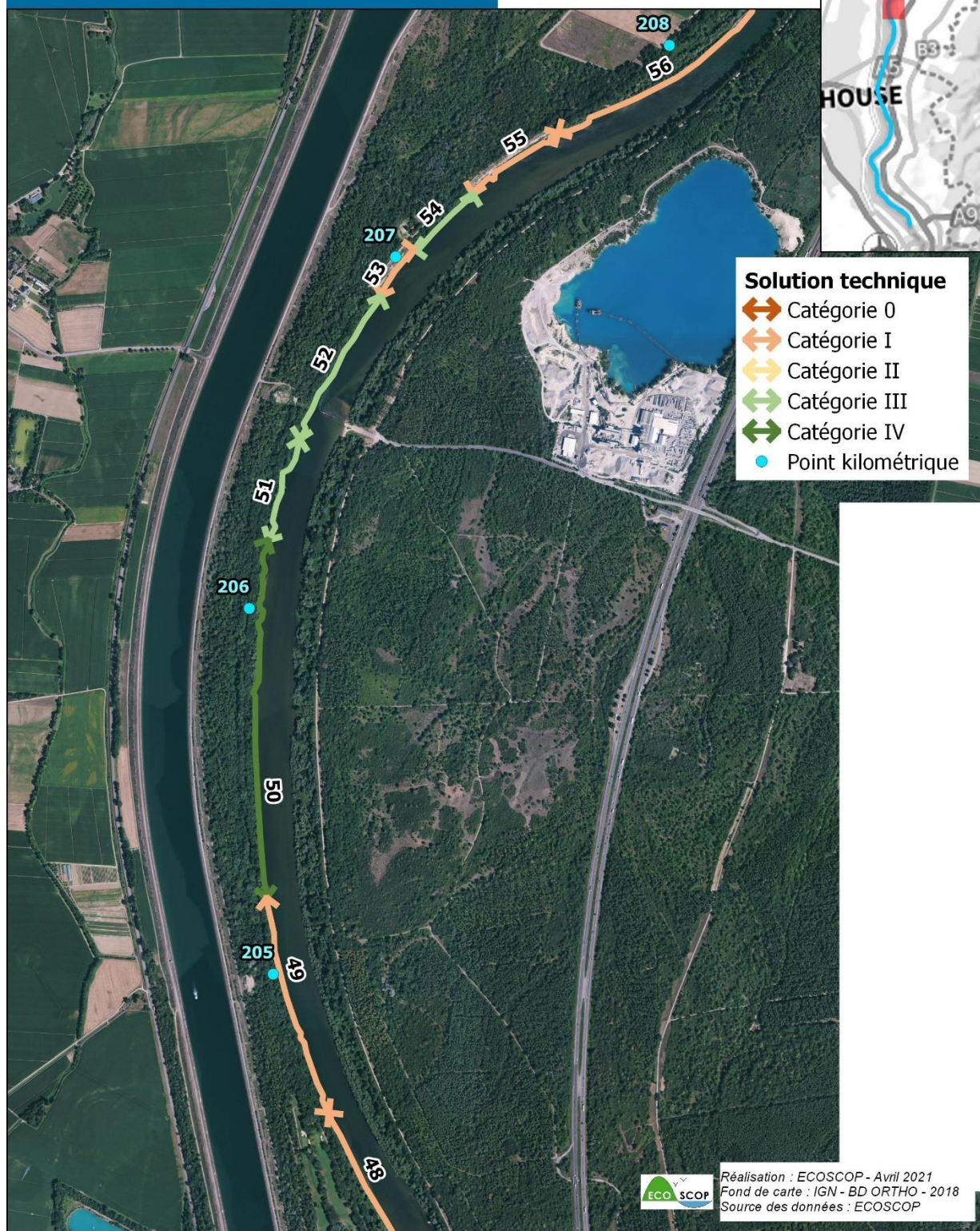
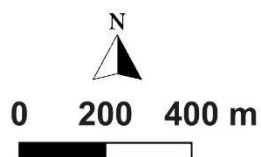
Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur A -

SOLUTIONS TECHNIQUES



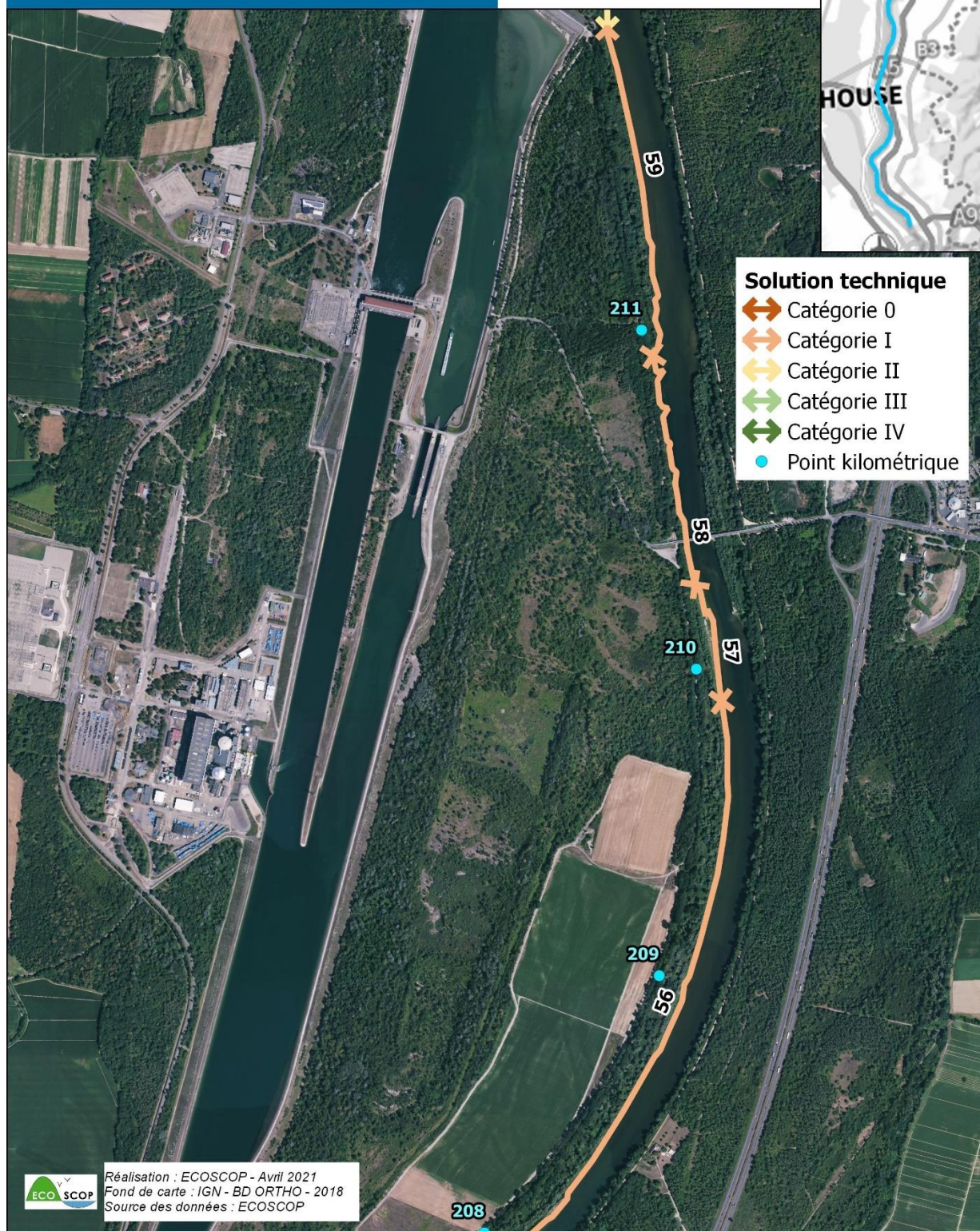
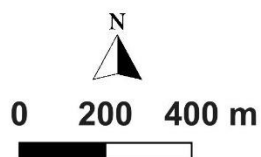
Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur A -

SOLUTIONS TECHNIQUES



Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur A -

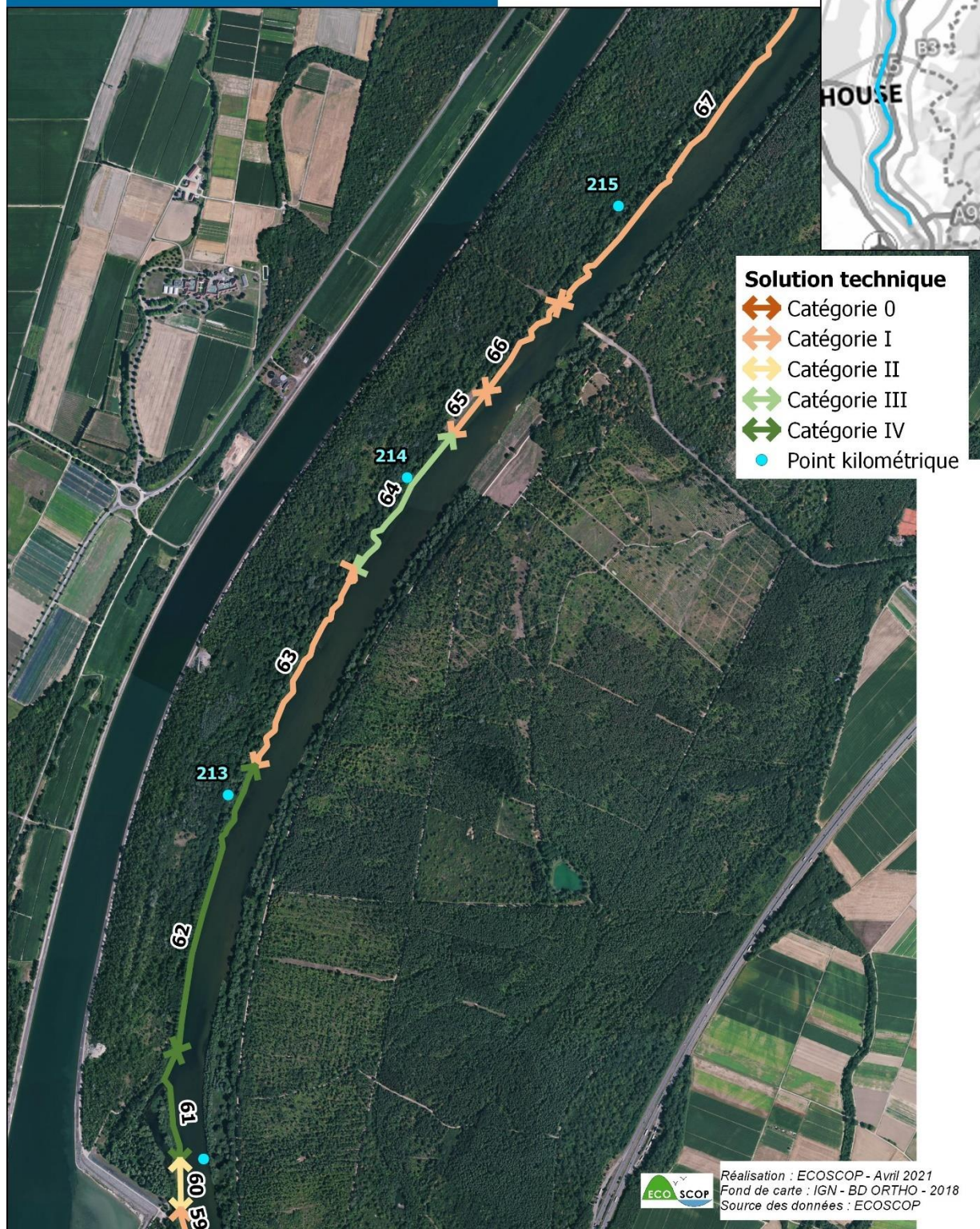
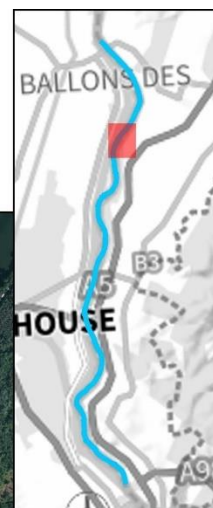
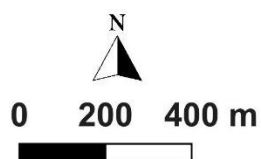
SOLUTIONS TECHNIQUES



Réalisation : ECOSCOPE - Avril 2021
Fond de carte : IGN - BD ORTHO - 2018
Source des données : ECOSCOPE

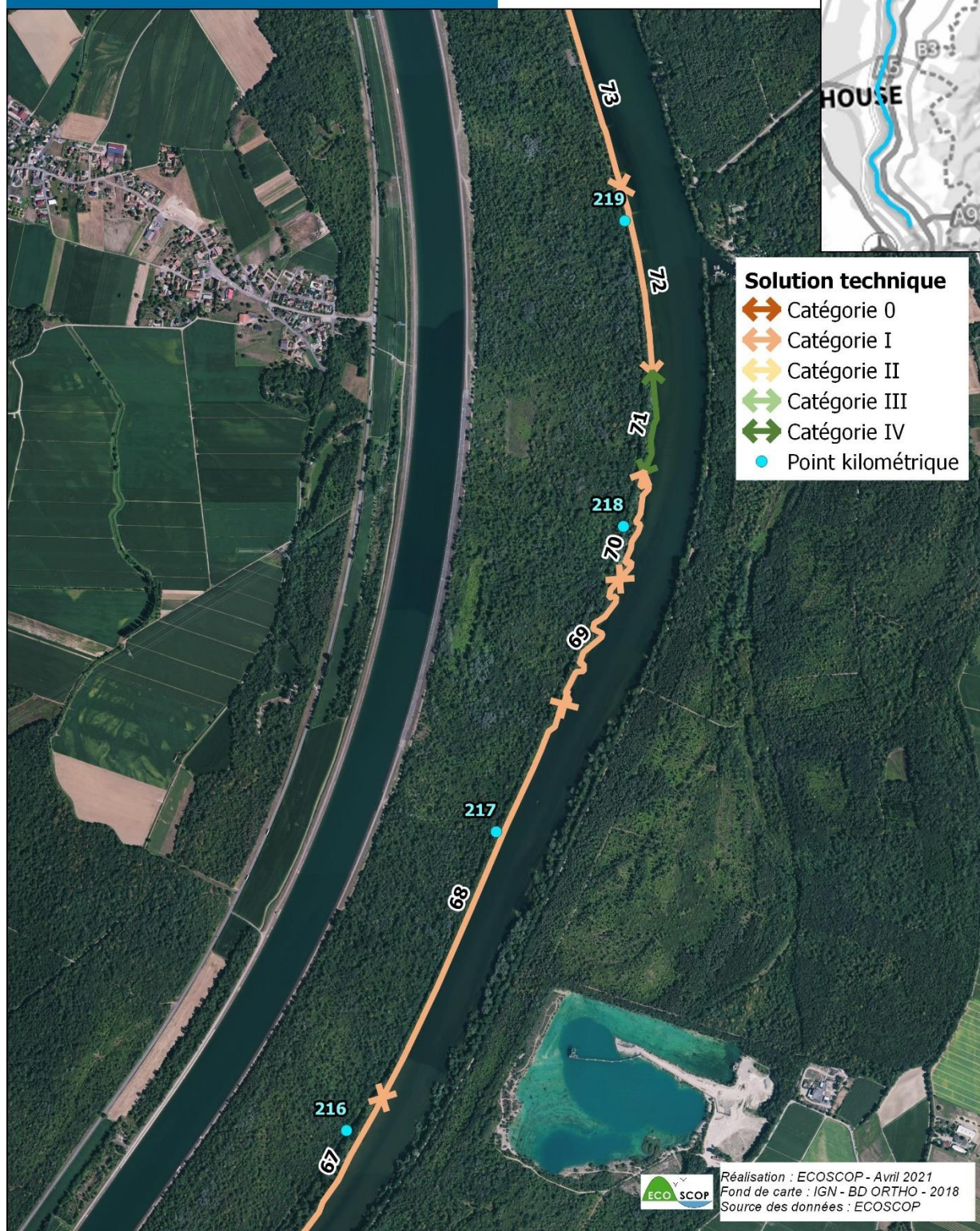
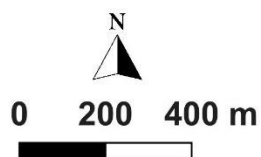
Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur A -

SOLUTIONS TECHNIQUES



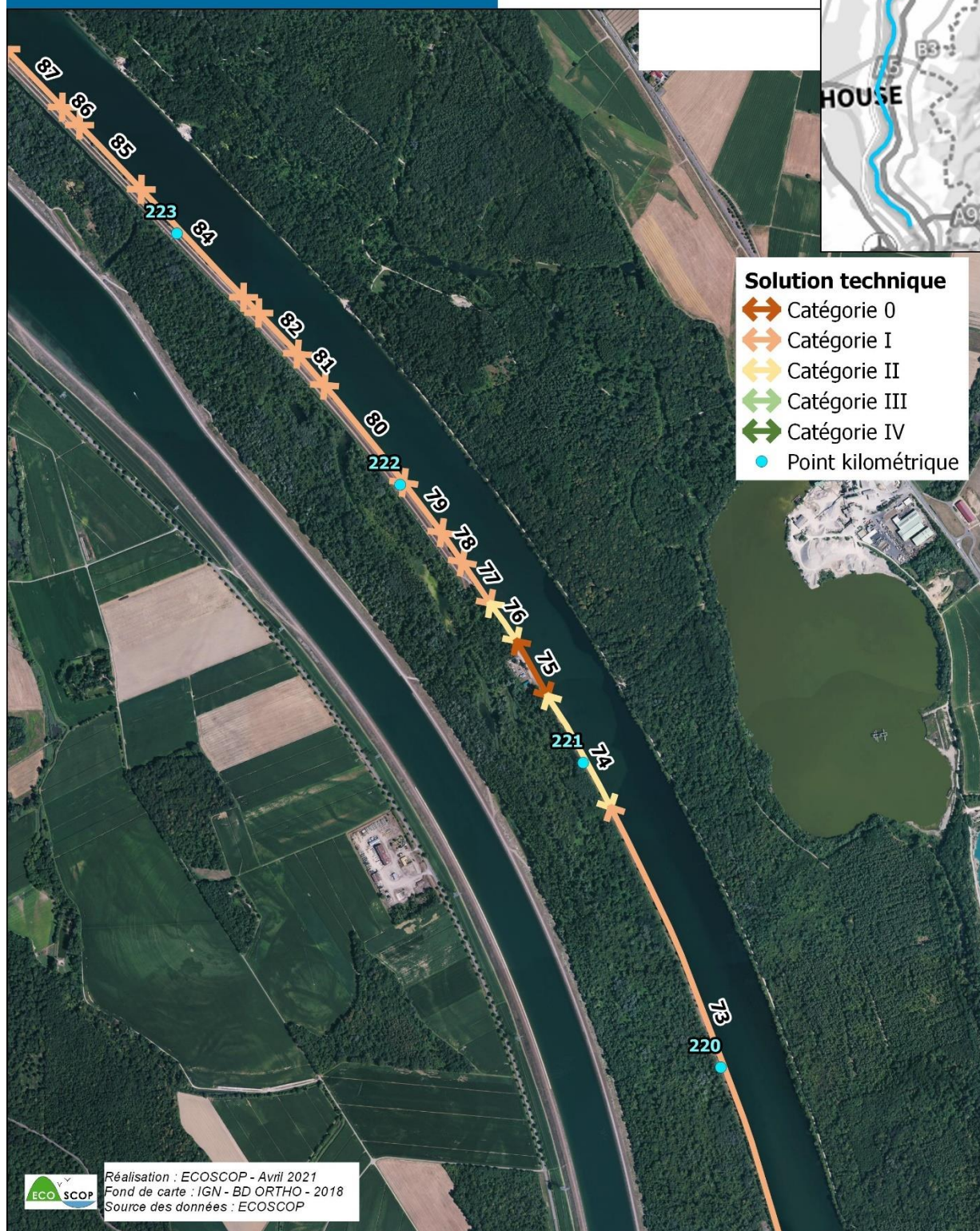
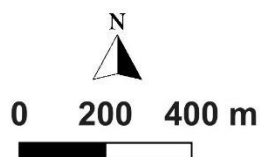
Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur A -

SOLUTIONS TECHNIQUES



Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur A -

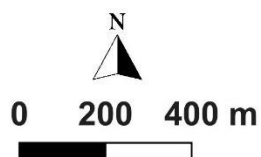
SOLUTIONS TECHNIQUES



Réalisation : ECOSCOPE - Avril 2021
Fond de carte : IGN - BD ORTHO - 2018
Source des données : ECOSCOPE

Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur A -

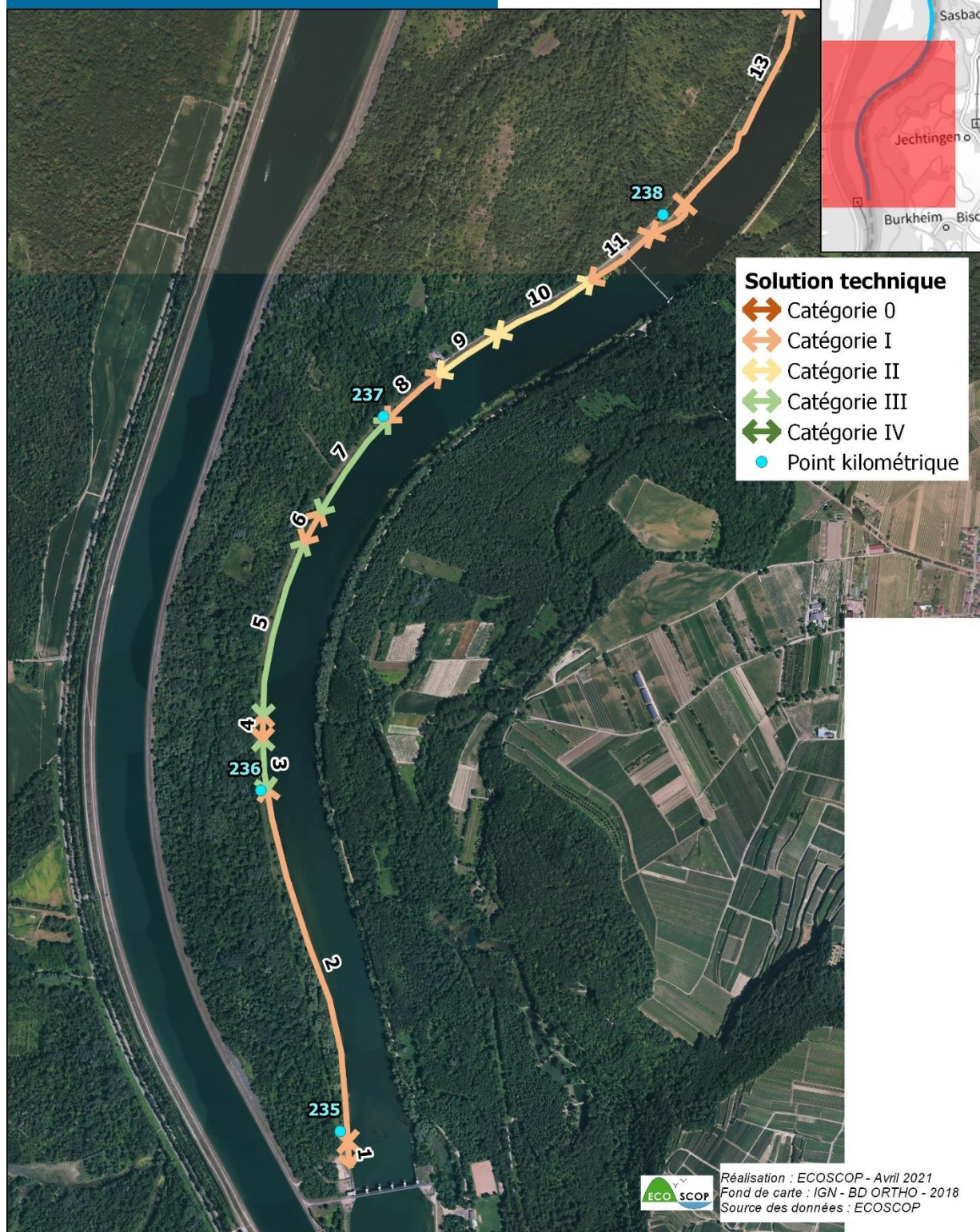
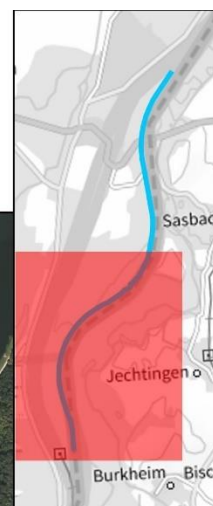
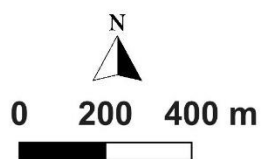
SOLUTIONS TECHNIQUES



8.2 SECTEUR B - MARCKOLSHEIM

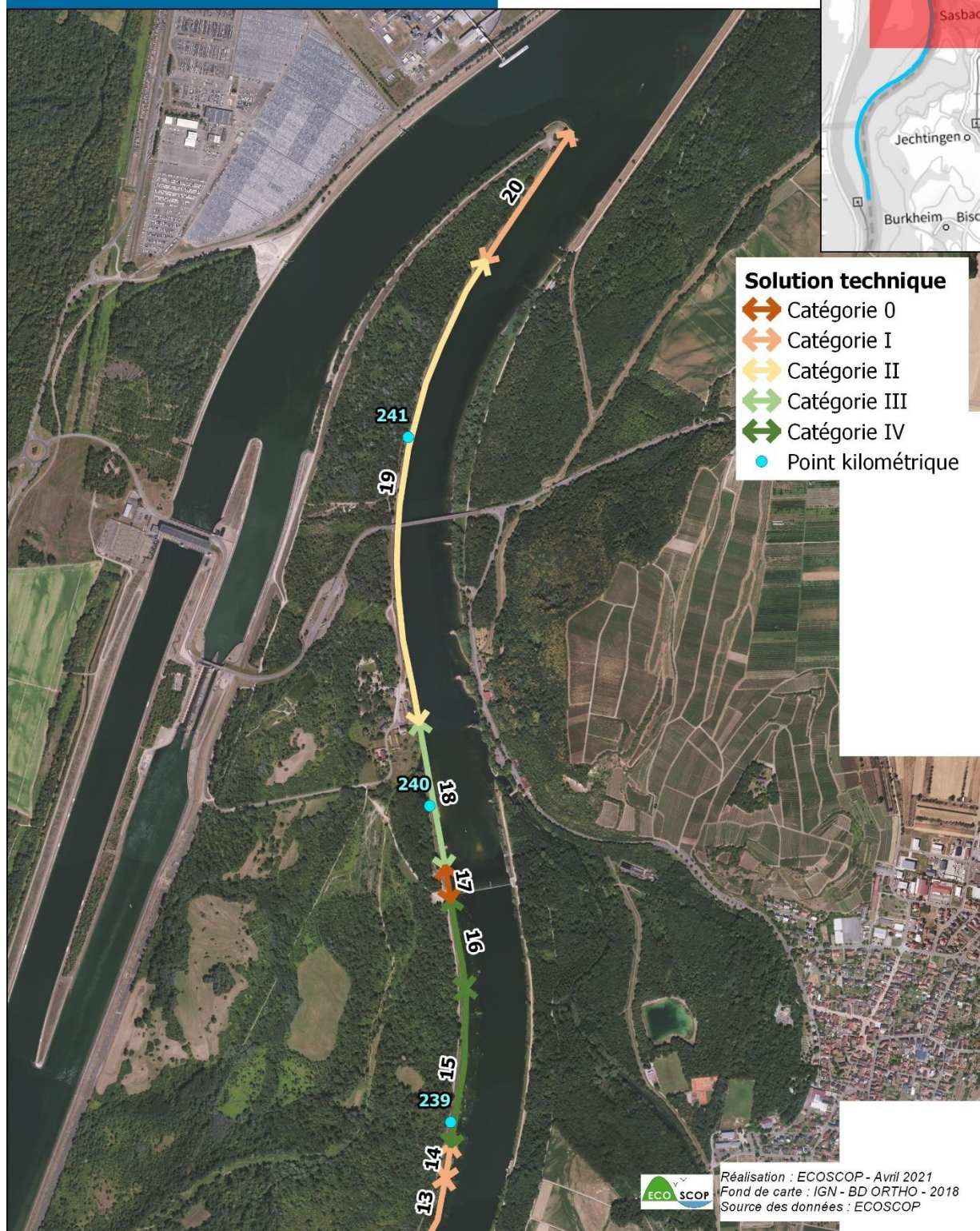
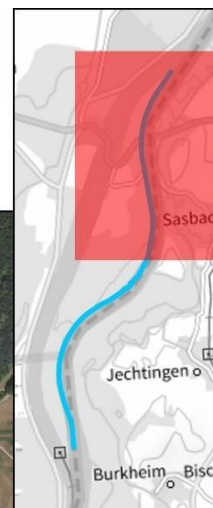
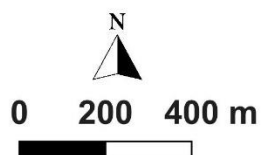
Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur B - Marckolsheim -

SOLUTIONS TECHNIQUES



Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur B - Marckolsheim -

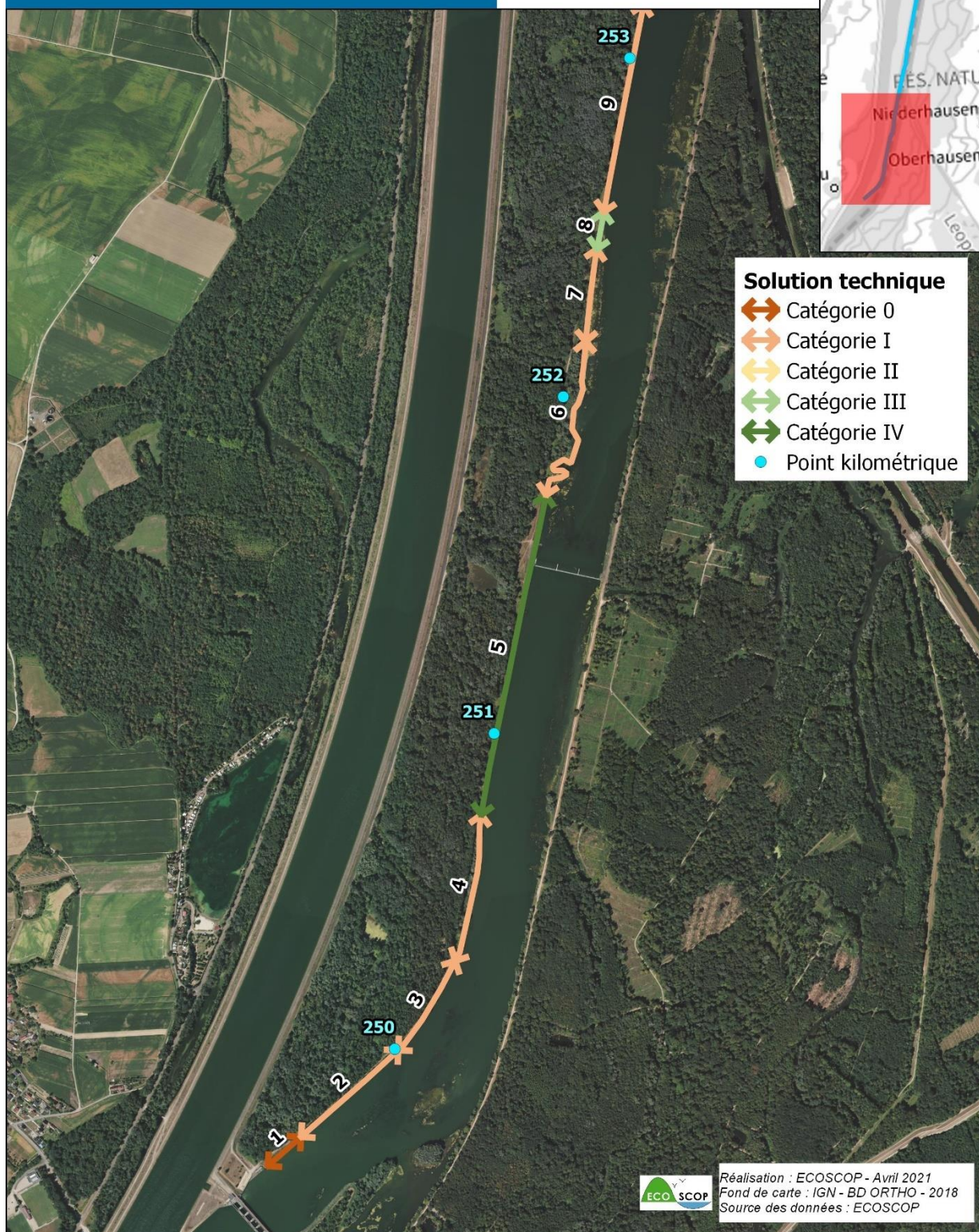
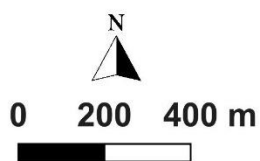
SOLUTIONS TECHNIQUES



8.3 SECTEUR B - RHINAU

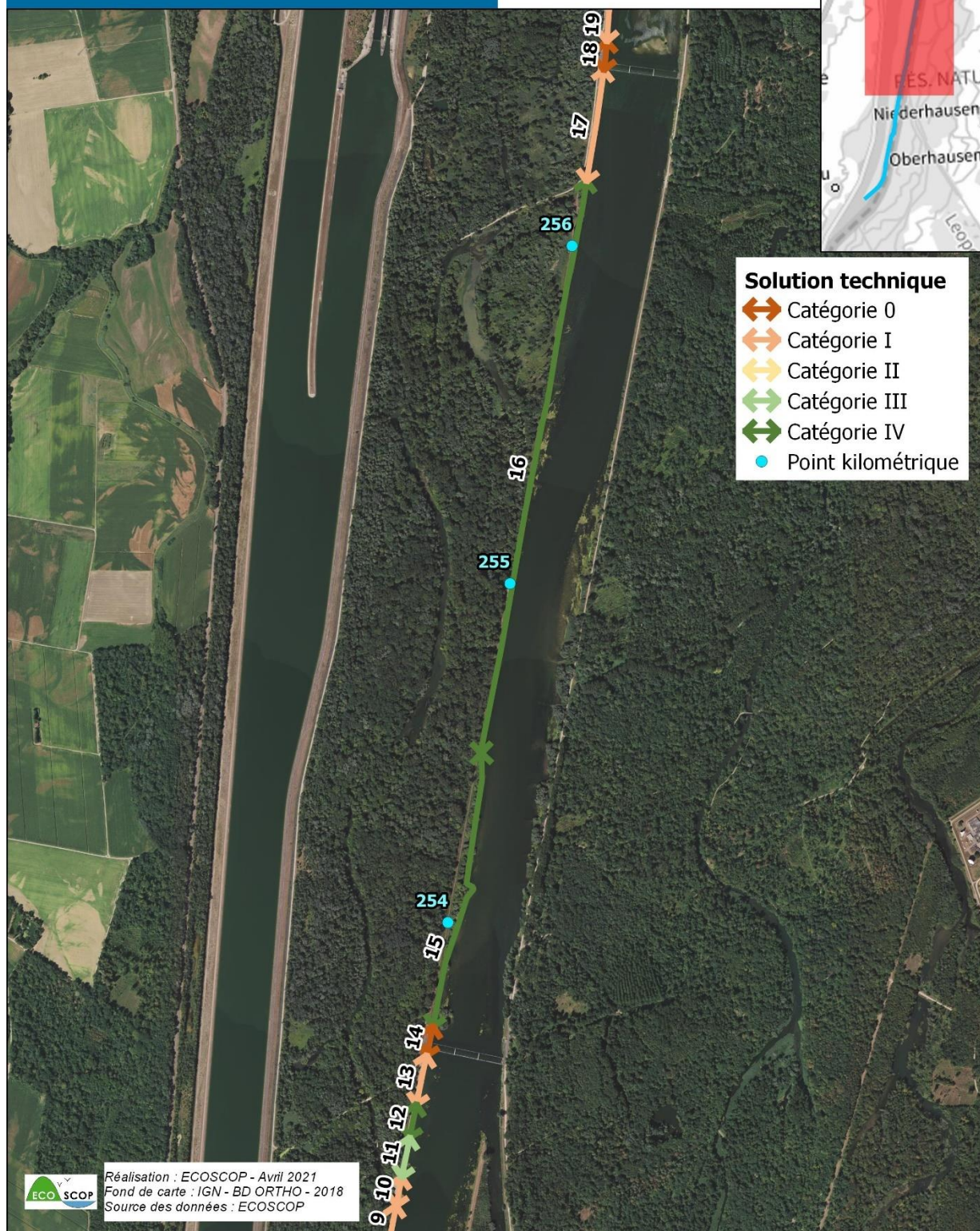
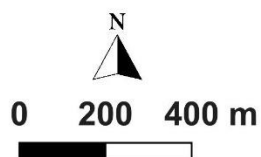
Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur B - Rhinau -

SOLUTIONS TECHNIQUES



Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur B - Rhinau -

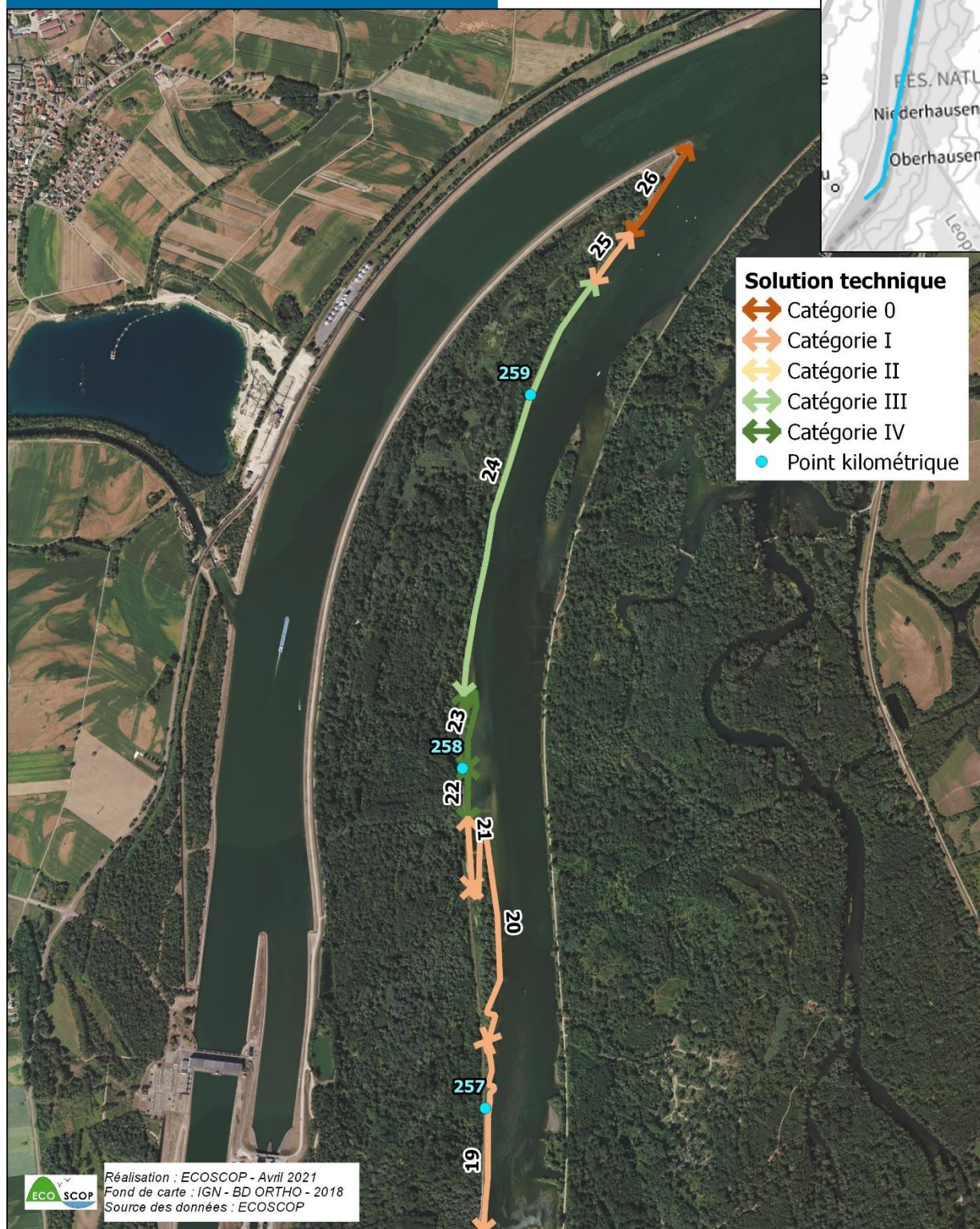
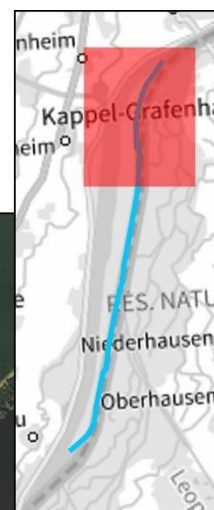
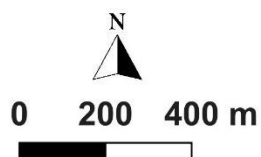
SOLUTIONS TECHNIQUES



Réalisation : ECOSCOPE - Avril 2021
Fond de carte : IGN - BD ORTHO - 2018
Source des données : ECOSCOPE

Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur B - Rhinau -

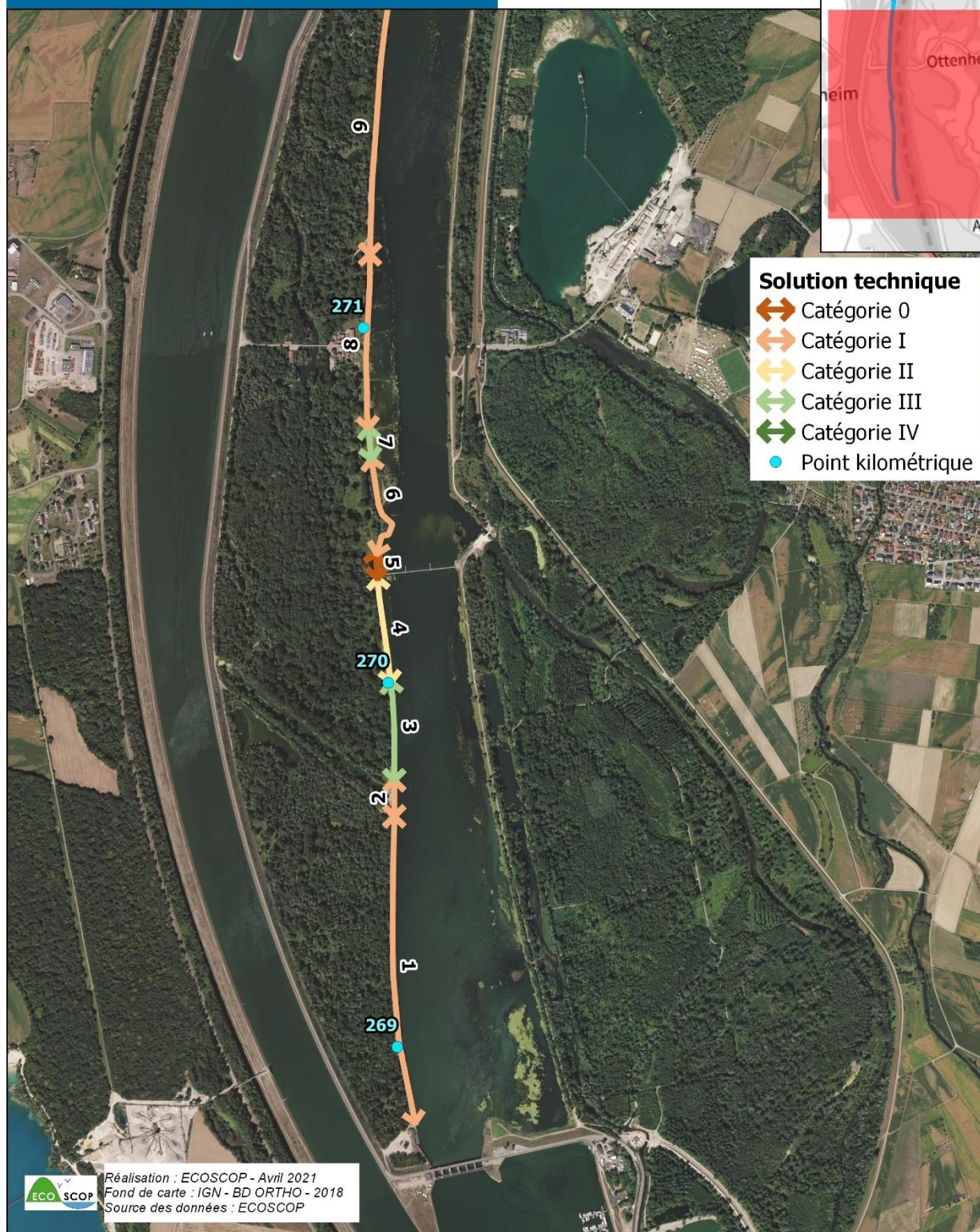
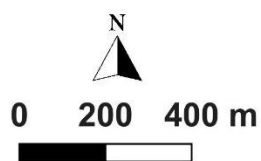
SOLUTIONS TECHNIQUES



8.4 SECTEUR B - GERSTHEIM

Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur B - Gerstheim -

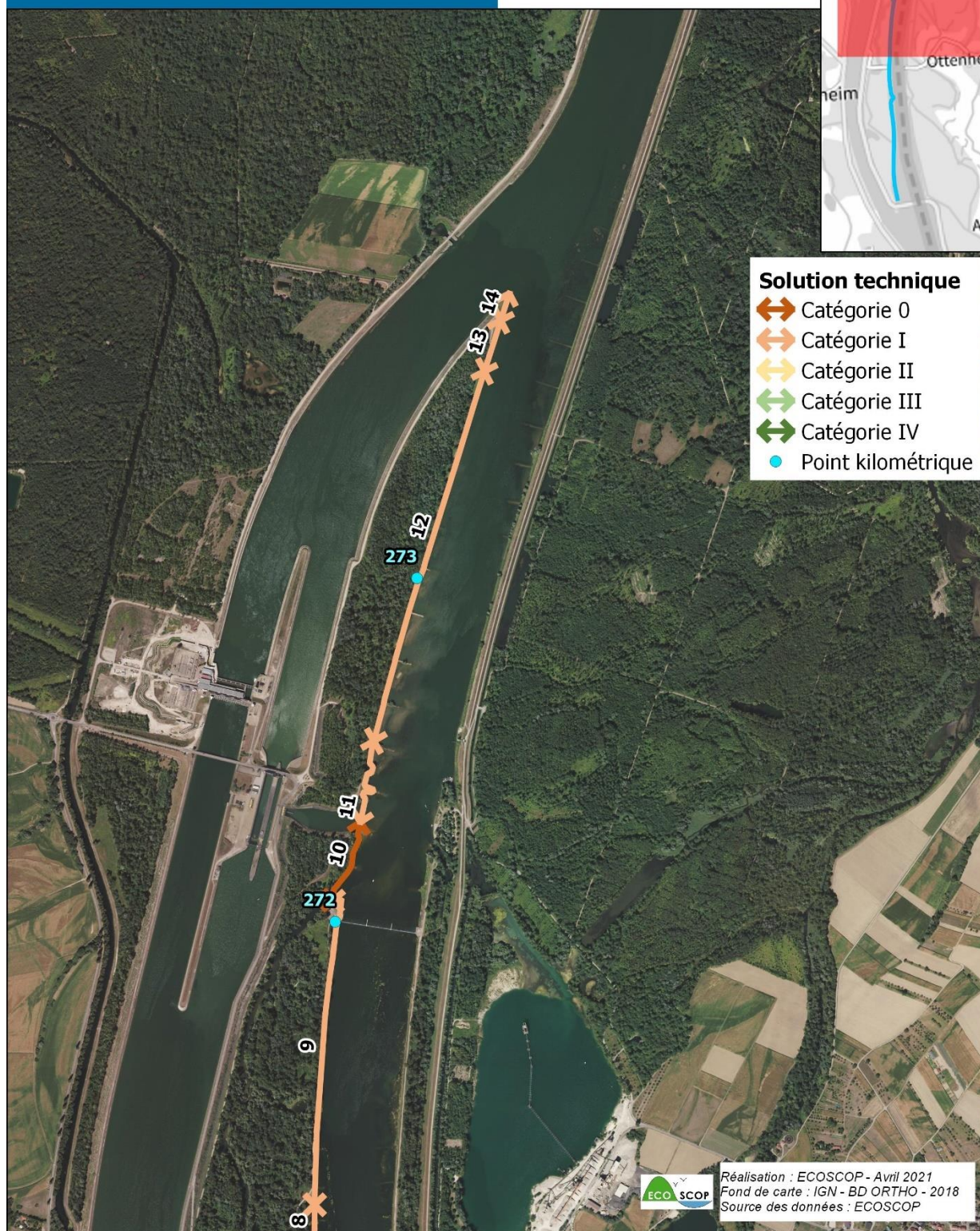
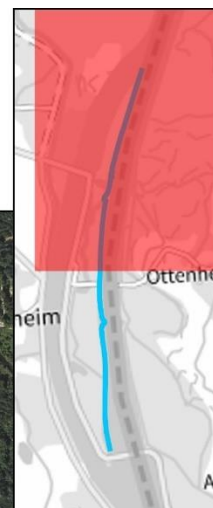
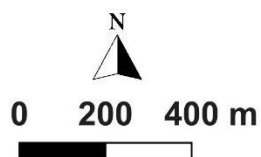
SOLUTIONS TECHNIQUES



Réalisation : ECOSCOPE - Avril 2021
Fond de carte : IGN - BD ORTHO - 2018
Source des données : ECOSCOPE

Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur B - Gerstheim -

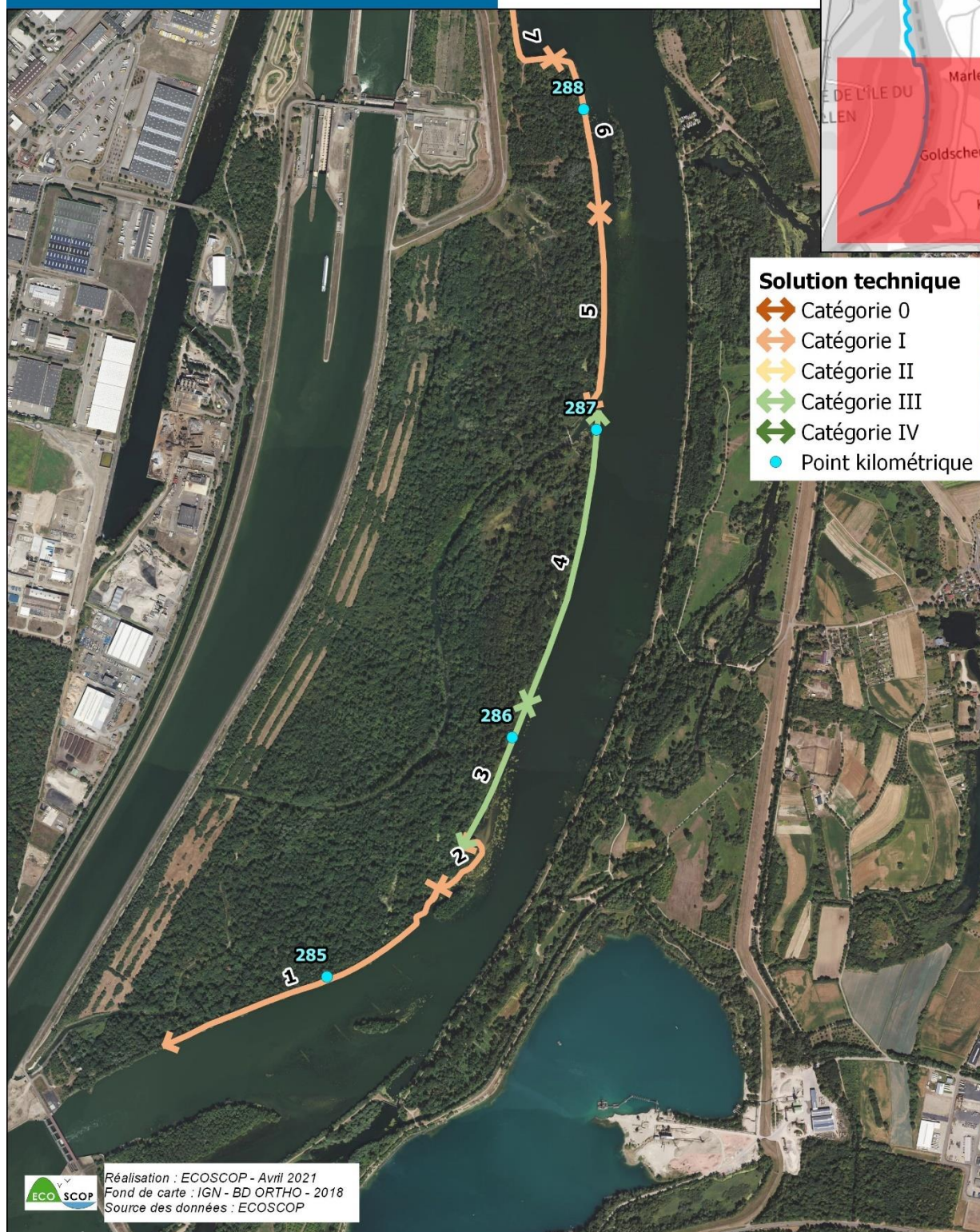
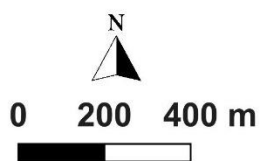
SOLUTIONS TECHNIQUES



8.5 SECTEUR B - STRASBOURG

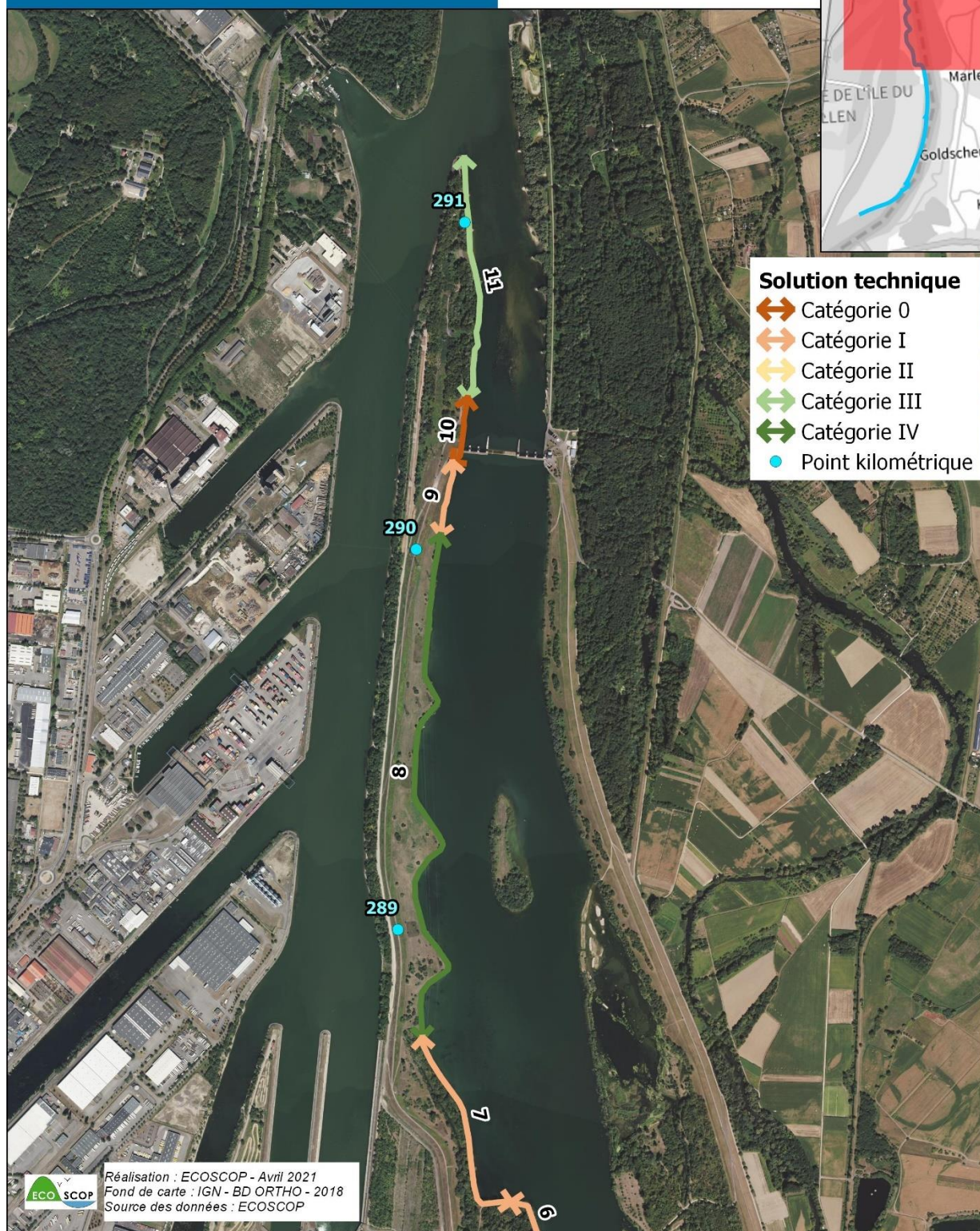
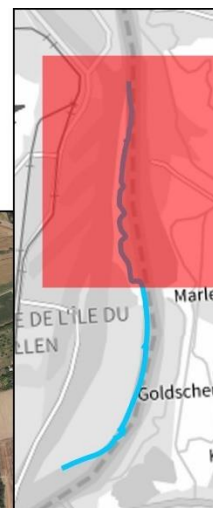
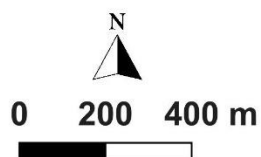
Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur B - Strasbourg -

SOLUTIONS TECHNIQUES



Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur B - Strasbourg -

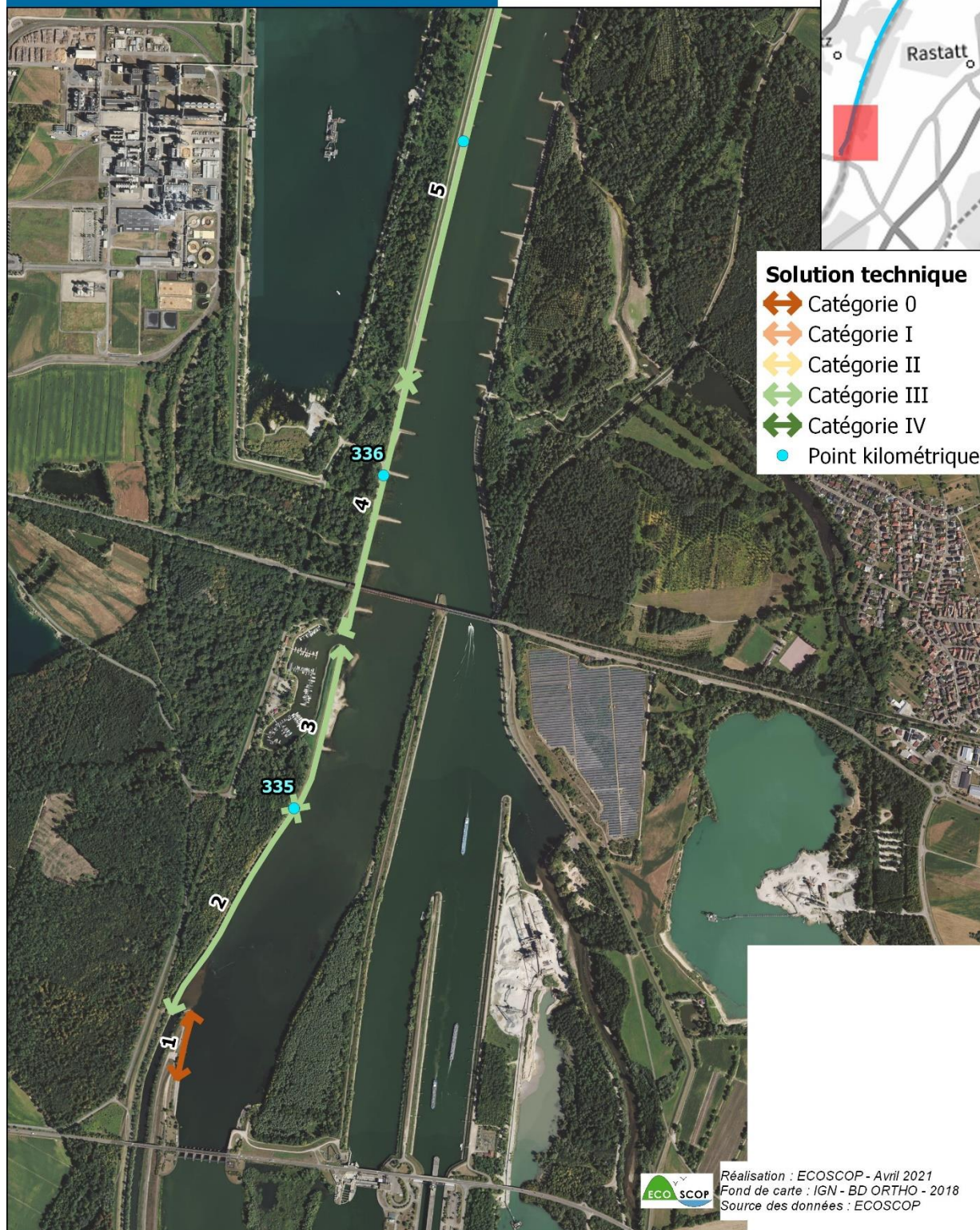
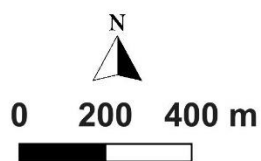
SOLUTIONS TECHNIQUES



8.6 SECTEUR C

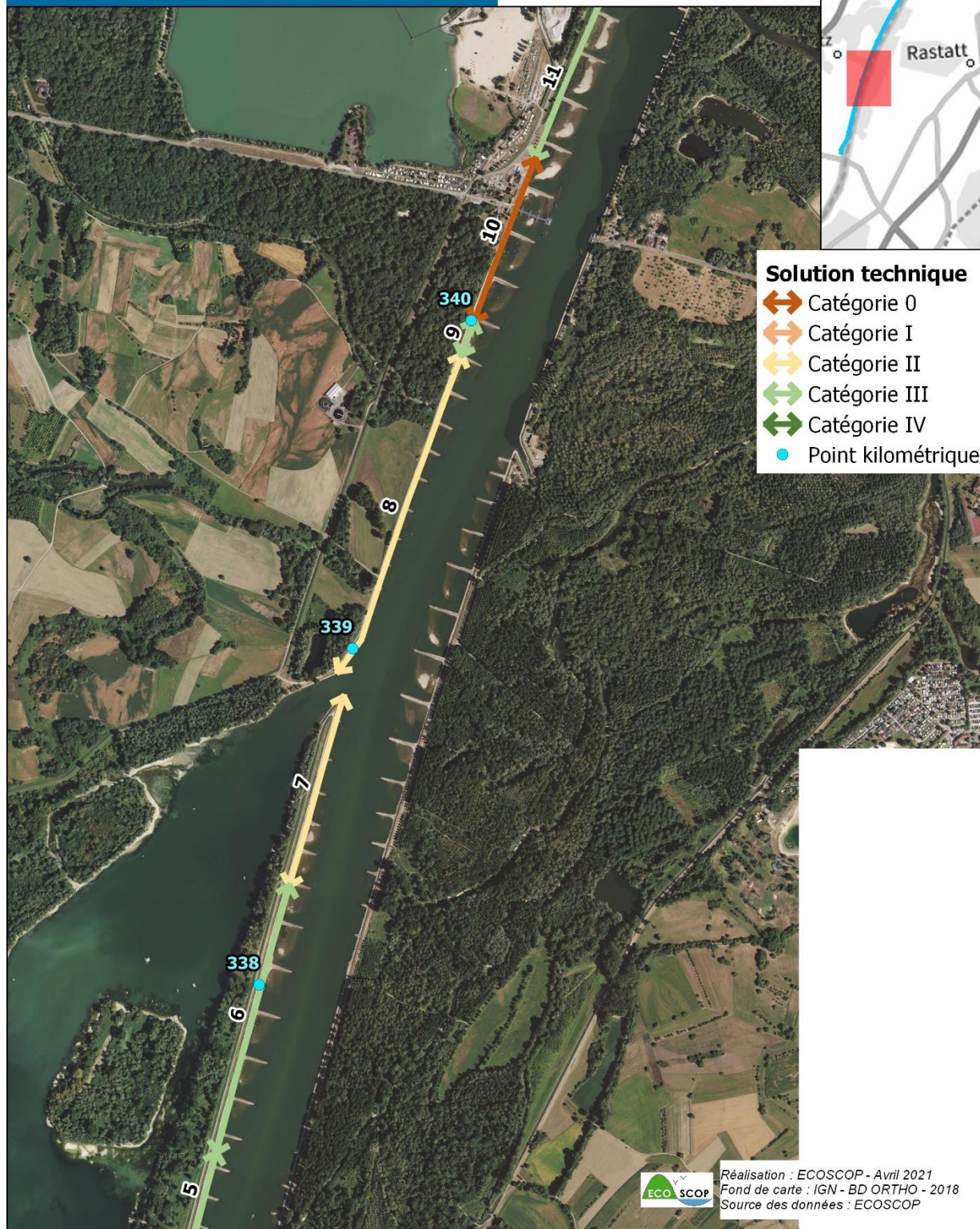
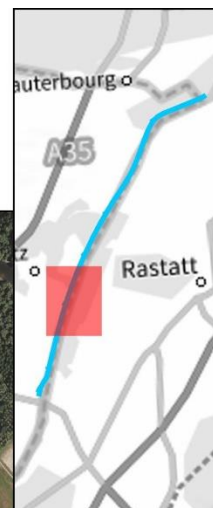
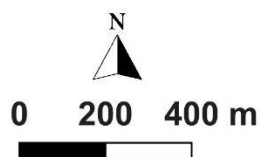
Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur C -

SOLUTIONS TECHNIQUES



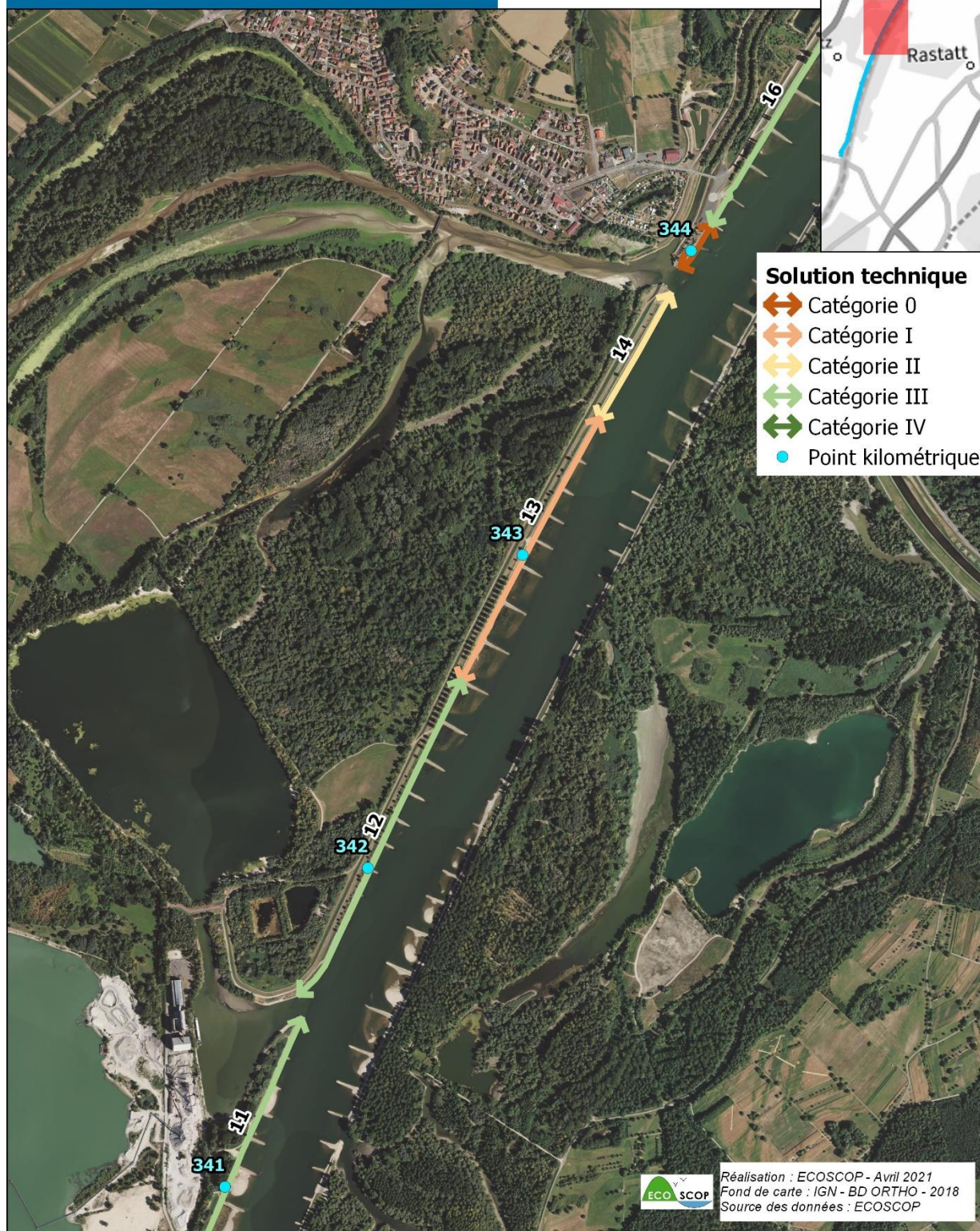
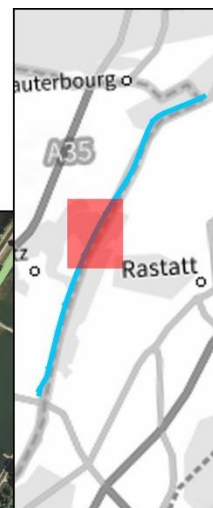
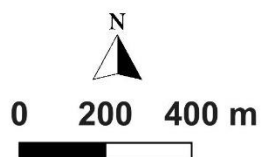
Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur C -

SOLUTIONS TECHNIQUES



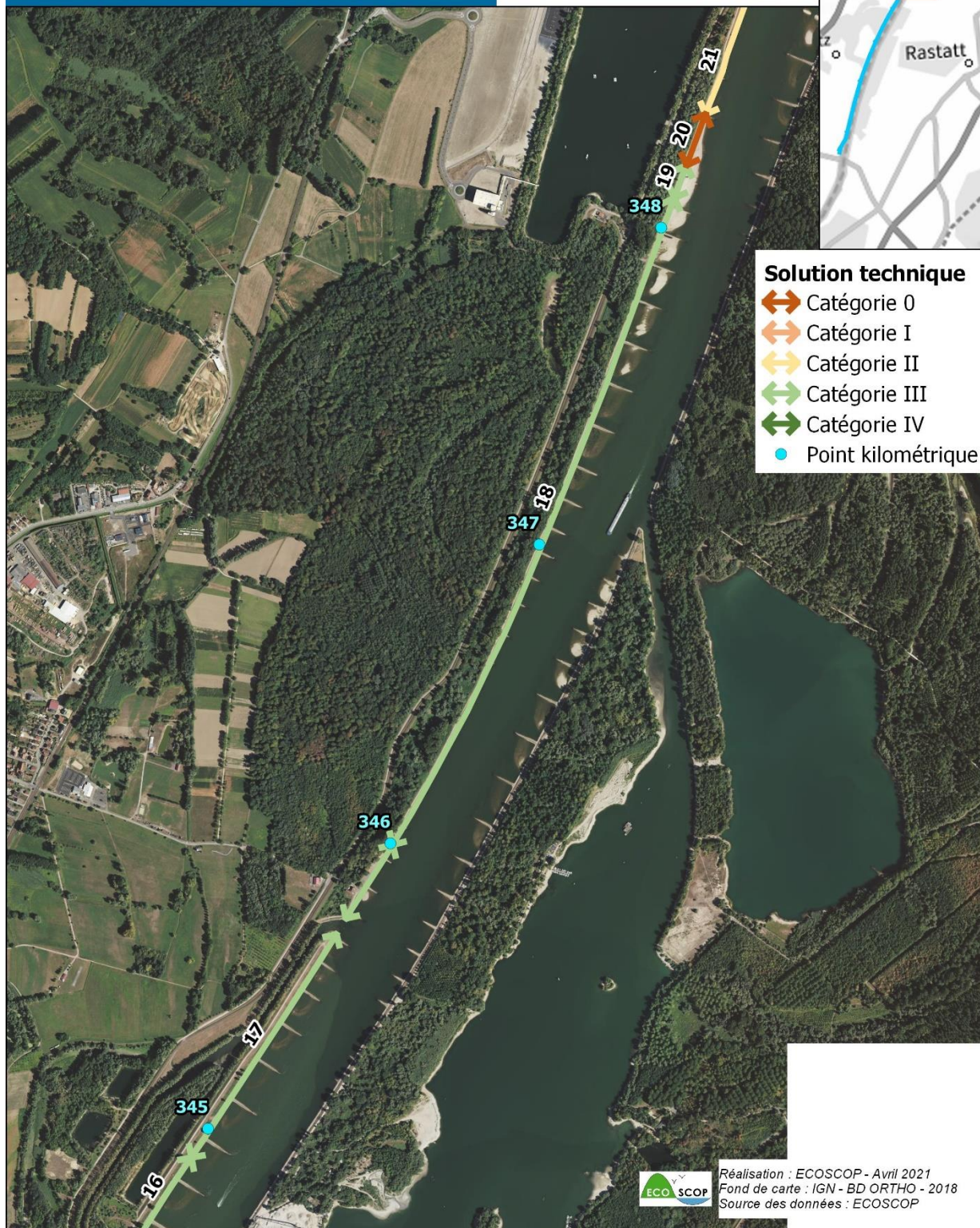
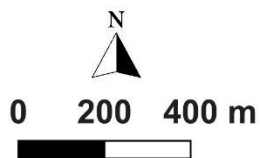
Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur C -

SOLUTIONS TECHNIQUES



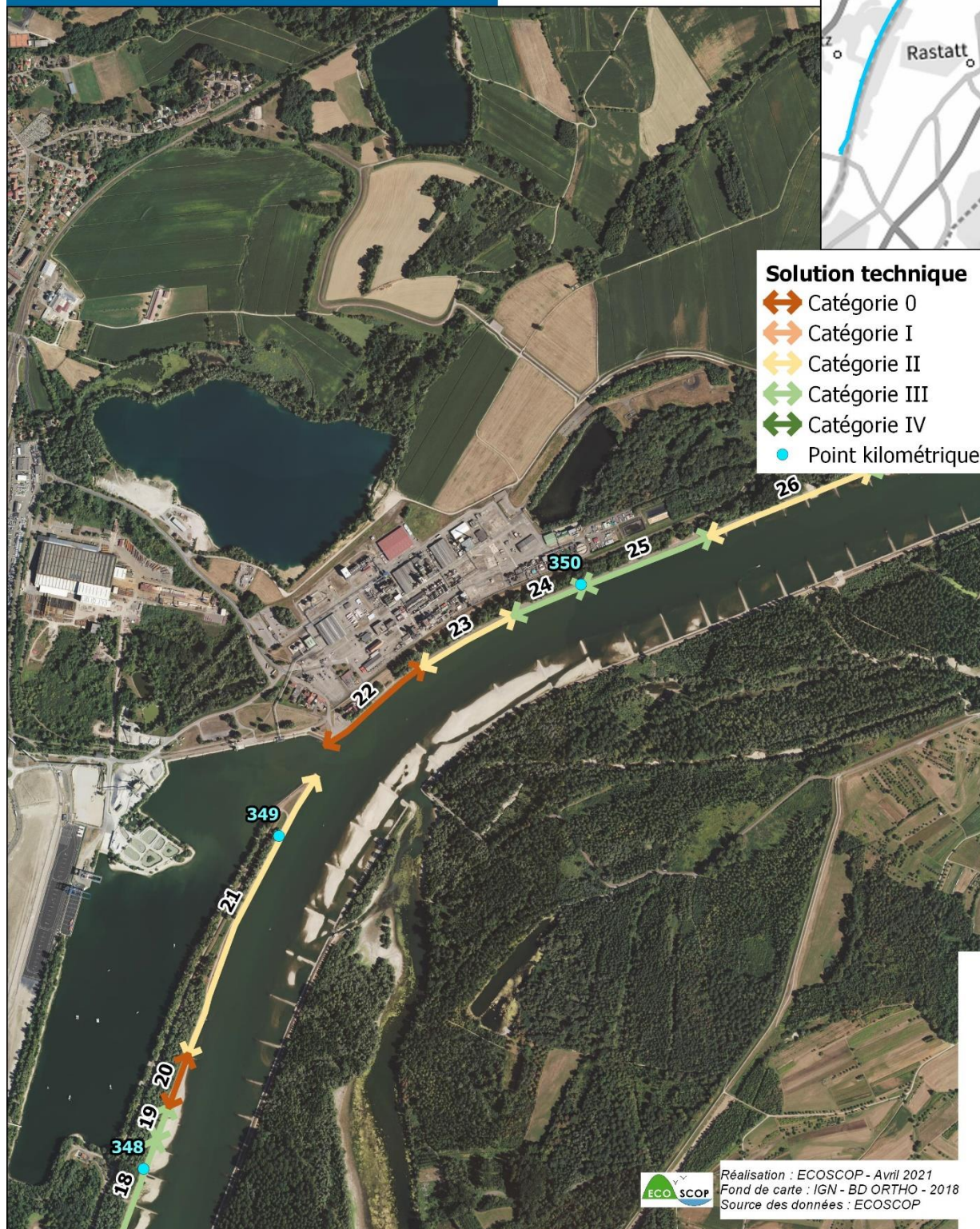
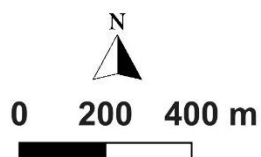
Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur C -

SOLUTIONS TECHNIQUES



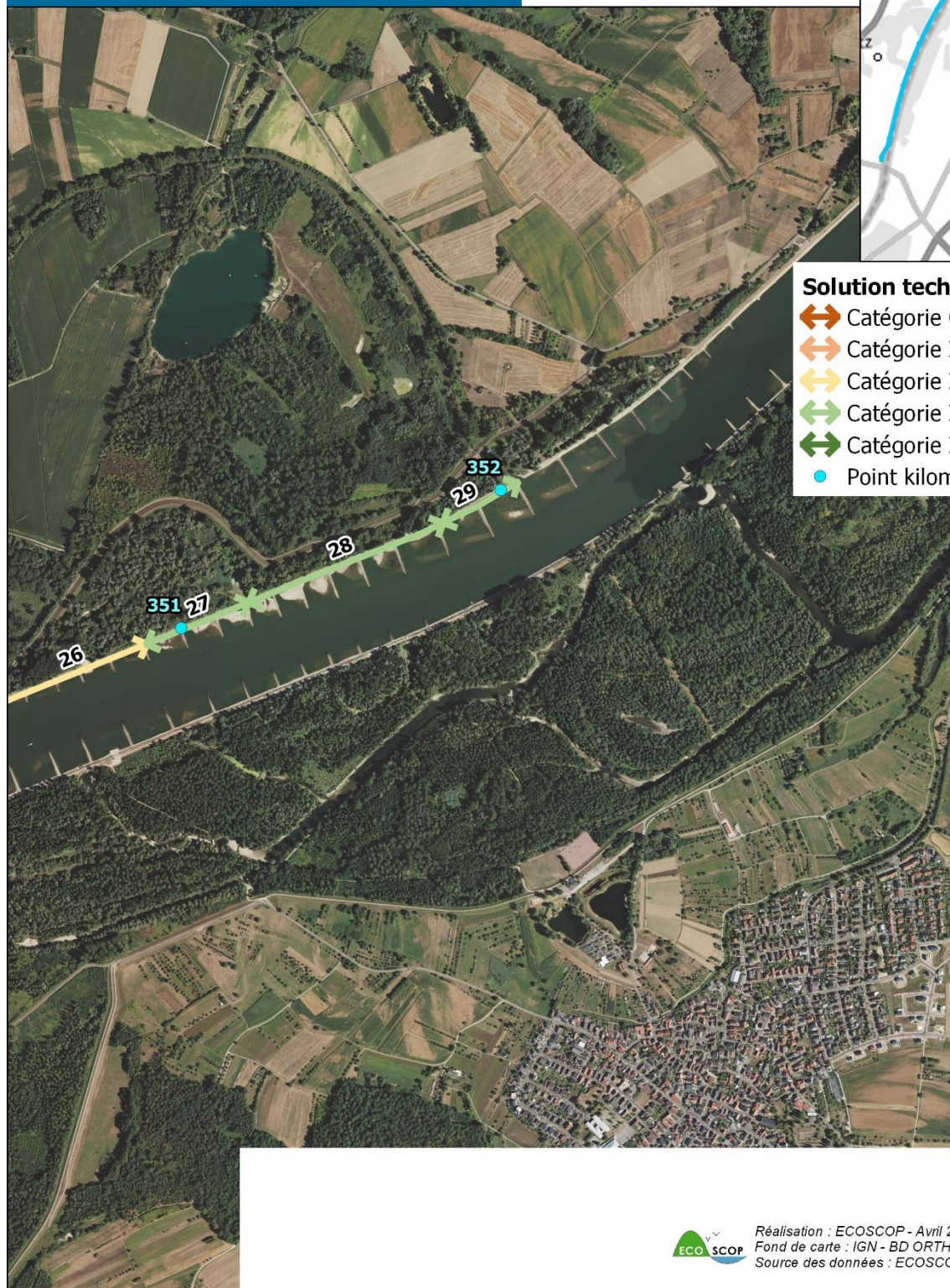
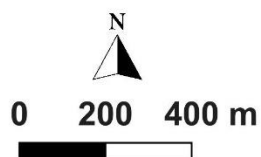
Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur C -

SOLUTIONS TECHNIQUES



Etude de renaturation des berges en rive gauche du
Rhin supérieur entre Huningue à Lauterbourg
- Secteur C -

SOLUTIONS TECHNIQUES



Solution technique

- ↔ Catégorie 0
- ↔ Catégorie I
- ↔ Catégorie II
- ↔ Catégorie III
- ↔ Catégorie IV
- Point kilométrique



Réalisation : ECOSCOPE - Avril 2021
Fond de carte : IGN - BD ORTHO - 2018
Source des données : ECOSCOPE